การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน

Treatment of Concentrated Latex Effluent by Land Treatment in Oil Palm Plantation

พัชร สนั่นพัฒนพงศ์

Patchara Sananpattanapong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Engineering in Environmental Engineering

Prince of Songkla University

2555

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ชื่อวิทยานิพนธ์ การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน

ผู้เขียน นายพัชร สนั่นพัฒนพงศ์

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมผล พืชน์ไพบูลย์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ศรีแดง)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศุวศา กานตวนิชกูร)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิยา เกาศล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมผล พืชน์ไพบูลย์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ศรีแดง)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ชื่อวิทยานิพนธ์	การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน
ผู้เขียน	นายพัชร สนั่นพัฒนพงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาเกณฑ์ในการบำบัดที่เหมาะสม โดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นนำมารดสวนปาล์มน้ำมันในอัตราการรดที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดิน แบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) โดยสร้างแปลงทดลองขึ้นในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันของบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด ซึ่งทำการทดลองที่ค่า Hydraulic Loading Rate 0.5, 1, 2 และ 3 cm/wk ตามลำดับ และแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลองคือ แปลงที่รดทุกวันและแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง โดยมีแปลงควบคุมมี 2 แปลงคือ แปลงที่ไม่รดน้ำ 1 แปลง และรดน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝนสัปดาห์ละครั้ง 1 แปลง โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งและน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝนที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินมาวิเคราะห์หาค่า pH, COD, TKN และ SS ทุกๆ 10 วัน

จากผลการทดลองพบว่าค่า pH ของน้ำทิ้งก่อนเข้าระบบอยู่ในช่วง 7.5-8.6 เมื่อผ่านระบบบำบัดโดยดินแล้วค่า pH ของแต่ละแปลงอยู่ในช่วง 6.1–8.6 ส่วนค่า COD, TKN และ SS หลังจากผ่านระบบบำบัดโดยดินมีค่าลดลง ซึ่งระบบบำบัดโดยดินสามารถบำบัดน้ำทิ้งให้มีคุณภาพดีขึ้นได้ โดยแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดโดยดินดีกว่าแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งทุกวัน โดยแปลงทดลองที่มีการรดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TKN และ SS ทุกแปลงรวมกันเฉลี่ยเท่ากับ 80%, 69% และ 78% ตามลำดับ ส่วนแปลงทดลองที่มีการรดน้ำทิ้งทุกวันมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TKN และ SS ทุกแปลงรวมกันเฉลี่ยเท่ากับ 71%, 52% และ 67% ตามลำดับ โดยแปลงที่รดในอัตรา 0.5 cm/week มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD, TKN และ SS มีค่าเท่ากับ 81.7±12.7%, 74.1±18.3% และ 80.0±15.9% ตามลำดับ โดยเกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสมควรใช้ Hydraulic Loading Rate น้อยกว่า 3 cm/week สำหรับ BOD_5 Loading Rate, COD Loading Rate และ TKN Loading Rate ควรใช้ต่ำกว่า 10, 23 และ 4.6 $g/m^2.d$ ตามลำดับ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Thesis Title	Treatment of Concentrated Latex Effluent by Land Treatment in Oil Palm Plantation
Author	Mr. Patchara Sananpattanapong
Major Program	Environmental Engineering
Academic Year	2011

ABSTRACT

Treatment of concentrated latex effluent by land application in oil palm plantation was investigated. This research is aimed to optimize the treatment and determine removal efficiency. Slow-rate irrigation was conducted in oil palm plantation, Von Bundit Company Limited, Krabi, Thailand. Pretreated effluent was pumped to plantation area at daily and weekly watering with different hydraulic loading rates of 0.5, 1, 2 and 3 cm/week, respectively. Non-watered experimental area and area irrigated by rain water reservoir were used as controlled experimented units. Concentrated latex effluent fed in and out after land application were sampled every 10 day for analysis to determine pH, COD, TKN and SS.

The results show that pH of the effluent before feeding in palm plantation area were in range of 7.5-8.6 and that of feed out were dropped to 6.1-8.6. Land application decreased COD, TKN and SS of concentrated latex effluent. The higher removal efficiency was obtained from weekly watered area compared to daily irrigation with the average of COD, TKN and SS removal efficiency were about 80%, 69% and 78%, respectively. The removal efficiency of COD, TKN, SS removal from daily irrigation were about 71%, 52% and 67%, respectively. The maximum removal efficiency was obtained at hydraulic loading rate of 0.5 cm/week resulting in 81.7±12.7%, 74.1±18.3% and 80.0±15.9% removal efficiency of COD, TKN and SS, respectively. The criteria for design and operation should be at hydraulic loading rate less than 3 cm/week. BOD_5 loading rate, COD loading rate and TKN loading rate should be less than 10 $g.BOD_5/m^2.d$, 23 $g.COD/m^2.d$ and 4.6 $g.TKN/m^2.d$, respectively.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อุดมผล พืชน์ไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร.พรทิพย์ ศรีแดง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมถึงคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ คือ ผศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์ ประธานกรรมการสอบ ผศ.ดร.ธนิยา เกาศล กรรมการสอบภายในมหาลัย และรศ.ดร.ศุวศา กานตวนิชกูร กรรมการสอบภายนอกมหาลัย ที่กรุณาให้โอกาส ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการค้นคว้าวิจัยและความรู้ด้านอื่นๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นผลให้การทำวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ ENG530039S และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย บริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยและให้ข้อมูลต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ และให้คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อพงศักดิ์ สนั่นพัฒนพงศ์ และคุณแม่ป้อมเพชร สนั่นพัฒนพงศ์ อย่างหาที่เปรียบมิได้ ที่คอยให้ความรัก ความห่วงใย และเป็นแรงกายแรงใจเสมอมา ตลอดจนให้การสนับสนุนเงินทุนจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณ นายสุรศักดิ์ แป้นแก้ว ที่ให้ความรู้และความช่วยเหลือในการเขียนรายงานวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ นางสาวเพ็ญนภา ทองประไพ ที่คอยให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโท และปริญญาตรี ที่ได้เป็นกำลังใจให้กันเสมอมา ตลอดจน พี่ๆ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี และธุรการ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านงานเอกสาร ขอมอบคุณความดี และประโยชน์ทั้งหลายที่เกิดจากการทำวิจัยนี้ แด่ทุกท่านที่มีส่วนร่วมทำให้งานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

พัชร สนั่นพัฒนพงศ์

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(10)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.2.1 น้ำยางสดหรือน้ำยางธรรมชาติ	3
1.2.2 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น	6
1.2.3 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	11
1.2.4 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการบำบัดโดยดิน	14
1.2.5 ลักษณะของพืชที่เลือกใช้	28
1.2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการบำบัดโดยดิน	39
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	48
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	48
2. วิธีการวิจัย	49
2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	49
2.2 สถานที่ในการทำการวิจัย	56
2.2.1 สถานที่ในการทดลอง	56
2.2.2 สถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง	56
2.3 วัสดุ	56
2.3.1 ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ใช้ในการทดลอง	56
2.3.2 สารเคมี เครื่องแก้ว และวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ	56

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3 วัสดุที่ใช้สร้างแปลงทดลองในสวนปาล์มน้ำมัน 57
2.4 อุปกรณ์ 57
2.4.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น 57
2.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ 57
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 59
3.1 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น 59
3.2 ผลการวิเคราะห์น้ำเข้าและออกจากระบบ 63
3.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่า pH ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน 63
3.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่า COD ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน 66
3.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่า TKN ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน 69
3.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่า SS ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน 72
3.3 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดโดยดินและเกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม 75
4. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 84
4.1 สรุปผลการทดลอง 84
4.2 ข้อเสนอแนะ 87
บรรณานุกรม 88
ภาคผนวก 95
ประวัติผู้เขียน 114

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	องค์ประกอบของน้ำยางสด	4
1.2	ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น	13
1.3	วัตถุประสงค์และกระบวนการในการบำบัดของการบำบัดโดยดิน	18
1.4	ลักษณะสำคัญและเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการเลือกพื้นที่เพาะปลูกสำหรับการบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้า	20
1.5	เกณฑ์คุณภาพน้ำสำหรับประเมินความเหมาะสมของน้ำที่จะนำไปใช้ในการชลประทาน	22
1.6	ข้อมูลทั่วไปของปาล์มน้ำมัน	32
1.7	ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมันในช่วงอายุต่างๆ	38
2.1	พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น	51
2.2	ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งทุกวัน	52
2.3	ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้ง	52
2.4	ข้อมูลที่ทางบริษัทวงศ์บัณฑิตใช้รดสวนปาล์มน้ำมัน	53
2.5	ตัวแปรคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำทิ้งก่อนและหลังการบำบัดโดยดิน	53
3.1	ข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น	62
3.2	ค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง	64
3.3	ผลการวิเคราะห์ค่า pH ในดินของแปลงทดลองต่างๆ	65
3.4	ค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง	67
3.5	ค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง	70
3.6	ค่า SS ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง	73
3.7	ปริมาณน้ำฝนในจังหวัดกระบี่เดือนพฤษภาคม 2553 – กุมภาพันธ์ 2554	74
3.8	ประสิทธิภาพของระบบการบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง	77
3.9	เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดโดยดินโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในสวนปาล์มน้ำมัน	81
3.10	ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อและปรับพื้นที่เพื่อการบำบัดบนดิน และค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำทิ้งมาบำบัดบนดิน	83

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางภาคผนวก		หน้า
ข-1	มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	97
ค-1	ค่า pH ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ	100
ค-2	ค่า COD ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ	103
ค-3	ค่า TKN ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ	106
ค-4	ค่า SS ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ	109
ง-1	ตารางปริมาณฝนในเดือนพฤษภาคม 2553 – เดือนกุมภาพันธ์ 2554	112

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบที่		หน้า
1.1	แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีปั่นแยก	8
1.2	สัดส่วนปริมาณน้ำเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	12
1.3	ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินและภาระบรรทุกของน้ำที่เหมาะสำหรับการบำบัดโดยดินแบบต่างๆ	17
1.4	ระบบบำบัดโดยดินแบบอัตราไหลช้า	23
1.5	ระบบบำบัดโดยดินแบบไหลซึมเร็ว	23
1.6	ระบบบำบัดโดยดินแบบน้ำไหลนอง	23
1.7	ระบบพ่นน้ำแบบละอองฝอย	43
1.8	ระบบแอ่งน้ำไล่ระดับ	44
1.9	ระบบร่องน้ำ	45
1.10	ระบบใช้รถบรรทุกขน	46
2.1	บ่อเติมอากาศสำหรับการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น	54
2.2	แผนที่ของโรงงานและสถานที่ที่ทำการวิจัย	54
2.3	แปลงทดลองที่ใช้ในงานวิจัย	55
2.4	แนวท่อที่ใช้ในการรดน้ำทิ้ง	55
2.5	รางคอนกรีตรับน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดิน	56
3.1	ค่า pH ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน	63
3.2	ค่า COD ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน	66
3.3	ค่า TKN ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน	69
3.4	ค่า SS ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน	72
3.5	ต้นหญ้าในแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งในอัตราสูง	82

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลักอีกอย่างหนึ่งของประเทศไทย โดยปัจจุบันพื้นที่ในภาคใต้มีการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมากจึงทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมประเภทยางพาราและผลิตภัณฑ์จากยางมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งอุตสาหกรรมยางพาราเป็นอุตสาหกรรมการแปรรูปยางพาราขั้นต้นที่นำเอาน้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางพารามาแปรรูปให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและสะดวกในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ยางพาราที่ผลิตได้แบ่งออกได้เป็น 5 ชนิด ได้แก่ 1) ยางแผ่นรมควัน 2) ยางแท่ง 3) ยางเครป 4) ยางผึ่งแห้ง และ 5) น้ำยางข้น โดยยางพาราเหล่านี้จะนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอื่น ๆ เช่น ยางรถยนต์ ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรัดของ ท่อยางต่างๆ เป็นต้น (www.thaifta.com/thaifta/Portals/0/File/ascn_rubber.doc)

อุตสาหกรรมน้ำยางข้นเป็นอุตสาหกรรมที่กำลังขยายตัวอย่างมากในภาคใต้ของประเทศไทยและสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศและท้องถิ่นภาคใต้เป็นอย่างมาก ซึ่งเมื่ออุตสาหกรรมเหล่านี้มีเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นมากขึ้นด้วย ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานดังกล่าวเป็นน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงในรูป COD และ SS รวมทั้งยังมีสารเคมีอื่นที่ใช้ เช่น แอมโมเนีย (NH_3), ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Diammonium hydrogen phosphate; DAP) เป็นต้น การบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมประเภทนี้มักใช้การบำบัดโดยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง ซึ่งวิธีการบำบัดเหล่านี้มีต้นทุนค่าก่อสร้างและค่าเดินระบบที่ค่อนข้างสูง ทำให้การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติได้รับความสนใจมากขึ้น

การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติมีด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่ วิธีบำบัดบนดิน (Land treatment systems), วิธีบึงประดิษฐ์ (Constructed wetland systems) และวิธีพืชลอยน้ำ (Floating aquatic plant treatment systems) โดยวิธีการบำบัดดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานสะดวก ดูแลง่าย เนื่องจากเป็นวิธีการทางธรรมชาติ โดยการอาศัยพืชช่วยดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียไปใช้ในการเจริญเติบโต การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในด้านการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการบำบัดโดยดินได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน ส่วนใหญ่ใช้บำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว โดยจะนำน้ำทิ้งเหล่านี้มารดต้นไม้ ซึ่งในน้ำทิ้งจะมีสารอาหารที่พืชต้องการ เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ทำให้เป็นการนำน้ำทิ้งมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ ช่วยลดการทิ้งน้ำเสียที่จะปล่อยออกสู่ธรรมชาติ โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมันเพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาเกณฑ์ในการบำบัดที่เหมาะสม โดยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นนั้นจะใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายที่ผ่านการเติมอากาศ 2 บ่อ โดยคุณลักษณะน้ำทิ้งก่อนนำมาศึกษาโดยการบำบัดโดยดินต้องตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังการผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดของโรงงาน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่จะนำไปใช้บำบัดว่าเหมาะสมกับเทคโนโลยีนี้หรือไม่ โดยส่วนใหญ่คุณภาพน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นจะมีปริมาณไนโตรเจนสูง ทำให้เหมาะที่จะนำมาทำการศึกษา

ส่วนที่เลือกต้นปาล์มน้ำมันมาใช้ในการวิจัยนั้นเนื่องมาจากสวนต้นปาล์มน้ำมันในภาคใต้นิยมปลูกกันมาก เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ไม่แพ้ยางพาราและมีพื้นที่เพาะปลูกเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นไม้ยืนต้น อายุยืน ชอบอากาศชุ่มชื้น ต้องการน้ำมาก เพราะฉะนั้นต้นปาล์มน้ำมันจึงเหมาะที่จะนำมาทำการศึกษา โดยบริเวณพื้นที่ที่ปลูกมากที่สุด คือ จังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล และตรัง โดยจังหวัดกระบี่ปลูกมากที่สุดจำนวน 537,637 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 39.40 และรองลงมาได้แก่จังหวัดสุราษฎร์ธานี 405,213 ไร่ และจังหวัดชุมพร 216,798 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 29.70 และ 15.89 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศตามลำดับ ประกอบกับมีโครงการเปลี่ยนพื้นที่ปลูกปาล์มทั่วประเทศ จากความต้องการน้ำมันปาล์มภายในเพิ่มขึ้นมากทั้งนี้เพราะราคาน้ำมันปาล์มในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินโดยการรดในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งตามวิธีการจัดการพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันทั่วไปจะใช้น้ำทิ้งจากโรงงานปาล์มมารด ขณะที่พื้นที่สวนปาล์มน้ำมันของโรงงานที่ศึกษามีการใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารด ซึ่งในทางทฤษฎีของการบำบัดโดยดินมีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัด เนื่องจากในน้ำทิ้งดังกล่าวจะมีค่าไนโตรเจนสูงอยู่ในช่วง 756-1,820 mg/L เนื่องมาจากมีการเติมแอมโมเนียในกระบวนการผลิต ซึ่งไนโตรเจนในน้ำทิ้งเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารอาหารให้กับพืชและการบำบัดโดยดินนั้นเหมาะสมกับการใช้ทำการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว เป็นการนำน้ำเสียมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์และเป็นวิธีการบริหารจัดการที่ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากวิธีการบำบัดน้ำ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ที่ทำให้มีคุณภาพดีขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะได้เป็นแนวทางเลือกอีกทางหนึ่งที่ช่วยลดการทิ้งน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ โดยการนำมาใช้รดสวนปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมยางพาราและอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันอีกด้วย

1.2 การตรวจเอกสาร

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยนับว่าเป็นประเทศผู้ผลิตและมีการส่งออกยางธรรมชาติเป็นจำนวนมาก โดยผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติที่มีการส่งออก ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่งมาตรฐาน และน้ำยางข้น เป็นต้น ซึ่งอุตสาหกรรมจากยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูงในตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งที่สำคัญได้แก่อุตสาหกรรมน้ำยางข้นเป็นการแปรรูปน้ำยางสดให้เป็นน้ำยางข้นเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆได้หลายชนิด เช่น ถุงมือยาง ยางรถยนต์ ถุงยางอนามัย กาว ลูกโป่ง ที่นอน เบาะนั่ง เป็นต้น

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศมาเป็นเวลามากกว่า 100 ปี นับจากมีการนำยางพาราเข้ามาปลูกในประเทศ เมื่อปี พ.ศ. 2442 โดยในปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางธรรมชาติเป็นอันดับหนึ่งของโลก มีศักยภาพการผลิตประมาณ สองล้านตันต่อปี หรือประมาณ 1 ใน 3 ของการผลิตยางพาราของโลก โดยจะมีอัตราการเพิ่มผลผลิตร้อยละ 7-10 ต่อปี การส่งออกยางพาราไทยส่วนใหญ่ส่งออกไปขายให้แก่ประเทศที่มีความเจริญทางอุตสาหกรรม เช่น สหรัฐอเมริกา จีน และญี่ปุ่น สำหรับชนิดของ ยางพาราไทยที่ส่งออกส่วนใหญ่ยังเป็นการส่งออกยางแผ่นรมควัน และยังมีแนวโน้มของการส่งออกยางแท่งมากขึ้นอีกด้วย (http://share.psu.ac.th/blog/marky12/19185)

1.2.1 น้ำยางสดหรือน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวขุ่นสีขาวคล้ายน้ำนม มีสภาพเป็นคอลลอยด์หรือสารแขวนลอย มีอนุภาคขนาด 0.05-0.5 ไมครอน ในน้ำยางสดมีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 25-45 ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ อายุ ฤดูกาล และกรรมวิธีกรีดยาง โดยทั่วไปน้ำยางสดประกอบด้วยสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดร้อยละ 36 เนื้อยางแห้งร้อยละ 33 โปรตีนและไขมันร้อยละ 1.0-1.2 คาร์โบไฮเดรตและเถ้าร้อยละ 1.0 ความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5-7.0 ความหนืดของน้ำยางมีค่าประมาณ 12-15 เซนติพอยส์ (น้ำบริสุทธิ์มีความหนืด 1 เซนติพอยส์) และอาจมีค่าแปรปรวนขึ้นอยู่กับปริมาณของ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ส่วนประกอบในน้ำยาง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลกรีดยาง เป็นต้น (เสาวนีย์, 2546) ซึ่งน้ำยางสดต้องนำมาแปรรูปให้อยู่ในรูปของน้ำยางข้น เพื่อให้เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ และมีคุณภาพที่สม่ำเสมอกว่าน้ำยางสด น้ำยางสดหรือน้ำยางธรรมชาติเป็นสารที่ไม่บริสุทธิ์ มีส่วนประกอบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบของน้ำยางสด

ส่วนประกอบ	**เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก)**
ของแข็งทั้งหมด (Total solids content, TSC)	36
เนื้อยางแห้ง (Dry rubber content, DRC)	33
สารพวกโปรตีน	1-1.5
เถ้า	จนถึง 1
น้ำตาล	1
น้ำ	ส่วนที่เหลือจนครบ 100

ที่มา : วราภรณ์, 2531

ส่วนประกอบของน้ำยางสดแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ (นฤมล, 2552) คือ

1.2.1.1 **ส่วนที่เป็นยาง** (Dry rubber content) เป็นสารประกอบไฮโดรเจนที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และไฮโดรเจน 8 อะตอม เขียนเป็นสูตรเคมีคือ $(C_5H_8)_n$ เรียกชื่อทางเคมีว่า โพลี-ไอโซพลีน (Polyisoprene) ที่เชื่อมโยงต่อกันประมาณ 2,000-5,000 หน่วยต่อ 1โมเลกุล หน่วยย่อยดังกล่าวเมื่อเกิดการเชื่อมโยงเป็นโมเลกุลจะเรียงตัวกันในแบบ Cis-configuration เรียกชื่อโมเลกุลยางว่าเป็น cis-1,4-polyisoprene เนื้อยางมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000,000 รูปร่างอนุภาคยางเป็นรูปทรงกลม หรือ รูปลูกแพร์ ขนาด 0.05-5 ไมโครเมตร มีประจุไฟฟ้าที่ผิวเป็นลบ และ เคลื่อนที่แบบบราวเนียนตลอดเวลา

1.2.1.2 **ส่วนที่ไม่ใช่ยาง** (Non rubber content) เป็นส่วนประกอบอื่นๆทั้งหมดที่ไม่ใช่ส่วนที่เป็นยาง ประกอบด้วย

1) **ส่วนที่เป็นน้ำซีรัม** (Serum)

น้ำซีรัม คือ ส่วนที่เป็นน้ำใสของน้ำยาง ได้จากการแปรรูปเบื้องต้นของน้ำยางเป็นยางชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นยางข้น ยางแผ่น หรือแม้แต่การจับตัวกันตามธรรมชาติ หลังจากแยกส่วน

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ที่เป็นเนื้อยางออกไปแล้ว จะเหลือส่วนที่เป็นน้ำใสเรียกว่า ซีรัม ซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัม/มิลลิลิตร มีการรายงานคุณสมบัติของน้ำซีรัมที่ได้จากการทำน้ำยางข้น ซึ่งประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ คือ

- คาร์โบไฮเดรต เป็นสารพวกแป้งและน้ำตาลมีอยู่ในน้ำยางประมาณ 1 % น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นชนิด คิวบาซิทอล (Quebrachitol) และมีน้ำตาลชนิดกลูโคส ซูโครส ฟรุกโตส ปริมาณเล็กน้อย น้ำตาลเหล่านี้จะถูกแบคทีเรียใช้เป็นอาหาร เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวให้กรดโมเลกุลที่มีขนาดเล็กๆ (Short chain fatty acid) ทำให้น้ำยางเกิดการสูญเสียสภาพและรวมตัวเป็นก้อน กรดเหล่านี้เป็นกรดที่ระเหยได้ (Volatile fatty acid : VFA) ประกอบด้วย กรดฟอร์มิค กรดอะซิติก และกรดโพไพโอนิค เป็นต้น

- โปรตีนและกรดอะมิโนมีหลายชนิด แต่โปรตีนที่อยู่ในน้ำยางในปริมาณสูง คือ

  - แอลฟากลูบูลิน (α-globulin) เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประมาณ 200,000 มีสมบัติเป็น surface-active จะอยู่บนรอยต่อระหว่างน้ำกับอากาศ และน้ำมันกับน้ำ ซึ่งโปรตีนชนิดนี้จะไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในกรด ด่างและเกลือ มีค่า Isoelectric point ที่ pH เท่ากับ 4.8 ซึ่งอนุภาคยางจะรวมตัวกันอย่างรวดเร็วภายใต้ที่ pH ของ α-globulin ละลายได้น้อยที่สุด

  - ฮีวิน (Hevein) เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า α-globulin คือมีค่าประมาณ 10,000 hevein จะอยู่ที่ผิวอนุภาคยางและสามารถละลายน้ำได้ มีค่า Isoelectric point ที่ pH เท่ากับ 4.5 ส่วนประกอบของโมเลกุลมีกำมะถันประมาณ 5 % ดังนั้นขณะที่น้ำยางสูญเสียสภาพจะเกิดการบูดเน่า โดยโปรตีนนี้จะสลายตัวให้สารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์และสารเมอร์แคปแทน (Mercaptan) ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็น

- ไขมัน (Lipid) ไขมันซึ่งอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคยางและโปรตีน ส่วนใหญ่เป็นสารพวกฟอสโฟไลปิด ชนิด α-lecithin ทำหน้าที่ยึดโปรตีนให้เกาะอยู่ในผิวของอนุภาคยาง

2) **ส่วนของลูทอยด์** (Lutoid) **และองค์ประกอบอื่นๆ**

- ลูทอยด์ เป็นอนุภาคค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-3 ไมโครเมตร ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ โดยภายในเยื่อบางๆ นี้มีทั้งสารละลายและสารแขวนลอย

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- องค์ประกอบอื่นๆ มีสารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน (Choline) เมธิลลามีน (Methylamine) กรดอินทรีย์ (Organic acid) กรดอนินทรีย์ (Inorganic acid) อนุมูลของสารอินทรีย์โดยเฉพาะพวกฟอสเฟตและคาร์บอเนต และอนุมูลของโลหะ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกเหล็ก แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง เป็นต้น (วราภรณ์, 2536)

หากนำน้ำยางสดมาปั่นแยกด้วยความเร็วสูงประมาณ 30,000 รอบ/นาที นาน 45 นาที จะพบว่ามีการแยกชั้นเป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

(1) **ส่วนของเนื้อยาง** (White rubber fraction) เป็นส่วนบนสุดของหลอด เป็นสัดส่วนประมาณ 37% โดยน้ำหนัก (กรัมต่อน้ำยาง 100 กรัม) ประกอบด้วยเนื้อยาง โปรตีน 0.55% และไขมัน 0.6%

(2) **ส่วนของเม็ดสีส้ม-เหลือง** (Frey-wyssling) เป็นกรดไขมัน (Plastochromarol) ที่มีความสำคัญทำให้ยางคงรูป และสารจำพวก Carotenoi

(3) **ส่วนของน้ำใส** (Serum fraction) เป็นสัดส่วนประมาณ 48% โดยน้ำหนัก ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน สารประกอบไนโตรเจน และโลหะต่าง ๆ

(4) **ส่วนของก้นหลอด** (Bottom fraction) เป็นสัดส่วนประมาณ 15% โดยน้ำหนักประกอบด้วย ลูทอยด์บอดี้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีเยื่อหุ้มล้อมรอบมีคุณสมบัติเป็น เบสิคโปรตีน ที่สามารถทำหน้าที่เสมือนเอนไซม์ในไลโบไซม์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการแข็งตัวของยาง (สมทิพย์ และคณะ, 2545)

1.2.2 **กระบวนการผลิตน้ำยางข้น**

ซึ่งน้ำยางข้น คือ น้ำยางที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ที่ทำให้น้ำในน้ำยางมีปริมาณลดลง ซึ่งมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของเนื้อยางสูงขึ้น กล่าวคือ โดยทั่วไปในน้ำยางสดจะมีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content : DRC) ประมาณ 35% เมื่อนำมาทำให้เป็นน้ำยางข้น จะทำให้มีเนื้อยางแห้งสูงขึ้น โดยจะมีเนื้อยางแห้งไม่ต่ำกว่า 60% โดยทั่วไปวิธีการผลิตน้ำยางข้นสามารถทำได้ 4 วิธี คือ (http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=77&i2=3)

1.2.2.1 **วิธีระเหยด้วยน้ำ** (Evaporation) เป็นวิธีที่ได้น้ำยางที่มีความคงตัวสูง วิธีการผลิตคือให้ความร้อนโดยผ่านน้ำร้อนเข้าไปในถัง 2 ชั้น ที่มีน้ำยางสดอยู่ในถังชั้นใน ในขณะ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ที่ถังบรรจุน้ำยาง หมุนไปรอบๆ นั้น อากาศภายในถังจะถูกดูดออกไป พร้อมกับนำน้ำที่ระเหยออกไปด้วย น้ำยางส่วนที่เหลือจะกลายเป็นน้ำยางข้น

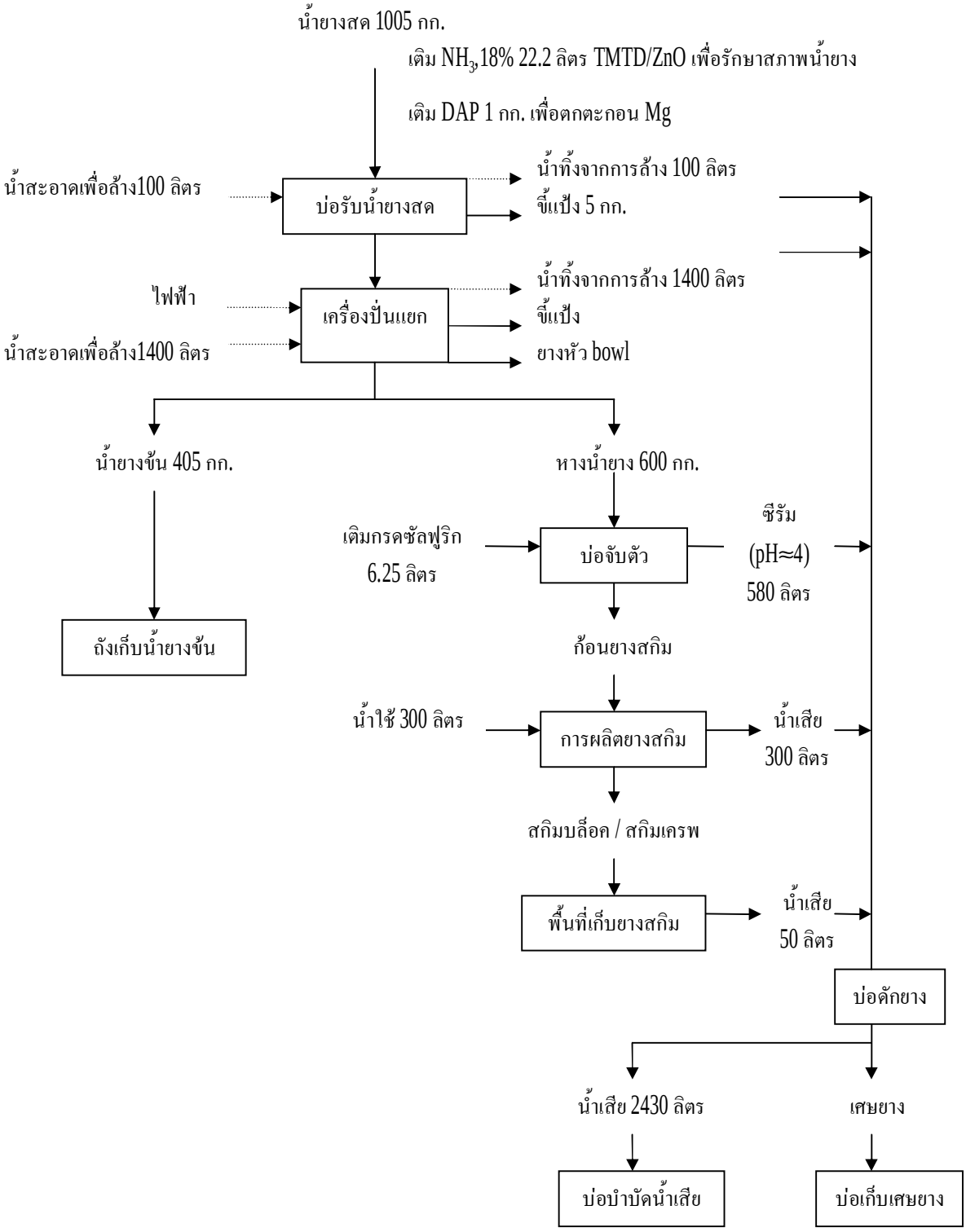
1.2.2.2 **วิธีทำให้เกิดครีม** (Creaming) เป็นวิธีการผลิตน้ำยางข้นที่เก่าแก่ที่สุด ทำได้โดยเติมสารเคมีบางตัว เช่น โซเดียมหรือแอมโมเนียมอัลกิเนตลงไปผสมกับน้ำยางสด กวนให้เข้ากันทิ้งไว้ระยะหนึ่ง น้ำยางจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นของเหลวที่มีเนื้อยางอยู่น้อย เรียกว่าหางน้ำยาง ซึ่งจะถูกแยกออกไป ชั้นบนเป็นครีมที่มีเนื้อยางสูงเรียกว่าน้ำยางข้น

1.2.2.3 **วิธีแยกด้วยไฟฟ้า** (Electrodecantation) เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในน้ำยางสด อนุภาคยางซึ่งมีประจุเป็นลบ จะเคลื่อนเข้าหาขั้วบวก ทำให้อนุภาคยางมาอยู่รวมกัน อย่างหนาแน่นจนเกิดเป็นน้ำยางข้นและลอยขึ้นข้างบน จากนั้นจึงตักน้ำยางข้นออกมา

1.2.2.4 **วิธีปั่นแยก** (Centrifuging) เป็นวิธีที่นิยมกันมากเนื่องจากน้ำยางประเภทนี้สามารถนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูปได้เกือบทุกชนิด วิธีผลิตน้ำยาง ข้นประเภทนี้ทำได้โดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงที่มีความเร็วรอบประมาณ 7,000-8,000 รอบ/นาที หลังการหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่อง แล้วน้ำยางจะถูกแบ่งออกเป็นสองชั้น คือชั้นของน้ำยางข้นและชั้นของหางน้ำยาง

การผลิตน้ำยางข้นในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2544) ดังภาพประกอบที่ 1 โดยอาศัยหลักการคือ น้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยส่วนอนุภาคยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในซีรัม และเนื่องจากอนุภาคยางเหล่านี้เบากว่าน้ำซีรัมจึงลอยตัวสู่ผิวหน้าน้ำยาง และมีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนียน ซึ่งอัตราเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นการปั่นจะช่วยเพิ่มแรงดึงดูดและเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง ช่วยแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนน้ำซีรัม (วันชัย, 2540)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



ภาพประกอบที่ 1.1 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีปั่นแยก

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2548

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีขั้นตอนโดยละเอียดดังต่อไปนี้

(1) **การรับน้ำยางสด** น้ำยางสดจะถูกรักษาสภาพไม่ให้จับตัวด้วยแอมโมเนียและ TMTD/ZnO และถูกถ่ายผ่านตะแกรงกรองลงสู่รางรับน้ำยางสด จากนั้นน้ำยางสดจะไหลจากรางรับน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสด นอกจากนี้จำเป็นต้องมีการล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยางสดทุกวัน เนื่องจากมีการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียม และมีการจับตัวของยางที่ผนังบ่อ ซึ่งอาจทำให้น้ำยางสดมีการปนเปื้อนได้

(2) **การเตรียมน้ำยางสด** ต้องมีการปรับสภาพน้ำยางสดให้เหมาะสมต่อกระบวนการปั่นแยกด้วยการเติมแอมโมเนีย เพื่อให้น้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่า 0.4% โดยน้ำหนักและเติม Diammonium Hydrogen Phosphate (DAP) เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นขี้แป้ง และทิ้งไว้ 1 คืน สำหรับน้ำยางที่มีแมกนีเซียมสูง ซึ่งน้ำยางที่จะนำมาปั่นแยกควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรเกิน 20 ppm นอกจากนี้ปริมาณกรด (Volatile Fatty Acid : VFA) ไม่ควรเกิน 0.05% หากเกินให้นำไปผสมกับน้ำยางสดที่มีค่าไม่เกิน 0.05%

(3) **การปั่นแยก** อาศัยหลักการคือน้ำยางธรรมชาติเป็นสารละลายคอลลอยด์ที่ประกอบด้วยส่วนอนุภาคของยางแขวนลอยกระจัดกระจายอยู่ในเซรุ่ม และเนื่องจากอนุภาคยางเหล่านี้เบากว่าเซรุ่มจึงลอยตัวสู่ผิวหน้าน้ำยางและมีการเคลื่อนไหวแบบบราวเนี่ยน ซึ่งอัตราการเคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นการปั่นจะช่วยเพิ่มแรงดึงดูด และเร่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคยาง ซึ่งช่วยแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกจากส่วนเซรุ่ม ในการปั่นแยกน้ำยางสดจะได้น้ำยาง 2 ส่วน คือ หางน้ำยาง และน้ำยางข้น โดยน้ำยางข้นจะมีเนื้อยางแห้งประมาณ 60% ซึ่งเครื่องปั่นยางขนาดเล็ก สามารถป้อนน้ำยางสดได้ประมาณ 150 ลิตร/ชั่วโมง ส่วนเครื่องขนาดใหญ่สามารถป้อนน้ำยางสดได้ 400-600 ลิตร/ชั่วโมง และในการปั่นแยกยางจะมีการล้างเครื่องปั่นยางทุกๆ 2 หรือ 3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของยางและกากขี้แป้งบริเวณหัวโบว์ลของเครื่องปั่นยาง โดยในการล้างแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการล้างนานประมาณ 10-15 นาที

(4) **การไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง** หางน้ำยางที่ได้จากกระบวนการปั่นยางจะถูกนำไปไล่แอมโมเนียออก เพื่อลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริกในการตกตะกอนเพื่อผลิตยางสกิม เนื่องจากถ้าหางน้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียสูง จะต้องใช้กรดในการตกตะกอนเป็นปริมาณมาก ดังนั้นจึงมีการไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง ด้วยการใช้ถาดไล่แอมโมเนียหรือเครื่องกวน

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(5) **การผลิตยางสกิม** หางน้ำยางที่ผ่านการไล่แอมโมเนียแล้ว จะถูกเติมด้วยกรดซัลฟูริกเพื่อให้เนื้อยางจับตัวกันในขั้นตอนนี้จะได้ก้อนยางสกิมที่จับตัวกันและสามารถนำไปขายได้ นอกจากนี้ก้อนยางสกิมนี้สามารถนำไปผลิตเป็นยางสกิมเครพหรือสกิมบล็อคต่อไป ดังนี้

- การผลิตยางสกิมเครพ โดยการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อนและล้างน้ำ เพื่อชำระกรดออกจากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่นและนำไปอบในเตาอบแล้วบรรจุหีบห่อ

- การผลิตยางสกิมบล็อค โดยการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อนและล้างน้ำเพื่อชำระกรดออก จากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่นและนำยางไปตัดด้วยเครื่องตัดย่อยแล้วนำไปอบในเตาอบ นำมาอัดแท่งและบรรจุหีบห่อ

(6) **การดักยาง (แยกยางขายจากบ่อ)** เป็นการดักจับเนื้อยางที่ปะปนมากับน้ำเสียจากขบวนการต่างๆ เช่น การตกค้างในบ่อรับน้ำยางสด เครื่องปั่นยาง และบ่อเก็บน้ำยางข้น ด้วยการเติมโพลิเมอร์ต่างๆ หรือจากบ่อดักยาง ซึ่งยางที่ได้จะสามารถนำไปขายในราคาที่ต่ำ เนื่องจากมีคุณภาพไม่ดี

(7) **การเตรียมสารละลายแอมโมเนีย** ในกรณีที่โรงงานไม่ได้ใช้แอมโมเนียในรูปของแอมโมเนียแห้งหรือแอมโมเนียเหลว แต่ใช้ในรูปสารละลายแอมโมเนียหรือน้ำแอมโมเนีย โรงงานจะต้องเตรียมสารละลายแอมโมเนีย ให้อยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นประมาณ 10% ซึ่งในการเตรียมสารละลายแอมโมเนียผสมกับน้ำจะเกิดความร้อน และส่งผลให้แอมโมเนียระเหยออกจากสารละลายได้ง่ายขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น

สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

1) **ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต** (DAP) เป็นสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนแมกนีเซียมในน้ำยางสดให้เป็นขี้แป้ง ซึ่งจะต้องทิ้งให้ตกตะกอนเป็นเวลา 1 คืน โดยปริมาณการใช้ DAP นั้นขึ้นกับปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสด คือ ถ้าในน้ำยางสดมีปริมาณแมกนีเซียมมากจะต้องใช้ DAP มากและปริมาณแมกนีเซียมในน้ำยางสดจะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับดินที่ปลูกยางพารา คือ ถ้าดินมีปริมาณแมกนีเซียมสูง จะทำให้น้ำยางมีปริมาณแมกนีเซียมสูงด้วย โดยน้ำยางสดที่นำมาปั่นควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm ในของแข็งทั้งหมด และปริมาณการใช้ DAP ต่อปริมาณแมกนีเซียม คือ DAP : Mg = 5.5:1

2) **แอมโมเนีย** เป็นสารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพน้ำยางโดยการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย การเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยางแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ (1) การ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

รักษาสภาพน้ำยางสดที่กรีดได้ก่อนส่งโรงงานซึ่งจะใช้สารละลายแอมโมเนียความเข้มข้นประมาณ 15-20% โดยน้ำหนัก และ (2) การรักษาคุณภาพน้ำยางข้นซึ่งจะเติมหลังจากการปั่นแยก โดยในการเติมปริมาณแอมโมเนียแบ่งตามประเภทการผลิตน้ำยางข้น คือ น้ำยางข้นชนิด Low Ammonia (LA): เติมแอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่นในปริมาณแอมโมเนียที่น้อยกว่า 0.29 % ของน้ำยาง และน้ำยางข้นชนิด High Ammonia (HA): เติมปริมาณแอมโมเนีย 0.3-0.7 % ของน้ำยาง

3) **กรดซัลฟูริก** เป็นสารเคมีที่ใช้ในการจับตัวของหางน้ำยาง แต่การใช้กรดซัลฟูริกที่มากเกินไปจะทำให้ยางเปื่อยและเสื่อมง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ยางสกิมไม่ได้คุณภาพ นอกจากนี้ปริมาณกรดซัลฟูริกมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยางที่เข้าบ่อจับตัว คือ ถ้ามีปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยางมากจะต้องเติมปริมาณกรดซัลฟูริกมากด้วย ส่วนระยะเวลาที่เหมาะสมในการจับตัวของยางสกิม คือ 24 ชั่วโมง ถ้าจำเป็นต้องจับตัวด้วยเวลาที่น้อยกว่านี้จะต้องใช้ปริมาณกรดซัลฟูริกมากขึ้น

1.2.3 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่ากระบวนการผลิตน้ำยางข้นประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ หลายขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนก็จะมีน้ำเสียออกมา โดยสามารถจำแนกน้ำเสียตามแหล่งที่มาได้ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

1) **บ่อรับน้ำยางสด**

- น้ำล้างทำความสะอาดรถบรรทุกน้ำยางสดของชาวสวน
- น้ำล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยาง
- น้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดน้ำยางสดที่หก ขณะถ่ายน้ำยางสดลงบ่อรับน้ำยางสด

2) **การปั่นยาง**

- น้ำล้างหัวปั่นน้ำยาง ต้องล้างทุก 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของหัวปั่นน้ำยางและการอุดตันของขี้ยางที่ท่อจ่ายน้ำยาง
- น้ำเสียจากการล้างน้ำยางที่ล้นจากเครื่องปั่นน้ำยางระหว่างกระบวนการปั่นยาง

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

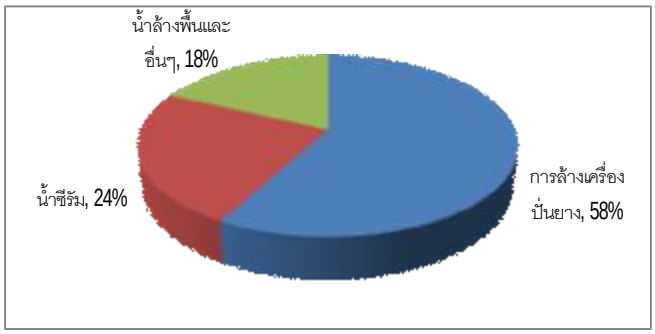
3) **กระบวนการสกิม**

- น้ำซีรัม ซึ่งมีปริมาณเนื้อยาง DRC 4-6 % ส่วนประกอบที่เหลือเป็นน้ำ หลังจากตกตะกอนยางสกิมแล้ว น้ำซีรัมจะถูกปล่อยลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย
- น้ำจากเครื่องรีดยาง เป็นน้ำที่ฉีดพ่นในการรีดยางเพื่อล้างกรดซัลฟูริกที่ติดอยู่ที่ยางสกิมเพื่อให้ยางสกิมที่ได้มีคุณภาพดี
- น้ำล้างจากการทำฝอย เป็นน้ำที่ฉีดสู่ถาดรับยางฝอยเพื่อรักษาสภาพยางฝอยให้เหมาะก่อนเข้าถาดอบแห้ง

4) **ถังน้ำยางข้น**

- น้ำจากการล้างทำความสะอาดถัง เพื่อลดการปนเปื้อนของน้ำยางข้น

ซึ่งสัดส่วนของน้ำเสียที่เกิดจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นแสดงดังภาพประกอบ 1.2 และลักษณะของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้นโดยทั่วไปแสดงดังตารางที่ 1.3



ภาพประกอบ 1.2 สัดส่วนปริมาณน้ำเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2548

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ 1.2 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น

พารามิเตอร์	ค่าที่วัดได้
พีเอช	5.72
อุณหภูมิ (°C)	30.0
บีโอดี (มก./ลิตร)	4,430
ซีโอดี (มก./ลิตร)	7,996
ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)	1,128
ซัลไฟด์ทั้งหมด (มก./ลิตร)	น้อยกว่า 1
ซัลไฟด์ที่ละลายน้ำ (มก./ลิตร)	น้อยกว่า 1
ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (มก./ลิตร)	น้อยกว่า 1
ซัลเฟต (มก./ลิตร)	1,102

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2548

จากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นที่เกิดขึ้นทำให้เกิดปัญหาคือปัญหาในเรื่องกลิ่นและน้ำเสีย โดยเฉพาะน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการผลิตภายในโรงงาน ประกอบด้วยน้ำเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต น้ำล้างอุปกรณ์ น้ำล้างพื้น ฯลฯ โดยจะมีปริมาณน้ำเสียแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกำลังการผลิต กรรมวิธีการผลิต และพฤติกรรมการใช้น้ำ ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยางโดยเฉพาะการผลิตน้ำยางข้นน้ำเสียที่ออกมาจากกระบวนการผลิตพบว่ามีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดไว้มาก จึงต้องมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียมารองรับก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ (พนาลี และอุดมผล, 2549) โดยน้ำเสียเหล่านี้จะมีสิ่งเจือปนต่างๆ ซึ่งได้มาจากเศษยาง สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต พบว่าน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีค่า BOD_5 และ COD สูงมากเนื่องจากส่วนประกอบต่างๆ ทั้งหมดของน้ำยางพาราที่เป็นซีรัมจะรวมตัวสะสมกันอยู่ในน้ำทิ้งที่ออกมาจากกระบวนการผลิต (ธีรยศ และรพีพรรณ, 2538)

โรงงานน้ำยางข้นส่วนใหญ่มีกระบวนการผลิตยางสกิมเครพเพื่อดึงเนื้อยางที่ตกค้างในหางน้ำยาง ดังนั้นการผลิตทั้ง 2 ประเภทนี้จึงต้องควบคู่กันเสมอ โดยน้ำเสียที่เกิดจากการผลิตน้ำยางข้นจะถูกปล่อยออกมาค่อนข้างต่อเนื่องตลอดทั้งวัน ขณะที่น้ำเสียจากการผลิตยางสกิมเครพจะถูกปล่อยออกมาเป็นครั้งคราวหรือเวลาสิ้นสุดการผลิตในแต่ละวันทำให้คุณลักษณะน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียจะมีค่าแตกต่างกันมากในแต่ละช่วงเวลาของวัน จึงทำให้จุลินทรีย์ที่ทำ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

หน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียต้องมีการปรับตัวสูงเพื่อให้สามารถทนอยู่ในสภาพน้ำเสียที่แตกต่างกันในแต่ละวัน นอกจากนั้นความแตกต่างของค่า pH ยังส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของบ่อดักยางด้อยกว่าที่ควรจะเป็น (กัลยา, 2543)

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นในภาคใต้สามารถแบ่งกลุ่มประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ (สมทิพย์ และคณะ, 2545)

1. กลุ่มที่มีการใช้ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization pond) โดยมีบ่อไร้อากาศ บ่อกึ่งมีอากาศ และบ่อมีอากาศ

2. กลุ่มที่มีการใช้ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization pond) ร่วมกับบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon)

3. กลุ่มที่มีการใช้ระบบบำบัดที่เป็นเทคโนโลยีขั้นสูง ได้แก่ การใช้ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ (Activated sludge) หรือ UASB (Up flow anaerobic sludge blanket) หรือการใช้วิธีการบำบัดน้ำเสียโดยดิน (Land treatment)

กระบวนการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นนั้นเป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยาเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งน้ำเสียจะมีสิ่งสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์อยู่มาก (พนาลี และอุดมผล, 2549) โดยส่วนใหญ่การบำบัดน้ำเสียจะใช้ระบบบำบัดดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งการบำบัดน้ำเสียโดยดินจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่บำบัดน้ำเสียตามธรรมชาติ เป็นวิธีการบำบัดที่ดูแลรักษาง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ส่วนใหญ่ใช้กับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว ซึ่งจะเป็นการทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้น โดยส่วนใหญ่การบำบัดน้ำเสียโดยดินจะเป็นการนำน้ำเสียมาใช้ในการเกษตร เช่น นำมารดน้ำต้นไม้ เป็นต้น

1.2.4 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการบำบัดโดยดิน

การบำบัดน้ำเสียโดยดินเป็นการบำบัดน้ำเสียบนพื้นดินในพื้นที่ต่างๆ ได้แก่ พื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ใช้ทำกิจกรรมหรือใช้ในพื้นที่ทางการเกษตรกรรม ฯลฯ วิธีการบำบัดน้ำเสียบนดินนี้เป็นวิธีการบำบัดที่ประหยัดค่าใช้จ่าย ดูแลรักษาง่าย เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีลักษณะปราศจากสารพิษอันตราย ซึ่งผ่านการบำบัดมาแล้วและมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการบำบัดแล้วอีกทั้งยังเป็นประโยชน์สำหรับการเพาะปลูกพืชต่างๆ การบำบัดน้ำเสียโดยดินมี 3 วิธีคือ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1. Slow-rate Irrigation

วิธีนี้เป็นการรดน้ำสำหรับการเกษตรกรรม โดยอาจปล่อยให้น้ำไหลตามพื้นที่อย่างอิสระ วิธีกระจายน้ำเสียตามร่องน้ำทั่วบริเวณ และวิธีฉีดพ่นกระจายน้ำเป็นฝอย (Sprinkler system) น้ำเสียจะมีทั้งระเหยออกไปเอง ถูกดูดซับด้วยพืชที่ปลูก และบางส่วนก็ไหลซึมลงไปในดิน วิธีนี้สามารถรดน้ำเสียได้ในปริมาณ 0.6-6.0 เมตรต่อปี โดยปกติจะรดน้ำในอัตรา 1.3-10.2 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ ความลาดของพื้นที่ควรต่ำกว่า 15%

2. Rapid Infiltration

วิธีนี้เป็นการนำน้ำเสียให้ไหลซึมผ่านชั้นใต้ดินจนถึงระดับน้ำใต้ดิน และการระเหยของน้ำเสียบนพื้นผิวดิน วิธีนี้จะเป็นการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมา เพื่อปล่อยลงพื้นที่เดิมอีกครั้ง ซึ่งจะสามารถรองรับน้ำเสียได้ในอัตรา 6-170 เมตรต่อปี โดยปกติจะปล่อยน้ำเสียในอัตรา 10-305 เซนติเมตรต่อสัปดาห์

3. Overland Flow

วิธีนี้เป็นการปล่อยน้ำเสียให้ไหลตามพื้นที่ที่ลาดประมาณ 2-8% มีการเพาะปลูกบริเวณที่น้ำเสียไหลผ่าน ทำให้เกิดสภาพต่างๆ คือ การตกตะกอน การกรอง เกิดปฏิกิริยาชีวเคมีและการดูดซับ พวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจะถูกนำไปใช้โดยพืชที่เพาะปลูกรอบๆบริเวณ สามารถรดน้ำได้ปริมาณ 3.0-21.0 เมตรต่อปี พื้นที่ที่ต้องการประมาณ 40-280 ไร่ โดยปกติจะรดน้ำเสียได้ในอัตรา 6.4-15.3 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ และ 15.3-40.6 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ สำหรับน้ำเสียแบบที่ได้ผ่านตะแกรงดักขยะเท่านั้น และน้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วด้วยบ่อบำบัด (Lagoon) หรือระบบ Activated Sludge ตามลำดับ

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการบำบัดโดยดินได้มีการทดลองใช้ในหลายแห่งในโลกเป็นเวลานานมาแล้ว ซึ่งข้อได้เปรียบของการบำบัดโดยดิน คือ เป็นการผสมผสานของการบำบัดน้ำเสียและการรีไซเคิลในบางกระบวนการเข้าไว้ด้วยกัน น้ำเสียจะถูกประยุกต์ใช้กับผิวดินโดยผ่านกระบวนการบำบัดทางธรรมชาติในกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ภายในดิน พืช และน้ำ กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ (เภสัชรัตน์, 2550)

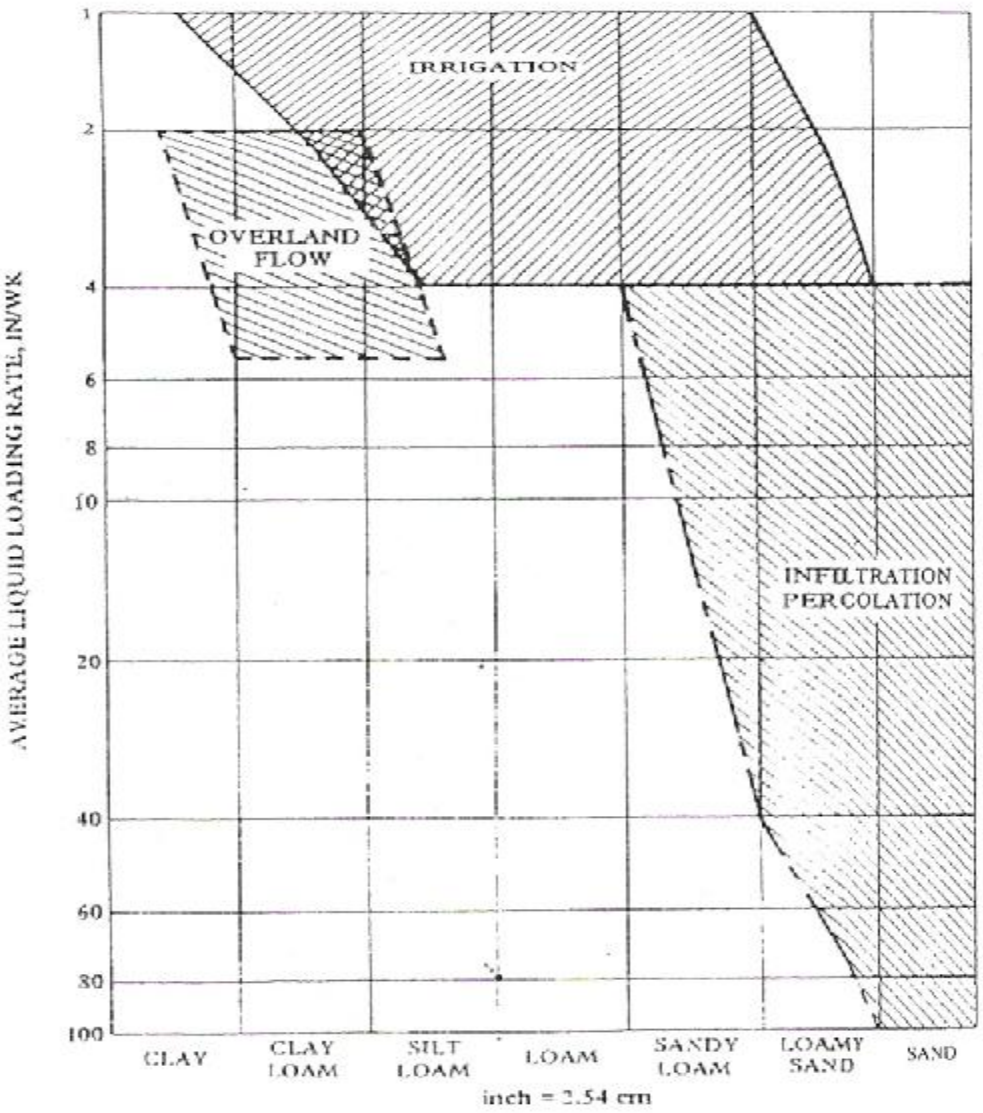
การบำบัดโดยดินนิยมใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว ซึ่งส่วนใหญ่จะนำน้ำทิ้งเหล่านี้มารดต้นไม้ โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้วจะมีคุณภาพดีขึ้น ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อต้นไม้มากนัก และในน้ำทิ้งยังมีสารอาหารที่พืชต้องการ เช่น ไนโตรเจน อีกด้วย ทำให้

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

เป็นการนำน้ำทิ้งมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ ช่วยลดการทิ้งน้ำเสียที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ และเป็นวิธีการบริหารจัดการที่ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งวิธีการนี้มีข้อเด่นในเรื่องค่าใช้จ่ายต่ำ และดูแลรักษาง่าย

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นกระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยดิน (Land Treatment) สามารถแบ่งได้เป็น 3 กระบวนการ คือ Slow-rate Irrigation, Rapid Infiltration และ Overland Flow ซึ่งทางเลือกในการใช้กระบวนการต่างๆ เหล่านี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การบำบัด และชนิดของดิน (Pescod, 1992) โดยความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินและภาระบรรทุกของน้ำที่เหมาะสำหรับการบำบัดโดยดินแบบต่างๆ แสดงดังภาพประกอบ 1.3 ส่วนวัตถุประสงค์และกระบวนการในการบำบัดโดยดินแบบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1.3

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



ภาพประกอบ 1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินและภาระบรรทุกของน้ำที่เหมาะสำหรับการบำบัดโดยดินแบบต่างๆ

ที่มา : U.S. EPA., 1976

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1.2.4.1 วัตถุประสงค์และกระบวนการในการบำบัดของการบำบัดโดยดิน

ตารางที่ 1.3 วัตถุประสงค์และกระบวนการในการบำบัดของการบำบัดโดยดิน

การบำบัดโดยดิน	วัตถุประสงค์	กระบวนการในการบำบัด
ระบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation)	1. การบำบัดน้ำเสีย 2. การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในทางเกษตรกรรมแทนการทิ้ง และเป็นการอนุรักษ์น้ำ 3. การนำสารอาหารในน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ให้กับพืช	การระบายน้ำเสียลงสู่ดินที่มีการเพาะปลูกอย่างช้าๆ เมื่อน้ำเสียผ่านดินจะเกิดกระบวนการกรอง การแลกเปลี่ยนประจุ กระบวนการออกซิเดชั่น/รีดักชั่น และการดูดติดผิว ในขณะที่พืชจะดึงสารอาหารในน้ำเสียไปใช้ นอกจากนี้ยังมีกระบวนการคายน้ำร่วมด้วย กลไกการกำจัดน้ำเสียนี้มีทั้งวิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่จะช่วยให้เกิดกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งความลาดชันของพื้นที่ควรต่ำกว่า 15%
ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration)	1. การบำบัดน้ำเสีย 2. การเติมน้ำใต้ดิน (Ground recharge) 3. การฟื้นฟูน้ำที่บำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ 4. การปล่อยทิ้งหรือการเติมน้ำผิวดิน 5. การนำน้ำเสียที่บำบัดมาเก็บกักไว้ใต้พื้นที่เพาะปลูก เพื่อนำกลับมาใช้ในระยะเพาะปลูกต่อไป	น้ำเสียจะถูกปล่อยตรงลงบนพื้นดินอย่างรวดเร็วโดยการกระจายลงในแอ่งน้ำ (Basin) หรือวิธีการโปรย และเมื่อผ่านชั้นดิน น้ำเสียจะถูกบำบัด ซึ่งไม่จำเป็นต้องปลูกพืชช่วย ยกเว้นบางกรณี
ระบบน้ำไหลนอง (Overland Flow)	1. ประยุกต์ให้เกิดการบำบัดขั้นที่สองหรือขั้นที่สาม 2. เพื่อผลิตหญ้าซึ่งเป็นอาหารสัตว์ 3. เพื่อการอนุรักษ์พื้นที่สีเขียว	การระบายน้ำเสียลงบนพื้นที่เพาะปลูกที่มีลักษณะลาดเอียงให้น้ำเสียไหลนองพื้นผิวหน้า (Run off) ลงสู่ที่รองรับโดยตรง ซึ่งมีหลักการคล้ายระบบอัตราไหลช้า แต่สามารถประยุกต์ใช้ในพื้นที่ดินซึมน้ำไม่ค่อยดี

ดัดแปลงจาก : เภสัชรัตน์, 2550

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ซึ่งข้อควรพิจารณาในการออกแบบระบบการบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้านั้นควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้ (เภสัชรัตน์, 2550)

การบำบัดขั้นต้น

การบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้าอาจจะต้องใช้ระบบการบำบัดอื่นๆร่วมด้วยเพื่อทำให้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่สมบูรณ์ โดยปกตินำ้เสียที่ใช้รดให้พืชอาจจะต้องผ่านการบำบัดขั้นต้นเพื่อให้มีความปลอดภัยต่อสุขอนามัยของผู้บริโภคได้มาตรฐานตามแนวทางหรือค่าที่กำหนดขึ้นอยู่กับประเภทของการเจริญเติบโตของพืช ความมากน้อยของพืชที่ใช้ ระดับความปลอดภัยในด้านสุขอนามัยจากการรับสัมผัสต่อผู้บริโภคจากการประยุกต์ใช้น้ำเสียนั้น และวิธีการที่ใช้ ตัวอย่างเช่น น้ำเสียที่ใช้รดให้พืชที่กินสดๆ น้ำที่ใช้ควรจะผ่านการบำบัดขั้นทุติยภูมิหรือขั้นสูงโดยผ่านการฆ่าเชื้อโรค

การเลือกพื้นที่เพาะปลูก

ลักษณะเนื้อดินที่อยู่ในช่วง Clay Loam ถึง Sandy Loam เป็นดินที่เหมาะต่อการเพาะปลูกควรมีความลึกอย่างน้อย 0.3 เมตร แต่ค่าที่ดีอยู่ในช่วง 1.5-2.0 เมตร ความลึกเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพัฒนาการของรากพืชบางชนิดและการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งลักษณะสำคัญและเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการเลือกพื้นที่เพาะปลูกได้ แสดงดังตารางที่ 1.4 โดยค่าสภาพให้ให้ซึมได้ของน้ำในดินและความลึกของดินจากระดับน้ำใต้ดิน ชั้นดินหรือหินที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ ก็เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้การบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้าเพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนกับน้ำใต้ดินที่จะเกิดขึ้น การยอมให้น้ำซึมได้ในแนวดิ่ง หรือ ค่าสภาพนำไฟฟ้าของน้ำภายใต้สภาวะอิ่มตัวของชั้นดินก็มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนการเลือกและการออกแบบของระบบที่จะนำมาใช้

ดินที่ค่าสภาพให้ซึมได้ของน้ำในดิน (Permeability) อยู่ในช่วง 5-50 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้าเนื่องจากช่วยให้เกิดการสมดุลระหว่างการหน่วงขององค์ประกอบของน้ำเสีย (Retention of Wastewater Components) และการระบายของน้ำ โดยช่วงของความสามารถสภาพให้ซึมได้ของน้ำในดินดังกล่าวเหมาะกับดินที่มีลักษณะเนื้อดินประเภท Clay Loam ถึง Sandy Loam ซึ่งดินเหนียวจะให้ค่าสภาพให้ซึมได้ของน้ำในดินต่ำ การบำบัดโดยดินสามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ดีแต่อัตราภาระบรรทุกของน้ำเป็นสิ่งที่ต้องถูกจำกัดรวมทั้งการจัดการพืชก็มีความยุ่งยาก ดินที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้น้อยเหมาะกับการบำบัดโดยดินแบบน้ำไหลนอง

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำหรือสูง และมีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงเป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด ในขณะที่ค่าอัตราร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Sodium Percentage; ESP) ที่สูงในดินทำให้การซึมได้ของน้ำในดินลดลง อย่างไรก็ตามอาจจะแก้ปัญหานี้โดยการเลือกพืชที่มีความทนทานต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมในดินได้

ความชันหรือความลาดเอียงควรจะจำกัดที่ประมาณ 15% หรือ น้อยกว่านี้สำหรับพืชที่มีการใส่ปุ๋ย ความชันที่มากกว่า 20% เหมาะกับพืชที่ไม่ต้องใส่ปุ๋ย เช่น ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ส่วนพื้นที่ป่าในแนวไหล่เขาและพื้นที่ไม่ต้องใส่ปุ๋ยที่มีความชันมากกว่า 40% เหมาะจะให้น้ำแบบฉีดพ่น

พื้นที่ที่เหมาะสำหรับการบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้าควรจะเป็นพื้นที่ที่น้ำไม่ท่วมและห่างจากชุมชน เช่น สวนสาธารณะ สนามเด็กเล่น สนามกอล์ฟ และทางหลวง ซึ่งการฆ่าเชื้อโรคสำหรับน้ำที่ใช้สำหรับการบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้าจะช่วยป้องกันสุขอนามัยของประชาชนได้ ซึ่งลักษณะสำคัญและเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการเลือกพื้นที่เพาะปลูกสำหรับการบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้า แสดงดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ลักษณะสำคัญและเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการเลือกพื้นที่เพาะปลูกสำหรับการบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้า

คุณลักษณะ	**ระดับการยอมรับได้**		
	ยอมรับได้	**พอจะยอมรับได้**	**ยอมรับไม่ได้**
Soil			
- pH (ดิน:น้ำ=1:5)	5.5-8.4	5.2-5.5	< 5.2 ; > 8.4
- ESP (%)	< 5	5.0-10.0	> 10[a]
- EC (S/m)	< 0.4	0.4-0.8	> 0.8
- Permeability (cm/hr)	0.51-5.08	0.15-0.51,5.08-15.24	< 0.15 ; > 15.24
- Depth of groundwater (m)	> 1.52	0.61-1.52[b]	< 0.61
Slope grade (%)	0-2	2.0-15.0	> 15[c]
Land use	เกษตรกรรม	มีการใช้ประโยชน์น้อย	ในเขตเมือง/อุตสาหกรรม[d]
Hydrology	น้ำไม่ท่วม	มีน้ำท่วมน้อย	มีน้ำท่วมมาก

[a] > 20 สำหรับดินที่เสื่อม, [b] อาจต้องการการระบายน้ำใต้ผิวดิน, [c] > 30% สำหรับพื้นที่ที่เป็นป่าไม้

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[d] การรดน้ำในบริเวณภูมิทัศน์และสนามกอล์ฟอาจจะต้องมีการบำบัดน้ำในขั้นสูงกว่าการบำบัดขั้นปฐมภูมิ

ที่มา : Tchobanoglous and Burton, 1991

อัตราการใช้น้ำเสีย (Wastewater application rate)

โดยทั่วไปอัตราการใช้น้ำเสียสำหรับการบำบัดโดยดินแบบอัตราไหลช้าอยู่ในช่วงประมาณ 2.5-10 เซนติเมตรต่อสัปดาห์ แสดงดังภาพประกอบที่ 1.3 การเลือกใช้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะภูมิอากาศ ค่าสภาพการซึมได้ของน้ำในดิน ชนิดของพืช รวมถึงระดับคุณภาพน้ำที่ต้องการหลังการบำบัด ข้อมูลของลักษณะภูมิอากาศและค่าสภาพให้ซึมได้ของน้ำในดิน (Permeability) สามารถรับได้ จากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาและการตรวจสอบในพื้นที่จริงตามลำดับ เมื่อผลผลิตจากพืชเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกความต้องการใช้น้ำในการเพาะปลูกอาจจะต้องจำกัดอัตราการใช้น้ำ

การเลือกพืช

การเลือกชนิดของพืชที่ปลูกสำหรับการบำบัดโดยดินอาจส่งผลกระทบต่อระดับการบำบัดที่ทดลองใช้ก่อนดำเนินการบำบัดจริง การเลือกประเภทของกระบวนการบำบัดที่ใช้อัตราภาระบรรทุกของน้ำ ผู้ออกแบบควรพิจารณาถึงเศรษฐศาสตร์ ฤดูกาลเพาะปลูก ลักษณะของดินและความชัน ตลอดจนคุณลักษณะของน้ำเสีย พืชที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาปลูกจะช่วยลดการพังทลายของดิน เป็นตัวกลางหรือที่อยู่ให้แก่จุลินทรีย์ในดิน กำจัดสารอาหารในน้ำเสียโดยการนำไปใช้ของพืช และรายได้ที่จะได้จากการขายพืชผลที่ปลูก พืชที่เหมาะสมต้องสามารถใช้สารอาหารและน้ำได้ในปริมาณสูง ทนทานต่อดินที่ชื้น มีผลกระทบน้อยจากสารประกอบในน้ำเสียและไม่ต้องการการดูแลมากนัก โดยในงานวิจัยนี้เลือกต้นปาล์มน้ำมัน

อัตราภาระบรรทุกไนโตรเจน (Nitrogen loading)

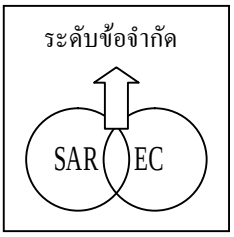
สำหรับการบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้า เมื่อไนโตรเจนที่รับเข้าในระบบบำบัดจะต้องมีความสมดุลกับการนำไปใช้ของพืช ปฏิกิริยาไนทริฟิเคชั่นและไนโตรเจนที่ผ่านเข้าไปในบริเวณรากของพืช โดยน้ำใต้ดินจะต้องมีความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจนน้อย ในทางปฏิบัติน้ำที่ใช้กับระบบควรมีการปนเปื้อนปริมาณไนเตรทไนโตรเจนน้อยกว่า 10 mg/L ก่อนที่น้ำจะกรองผ่านลงไปยังน้ำใต้ดิน

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ในการดำเนินการรดน้ำเสียบนพื้นดิน อาจมีสารอาหารพวกไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพียงพอ แต่อาจมีสารโปตัสเซียมไม่เพียงพอ ซึ่งสามารถผสมเพิ่มเติมในน้ำเสียได้ เพื่อการเจริญเติบโตงอกงามดีของพืช และต้องตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งออกจากระบบและน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่บำบัดและรอบๆบริเวณอย่างสม่ำเสมอด้วย สำหรับเกณฑ์แนะนำของคุณภาพน้ำทิ้งออกจากระบบอัตราไหลช้า (Slow rate) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แสดงดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 เกณฑ์คุณภาพน้ำสำหรับประเมินความเหมาะสมของน้ำที่จะนำไปใช้ในการชลประทาน

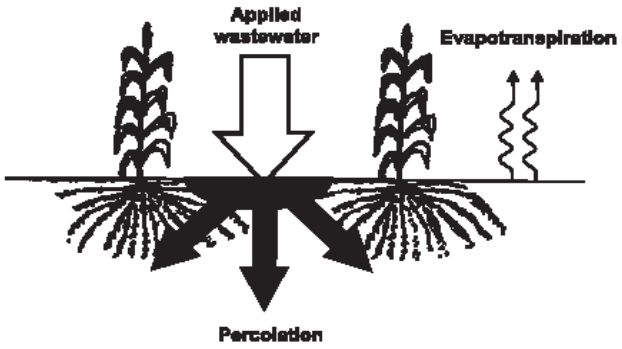
ดัชนีคุณภาพน้ำและปัญหาที่อาจเกิด	**ระดับข้อจำกัดในการใช้งาน**		
	ไม่มี	**จำกัดปานกลาง**	**จำกัดมาก**
Salinity (กระทบกับพืช)			
- การนำไฟฟ้า (EC), dS/m	0.7	0.7-0.3	> 3.0
- ของแข็งละลายน้ำรวม (TDS), mg/L	< 450	450-2,000	> 2,000
Permeability (กระทบอัตราการซึมน้ำในดินประเมินโดยค่านำไฟฟ้าและ SAR*)			
- SAR = 0-3	EC > 0.7	0.2-0.7	< 0.2
- SAR = 3-6	EC > 1.2	0.3-2.0	< 0.3
- SAR = 6-12	EC > 1.9	0.5-2.0	< 0.5
- SAR = 12-20	EC > 2.9	1.3-2.9	< 1.3
- SAR = 20-40	EC > 5.0	2.9-5.0	< 2.9
Specific Ion Toxicity (กระทบพืชที่ไวต่อธาตุนั้นๆ)			
- โซเดียม : กระจายบนพื้นดิน, mg/L	SAR < 3	3-9	> 9
- คลอไรด์ : กระจายบนพื้นดิน, mg/L	< 140	140-350	>350



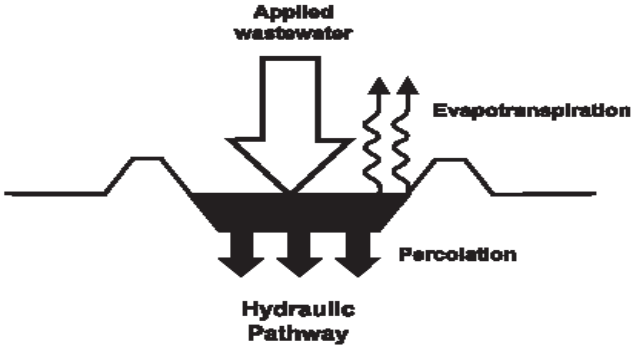
หมายเหตุ *SAR = $Na^{+} / ((Ca^{++} + Mg^{++})/2)^{1/2}$ โดยที่ Na = ปริมาณ Na ในน้ำ (meq/L), Ca = ปริมาณ Ca ในน้ำ (meq/L) และ Mg = ปริมาณ Mg ในน้ำ (meq/L)

ที่มา : เภสัชรัตน์, 2550

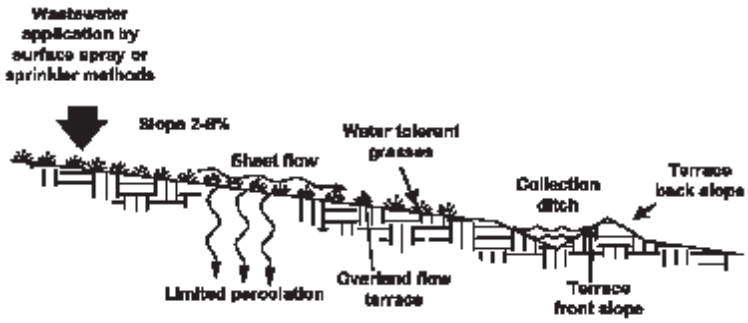
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



ภาพประกอบที่ 1.4 ระบบบำบัดโดยดินแบบอัตราไหลช้า
ที่มา : http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r00008/html/tfs12.htm



ภาพประกอบที่ 1.5 ระบบบำบัดโดยดินแบบไหลซึมเร็ว
ที่มา : http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r00008/html/tfs12.htm



ภาพประกอบที่ 1.6 ระบบบำบัดโดยดินแบบน้ำไหลนอง
ที่มา : http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r00008/html/tfs12.htm

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1.2.4.2 กลไกการบำบัดน้ำเสียของระบบการบำบัดน้ำเสียโดยดิน

กลไกในการบำบัดน้ำเสียของระบบการบำบัดน้ำเสียโดยดินมีกลไกรวมกัน 3 แบบ คือ กลไกทางกายภาพ กลไกทางเคมี และกลไกทางชีวภาพ มีองค์ประกอบของกลไกที่สำคัญคือ พืช ชั้นดิน น้ำ และจุลินทรีย์ ซึ่งแต่ละตัวมีกลไกในการบำบัดต่างๆดังนี้ (Metcaf and Eddy, 1991)

1) พืช มีหน้าที่สำคัญคือ สร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับจุลินทรีย์ ส่วนลำต้นและใบช่วยให้ของแข็งแขวนลอยตกตะกอน และช่วยชะลอความเร็วของอัตราการไหลของน้ำให้ช้าลงด้วย นอกจากนั้นยังเป็นที่อยู่อาศัยของจุลชีพ พืชจะสามารถนำก๊าซในบรรยากาศรวมทั้งออกซิเจนลงไปสู่ราก (รากฝอย) บริเวณรากฝอยเป็นบริเวณที่มีออกซิเจน ส่วนบริเวณที่อยู่ไกลออกไปจะมีสภาพไร้ออกซิเจน บริเวณที่อยู่ระหว่างบริเวณที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนเป็นบริเวณที่มีความสำคัญโดยที่บริเวณนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงธาตุต่างๆ เช่น ธาตุไนโตรเจน และสารอื่นๆ

2) ชั้นดิน ประกอบด้วย ดิน กรวด และทราย นอกจากจะเป็นที่อยู่ของพืชแล้วยังเป็นแหล่งอาหารของพืช และเป็นพื้นที่สำหรับประจุสารเชิงซ้อน สารประกอบต่างๆมาทำปฏิกิริยากัน

3) น้ำ น้ำเสียที่ไหลผ่านด้านบนและในชั้นดิน จะนำพาก๊าซและสารอินทรีย์ต่างๆมาให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ และยังช่วยในการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชสามารถดูดซับธาตุอาหารได้ง่ายขึ้น และช่วยสร้างสภาวะที่เหมาะสมทางชีวเคมีของจุลินทรีย์รวมทั้งพืชอีกด้วย

4) จุลินทรีย์ ในที่นี้ได้แก่ พวกแบคทีเรีย รา โปรโตซัว เป็นต้น พวกจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเพื่อเป็นอาหารและพลังงานสำหรับการดำเนินชีวิต

ระบบการบำบัดโดยดินเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เลียนแบบกลไกของธรรมชาติที่ประกอบไปด้วยพืช ดิน และจุลินทรีย์ ระบบการบำบัดโดยดินจึงสามารถบำบัดน้ำเสียได้หลายชนิด ตั้งแต่น้ำเสียชุมชน น้ำเสียอุตสาหกรรม ตลอดไปจนถึงการปรับปรุงคุณภาพน้ำในแม่น้ำ ลำคลอง

ในระบบบำบัดโดยดินจะมีกลไกการบำบัดน้ำเสียที่สำคัญคือกลไกทางชีวภาพ เช่น การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ ซึ่งเราสามารถวัดการย่อยสลายนี้ได้ด้วย การดูค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand) หรือ TOC (Total Organic Carbon) เป็นต้น นอกจากนี้ระบบบำบัดโดยดินยังสามารถกำจัดสารอาหาร เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส หรือสารพิษอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีกลไกการบำบัดน้ำเสีย

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ทางกายภาพ เช่น การกรอง การตกตะกอน หรือกลไกการบำบัดทางเคมี เช่น การดูดติด (Adsorption) เป็นต้น

น้ำทิ้งที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มีปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูป COD และ SS สูง และมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งสูงด้วยเช่นกัน เมื่อทำการทดลองโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน น้ำทิ้งที่ไหลผ่านด้านบนและในชั้นผิวดินจะนำสารต่างๆ เหล่านี้มาให้จุลินทรีย์และพืชช่วยในการเจริญเติบโต อีกทั้งยังช่วยสร้างสภาวะที่เหมาะสมทางชีวเคมีของจุลินทรีย์และพืช

การดูดใช้ธาตุอาหารของพืช หมายถึง การที่ไอออนธาตุอาหารพืชมาสัมผัสกับใบ ลำต้น และราก ทำให้เกิดการดึงดูดธาตุอาหารนั้นเข้าไป ดังนั้นการดูดซับน้ำและไอออนธาตุอาหารจะประกอบด้วยการที่กลไกที่ไอออนในดินมาสู่ใบ ลำต้น และราก และกลไกการดูดซับธาตุอาหารพืชของเซลล์พืช โดยที่พืชได้รับคาร์บอนและออกซิเจนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการสังเคราะห์แสงจากใบพืชและส่วนที่มีสีเขียว ส่วนธาตุอาหารพืชในรูปของไอออนพืชก็สามารถได้รับเช่นกัน การดูดใช้ธาตุอาหารพืชโดยส่วนต่างๆ ของพืช ดังนี้ (มุกดา, 2544)

1) การดูดใช้ธาตุอาหารทางใบและลำต้น พืชสามารถดูดธาตุอาหารพืชทางใบและลำต้นได้โดยผ่านทางคิวติเคิล (Cuticle) และเอกโตเดสมาตา (Ectodesmata) มีการศึกษาพบว่าช่องปากใบไม่ใช่ช่องทางที่แท้จริงที่สารจะเข้าสู่เซลล์ผิวใบ เพราะคิวติเคิลบนผิวใบกับคิวติเคิลในโพรงใต้ใบต่อเนื่องเป็นเนื้อเดียวกัน แต่คิวติเคิลในโพรงใต้ใบบางกว่า เล็กกว่า จึงยอมให้สารละลายผ่านได้ดีกว่าคิวติเคิลบนผิวใบ (ยงยุทธ, 2543)

ดังนั้นกลไกการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารพืชเข้าสู่ใบจึงประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแทรกซึมผ่านผิวเคลือบคิวติน เมื่อสารละลายของธาตุอาหารพืชสัมผัสผิวเคลือบ สารละลายจะแพร่ผ่านผิวเคลือบตามความแตกต่างของระดับความเข้มข้น และสารละลายจะผ่านผิวเคลือบที่บางได้ง่ายกว่าผิวเคลือบที่หนา และการแพร่และอัตราเร็วของการแพร่ของสารละลายจะขึ้นกับอุณหภูมิ ความแตกต่างของระดับความเข้มข้น และขนาดของไฮเดรตไอออน (Hydrated ion) สำหรับไอออนที่มีขนาดเล็กจะผ่านได้เร็ว ซึ่งจะเรียงลำดับจากเร็วไปหาช้าได้ดังนี้ Cs^{+}, Rb^{+}, K^{+}, Na^{+}, Li^{+}, Mg^{2+}, Sr^{2+} และ Ca^{2+}

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเคลื่อนย้ายผ่านผนังเซลล์ โดยจะเป็นการเคลื่อนที่ผ่านเอกโตเดสมาตา ซึ่งเป็นบริเวณที่สารละลายเคลื่อนที่ผ่านผนังเซลล์ได้สะดวกที่สุด เนื่องจากผนังเซลล์มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบที่ไม่เป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของสารละลาย หรือการเคลื่อนที่ผ่าน

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ผนังเซลล์ที่มีการยืดตัวและบริเวณผนังเซลล์ที่มีการชำรุดและกำลังซ่อมแซม ขณะที่เซลล์มีความเต่งมากสารละลายก็จะผ่านได้สะดวกเช่นกัน เมื่อสารละลายผ่านผิวเคลือบของใบพืชแล้วจะเข้าสู่ผนังเซลล์ได้สะดวก

2) การดูดซับธาตุอาหารพืชทางราก รากเป็นอวัยวะหลักในการดูดธาตุอาหารพืช รากพืชจะดูดธาตุอาหารพืชในรูปของไอออน ทั้งไอออนบวกและไอออนลบ จะเข้าสู่ช่องว่างของเซลล์รากพืชและช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยไอออนของธาตุอาหารจะเดินทางผ่านระบบของวาสคูลาร์ เคลื่อนที่ไปยังส่วนยอดของพืช ส่วนของรากพืชที่มีประสิทธิภาพในการดูดและส่งผ่านไอออนธาตุอาหารพืชได้ดีจะอยู่ในช่วงของปลายราก การดูดซับธาตุอาหารพืชทางรากมีปัจจัยที่ควบคุมหลายปัจจัย เช่น ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน อุณหภูมิดิน ปริมาณก๊าซออกซิเจน และพลังงานที่ได้จากกระบวนการหายใจของพืช เป็นต้น

กลไกของไอออนที่เข้าสู่รากพืช จะเริ่มจากรากพืชคายคาร์บอนไดออกไซด์และขับสารอินทรีย์หลายชนิดออกสู่ดิน สารอินทรีย์ที่ถูกขับออกมาเหล่านี้เรียกว่า เอกซูเดตของราก (Root exudates) และสารเหล่านี้จะเป็นแหล่งอาหารและแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ดิน ดังนั้นดินบริเวณที่อยู่ใกล้รากพืชจะมีกิจกรรมทางชีวเคมีที่ก่อให้เกิดกลไกที่ส่งเสริมให้ธาตุอาหารพืชเข้าสู่รากพืช ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืช บริเวณรากพืชนี้เรียกว่า ไรโซสเฟียร์ (Rhizosphere) กลไกที่ไอออนเข้าสู่รากพืชประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ ดังนี้

1) การไหลแบบกลุ่มก้อนของไอออนตามกระแสน้ำ (Mass flow) เป็นการไหลของไอออนที่มาพร้อมกระแสน้ำ เนื่องจากขณะที่รากพืชดูดน้ำจากดินมาใช้ในการเจริญเติบโตและจะมีการคายน้ำออกมาอย่างต่อเนื่องนั้น สารละลายของดินปริมาณมากจึงเคลื่อนย้ายจากดินมาสู่รากพืช และไอออนต่างๆ จากสารละลายดินก็จะมาพร้อมกระแสน้ำนี้ด้วย ต่อจากนั้นรากพืชก็สามารถดูดไอออนด้วยกลไกการดูดเข้าสู่รากพืชต่อไป ปริมาณของธาตุอาหารที่มาสู่ผิวรากพืชพร้อมกระแสน้ำนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำของพืชและความเข้มข้นของไอออนในสารละลายดินนั้น ซึ่งได้แก่ ไอออนของธาตุไนโตรเจน แคลเซียม กำมะถัน และโมลิบดีนัม

2) การแพร่ (Diffusion) เป็นการเคลื่อนที่ของไอออนของแร่ธาตุในดินซึ่งมีระดับความเข้มข้นสูงกว่าสู่ผิวรากพืชที่มีระดับความเข้มข้นของไอออนต่ำกว่า จึงเกิดการเคลื่อนที่ของไอออนของธาตุต่างๆ ที่อิสระในสารละลายดินแพร่มาสู่ผิวรากพืชได้โดยตรง โดยไม่ต้องใช้พลังงาน ได้แก่ การแพร่ของฟอสเฟสและโพแทสเซียม เป็นต้น

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3) การแลกเปลี่ยนไอออนของราก เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนบวกและลบที่อยู่บริเวณผิวเซลล์ภายนอกของรากพืชกับในสารละลายดิน

ชั้นผิวดินเป็นอีกหนึ่งกลไกของระบบบำบัดโดยดิน ดินเป็นส่วนที่รากพืชยึดเกาะ ช่องว่างของอนุภาคดินทำหน้าที่เหมือนตัวกรอง เมื่อน้ำทิ้งผ่านระบบบำบัดโดยดินอนุภาคของสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทิ้งจะถูกดูดซับไว้บริเวณผิวดิน จากนั้นจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และพืช

ในส่วนของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินก็เป็นอีกหนึ่งกลไกสำคัญของระบบบำบัดโดยดิน ได้แก่ พวกแบคทีเรีย รา โปรโตซัว เป็นต้น พวกจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งเพื่อเป็นอาหารและพลังงานสำหรับการดำเนินชีวิต ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น โดยหน้าที่ของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน คือ (http://agri.wu.ac.th/msomsak/Soil/Lecture/SoilLive/SoilLive.htm)

1) การย่อยสลายสารอินทรีย์

น้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์ที่อยู่ในรูป COD และ SS สูง เมื่อใส่ลงไปในดินจะถูกสิ่งมีชีวิตในดินช่วยกันย่อยสลายให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ ฮิวมัส และสารอาหารพืช พืชได้รับประโยชน์โดยตรงจากสารอาหารที่เกิดขึ้น เช่น ไนเตรท แอมโมเนียม ฟอสเฟต และซัลเฟต เป็นต้น ฮิวมัสช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ช่วยให้อนุภาคดินจับตัวกันเป็นเม็ดดินทำให้ดินมีช่องว่างมากขึ้น การซึมซับน้ำและการระบายอากาศดีขึ้น เป็นต้น โดยน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินจะมีสารอินทรีย์ลดลง

2) การตรึงไนโตรเจน

จุลินทรีย์ในดินบางชนิดสามารถเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ซึ่งมีทั้งชนิดที่ตรึงไนโตรเจนได้เมื่อต้องอาศัยร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น และที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยอิสระ โดยกระบวนการทางเคมี โดยขั้นแรกก๊าซไนโตรเจนจะถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนีย และมีเอนไซม์ไนโตรจิเนส เป็นตัวกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับกรดอินทรีย์ได้เป็นกรดอะมิโน และเปลี่ยนเป็นโปรตีนต่อไป เมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้ตายและถูกย่อยสลาย สารประกอบไนโตรเจนภายในเซลล์ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นสารอาหารพืช ทำให้ไนโตรเจนในน้ำทิ้งลดลง

จุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนอย่างอิสระในดิน เช่น อะโซโตแบคเตอร์ (Asotobacter) คลอสตริเดียม (Clostridium) และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green agea) ส่วน

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ชนิดที่ตรึงไนโตรเจนโดยอาศัยร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ไรโซเบียม (Rhizobium) และแฟรงเกีย (Frankia) เป็นต้น

1.2.5 **ลักษณะของพืชที่เลือกใช้**

1.2.5.1 **ข้อมูลทั่วไปของปาล์มน้ำมัน**

ปาล์มน้ำมัน (Oil palm) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Elaeis guineensis Jacq. อยู่ในวงศ์ Areacaceae หรือ Palmae มีลักษณะคล้ายมะพร้าว ใบปาล์มแตกเป็นเกลียว มีรากเกิดใต้ผิวดิน ต้นปาล์มต้นหนึ่งจะมีใบติดประมาณ 40 ใบ จะมีช่อดอกตัวผู้และดอกคล้ายนิ้วมือยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตร และช่อดอกตัวเมียมีลักษณะเป็นหนามยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ผลปาล์มจะออกเป็นทะลาย ทะลายหนึ่งอาจมีน้ำหนัก 10-90 กิโลกรัม ปาล์มน้ำมันจะให้ผลผลิตในปีที่ 3 เป็นต้นไปและเมื่ออายุมากขึ้นจำนวนทะลายจะมากขึ้น ผลปาล์มมีลักษณะคล้ายลูกมะพร้าวแต่เล็กกว่ามาก ระยะที่อ่อนอยู่จะมีสีน้ำตาลเข้ม แต่พอผลแก่หรือสุกเต็มที่จะมีสีแดงจัดหรือสีส้ม

ผลปาล์มน้ำมันให้ผลผลิตน้ำมัน 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์ม (Palm oil) ได้จากการสกัดเนื้อปาล์ม และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Palm kernel oil) สกัดจากเมล็ดปาล์ม ผลปาล์ม 1 ผล จะมีน้ำมันปาล์ม 9 ส่วน และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม 1 ส่วน น้ำมันที่สกัดจากผลปาล์มสดจะมีเบต้าแคโรทีน (Beta-Carotene), โปรวิตามินเอ (Pro Vitamin A) และวิตามินอี (Vitamin E) ในปริมาณสูง น้ำมันปาล์มประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันที่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สมดุล และด้วยเหตุที่มีวิตามินอีสูง จึงทำให้น้ำมันปาล์มมีเสถียรภาพสูง สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวนั้นส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยว โอเลอิค (Mono-unsaturated oleic acid) 40% ขณะที่กรดไขมันอิ่มตัวประกอบด้วย กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid) 44% และกรดสเตรียริค (Stearic acid) 5% ด้วยสัดส่วนของส่วนผสมดังกล่าว ทำให้น้ำมันปาล์มมีคุณสมบัติพิเศษเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารหลายประเภท (รักษ์, 2552)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชผสมข้าม ใบเลี้ยงเดี่ยว จัดอยู่ในวงศ์ปาล์ม (Palmae หรือปัจจุบันเปลี่ยนเป็น Arecaceae) และเป็นพืชยืนต้นที่สามารถให้ผลผลิตทะลายได้ตลอดปี เริ่มจากที่ปาล์มมีอายุได้ประมาณ 2 ปีครึ่งหลังจากปลูก โดยเฉลี่ยแต่ละต้นควรจะให้ทะลายได้อย่างน้อยหนึ่งทะลายต่อเดือน และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายได้นานกว่า 25 ปี พันธุ์ปลูกของปาล์มน้ำมันมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้ (http://kasetinfo.arda.or.th/south/palm/controller/index.php)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(1) **ราก**

รากเป็นระบบรากฝอย (Fibrous root system) รากของปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่จะกระจายอยู่บริเวณผิวดินลึกไม่เกิน 45 เซนติเมตร มีความหนาแน่นมากในบริเวณโคนและระยะ 1.5 ถึง 2.0 เมตรจากลำต้น แต่ในกรณีที่ดินมีการถ่ายเทอากาศดีและระดับน้ำใต้ดินไม่สูงอย่างถาวร อาจจะมีรากบางส่วนเจริญลึกลงถึง 5 เมตร ซึ่งจะช่วยยึดลำต้นไว้ไม่ให้ล้มง่าย การแตกแขนงของรากเริ่มจาก Primary root, Secondary root, Tertiary root และ Quaternary Root ตามลำดับ โดย Quaternary Root จะทำหน้าที่ดูดธาตุอาหารเนื่องจากธาตุชนิดนี้ไม่มีลิกนินเหมือนรากชนิดอื่นที่มีสารนี้ ในส่วนของเนื้อเยื่อ Hypodermis ปาล์มน้ำมันไม่มีขนอ่อน นอกจากนี้ Hydathodes ที่เกิดจากเนื้อเยื่อชั้น Cortex ของราก จะโผล่เหนือพื้นดินเพื่อช่วยในการหายใจในกรณีที่เกิดน้ำท่วม

(2) **ลำต้น**

จุดเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันมีจุดเดียวคือตายอด ในระยะแรกลำต้นจะเจริญเติบโตด้านกว้าง จนมีขนาดเต็มที่ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 ปี ได้เป็นลำต้นใต้ดิน (Bole) จากนั้นเป็นการเจริญเติบโตด้านความสูงเป็นลำต้นเหนือดิน (Trunk) ที่มีกาบใบห่อหุ้มอยู่ กาบใบติดอยู่กับลำต้นอย่างน้อย 12 ปี ดังนั้นต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุไม่เกิน 12 ปี จะมีใบคลุมถึงโคนต้น หากอายุมากขึ้นกาบใบบริเวณโคนต้นจะทยอยร่วง ซึ่งแตกต่างจากมะพร้าวซึ่งเมื่อใบร่วงกาบใบจะหลุดออกจากลำต้นหมดโดยไม่ทิ้งกาบใบไว้เลย ปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นพืชที่ไม่มีเนื้อเยื่อเจริญเติบโตด้านข้าง ดังนั้นเมื่อมีแผลบริเวณลำต้นจะไม่สามารถซ่อมแซมได้ อัตราการยืดตัวของลำต้นนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและพันธุกรรม ในสภาพของการปลูกปกติ ซึ่งขนาดของลำต้นมีลักษณะต่างกัน จะมีการเพิ่มความสูง 25 ถึง 50 เซนติเมตรต่อปี หากมีการปลูกที่หนาแน่นมากเกินไปจะทำให้ลำต้นเจริญเติบโตเร็วและมีขนาดเล็ก หากในสภาพแวดล้อมที่มีการบังแสงอย่างมาก ลำต้นและใบจะมีการเจริญเติบโตช้ามาก ต้นปาล์มน้ำมันที่เจริญเต็มที่แล้ว จะมีส่วนของเนื้อเยื่อเจริญเติบโต ขนาดเส้น ผ่าศูนย์กลาง 10 ถึง 12 เซนติเมตร ความลึก 2.5 ถึง 4.0 เซนติเมตร บริเวณส่วนกลางของส่วนยอด (Crown) โดยมีจุดกำเนิดใบ ใบอ่อน และฐานของใบหุ้มอยู่ การจัดเรียงใบบนลำต้นมีลักษณะเป็นเกลียวบนลำต้น โดยแต่ละรอบจะมีใบ จำนวน 8 ใบและรอบต่อไปจะมีใบ จำนวน 13 ใบ สลับกัน การเวียนจะมีทั้งด้านซ้ายและด้านขวา แต่ปาล์มน้ำมันที่ปลูกจะมีต้นไปทางด้านซ้ายหรือเวียนไปทางด้านขวาในปริมาณใกล้เคียงกัน และความสูงโดยทั่วไป สูง 15 ถึง 18 เมตร

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(3) **ใบ**

ในระยะแรกของต้นกล้ามีใบ ที่เรียกว่า Plumular Sheath จำนวน 2 ใบ หลังจากนั้นจะมีใบจริงเจริญเติบโตออกมาใบแรกซึ่งมีรูปร่างแบบ Lanceolate โดยมีเส้นกลางแบ่งแยกออกเป็นสองทาง แต่ยังคงมีใบย่อยติดกันอยู่ และใบถัดมาจะมีใบย่อยแยกออกจากกันอีกส่วนใบจริงที่มีลักษณะนี้จะถูกสร้างขึ้นมาเดือนละ 1 ใบ จนกระทั่งครบระยะเวลา 6 เดือน ใบของปาล์มน้ำมันประกอบด้วยก้านใบที่อาจมีความยาวถึง 7.5 เมตร สามารถประเภทของใบเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนปลายเป็นส่วนที่รองรับใบย่อย จำนวน 250 ถึง 300 ใบ และส่วนก้านที่ติดกับลำต้น ซึ่งเป็นส่วนที่มีหนามแข็ง ในระยะแรกใบจะเจริญเป็นเนื้อเยื่อบางๆ ห่อหุ้มตายอด ซึ่งมีจำนวน 45 ถึง 50 ใบ แต่ละใบจะห่อหุ้มตายอดเป็นระยะเวลาประมาณ 2 ปี ต่อมาจะมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว จนกลายเป็นใบที่แหลมเหมือนหอก แต่ใบย่อยยังไม่คลี่ ในสภาพ แวดล้อมที่แห้ง ใบจะยังไม่คลี่จนกระทั่งถึงช่วงฤดูฝน ดังนั้นในช่วงฤดูแล้งจะพบว่ามีจำนวนของใบที่มีลักษณะแหลมมากกว่าในฤดูฝน ในสภาพปกติในระยะ 5 ถึง 6 ปีแรก จะมีใบที่ติดกับยอดประมาณ 25 ถึง 35 ใบ แต่ต่อมาจะมีจำนวนใบลดลงเหลือ 18 ถึง 25 ใบ หากในสภาพที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันจำนวนหนาแน่นจะมีจำนวนใบน้อยกว่า และใบที่คลี่แล้วจะมีอายุประมาณ 2 ปี และแต่ละเดือนจะมีใบคลี่ประมาณ 2 ใบ ปาล์มน้ำมันเป็นพืชประเภทกึ่ง Xerophye มี Cuticle หนา และมีเนื้อเยื่อที่มีลิกนิน มีเซลล์ปากใบประมาณ 145 เซลล์ต่อตารางมิลลิลิตร และในส่วนของ Guard Cell จะมีผนังบาง ๆ และในสภาพขาดน้ำปากใบจะปิดในช่วงเวลาเที่ยงวัน

(4) **ช่อดอกและดอก**

จุดกำเนิดช่อดอก คือบริเวณมุมใบของต้นที่มีอายุ 2 ปีขึ้นไป โดยส่วนของตาจะพัฒนาเป็นช่อดอกเมื่อเป็นใบแหลมได้ 9 ถึง 10 เดือน ปาล์มน้ำมันเป็นพืชพวก Monoecious Plant คือมีทั้งช่อดอกตัวผู้ (Male Inflorescences) และช่อดอกตัวเมีย (Female Inflorescences) อยู่ในต้นเดียวกัน ลักษณะการเกิดช่อดอกซึ่งจะเป็นเพศใดเพศหนึ่งในช่วงระยะเวลา 4 ถึง 5 เดือน จำนวนช่อดอกที่เกิดในแต่ละช่วงมี จำนวน 8 ถึง 10 ช่อ

ในระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงจากช่อดอกเพศหนึ่งไปเป็นอีกเพศหนึ่งของปาล์มน้ำมัน จะเกิดช่อดอกที่มีทั้ง 2 เพศ (Hermaphroditic Inflorescences) โดยเฉพาะในปาล์มน้ำมันที่ยังมีอายุน้อย จะมีช่อดอกตัวเมียอยู่ด้านล่าง และช่อดอกตัวผู้อยู่ด้านบน และจะไม่ค่อยพบดอกชนิดสมบูรณ์เพศหรือเป็นช่อดอกแบบ Compound Spike หรือ Spadix แกนกลางจะแบ่งเป็นก้านช่อดอกและส่วนที่มีดอกติดอยู่ (Rachis) ดอกจะเป็นชนิดไม่มีก้านดอก ขึ้นเรียงเป็นเกลียว มีส่วนที่ห่อหุ้ม

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ช่อดอกเหมือนมะพร้าว เรียกว่า Spathe โดยมีจำนวน 2 แผ่น คือ Outer และ Inner Spathe ในขณะที่มะพร้าวมีเพียงแผ่นเดียว ช่อดอกตัวผู้มีช่อดอกย่อยที่มีรูปทรงเป็นช่อยาวทรงกระบอก สีเหลืองยื่นออกมาจาก Rachis จำนวนมาก ลักษณะคล้ายนิ้วมือ และแต่ละดอกจะมีเกสรตัวผู้ปกติและมีเกสรตัวเมียเป็นหมัน ช่อดอกตัวเมียมีลักษณะของดอกอวบหนา และแต่ละดอกจะมี Bract ลักษณะเป็นหนามแหลม มีเปอร์เซ็นต์การติดผล 60 ถึง 65 เปอร์เซ็นต์

(5) **ผลและเมล็ด**

ผลเป็นแบบ Drupe เหมือนมะพร้าว ส่วนของ Pericarp ซึ่งเป็นส่วนเปลือกของผล แบ่งออกเป็น 3 ส่วนอย่างชัดเจน คือ Exocarp อยู่ด้านนอกสุด ผิวเป็นมันและแข็ง Mesocarp (Pulp) เป็นส่วนที่อยู่ถัดไปที่เป็นเส้นใย เป็นส่วนทีมีน้ำมันสูง นำไปสกัดเป็นน้ำมันปาล์ม (Palm Oil) และ Endocarp (กะลา; Shell) ลักษณะเป็นเปลือกแข็งสีดำ เมื่อสกัดน้ำมันจาก Mesocarp ออกมาจะเหลือส่วนนี้ซึ่งห่อหุ้มเมล็ดอยู่ สามารถส่งไปขายหรือเพื่อสกัดสกัดเอาน้ำมันปาล์มจากเมล็ด (Palm Kernel Oil) ถัดจากส่วนของ Endocarp เป็นส่วนของเมล็ดซึ่งมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลหุ้มเอนโดสเปิร์มที่มีความแข็งและแน่น มีน้ำมันสูง มีสีเทาหรือขาว และจะพบส่วนของคัพภะบริเวณตาของผล (germ pore)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ 1.6 ข้อมูลทั่วไปของปาล์มน้ำมัน

ชื่อสามัญ	ปาล์มน้ำมัน
ชื่อวิทยาศาสตร์	Elaeis guineensis Jacq
ถิ่นกำเนิด	แอฟริกา
แหล่งปลูก	มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไนจีเรีย ไทย
สายพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า	ลูกผสมเทเนอรา
ความสูง	15-18 เมตร
ขนาดลำต้น	45-60 เซนติเมตร
การผลิตทางใบ	20-40 ทางใบ/ปี
ความยาวของทางใบ	6-9 เมตร
สีผลสุก	แดงอมม่วง-ส้ม
ระยะเวลาการอนุบาลต้นกล้า	12-15 เดือน
อายุเก็บเกี่ยวหลังปลูกลงแปลง	30 เดือน
ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว	ทุก 10-14 วัน
จำนวนทะลาย	10-12 ทะลาย/ต้น/ปี
น้ำหนัก/ทะลาย	10-30 กิโลกรัม
ผลผลิตทะลายสด	3,600 กิโลกรัม/ไร่/ปี
จำนวนผล/ทะลาย	1,000-3,000 ผล
รูปร่างของผล	กลม-รูปไข่
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผล	2-5 เซนติเมตร
น้ำหนัก/ผล	3-30 กรัม
เนื้อปาล์มชั้นในเมล็ด/ผล	3-8 %
เนื้อปาล์มชั้นนอก/ผล	60-96 %
น้ำมัน/เนื้อชั้นนอก	20-50 %
ผลผลิตน้ำมัน	640-800 กิโลกรัม/ไร่
จำนวนต้น/ไร่	22-25 ต้น/ไร่
ระยะปลูก	8.5-9.0 เมตร
อายุการเก็บเกี่ยวตลอดการปลูก	20-30 ปี

ที่มา : รักษ์, 2552

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชน้ำมันที่สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ การนำผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปาล์มไปใช้ประโยชน์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่นำมาทำเป็นอาหาร (Food) และส่วนที่นำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อาหาร (Non-food) หรือมีประโยชน์ทั้งทางด้านการบริโภคและอุปโภค ความหลากหลายของการใช้ประโยชน์ดังกล่าว เช่น ใช้น้ำมันปาล์มโอเลอีน (Olein palm oil) ทำอาหารในครัวเรือน หรือใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่ต้องมีการทอด เนยเทียม ไอศกรีม ขนมขบเคี้ยว และลูกกวาด ครีมเทียมประเภทต่างๆ สบู่และผงซักฟอก และอุตสาหกรรมโอเลโอเคมีคอล (Oleochemical) ซึ่งรวมถึงการผลิตเชื้อเพลิง (เมทานอล) เพื่อใช้ในกับเครื่องยนต์ เป็นต้น (http://natres.psu.ac.th/researchcenter/palm/picbook/2.theera_46.pdf)

1.2.5.2 **สภาพแวดล้อมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมัน**

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่มีอายุการให้ผลผลิตนานกว่า 20 ปี โดยปกติทั่วไปปาล์มน้ำมันเริ่มให้ผลผลิตตั้งแต่อายุ 3 ปีหลังปลูก เมื่ออายุมากขึ้นจะให้ผลผลิตสูงขึ้นจนถึงระดับหนึ่งจะให้ผลผลิตคงที่และจะเริ่มค่อยๆ ลดลงเมื่ออายุปาล์มมากกว่า 18 ปี ดังนั้นในการสร้างสวนปาล์มน้ำมันให้สำเร็จนั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ได้แก่ พื้นที่ปลูก พันธุ์ การจัดการสวนที่ถูกต้องและเหมาะสมตามหลักวิชาการ เป็นต้น (รักษ์, 2552)

1.2.5.2.1 **สภาพพื้นที่**

พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันควรเป็นที่ราบหรือมีความลาดชันของพื้นที่เล็กน้อย ความชันไม่เกิน 20% มีการระบายน้ำดี ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มควรจะเป็นดินร่วนถึงดินเหนียว มีความลึกของชั้นหน้าดินมากกว่า 75 เซนติเมตร ดินที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ ดินลูกรังซึ่งจะทำให้เกิดสภาพแห้งอย่างรวดเร็วในช่วงปีที่มีอากาศแล้ง ต้นปาล์มที่ปลูกในพื้นที่ลักษณะนี้จะได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงในช่วงฤดูแล้ง ดินชายฝั่งทะเลก็ไม่เหมาะสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันโดยเฉพาะดินทรายจัดที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเก็บความชื้นได้น้อย ดินที่มีการระบายน้ำได้ยากอันเนื่องมาจากโครงสร้างของดินก็เป็นดินที่ไม่เหมาะสำหรับปลูกปาล์มน้ำมันเช่นเดียวกัน

นอกจากนี้ สภาพที่สูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 500 เมตร จะมีผลทำให้ปาล์มให้ผลผลิตช้ากว่าปลูกในที่ราบประมาณ 1 ปี เนื่องจากความสูงจากระดับน้ำทะเลมากๆ จะมีผลกระทบเช่นเดียวกับอุณหภูมิ ดังนั้นจึงไม่นิยมปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลเกิน 300 เมตร

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1.2.5.2.2 **ลักษณะภูมิอากาศ**

สภาพแวดล้อมนับว่ามีผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันอย่างมาก การปลูกปาล์มน้ำมันจึงต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้ด้วย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และปริมาณแสงแดด

(1) **ปริมาณน้ำฝน** ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันควรมีปริมาณมากกว่า 1,700 มิลลิเมตรต่อปี นอกจากนี้การกระจายของฝนก็มีความสำคัญเนื่องจากหากมีช่วงแล้งที่นานเกินกว่า 3 เดือน จะต้องมีการให้น้ำเสริมแก่ต้นปาล์ม การขาดน้ำติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะมีผลทำให้ดอกตัวเมียลดลง ในขณะเดียวกันก็มีผลทำให้ปาล์มมีการผลิตดอกตัวผู้เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ก็ยังทำให้ดอกตัวเมียเป็นหมันส่งผลกระทบให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันลดลง

(2) **อุณหภูมิ** แม้ว่าปริมาณน้ำฝนจะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน แต่อุณหภูมิก็มีความสำคัญ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันจะอยู่ระหว่าง 24-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำที่สุดไม่ควรต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และหากอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการเจริญเติบโตต่อต้นกล้าปาล์มน้ำมัน สำหรับอุณหภูมิสูงสุดไม่ควรเกิน 32 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะมีผลทำให้อัตราการคายน้ำของปาล์มสูงขึ้น

(3) **ปริมาณแสงแดด** มีผลต่อการสังเคราะห์ธาตุอาหารของต้นปาล์ม แสงน้อยจะมีผลทำให้การสังเคราะห์ธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเพิ่มผลผลิต ต้นปาล์มที่ปลูกในร่มเงาจะมีผลทำให้อัตราการดูดซึมธาตุอาหารและการเจริญเติบโตลดลง ทำให้การผลิตดอกตัวเมียลดลงด้วย โดยทั่วไปปาล์มน้ำมันต้องการแสงแดดอย่างน้อย 5 ชั่วโมงต่อวัน

นอกจากนี้ในพื้นที่ซึ่งมีลมแรง จะมีผลกระทบต่อปาล์มน้ำมันเนื่องจากต้นปาล์มมีระบบรากฝอยไม่ต้านทานต่อกระแสลมแรง ทำให้ต้นเอนหรือโค่นล้มได้ง่าย หรืออาจทำให้ใบฉีกขาด ทางใบหัก ทำให้มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของปาล์มน้ำมันและผลผลิตได้ ดังนั้นปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ จึงเป็นสิ่งที่เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันจะต้องพิจารณาเลือกพื้นที่ให้เหมาะสมต่อปาล์มน้ำมัน เพราะหากพื้นที่ไม่เหมาะสมแล้วจะทำให้ต้นทุนในการจัดการพื้นที่สูงขึ้น ผลผลิตที่ได้จากปาล์มน้ำมันก็ไม่เต็มที่ ทำให้มีผลต่อรายได้ที่ได้รับ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1.2.5.3 **การให้น้ำปาล์มน้ำมัน**

จาการศึกษาผลของการให้น้ำของศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี พบว่าปาล์มที่มีการจัดการที่ดี เช่น มีการให้ปุ๋ยให้น้ำอย่างเพียงพอจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในช่วง 2 ปีแรกของการให้ผลผลิตหรือช่วงอายุ 3.5-5.5 ปี การให้น้ำจะทำให้ผลผลิตทะลายเพิ่มขึ้นถึง 41.8% หรือเท่ากับ 153.31 กิโลกรัมต่อต้นต่อปีหรือประมาณ 3.50 ตันต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับปาล์มน้ำมันที่ไม่ให้น้ำ ซึ่งให้ผลผลิตเพียง 108.12 กิโลกรัมต่อต้นต่อปีหรือประมาณ 2.46 ตันต่อไร่ การตอบสนองของผลผลิตจากการให้น้ำลดลงเมื่อปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งในช่วงอายุ 5.5-10.2 ปี การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่ได้รับน้ำเพิ่มขึ้นเพียง 12.74% เท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับปาล์มน้ำมันที่ไม่ให้น้ำ แต่เมื่อพิจารณาผลผลิตเฉลี่ยของปาล์มน้ำมันในช่วงอายุ 3.5 ปี ซึ่งเป็นปีแรกของการให้ผลผลิตจนถึงอายุ 10 ปี พบว่าการให้น้ำทำให้ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 20.15% เท่ากับ 150.7 กิโลกรัมต่อต้นต่อปีหรือ 3.44 ตันต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับปาล์มน้ำมันที่ไม่ให้น้ำซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 125.42 กิโลกรัมต่อต้นต่อปีหรือ 2.86 ตันต่อไร่ ในพื้นที่ที่มีการขาดน้ำมากกว่า 200 มิลลิเมตรขึ้นไปควรให้น้ำเสริมในช่วงฤดูแล้งหรือช่วงที่มีการขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 8-12 เดือนก่อนเก็บเกี่ยวเพื่อลดการฝ่อของช่อดอกเพศเมีย และช่วง 20-24 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว ซึ่งจะทำให้อัตราส่วนของช่อดอกเพศเมียต่อช่อดอกเพศผู้เพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (จำเป็น และคณะ, 2535) นอกจากนี้ชาวสวนปาล์มสามารถใช้ทะลายเปล่าคลุมโคนต้นปาล์มเพื่อรักษาความชุ่มชื้นของดินได้โดยคลุมชิดกับลำต้นในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี เมื่อเริ่มปลูกในปีแรกและคลุมดินห่างจากโคนต้นประมาณ 50 เซนติเมตรในปีที่สองโดนใช้อัตราทะลายปาล์มเปล่า 75 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี และเพิ่มปริมาณขึ้นตามอายุของต้นปาล์มน้ำมันที่มากขึ้น (http://it.doa.go.th/palm/index.html)

1.2.5.4 **การให้ปุ๋ยปาล์มน้ำมัน**

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องและให้ผลผลิตสูง จึงต้องการธาตุอาหารเป็นปริมาณมากด้วยเช่นกัน ดังนั้นการทำสวนปาล์มจึงต้องใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารตรงตามความต้องการของปาล์มน้ำมันด้วย ซึ่งธาตุอาหารแต่ละชนิดจะมีบทบาทต่อปาล์มน้ำมันดังนี้

(1) **ไนโตรเจน**

ไนโตรเจนนับว่าเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเจริญเติบโตของพืช ปาล์มน้ำมันในช่วงต้นเล็กจะตอบสนองต่อธาตุไนโตรเจนมากกว่าต้นขนาดใหญ่ ดังนั้นอาการขาดธาตุไนโตรเจนจึงพบมากในปาล์มต้นเล็ก โดยเฉพาะในพื้นที่ดินทรายหรือดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี รวมทั้งเขตพื้นที่ที่ดินมีการชะล้างพังทลายสูง

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ปาล์มน้ำมันที่มีการขาดธาตุไนโตรเจนมักจะมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลง โดยเฉพาะอัตราการผลิตใบใหม่จะลดลง อาการที่พบได้ชัดเจนคือใบย่อยของทางใบล่างจะเหลือง

(2) **ฟอสฟอรัส**

ฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ประกอบของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการสืบพันธุ์ ทำหน้าที่เป็นตัวรับและถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่างๆ ในกระบวนการที่สำคัญๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ เป็นต้น

อาการขาดธาตุฟอสฟอรัสในปาล์มน้ำมันมักจะไม่แสดงอาการออกมาชัดเจน แต่อาจสังเกตได้จากการที่ปาล์มน้ำมันมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ทางใบสั้นลง ลำต้นเล็ก และขนาดของทะลายเล็กลง ต้นหญ้าหรือพืชตระกูลถั่วที่ปลูกบริเวณใกล้ต้นปาล์มน้ำมันจะมีปลายใบและก้านใบสีม่วง ใบล่างจะมีขนาดเล็กสีม่วงเข้ม ถ้าขาดฟอสฟอรัสเป็นเวลานานๆ ทรงพุ่มจะมีลักษณะคล้ายปิรามิด อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปมักไม่ค่อยพบอาการขาดฟอสฟอรัสเพราะรากปาล์มน้ำมันมีเชื้อราไมโครไรซ่าอาศัยอยู่ ซึ่งจะช่วยดึงดูดธาตุฟอสฟอรัสให้กับปาล์มน้ำมัน

(3) **โพแทสเซียม**

โพแทสเซียมเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงและการหายใจ กระบวนการสร้างแป้งและน้ำตาล ตลอดจนการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลในพืช ช่วยให้น้ำในพืชมีความสมดุลและควบคุมการปิดเปิดปากใบในเซลล์พืช ดังนั้นปาล์มน้ำมันที่ได้รับโพแทสเซียมเพียงพอจะทนทานต่อความแห้งแล้งและโรค และทำให้ทะลายปาล์มมีขนาดใหญ่และจำนวนเพิ่มขึ้น

อาการขาดธาตุโพแทสเซียมค่อนข้างแปรปรวนขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ลักษณะอาการที่แสดงออกชัดเจนคือใบจุดสีส้ม อาการเริ่มแรกพบในใบย่อยของทางใบล่าง จะเป็นจุดเหลืองซีด รูปร่างไม่แน่นอนเกิดขึ้นตามความยาวของทางใบ เมื่ออาการรุนแรงจุดเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีส้มเข้มสลับตัดกับสีเขียวบางส่วนของใบ และเป็นจุดสีส้มในวงสีเหลือง เมื่ออาการรุนแรงมากขึ้นจะพบเนื้อเยื่อแห้งตายตรงส่วนกลางของจุดสีส้ม ปลายและขอบทางใบย่อยแห้งตาย ส่วนอีกอาการคืออาการใบย่อยสีเหลืองแพร่กระจายเป็นวงลักษณะอาการนี้พบเสมอกับปาล์มน้ำมันที่ปลูกบนดินทราย ดินพรุ โดยเฉพาะในช่วงที่ขาดน้ำอย่างรุนแรง ใบย่อยของทางใบกลางจนถึงทางใบล่างของลำต้น มีอาการสีเหลืองและแห้งตาย

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(4) **แมกนีเซียม**

แมกนีเซียมมีบทบาทสำคัญเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์และมีบทบาทในการสังเคราะห์กรดไขมัน อาการขาดแมกนีเซียมมักพบในบริเวณพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในดินทรายและดินกรด และบริเวณที่หน้าดินถูกชะล้าง

อาการขาดธาตุแมกนีเซียมสังเกตได้ง่ายๆ โดยใบย่อยของทางใบตอนล่างจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้ม โดยเฉพาะใบที่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง แต่ส่วนใบย่อยที่ไม่สัมผัสของแสงอาทิตย์จะยังคงมีสีเขียวอยู่ แต่ถ้าขาดรุนแรงใบจะเป็นสีส้มทั้งใบและแห้งตายเป็นหย่อม นอกจากนี้อาการขาดแมกนีเซียมอาจเกิดจากต้นปาล์มน้ำมันได้รับโพแทสเซียมมากเกินไปก็ได้

(5) **โบรอน**

โบรอนมีบทบาทในการสังเคราะห์และย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในพืช ช่วยในการลำเลียงน้ำตาลในพืช เกี่ยวข้องกับการดูดและคายน้ำและกระบวนการสังเคราะห์แสง จำเป็นสำหรับการงอกของหลอดเกสรตัวผู้ในช่วงการผสมเกสร การแบ่งเซลล์โดยเฉพาะบริเวณปลายยอดและปลายรากและเกี่ยวข้องกับดึงดูดธาตุแคลเซียมของรากพืช ดังนั้นธาตุโบรอนเป็นธาตุอาหารที่ค่อนข้างมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันมาก การขาดธาตุโบรอนของปาล์มน้ำมันเป็นปัญหาใหญ่

อาการขาดธาตุโบรอนจะแสดงออกที่ส่วนที่อ่อนที่สุดของพืช เนื่องจากเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้ายในพืช ดังนั้นการขาดธาตุโบรอนจะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาใบทำให้ใบมีรูปร่างผิดปกติ ดังนี้

- ทางใบย่อยจะย่นพับเข้าหากัน ทำให้ยอดใบสั้นผิดปกติ
- อาการขาดที่ไม่รุนแรง ปลายใบจะหักงอคล้ายรูปตะขอ
- อาการขาดที่รุนแรง ใบยอดจะย่นและปลายใบหัก นอกจากนี้มีอาการใบเปราะและสีเขียวเข้ม
- ทะลายปาล์มจะมีเมล็ดลีบหรือมีเปอร์เซ็นต์การผสมไม่ติดสูง

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(6) **ธาตุอาหารอื่นๆ**

ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในดินพรุหรือดินทรายจัดจะพบมีการขาดธาตุทองแดง ปาล์มน้ำมันที่ปลูกในดินจอมปลวกที่มีความเป็นด่างสูงจะมีการขาดธาตุเหล็ก อย่างไรก็ตามการขาดธาตุเหล่านี้มักไม่ค่อยมีความสำคัญเพราะพบน้อยมาก

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชน้ำมันที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพืชที่สูงกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด และเป็นพืชน้ำมันที่มีปริมาณการผลิตน้ำมันและการบริโภคจัดอยู่ในอันดับสองของโลกรองมาจากถั่วเหลือง สามารถปลูกได้ดีในประเทศแถบร้อนชื้นที่อยู่ในช่วงเส้นละติจูด 20 องศาเหนือ-ใต้ และจัดเป็นพืชยืนต้นที่มีอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตทะลายสดนานมากกว่า 25 ปี (ธีระ และคณะ, 2546) ปาล์มน้ำมันนั้นจะเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนหรือดินร่วนเหนียว และชอบสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตกชุกและสม่ำเสมอตลอดปี ความชื้นสูง แสงแดดจัด ซึ่งพื้นที่ทางภาคใต้จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการทำสวนปาล์ม ในการปลูกปาล์มน้ำมันนั้นเรื่องของธาตุอาหารก็เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง ซึ่งปาล์มน้ำมันในแต่ละช่วงอายุนั้นมีความต้องการธาตุอาหารไม่เหมือนกัน แสดงดังตารางที่ 1.7

ตารางที่ 1.7 ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมันในช่วงอายุต่างๆ

ช่วงอายุ (ปี)	**ธาตุอาหาร (กิโลกรัม/เฮกตาร์/ปี)**				
	N	P	K	Mg	Ca
0-3	39.8	6.1	55.4	7.4	12.9
3-9	191-267	32-42	287-387	48-67	85-114
0-9	1,231-1,720	204-272	1,850-2,487	314-423	361-721

ที่มา : http://contact.doae.go.th/cts/upload/269/1809/1823/1714_ความต้องการธาตุอาหารพืชและการใช้ประโยชน์.doc

หมายเหตุ : ตั้งแต่ปีที่ 9 เป็นต้นไปให้ใส่ปุ๋ย P 3 ปีต่อครั้ง ไม่ต้องใส่ทุกปีส่วนปุ๋ยสูตรอื่นๆยังคงใส่เหมือนเดิมทุกปี (ชัยรัตน์, 2538)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1.2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการบำบัดโดยดิน

การบำบัดโดยดินมีอยู่ 2 วัตถุประสงค์คือ กำจัดของเสียและนำส่วนประกอบของของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Cabrera, *et al*., 1997) ซึ่งการบำบัดโดยดินนั้นสามารถบำบัดตะกอนน้ำเสียชุมชนได้ (Xing, *et al*., 2006) จากงานวิจัยของ Tzanakakis, *et al*. (2003)ได้ทำการทดลองปลูกพืชอายุ 1 ปี จำนวน 4 ชนิด คือ Eucalyptus (*Eucalyptous camanulensis*), Acacia (*Acacia donax*), Poplar (*Populus nigra*) และ Reed (*Arundo donax*) โดยให้น้ำแบบอัตราไหลช้าและใช้น้ำเสียครัวเรือนที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจากถังเกรอะ (Septic tank) ก่อนแล้วจึงสูบน้ำไปใส่ไว้ในถังเกรอะอีกครั้ง ก่อนนำไปรดต้นไม้ เก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 15, 30 และ 60 เซนติเมตร ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าสามารถกำจัดซีโอดี ทีเคเอ็น ฟอสฟอรัสทั้งหมด แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด และแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มได้ 95.0%, 94.0%, 85.0%, 99.9% และ 99.9% ตามลำดับ จากทุกระดับความลึก แต่ค่าไนเตรทที่ตรวจจากตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยไม่พบความแตกต่างในประสิทธิภาพการบำบัดโดยดินแบบอัตราไหลช้าระหว่างพืชแต่ละชนิด

นอกจากสามารถบำบัดตะกอนน้ำเสียได้ดีแล้วการบำบัดน้ำเสียโดยดินยังสามารถบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียได้ดีอีกด้วย โดย Thongnuekhang and Puetpaiboon (2004) ได้ทำศึกษาการบำบัดไนโตรเจนจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นโดยการบำบัดบนดินร่วมกับพืช ซึ่งมีการสร้างแปลงทดลองที่ประกอบไปด้วย แปลงผักบุ้งจีน หญ้ามาเลเซีย และแปลงควบคุม (ไม่มีการปลูกพืช) และรดน้ำแปลงทดลองแต่ละแปลงด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น ซึ่งเป็นน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยระบบบ่อปรับเสถียร จากผลการทดลองพบว่าระบบนี้มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสีย และพบว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัด TKN, NH_3-N, Org-N, BOD_5 และ Sulfate ของแปลงหญ้ามาเลเซียคือ 92, 97, 61, 88 และ 52% ตามลำดับ สำหรับแปลงผักบุ้งจีนคือ 75, 80, 43, 41 และ 30% ตามลำดับ และสำหรับแปลงควบคุมคือ 74, 80, 41, 31 และ 28% ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการนำไนโตรเจนไปใช้ของพืชเป็นกลไกหลักในการกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยระบบบำบัดโดยดินร่วมกับพืช

ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของเภสัชรัตน์ (2550) ที่ทำศึกษาการกำจัดไนโตรเจนในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งด้วยการบำบัดโดยดิน ซึ่งได้มีการสร้างระบบบำบัดจำลองขึ้น 6 แปลงทดลอง แบ่งเป็น 2 กลุ่มเหมือนกัน ได้แก่ แปลงหญ้ามาเลเซีย แปลงผักบุ้งจีน และแปลงควบคุม (ไม่ปลูกพืช) แต่ใช้น้ำลักษณะต่างกันระหว่างน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากถังตกตะกอนและน้ำประปา ซึ่งกำหนดอัตราการใช้น้ำและใช้วิธีรดน้ำภายใต้สภาวะเดียวกัน ให้อัตรา

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

การใช้น้ำคือ 7.7 และ 12.6 cm/week จากผลการทดลองพบว่าการบำบัดโดยดินเป็นระบบที่สามารถกำจัดไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งที่อัตราการใช้น้ำ 7.7 cm/week จากแปลงหญ้ามาเลเซียและแปลงควบคุม เท่ากับ 92.18±10.11% และ 86.35±2.16% ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งที่อัตราการใช้น้ำ 12.6 cm/week จากระบบบำบัดแปลงหญ้ามาเลเซีย แปลงผักบุ้งจีน และแปลงควบคุม เท่ากับ 85.30±14.38%, 81.63±8.89% และ 52.21±23.39% ตามลำดับ และพบว่าการบำบัดโดยดินจะให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นหากใช้พืชร่วมด้วย ซึ่งไนโตรเจนส่วนใหญ่จะถูกกำจัดผ่านกระบวนการระเหยสู่บรรยากาศ และหลังดำเนินการทดลองพบว่าค่าไนโตรเจนทั้งหมดในดินจะอยู่ในช่วง 0.02-0.50% (0.20-5.00 g/kg) ซึ่งเป็นค่าไนโตรเจนที่พบในดินโดยทั่วไป และยังพบว่าพืชสามารถใช้ปริมาณไนโตรเจนที่มีในน้ำทิ้งได้มากกว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ถูกแนะนำ และยังช่วยลดปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่อาจจะสร้างปัญหาสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำได้อีกด้วย

ในงานวิจัยของ Cabrera, *et al.* (1997) ได้ทำการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันมะกอกด้วยการบำบัดโดยดิน โดยสร้างเป็นคอลัมน์ทดลองซึ่งภายในคอลัมน์บรรจุด้วยดิน calcareous clayey 2 ชนิด ประกอบ $CaCO_3$ 40% และ ดินเหนียว 40% ผลการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่บรรจุดิน calcareous clayey ที่มีความหนา 2 เมตร สามารถกำจัดสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานน้ำมันมะกอกได้เกือบสมบูรณ์ โดยใช้อัตราการป้อนน้ำเสีย 5,000-10,000 ลูกบาศก์เมตร/เฮกตาร์/ปี โดยสามารถรักษาประสิทธิภาพอยู่ได้ไม่น้อยกว่า 2 ปี เมื่อนำมาทดลองในสถานที่จริงเป็นเวลา 3 ปี พบว่าที่อัตราการป้อนน้ำเสีย 6,000 ลูกบาศก์เมตร/เฮกตาร์/ปี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการของดิน โดยเฉพาะดินชั้นบน (0-50 เซนติเมตร) การวิเคราะห์ดินพบว่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในดิน, ไนโตรเจนทั้งเจน, ไนเตรทที่ละลายได้ และฟอสฟอรัสมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ดินสมบูรณ์ขึ้น ในทางตรงกันข้ามค่าการนำไฟฟ้าของดินและค่าการดูดซับโซเดียมมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ต่ำกว่าระดับที่ทำให้เกิดอันตรายในดิน ยิ่งไปกว่านั้นพบว่าที่ระดับดินต่ำกว่า 1 เมตร Na^+ และ Na_3^- จะถูกชะออกไป

นอกจากนี้การบำบัดโดยดินยังสามารถบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนได้อีกด้วย ซึ่งในงานวิจัยของ Zhang, *et al.* (2007) ได้ทำการทดลองกำจัดสารอินทรีย์จากน้ำเสียรวมที่มาจากห้องน้ำ ร้านอาหาร และสถานีน้ำมัน โดยผ่านการบำบัดด้วยการซึมผ่านผิวดิน (Shallow soil infiltration treatment; SSIT) ที่ระดับความลึก 0.3 เมตร ซึ่งเป็นการทดลองในสถานที่จริง ส่วนการทดลองในระดับห้องทดลองเป็นการศึกษาผลของสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตในดินต่อประสิทธิภาพการบำบัด ซึ่งทดลองในคอลัมน์ดิน ผลการทดลองเป็นเวลา 10 เดือนพบว่าสามารถลด COD ได้สูงสุด 75.8%

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ค่าการดูดกลืนแสงลดลง 67.2% และประสิทธิภาพการบำบัด Phenolic และ Phthalate อยู่ในช่วง 35.2%-100% ส่วนผลการทดลองในห้องทดลองพบว่าที่อุณหภูมิห้องสามารถลด COD ได้สูงสุด 94.0% โดยเป็นผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ 57.7%-71.9% และผลการทดลองพบว่าอัตราภาระบรรทุกและอุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญต่อประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ในระบบบำบัดโดยการซึมผ่านชั้นดิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kadam, *et al.* (2008) ที่ทำการทดลองกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียชุมชนในเมืองมุมไบประเทศอินเดียโดยใช้ระบบกรองผ่านเครื่องกรองที่เป็นคอลัมน์ที่มีดินและหินเป็นชั้นกรอง โดยเป็นการทำงานร่วมกันของชั้นหินกับการตกตะกอน การซึมผ่าน และกระบวนการทางชีวเคมีเพื่อกำจัดของแข็งแขวนลอย สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ในน้ำเสีย ผลการทดลองพบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีค่า DO สูงขึ้น ส่วนค่า COD ลดลงจากช่วง 136-205 mg/L เหลือเพียง 38-40 mg/L และค่า BOD ลดลงจากช่วง 80-125 mg/L เหลือน้อยกว่า 12 mg/L และของแข็งแขวนลอยลดลงจากช่วง 135-203 mg/L เหลือเพียง 13-18 mg/L และค่าความขุ่นลดลงจากช่วง 84-124 NTU เหลือเพียง 8-11 NTU โดยสภาวะที่เหมาะสมของระบบคือ 0.5-1.0 ชั่วโมง อัตราภาระบรรทุกอยู่ในช่วง 0.036-0.047 $m^3/m^2.h$ โดยน้ำเสียไม่ต้องผ่านการบำบัดเบื้องต้นและใช้ได้ดีกับน้ำเสียที่มีค่า DO สูงๆ โดยไม่ทำให้เกิดสลัดจ์ ซึ่งระบบนี้ไม่ต้องใช้การกวนและใช้พลังงานต่ำ (0.04 kWh/m^3)

ระบบการบำบัดโดยดินนอกจากจะใช้ในการบำบัดน้ำเสียแล้ว ผลพลอยได้จากกระบวนการดังกล่าวยังเป็นการเพิ่มรายได้จากการขายพืชผลทางการเกษตร เป็นการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างคุ้มค่าโดยเฉพาะในฤดูแล้งซึ่งมีปริมาณน้ำน้อย ลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียและใช้พลังงานน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันทั่วไป เช่น ระบบเอเอส ระบบโปรยกรอง ระบบสระเติมอากาศ เป็นต้น (เภสัชรัตน์, 2550) และยังเป็นการลดการใช้ปุ๋ยเคมีเพราะในน้ำเสียที่จะนำมาบำบัดนั้นจะมีธาตุอาหารที่พืชต้องการ ตลอดจนยังเป็นการพัฒนาและอนุรักษ์พื้นที่ที่ปลูกต้นไม้อีกด้วย

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

โดยวิธีการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นการทดลองในระดับห้องทดลอง ซึ่งในงานวิจัยของ Lim Kim Huan (1986) ได้รวบรวมวิธีการบำบัดโดยดินที่ใช้พื้นที่จริงโดยการนำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์มมารดสวนปาล์มน้ำมัน โดยรวบรวมมา 4 แบบ ดังนี้

1. ระบบพ่นน้ำแบบละอองฝอย (Sprinkler system)

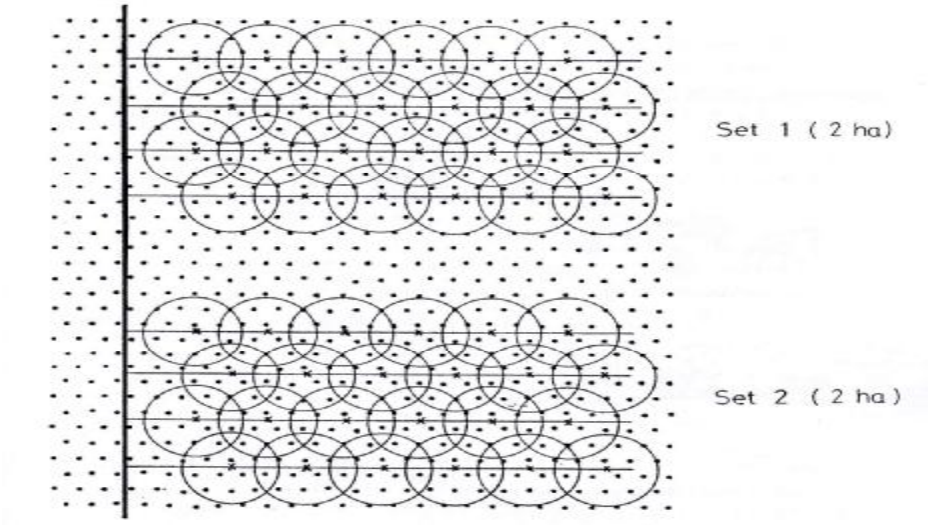
น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์ม (Palm Oil Mill Effluent : POME) ที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นจะถูกส่งไปตามรางน้ำ ซึ่งมีตะแกรงละเอียดเพื่อกรองอนุภาคสารแขวนลอยซึ่งอาจทำให้หัวฉีดของเครื่องพ่นน้ำอุดตันได้ น้ำทิ้งที่ผ่านการกรองละเอียดแล้วจะถูกส่งไปยังบ่อคอนกรีต ซึ่งมีปั๊มคอยส่งน้ำทิ้งไปยังพื้นที่ที่จะใช้บำบัดโดยผ่านทางท่อพีวีซีขนาด 10-15 เซนติเมตร ซึ่งจะมีท่อต่อแตกแขนงออกหลายท่อ โดยท่อแขนงเหล่านี้จะต่อกับเครื่องพ่นน้ำที่มีหัวฉีดกว้าง เพื่อลดปัญหาหัวฉีดอุดตัน (Lim Kim Huan, 1986)

ระบบเครื่องพ่นน้ำที่ใช้ในระบบบำบัดโดยดินมี 2 แบบ คือ

1) แบบที่ท่อส่งน้ำติดตั้งอย่างถาวรในพื้นที่บำบัด แต่หัวเครื่องพ่นน้ำสามารถถอดย้ายได้

2) แบบที่มีท่อหลักติดตั้งถาวรแล้วมีท่อแขนง 2 ชุดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ โดย 2 ชุดนี้จะสลับกันใช้งานได้ ระบบที่เคลื่อนย้ายได้ประกอบด้วยท่ออลูมิเนียมขนาด 10 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร โดยท่อขนาด 5 เซนติเมตร จะเชื่อมต่อออกจากด้านข้างของท่อขนาด 10 เซนติเมตร ในพื้นที่ราบต้นปาล์มจะปลูกห่างกัน 9.1 เมตร เป็นแนวสามเหลี่ยมโดยแต่ละแถวจะห่างกันประมาณ 7.9 เมตร และทุกๆ 3 แถว จะเว้นที่ว่างไว้ 24 เมตร แสดงดังภาพประกอบที่ 1.7

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



ภาพประกอบที่ 1.7 ระบบพ่นน้ำแบบละอองฝอย

โดยที่ ——— ท่ออลูมิเนียมขนาด 10 เซนติเมตร

—— ท่ออลูมิเนียมขนาด 5 เซนติเมตร

• ต้นปาล์มน้ำมัน (ปลูกห่างกัน 9.1 เมตร เป็นแนวสามเหลี่ยม)

× เครื่องพ่นน้ำ

ที่มา : Lim Kim Huan, 1986

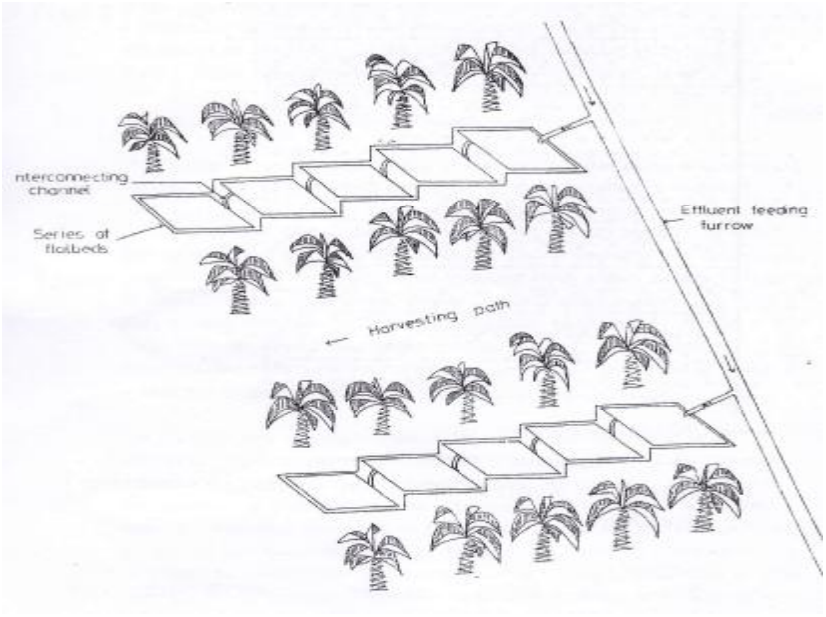
2. ระบบแอ่งน้ำไล่ระดับ (Flatbed system)

ระบบนี้นิยมใช้กับสวนปาล์มที่ปลูกแบบสามเหลี่ยมและมีระยะห่างระหว่างต้น 8.8 เมตร ซึ่งจะมีระยะห่างระหว่างแถว 7.7 เมตร ระบบนี้จะประกอบด้วยแอ่งน้ำที่เรียงกันแบบขั้นบันไดตามความลาดชันของพื้นที่ โดยแต่ละแอ่งน้ำจะกว้างประมาณ 1 ใน 3 ของระยะห่างระหว่างแถวปาล์ม ส่วนความยาวขึ้นอยู่กับความชันของพื้นที่ โดยแต่ละแถวของแอ่งน้ำจะมีช่องทางน้ำไหลเชื่อมต่อกัน เพื่อให้น้ำทิ้งไหลจากแอ่งหนึ่งไปยังอีกแอ่งหนึ่ง โดยอาศัยความชันของพื้นที่ โดยแอ่งน้ำจะใช้คนขุดหรือรถแบคโฮขุดก็ได้

ระบบจะเริ่มจากการปล่อยน้ำทิ้งไปตามท่อที่อยู่ด้านบนสุด ซึ่งวางตัวในแนวขวางกับความลาดชั้นของพื้นที่ โดยน้ำทิ้งที่ไหลในท่อจะถูกปล่อยลงมายังแอ่งน้ำแต่ละแถว ซึ่งน้ำทิ้งจะไหลลงมาตามความลาดชันจากแอ่งด้านบนลงไปยังแอ่งด้านล่าง เมื่อแอ่งน้ำด้านล่างสุดรับน้ำทิ้งเต็มแล้ว ช่องน้ำไหลที่เชื่อมระหว่างแอ่งน้ำจะถูกปิด เพื่อให้น้ำทิ้งยังอยู่บนแอ่งน้ำชั้นที่อยู่สูงถัดขึ้นมา

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

และเมื่อแอ่งน้ำรับน้ำทิ้งเต็มแล้วช่องทางน้ำไหลเชื่อมระหว่างแอ่งก็จะถูกปิดเป็นอย่างนี้เรื่อยๆ จนแต่ละแอ่งน้ำมีน้ำทิ้งเต็ม แสดงดังภาพประกอบที่ 1.8 ซึ่งระบบนี้มีข้อดีกว่าระบบเครื่องพ่นน้ำ (sprinkler system) ตรงที่ตัดปัญหาการอุดตันของหัวฉีดเครื่องพ่นน้ำ โดยระบบนี้ใช้กับน้ำทิ้งที่มีปริมาณตะกอนของแข็งอยู่มาก โดยไม่ต้องผ่านการกรอง (Lim Kim Huan, 1986)

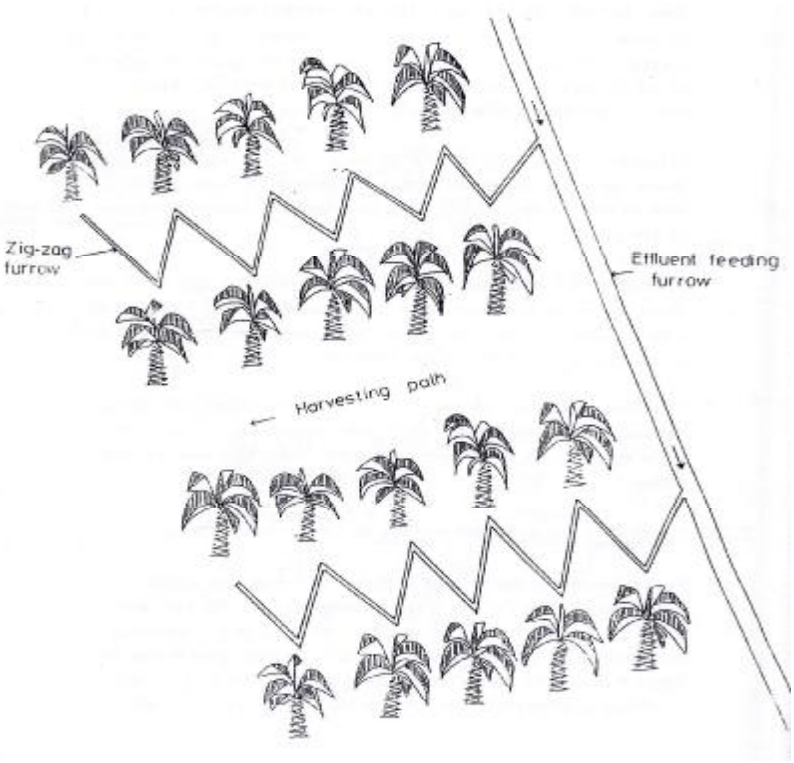


ภาพประกอบที่ 1.8 ระบบแอ่งน้ำไล่ระดับ
ที่มา : Lim Kim Huan, 1986

3. ระบบร่องน้ำ (Furrow system)

ระบบนี้ประกอบด้วยร่องน้ำทิ้งแบบซิกแซก (Zigzag) และร่องน้ำทิ้งแบบเส้นตรง เหมาะสำหรับพื้นที่ที่สูงชัน ซึ่งระบบนี้จะช่วยลดความเร็วของการไหลของน้ำทิ้งและช่วยลดการกัดเซาะผิวดินและป้องกันปัญหาน้ำทิ้งขังในพื้นที่ที่อยู่ต่ำสุด โดยน้ำทิ้งจะถูกปล่อยมาจากร่องน้ำที่อยู่ตำแหน่งสูงสุดของพื้นที่ แล้วปล่อยให้น้ำทิ้งไหลลงมาตามร่องน้ำซิกแซก เพื่อลดความเร็วของกระแสน้ำ โดยร่องน้ำทิ้งจะมีความลึกประมาณ 20-30 เซนติเมตร และกว้างประมาณ 30 เซนติเมตร แสดงดังภาพประกอบที่ 1.9 ข้อเสียของระบบนี้คือควบคุมอัตราน้ำทิ้งเข้าระบบได้ยาก ทำให้มักมีน้ำทิ้งล้นออกมาเสมอ วิธีนี้จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยม (Lim Kim Huan, 1986)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

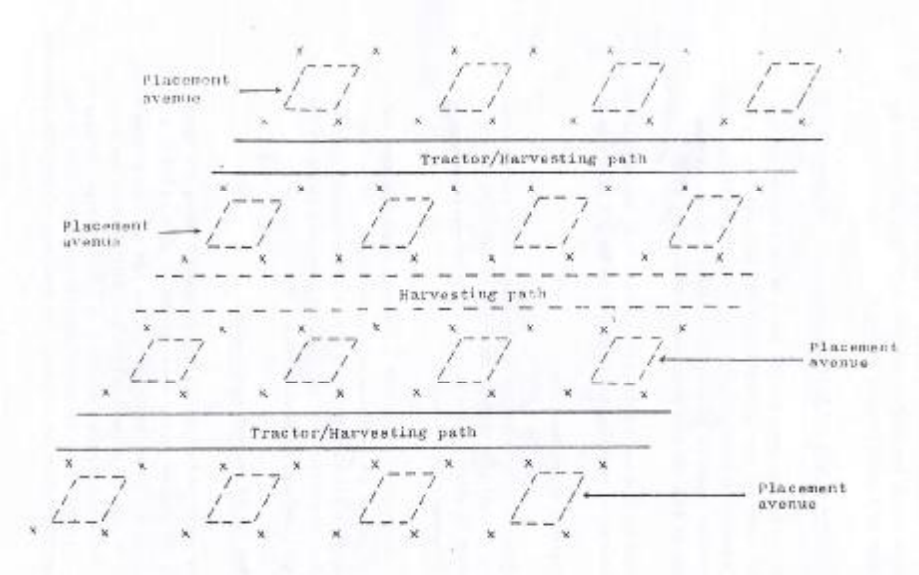


ภาพประกอบที่ 1.9 ระบบร่องน้ำ
ที่มา : Lim Kim Huan, 1986

4. ระบบใช้รถบรรทุกขน (Tractor-tanker-centrifugal pump system)

สลัดจ์ดิบหรือสลัดจ์ที่ผ่านการบำบัดแล้วจากถังย่อยสลายที่ไม่มีการกวนจะถูกส่งไปยังสวนปาล์มน้ำมันโดยใช้รถบรรทุก และน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์มที่อยู่ในรูปกึ่งแข็งกึ่งเหลว (Slurry) จะถูกส่งโดยใช้ปั๊มมากองไว้ระหว่างต้นปาล์มน้ำมัน 4 ต้น แล้วเอาทางปาล์มมาคลุมปิดไว้ให้เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติ แสดงดังภาพประกอบที่ 1.10 (Lim Kim Huan, 1986)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



ภาพประกอบที่ 1.10 ระบบใช้รถบรรทุกขน
ที่มา : Lim Kim Huan, 1986

จากงานวิจัยของ Wood (1978) และงานของ Wood, *et al*. (1979) รายงานว่าในการบำบัดโดยดินแบบใช้ Furrow system และ Flatbed system นั้น ถ้าใช้อัตราการปล่อยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์มที่สูงเกินไป โดยใช้ค่า Hydraulic loading 2.5, 5 และ 7.6 cm/month ตามลำดับ จะทำให้เกิดปัญหาน้ำขัง ทำให้มีปัญหาเรื่องแมลงโดยเฉพาะแมลงวันจะใช้เป็นที่วางไข่ ทำให้แอ่งน้ำนั้นมีหนอนแมลงวันเต็มไปหมด แม้ว่าแมลงเหล่านี้จะไม่มีอันตรายเนื่องจากไม่กัดและไม่เป็นพาหะก่อโรค แต่จะก่อความรำคาญให้กับคนงานได้ อย่างไรก็ตามแมลงเหล่านี้สามารถถูกกำจัดได้โดยใช้ยาฆ่าแมลง นอกจากปัญหาเรื่องแมลงแล้วยังก่อให้เกิดปัญหาส่งกลิ่นเหม็นรบกวนด้วย ผู้วิจัยจึงได้แนะนำให้ทำการศึกษาต่อไปโดยใช้อัตราการจ่ายน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปาล์มที่ต่ำลง

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

การนำระบบบำบัดโดยดินมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้ง มลสารต่างๆในน้ำทิ้งจะถูกบำบัดด้วยกระบวนการที่ซับซ้อนมากมาย ได้แก่ กระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งประกอบด้วยการตกตะกอน การดูดซับโดยอนุภาคของดิน การสะสมในพืช และการเปลี่ยนรูปโดยจุลินทรีย์ เป็นต้น (สุชาดา, 2548) การบำบัดที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดโดยดินมีดังนี้

1) การกำจัดสารอินทรีย์

ในระบบบำบัดโดยดิน จุลินทรีย์จะมีหน้าที่สำคัญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งทั้งที่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำและเกาะกันอยู่ในรูปของตะกอน สารละลายอินทรีย์จะถูกบำบัดโดยจุลินทรีย์ทั้งที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนที่เกาะติดอยู่กับพืช และที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ส่วนการย่อยสลายในสภาวะไร้อากาศจะเกิดขึ้นในช่วงที่ออกซิเจนขาดแคลนหรือเกิดในชั้นตะกอนที่ไม่มีออกซิเจน สารที่ถูกย่อยสลายแล้วจะกลายเป็นปุ๋ยสำหรับพืชดูดซึมไปใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งการกำจัดสารอินทรีย์จะขึ้นอยู่กับปริมาณตะกอนที่สะสมอยู่ในชั้นกรอง และอัตราการซึมของน้ำผ่านชั้นกรอง โดยออกซิเจนสามารถถ่ายเทผ่านได้ง่าย (ศุวศา, 2544)

2) การกำจัดของแข็งแขวนลอย

การลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ผ่านชั้นดิน มีผลมาจากกระบวนการที่ซับซ้อนหลายกระบวนการ เมื่อน้ำทิ้งที่ผ่านแปลงทดลองมีความเร็วของน้ำต่ำ มีพืชปกคลุม มีดินที่เหมาะสมจะช่วยในการกรอง การกำจัดของแข็งแขวนลอยของระบบบำบัดโดยดินเป็นกระบวนการที่ทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น เนื่องจากพืชจะจับของแข็งแขวนลอยไว้ที่บริเวณราก ทำให้สามารถกรองของแข็งแขวนลอยที่มีขนาดเล็กผ่านชั้นของตัวกลาง ซึ่งช่วยป้องกันการปนออกมานอกระบบของของแข็งแขวนลอย (สุชาดา, 2548)

3) การกำจัดไนโตรเจน

การกำจัดไนโตรเจนของระบบบำบัดโดยดินมีหลายกลไก ได้แก่ การนำไปใช้โดยพืช การดูดซับแอมโมเนียไนโตรเจนในดิน การระเหยในรูปของแอมโมเนีย กระบวนการไนตริฟิเคชันและดีไนตริฟิเคชัน ซึ่งการบำบัดจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของไนโตรเจนที่เข้าสู่ระบบ เช่น แอมโมเนีย จะถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทโดยไนตริฟายอิงแบคทีเรียในบริเวณที่มีออกซิเจน และไนเตรทจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจนโดยดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียในบริเวณที่ไม่มีออกซิเจน โดยออกซิเจนที่ใช้ในกระบวนการไนตริฟิเคชันมาจากทั้งการถ่ายเทจากบรรยากาศลงสู่ผิวน้ำ และที่ซึมผ่านจากรากพืช (กลอยกาญจน์, 2544)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้น

2) เพื่อศึกษาเกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสมของการบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทำให้ทราบข้อมูลประสิทธิภาพของการบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้น

2) ทำให้ทราบเกณฑ์ของการบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน และเป็นแนวทางของการบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสร้างระบบบำบัดเมื่อเทียบกับระบบอื่นที่ต้องใช้เครื่องจักร และไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในด้านการควบคุมระบบ รวมทั้งยังได้รับผลประโยชน์จากการนำการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีการบำบัดโดยดินมาใช้ เช่น สามารถลดปริมาณน้ำที่จะใช้รดสวนปาล์มน้ำมันได้ สามารถลดการใช้ปุ๋ยแก่สวนปาล์มน้ำมันได้และเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินและผลผลิตของพืชได้

3) เป็นแนวทางของการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและสารอาหารในน้ำทิ้ง โดยนำกลับมาใช้ในการเกษตรกรรม และสามารถลดปริมาณของเสียที่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ในขณะเดียวกัน

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสร้างแปลงทดลองในสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่ของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ และวิเคราะห์ตัวอย่าง ณ ห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้นำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยการเติมอากาศ 2 บ่อ มาบำบัดโดยดินโดยใช้รดในสวนปาล์มน้ำมัน โดยทดลองในสวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

(1) เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการเติมอากาศ 2 บ่อ (น้ำทิ้งจากบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่) มาวิเคราะห์ลักษณะน้ำทิ้งเพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำไปใช้บำบัดโดยดิน และเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆในภาคใต้จำนวน 6 โรงงาน มาวิเคราะห์ 1 ครั้ง เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งตัวแปรที่ใช้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง แสดงดังตารางที่ 2.1

(2) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดิน สำรวจและเลือกพื้นที่ในสวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ โดยพิจารณาจากลักษณะของดินและความชันของพื้นที่ ทำการเลือกและกำหนดแปลงทดลองเป็นจำนวน 10 แปลง ซึ่งขนาดพื้นที่แสดงดังตารางที่ 2.2 และ 2.3 โดยปาล์มอายุประมาณ 20 ปี แต่ละแปลงทดลองจะปลูกปาล์มจำนวน 30 ต้น มีการต่อท่อส่งน้ำทิ้งอยู่เหนือด้านที่ความชันสูงกว่า ซึ่งแต่ละแปลงมีความชันประมาณ 4% และมีการทำรางคอนกรีตรับน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินอยู่ด้านท้ายแปลงทดลอง โดยในรางคอนกรีตมีการทำบ่อพักรวบรวมน้ำทิ้งเอาไว้ในแต่ละแปลง ซึ่งแต่ละแปลงจะทำคันดินกั้นเอาไว้ (สูง 15 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตร)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(3) ทำการทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดด้วยอัตราการรดน้ำที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดินแบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) โดยศึกษาที่ 4 ภาระบรรทุก และแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยรดน้ำวันละครั้ง 1 ชุด และ 7 วัน/ครั้ง 1 ชุด แสดงดังตารางที่ 2.2 และ 2.3 แปลงควบคุมมี 2 แปลงคือ แปลงที่ไม่รดน้ำ 1 แปลง และรดน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝน 7 วัน/ครั้ง 1 แปลง (รดโดยใช้อัตราการรดน้ำสูงสุดของแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง) ซึ่งจะไม่มีแปลงควบคุมที่รดน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝนทุกวัน โดยมีข้อมูลเปรียบเทียบจากทางบริษัทวงศ์บัณฑิตที่ใช้รดต้นปาล์มอยู่ก่อน (โดยใช้อัตราการรดน้ำทิ้ง 200 ลิตร/ต้น/วัน) แสดงดังตารางที่ 2.4 จากนั้นนำน้ำเสียก่อนเข้าระบบและหลังจากผ่านระบบมาวิเคราะห์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัด ซึ่งตัวแปรที่ใช้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย แสดงดังตารางที่ 2.5 โดยใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ ตามที่ระบุใน Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 2005) แล้วทำการเก็บข้อมูลและหาประสิทธิภาพในการบำบัด

(4) วิเคราะห์ผลและสรุปประสิทธิภาพการบำบัดในรูปของร้อยละ วิเคราะห์ผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และจัดทำรายงานผลการวิจัย

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
1. pH	-	pH meter[1]
2. Temperature	°C	Thermometer[1]
3. Conductivity	mS/cm	Conductivity meter[1]
4. TDS (Total Dissolved Solids)	mg/L	Gravimetric method[1]
5. TS (Total Solids)	mg/L	Gravimetric method[1]
6. SS (Suspended Solids)	mg/L	Gravimetric method[1]
7. BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand)	mg/L	Azide modification method[1]
8. COD (Chemical Oxygen Demand)	mg/L	Closed Reflux method[1]
9. TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)	mg/L	Kjeldahl method[1]
10. NH_3-N (Ammonia-Nitrogen)	mg/L	Kjeldahl method[1]
11. NO_2-N (Nitrite-Nitrogen)	mg/L	Spectrophotometer method[1]
12. NO_3-N (Nitrate-Nitrogen)	mg/L	Spectrophotometer method[1]
13. Org-N	mg/L	Kjeldahl method[1]
14. TP (Total Phosphate)	mg/L	Sulfuric acid-nitric acid digestion, Persulfate digestion[1]
15. Zn	mg/L	Atomic Absorption Spectrophotometry[1]
16. SO_4^{2-} (Sulfate)	mg/L	Turbidimetric method[1]
17. K	mg/L	ICP-OES[2]
18. Na	mg/L	ICP-OES[2]
19.Ca	mg/L	ICP-OES[2]
20. Mg	mg/L	ICP-OES[2]
21. SAR (Sodium Adsorption Ratio)	-	-

ที่มา: [1] APHA, AWWA and WEF, 2005

[2] วิเคราะห์โดยหน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งทุกวัน

แปลงที่รดทุกวัน	Hydraulic Loading (cm/wk)	**ขนาดพื้นที่** (m^2)	**อัตราการรดน้ำ** (m^3/d)	BOD_5 Loading ($g/m^2.d$)	COD Loading ($g/m^2.d$)	TKN Loading ($g/m^2.d$)	N Loading ($g/m^2.d$)	P Loading ($g/m^2.d$)	K Loading ($g/m^2.d$)
D1	3	2,027	8.7	10.2	22.8	4.6	4.6	2.6	0.11
D2	2	1,871	5.4	6.9	15.3	3.1	3.1	1.8	0.08
D3	1	2,094	3.0	3.4	7.6	1.6	1.6	0.9	0.04
D4	0.5	2,068	1.5	1.7	3.9	0.8	0.8	0.4	0.02
เกณฑ์การออกแบบตามทฤษฎี (US.EPA., 2006; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553)	2.5-10	-	-	5-50	-	0.34-0.47	0.34-0.47	0.02-0.03	0.51-0.68

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้ง

แปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง	Hydraulic Loading (cm/wk)	**ขนาดพื้นที่** (m^2)	**อัตราการรดน้ำ** (m^3/wk)	BOD_5 Loading ($g/m^2.wk$)	COD Loading ($g/m^2.wk$)	TKN Loading ($g/m^2.wk$)	N Loading ($g/m^2.wk$)	P Loading ($g/m^2.wk$)	K Loading ($g/m^2.wk$)
W1	3	1,871	56.1	71.5	159.4	32.4	32.4	18.5	0.77
W2	2	2,420	48.4	47.7	106.3	21.6	21.6	12.3	0.51
W3	1	2,464	24.6	23.8	53.1	10.8	10.8	6.1	0.26
W4	0.5	2,130	10.7	12.0	26.7	5.4	5.4	3.1	0.13
เกณฑ์การออกแบบตามทฤษฎี (US.EPA., 2006; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553)	2.5-10	-	-	35-350	-	2.38-3.29	2.38-3.29	0.13-0.18	3.54-4.77

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลที่ทางบริษัทวงศ์บัณฑิตใช้รดสวนปาล์มน้ำมัน

จำนวนไร่	Hydraulic Loading (cm/wk)	อัตราการรดน้ำ (m^3/d)	BOD_5 Loading (g/m^2.d)	COD Loading (g/m^2.d)	TKN Loading (g/m^2.d)	N Loading (g/m^2.d)	P Loading (g/m^2.d)	K Loading (g/m^2.d)
2	1.92	8.8	6.6	14.6	3.0	3.0	1.7	0.06

เนื่องจากทางบริษัทวงศ์บัณฑิตมีปริมาณน้ำเสียในแต่ละเดือนไม่แน่นอนและมีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้ต้องออกแบบอัตราการรดน้ำให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำเสียที่มีอยู่ โดยต้องใช้ค่า Hydraulic loading ในอัตราที่ต่ำ ซึ่งบางค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ United States Environmental Protection Agency (US.EPA., 2006) กำหนดไว้ ส่วนค่า BOD_5 Loading ที่มีบางแปลงไม่อยู่ในช่วงของเกณฑ์การออกแบบเพราะค่าที่น้อยกว่านั้นไม่มีผลกระทบต่อระบบ แต่ถ้าค่า BOD_5 Loading สูงกว่าเกณฑ์การออกแบบจะส่งผลกระทบต่อระบบและต้นปาล์มน้ำมัน และค่า N Loading และค่า P Loading ที่ไม่อยู่ในช่วงของเกณฑ์การออกแบบเพราะค่าที่ใช้ใกล้เคียงกับค่าของทางบริษัทที่ใช้รดน้ำสวนปาล์มน้ำมันทุกวันจึงสามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งข้อมูลที่ทางบริษัทวงศ์บัณฑิตนำน้ำเสียมารดสวนปาล์มน้ำมัน แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวแปรคุณภาพน้ำที่วิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำทิ้งก่อนและหลังการบำบัดโดยดิน

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
1. pH	-	pH meter[1]
2. SS (Suspended Solids)	mg/L	Gravimetric method[1]
3. COD (Chemical Oxygen Demand)	mg/L	Open Reflux method, Closed Reflux method[1]
4. TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)	mg/L	Kjeldahl method[1]

ที่มา: [1] APHA, AWWA and WEF, 2005

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ภาพประกอบที่ 2.1 บ่อเติมอากาศสำหรับการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น

ภาพประกอบที่ 2.2 แผนที่ของโรงงานและสถานที่ที่ทำการวิจัย

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ภาพประกอบที่ 2.3 แปลงทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

ภาพประกอบที่ 2.4 แนวท่อที่ใช้ในการรดน้ำทิ้ง

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ภาพประกอบที่ 2.5 รางคอนกรีตรับน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดิน

2.2 สถานที่ในการทำการวิจัย

2.2.1 สถานที่ในการทดลอง

- สวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่

2.2.2 สถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- ห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.3 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

2.3.1 **ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ใช้ในการทดลอง** มาจากบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด ที่ร่วมวิจัย และตัวอย่างน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นจำนวน 6 โรงงาน โดยทำการเก็บรักษาไว้ในขวดพลาสติก แล้วแช่ในตู้เย็น

2.3.2 **สารเคมี เครื่องแก้ว และวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ** ดังระบุไว้ในตารางที่ 2.1 และ 2.2

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2.3.3 วัสดุที่ใช้สร้างแปลงทดลองในสวนปาล์มน้ำมัน

- ท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว
- ท่อพีวีซีขนาด 2 นิ้ว
- วาล์วทองเหลือง
- บอลวาล์วพีวีซีขนาด 2 นิ้ว
- ข้อต่อตรงลด 4 นิ้ว × 2 นิ้ว
- ข้องอ 90° ขนาด 4 นิ้ว
- ข้องอ 90° ขนาด 2 นิ้ว
- สามทางขนาด 4 นิ้ว
- สามทางขนาด 2 นิ้ว
- กาวทาท่อ
- เทปพันเกลียว

2.4 อุปกรณ์

2.4.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

- ขวดเก็บน้ำขาวขุ่นขนาด 1 ลิตร
- ลังโฟม และน้ำแข็งรักษาสภาพตัวอย่างก่อนวิเคราะห์

2.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

- Spectronic Unicam รุ่น GENESYS 10 UV
- เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Chyo รุ่น MJ-3000
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ผลิตภัณฑ์ Chyo รุ่น JK-200
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ผลิตภัณฑ์ HACH รุ่น Sension 1
- เครื่องวัดความขุ่น (turbidimeter) ผลิตภัณฑ์ HACH รุ่น 2100 N Turbidimeter
- เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity instrument) ผลิตภัณฑ์ YSI รุ่น 3200
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- ตู้อบความร้อนแห้ง (Hot air oven) ผลิตภัณฑ์ Memmert

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- เครื่องกวนชนิดใช้แม่เหล็ก (Magnetic stirrer) และเตาไฟฟ้า (Hot plate) ผลิตภัณฑ์ Thermolyne รุ่น cimarec® 3
- ชุดกรองบุคเนอร์ (Buchner filter)
- เครื่องปั๊มดูดสุญญากาศ (Vacuum pump) ผลิตภัณฑ์ GAST รุ่น 0823
- ชุดกลั่นแอมโมเนีย (Ammonia distillation apparatus) ผลิตภัณฑ์ VELP SCIENTIFICA รุ่น UDK126A (เพื่อการวิเคราะห์ TKN)
- ชุดย่อยไนโตรเจน (Nitrogen digestor apparatus) ผลิตภัณฑ์ VELP SCIENTIFICA รุ่น DK20
- โถดูดความชื้น (Desiccator) ผลิตภัณฑ์ DURAN
- เตาย่อยสลายตัวอย่างสำหรับซีโอดีแบบปิด (COD reactor) ผลิตภัณฑ์ HACH
- กระดาษกรอง GF/C ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิลิตร

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

บทที่ 3

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึง ผลจากการดำเนินการวิจัย เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ทำการวิจัย (น้ำทิ้งจากบริษัทวงศ์บัณฑิต) และคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆในภาคใต้อีก 6 โรงงาน ตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง ประสิทธิภาพและเกณฑ์ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน ดังกล่าวรายละเอียดถัดไป

3.1 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดกระบี่ที่ร่วมวิจัย (บริษัทวงศ์บัณฑิต) โดยทำการวิเคราะห์ค่า pH, temperature, conductivity, BOD_5, COD, TKN, TP, TKN, NH_3-N, Org-N, NO_2-N, NO_3-N, TS, SS, TDS, TP, SO_4^{2-}, Zn และ SAR พารามิเตอร์ดังกล่าววิเคราะห์ตามวิธีการ standard method for the examination of water and wastewater 21^{th} edition (APHA, AWWA and WEF, 2005) และส่งวิเคราะห์ที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยทำการวิเคราะห์น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งสำหรับการศึกษา โดยเก็บตัวอย่างช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 ซึ่งแต่ละเดือนจะทำการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ทุกๆ 10 วัน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ทำการวิจัยและคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆในภาคใต้อีก 6 โรงงาน สรุปผลแสดงดังตารางที่ 3.1 พบว่าคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้นในแต่ละโรงงานจะมีบางพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน เนื่องจากในแต่ละโรงงานมีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยทิ้งแตกต่างกัน ซึ่งการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมประเภทนี้มักใช้การบำบัดโดยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง โดยแต่ละโรงงานนั้นจะมีจำนวนบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่งแตกต่างกัน

คุณภาพของน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นของแต่ละโรงงานนั้นมีค่า pH ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมกำหนดไว้ที่ 5.5-9.0 ส่วนอุณหภูมิทุกโรงงานมีค่าไม่เกิน 40 องศาเซลเซียสตามที่มาตรฐานกำหนดไว้ แสดงดังภาคผนวก ข

น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นก่อนบำบัดของโรงงานนี้มีค่า pH เท่ากับ 5.3, ค่า COD เท่ากับ 10,359 mg/L, ค่า TKN เท่ากับ 1,228 mg/L และค่า SS เท่ากับ 815 mg/L เมื่อน้ำเสียผ่านการเติมอากาศ 2 บ่อแล้วมีค่า pH เท่ากับ 8.9, ค่า BOD_5 เท่ากับ 2,385 mg/L, ค่า COD เท่ากับ 5,246 mg/L, ค่า TKN เท่ากับ 1,137 mg/L และค่า SS เท่ากับ 5,950 mg/L ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆส่วนใหญ่ยังไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ทำให้ไม่สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้ โดยที่ค่า SS ของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยการเติมอากาศ 2 บ่อแล้วยังมีค่ามากกว่าก่อนบำบัด เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นเมื่อสู่บ่อเติมอากาศแล้วอนุภาคแขวนลอยของยางในน้ำเสียจะถูกกวนผสมโดยเครื่องเติมอากาศทำให้เกิดการจับตัวกันและตกตะกอนลงสู่ด้านล่างของบ่อ ซึ่งในระบบบำบัดไม่มีการปล่อยตะกอนทิ้ง ดังนั้นตะกอนที่จมตัวอยู่ด้านล่างของบ่อจึงถูกกวนด้วยเครื่องเติมอากาศทำให้เกิดการฟุ้งกระจายอยู่ตลอดเวลา เมื่อมีการสูบน้ำทิ้งออกมาจึงทำให้ตะกอนแขวนลอยเหล่านั้นปนออกมาด้วย ส่งผลให้ค่า SS ที่ออกจากบ่อเติมอากาศมีค่าสูง

น้ำทิ้งที่นำมาทำการวิจัยนั้นมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆสูงเนื่องมาจากในระบบบำบัดขั้นต้นมีเพียงการเติมอากาศ 2 บ่อ ไม่มีบ่อผึ่ง และระยะเวลาในการพักน้ำเสียที่บ่อเติมอากาศมีน้อยเกินไป (ประมาณ 2-3 ชั่วโมง) เนื่องจากบ่อมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ทำให้ค่าพารามิเตอร์แต่ละชนิดในน้ำทิ้งมีค่าสูง เมื่อเปรียบเทียบกับโรงงานอื่นๆที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำทิ้งพบว่ามีคุณภาพน้ำทิ้งที่ดีกว่า เนื่องจากระบบบำบัดขั้นต้นของโรงงานอื่นจะมีขนาดใหญ่กว่าและมีจำนวนมากกว่า โดยโรงงาน A มีบ่อเติมอากาศ 3 บ่อ และบ่อผึ่ง 2 บ่อ, โรงงาน B มีบ่อเติมอากาศ 3 บ่อ และบ่อผึ่ง 10 บ่อ, โรงงาน C มีบ่อหมักที่ไม่มีผ้ายางปิด 2 บ่อ และบ่อผึ่ง 3 บ่อ, โรงงาน D มีบ่อเติมอากาศ 1 บ่อ, โรงงาน E มีบ่อผึ่ง 6 บ่อ และโรงงาน F มีบ่อเติมอากาศ 1 บ่อ และบ่อตกตะกอน 1 บ่อ แสดงดังตารางที่ 3.1 โดยพบว่าโรงงาน D มีการบำบัดขั้นต้นเหมือนกับโรงงานที่เข้าไปทำการวิจัยคือมีเพียงบ่อเติมอากาศ แต่ที่น้ำทิ้งของโรงงาน D มีคุณภาพดีกว่าเพราะมีบ่อเติมอากาศที่ใหญ่กว่า ซึ่งในบ่อเติมอากาศมีเครื่องเติมอากาศ 12 เครื่อง และมีระยะเวลากักพักในบ่อเติมอากาศนานกว่า (ประมาณ 1 วัน) เมื่อเทียบกับโรงงานที่เข้าไปทำการวิจัยมีบ่อเติมอากาศ 2 บ่อ และมีเครื่องเติมอากาศรวมกัน 3 เครื่อง น้ำทิ้งของโรงงาน D จึงมีคุณภาพดีกว่า

จากผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่นำมาทำการวิจัยพบว่า มีความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งไปใช้ในการเกษตร ซึ่งในงานวิจัยนี้นำมารดสวนปาล์มน้ำมัน เนื่องจากในน้ำทิ้งมีสารอาหารที่พืชต้องการ เช่น ไนโตรเจนและ

ฟอสฟอรัส เป็นต้น โดยไนโตรเจนในน้ำทิ้งมีค่าเท่ากับ 1,137 mg/L ส่วนฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 616.43 mg/L แสดงดังตารางที่ 3.1

ก่อนที่จะนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันโดยใช้การบำบัดโดยดินต้องทำการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำทิ้งก่อน เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ทำการวิจัย โดยได้ทำการวิเคราะห์ค่า Zn ในน้ำทิ้งพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.21 mg/L ซึ่งมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 5 mg/L จึงน่าจะไม่ส่งผลกระทบขณะที่ดำเนินการโดยระบบการบำบัดโดยดิน และน้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้นที่นำมาเปรียบเทียบส่วนใหญ่มีค่า Zn น้อยกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนดไว้

ในน้ำทิ้งที่นำมาทำการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ค่า SAR ด้วย โดยค่า SAR คือค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมในน้ำทิ้ง ผลการวิเคราะห์พบว่ามีค่าน้อยมาก (ค่า SAR ของน้ำทิ้งที่นำมาทำการวิจัยเท่ากับ 0.005 ซึ่งถือว่าเป็นน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม โดยสามารถนำไปใช้ได้กับดินทุกชนิดโดยไม่เป็นอันตราย สูตรการวิเคราะห์หาค่า SAR แสดงดังภาคผนวก ก

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

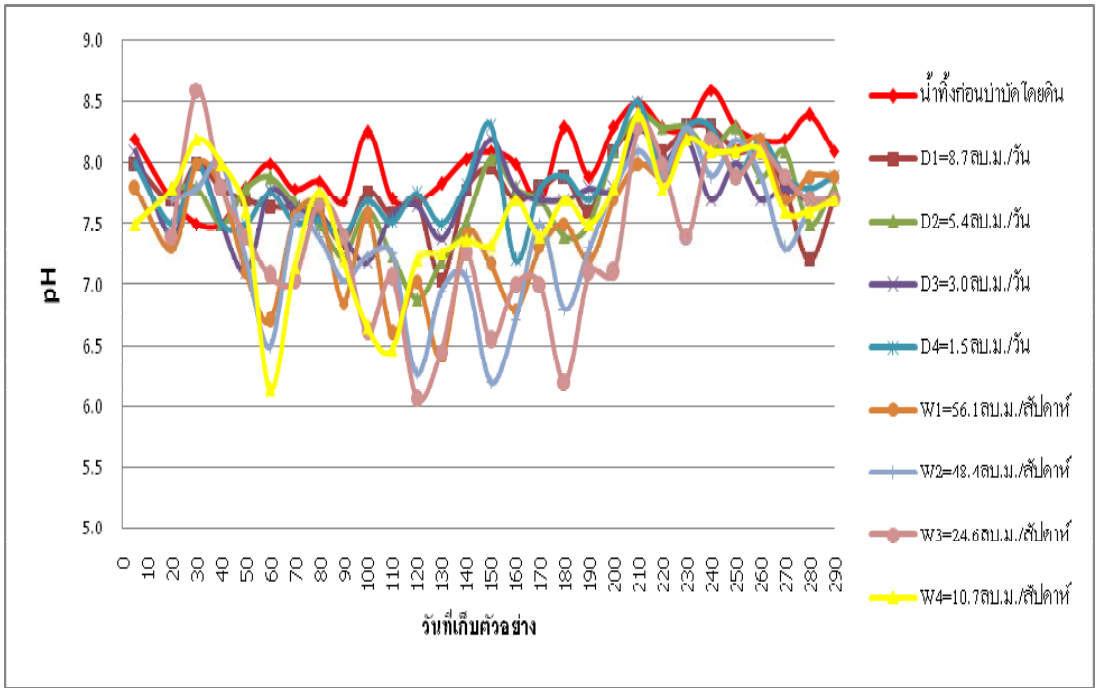
พารามิเตอร์	น้ำทิ้งที่ทำการวิจัย	โรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลา			โรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสุราษฎร์ธานี		โรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดกระบี่	$\overline{X} \pm S.D.$
		โรงงาน A	โรงงาน B	โรงงาน C	โรงงาน D	โรงงาน E	โรงงาน F	
pH	8.9	8.3	8.7	8.8	6.7	10.6	8.3	8.6 ± 1.1
Temperature (°C)	28	27	29	27	31	34	30	29 ± 2
Conductivity (mS/cm)	8.92	2.70	1.68	1.94	2.95	2.54	9.02	4.25 ± 3.01
BOD_5(mg/L)	2,385	99	49	165	75	175	76	432 ± 799
COD (mg/L)	5,246	260	114	267	247	1,259	552	1,135 ± 1,716
TKN (mg/L)	1,137	406	32	70	210	42	1,036	419 ± 440
NH_3-N (mg/L)	882	300	26	55	172	11	917	338 ± 367
Org-N (mg/L)	255	106	6	15	38	31	119	81 ± 82
NO_2-N (mg/L)	2.73	0.01	0.01	0.12	0.37	0.11	0.17	0.50 ± 0.92
NO_3-N (mg/L)	2.53	3.76	2.13	0.014	0.05	0.05	0.35	1.27 ± 1.41
TS (mg/L)	12,053	2,638	1,602	1,998	138	1,873	5,190	3,642 ± 3,711
SS (mg/L)	5,950	183	110	210	50	657	291	1,064 ± 2,003
TDS (mg/L)	2,308	3,078	1,820	2,197	226	948	4,421	2,143 ± 1,271
TP (mg/L)	616.43	1.71	0.60	276.34	38.61	69.93	3.97	143.94 ± 213.04
SO_4^{2-} (mg/L)	4,212	1,866	947	711	2,110	1,422	3,660	2,134 ± 1,233
Zn (mg/L)	0.21	0.44	7.49	< 0.05	ND*	0.18	0.14	1.69 ± 2.90
SAR	0.005	0.005	0.002	0.0004	0.012	0.011	1.025	0.151 ± 0.357
ระบบบำบัด	เติมอากาศ	เติมอากาศ + บ่อผึ่ง	เติมอากาศ + บ่อผึ่ง	บ่อหมัก + บ่อผึ่ง	เติมอากาศ	บ่อผึ่ง	บ่อเติมอากาศ + บ่อตกตะกอน	-

*ND = Non-Detectable = ไม่พบ

3.2 ผลการวิเคราะห์น้ำเข้าและออกจากระบบ

3.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่า pH ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินตลอดระยะเวลาดำเนินการ 290 วัน โดยใช้อัตราการรดน้ำทิ้ง 8.7 ลบ.ม./วัน, 5.4 ลบ.ม./วัน, 3.0 ลบ.ม./วัน, 1.5 ลบ.ม./วัน, 56.1 ลบ.ม./สัปดาห์, 48.4 ลบ.ม./สัปดาห์, 24.6 ลบ.ม./สัปดาห์ และ 10.7 ลบ.ม./สัปดาห์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3.1 และตารางที่ 3.2



ภาพประกอบที่ 3.1 ค่า pH ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

ตารางที่ 3.2 ค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง

แปลงทดลอง	Range	$\overline{X} \pm S.D.$
น้ำทิ้งเข้าระบบ	7.5 – 8.6	8.0±0.3
น้ำทิ้งออกจากแปลง D1	7.0 – 8.3	7.8±0.3
น้ำทิ้งออกจากแปลง D2	6.9 – 8.4	7.7±0.4
น้ำทิ้งออกจากแปลง D3	7.1 – 8.3	7.7±0.3
น้ำทิ้งออกจากแปลง D4	7.2 – 8.5	7.8±0.3
น้ำทิ้งออกจากแปลง W1	6.4 – 8.2	7.5±0.5
น้ำทิ้งออกจากแปลง W2	6.2 – 8.3	7.4±0.6
น้ำทิ้งออกจากแปลง W3	6.1 – 8.6	7.4±0.6
น้ำทิ้งออกจากแปลง W4	6.1 – 8.4	7.6±0.5
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (เข้า)	5.9 – 7.3	6.5±0.3
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (ออก)	6.1 – 7.6	6.8±0.4

โดยที่ แปลง D1 ใช้ Hydraulic loading 3 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 8.7 m^3/d
แปลง D2 ใช้ Hydraulic loading 2 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 5.4 m^3/d
แปลง D3 ใช้ Hydraulic loading 1 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 3.0 m^3/d
แปลง D4 ใช้ Hydraulic loading 0.5 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 1.5 m^3/d
แปลง W1 ใช้ Hydraulic loading 3 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 56.1 m^3/week
แปลง W2 ใช้ Hydraulic loading 2 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 48.4 m^3/week
แปลง W3 ใช้ Hydraulic loading 1 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 24.6 m^3/week
แปลง W4 ใช้ Hydraulic loading 0.5 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 10.7 m^3/week

จากการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดโดยดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินมาวิเคราะห์ทุกๆ 10 วัน โดยเก็บจากน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินที่สะสมไว้ในรางคอนกรีตที่รับน้ำทิ้ง ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า pH ของน้ำเสียดิบจากโรงงานน้ำยางข้นที่ยังไม่ผ่านระบบบำบัด (เติมอากาศ) มีค่าเป็นกรด (ค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 5.3±0.8) เพราะในกระบวนการผลิตมีการเติมกรดซัลฟูริกในขั้นตอนการผลิตยางสกิม โดยการบำบัดขั้นต้นของโรงงานจะมีการเติมปูนขาวและเติมอากาศ ซึ่งน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบบำบัดโดยดินคือน้ำเสียที่ผ่านการเติมปูนขาวและเติมอากาศมาแล้ว 2 บ่อ โดยบ่อเติมอากาศจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนบ่อปรับสภาพทำให้ค่า pH ที่ออกมามีค่าที่ค่อนข้างเป็นด่าง (มีค่า pH เฉลี่ย

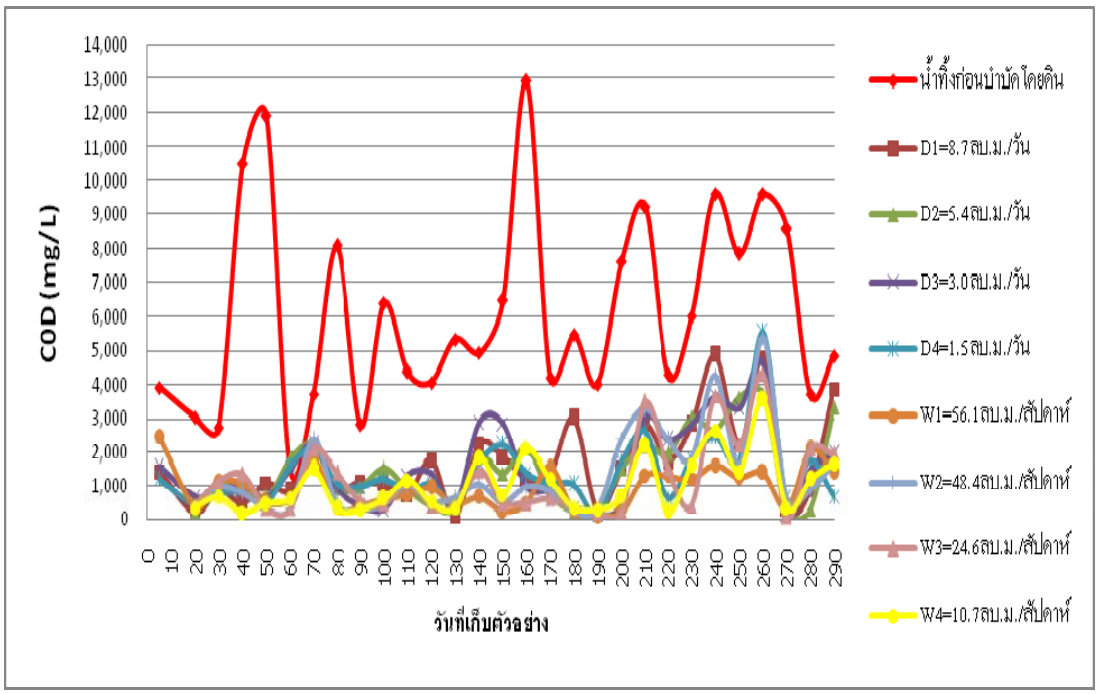
เท่ากับ 8.0±0.3) จากการทดลองพบว่าระบบบำบัดโดยดินสามารถปรับสภาพน้ำทิ้งที่มีค่า pH ก่อนเข้าระบบที่มีค่าที่ค่อนข้างเป็นด่างให้เป็นกลางได้ เนื่องจากค่า pH ของดินในแปลงทดลองต่างๆ ส่วนใหญ่มีลักษณะที่ค่อนข้างเป็นกรด โดยมีค่า pH ของดินอยู่ในช่วง 3.6-5.5 ซึ่งในดินมี H^+ อยู่มาก แสดงดังตารางที่ 3.3 เมื่อนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่มีค่า pH ที่ค่อนข้างเป็นด่างซึ่งมี OH^- อยู่มากมารดลงไปบนดิน เมื่อน้ำทิ้งผ่านชั้นดินแล้วทำให้ไอออนทั้ง 2 ตัว ทำปฏิกิริยากัน น้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดโดยดินจึงมีค่าที่ค่อนข้างเป็นกลาง โดยน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินของแต่ละแปลงมีค่า pH เฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งค่า pH เฉลี่ยของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแปลงต่างๆ (ตารางที่ 3.2) ซึ่งค่า pH ในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ออกจากระบบบำบัดโดยดินทุกแปลงอยู่ในช่วงของเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ในช่วง 5.5-9.0 ส่วนค่า pH ของน้ำบ่อที่นำมารดแปลงควบคุมและผ่านระบบบำบัดโดยดินออกจากแปลงควบคุมมีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นกลาง โดยอยู่ในช่วงของเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ในช่วง 5.0-9.0

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์ค่า pH ในดินของแปลงทดลองต่างๆ

แปลงทดลอง	Hydraulic Loading (cm/wk)	อัตราการรดน้ำ	ค่า pH		
			ก่อนการทดลอง พ.ค. 2553	ระหว่างการทดลอง ต.ค. 2553	หลังการทดลอง มี.ค. 2554
D1	3	8.7 m^3/d	3.6	4.5	5.4
D2	2	5.4 m^3/d	3.7	4.8	5.3
D3	1	3.0 m^3/d	5.0	5.2	5.6
D4	0.5	1.5 m^3/d	4.8	4.9	5.7
W1	3	56.1 m^3/week	4.1	4.4	4.8
W2	2	48.4 m^3/week	4.5	5.1	5.2
W3	1	24.6 m^3/week	5.7	5.8	5.9
W4	0.5	10.7 m^3/week	5.5	5.6	5.8
รดน้ำบ่อ	3	56.1 m^3/week	4.2	5.0	4.3
ไม่รดน้ำบ่อ	-	-	3.8	5.1	4.8

3.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่า COD ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินตลอดระยะเวลาดำเนินการ 290 วัน โดยใช้อัตราการรดน้ำทิ้ง 8.7 ลบ.ม./วัน, 5.4 ลบ.ม./วัน, 3.0 ลบ.ม./วัน, 1.5 ลบ.ม./วัน, 56.1 ลบ.ม./สัปดาห์, 48.4 ลบ.ม./สัปดาห์, 24.6 ลบ.ม./สัปดาห์ และ 10.7 ลบ.ม./สัปดาห์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3.2 และตารางที่ 3.4



ภาพประกอบที่ 3.2 ค่า COD ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

จากภาพประกอบที่ 3.2 สาเหตุที่ค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบบำบัดโดยดินมีค่าแตกต่างกันในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากการผลิตน้ำยางข้นของทางโรงงานในแต่ละวันไม่สม่ำเสมอ เช่น บางวันเดินระบบการผลิตตลอด 24 ชั่วโมง บางวันเดินระบบ 8 ชั่วโมง บางวันไม่มีการผลิต เป็นต้น ทำให้น้ำทิ้งที่ผ่านบ่อเติมอากาศของทางโรงงานที่นำมารดสวนปาล์มน้ำมันเพื่อบำบัดโดยดินมีค่าแตกต่างกันไปในการเก็บแต่ละครั้ง โดยบางครั้งมีค่าสูง เนื่องจากมีการผลิตมากทำให้มีเศษยางที่ออกมากับน้ำเสียมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเศษยางเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ ทำให้ค่า COD สูงขึ้นในวันที่มีการผลิตมาก ส่วนในวันที่มีการผลิตน้อย ค่า COD จะมีค่าน้อยตามไปด้วย

ตารางที่ 3.4 ค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง (หน่วย mg/L)

แปลงทดลอง	Range	$\overline{X} \pm S.D.$
น้ำทิ้งเข้าระบบ	1,536 – 12,936	6,128±2,937
น้ำทิ้งออกจากแปลง D1	107 – 4,861	1,669±1,257
น้ำทิ้งออกจากแปลง D2	200 – 3,694	1,462±1,068
น้ำทิ้งออกจากแปลง D3	120 – 4,618	1,551±1,194
น้ำทิ้งออกจากแปลง D4	120 – 5,541	1,383±1,022
น้ำทิ้งออกจากแปลง W1	80 – 2,416	920±612
น้ำทิ้งออกจากแปลง W2	230 – 5,387	1,306±1,274
น้ำทิ้งออกจากแปลง W3	60 – 4,310	1,189±1,132
น้ำทิ้งออกจากแปลง W4	200 – 3,540	1,031±846
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (เข้า)	16 - 89	42±19
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (ออก)	11 - 154	47±36

โดยที่ แปลง D1 ใช้ Hydraulic loading 3 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 8.7 m^3/d
แปลง D2 ใช้ Hydraulic loading 2 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 5.4 m^3/d
แปลง D3 ใช้ Hydraulic loading 1 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 3.0 m^3/d
แปลง D4 ใช้ Hydraulic loading 0.5 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 1.5 m^3/d
แปลง W1 ใช้ Hydraulic loading 3 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 56.1 m^3/week
แปลง W2 ใช้ Hydraulic loading 2 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 48.4 m^3/week
แปลง W3 ใช้ Hydraulic loading 1 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 24.6 m^3/week
แปลง W4 ใช้ Hydraulic loading 0.5 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 10.7 m^3/week

จากการศึกษาลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นพบว่าในน้ำทิ้งประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูง ในการทดลองครั้งนี้จึงได้ศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของ COD โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งก่อนและหลังผ่านระบบบำบัดโดยดินมาวิเคราะห์ทุกๆ 10 วัน โดยเก็บจากน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินที่สะสมไว้ในรางคอนกรีตที่รับน้ำทิ้ง จากการวิเคราะห์พบว่าค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1,536-12,936 mg/L และเมื่อนำน้ำทิ้งดังกล่าวมารดในแปลงทดลองแต่ละแปลง ที่อัตราการรดแตกต่างกันพบว่าน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินแต่ละแปลงทดลองมีค่า COD ลดลง แสดงดังภาพประกอบที่ 3.2 การลดลงของค่า COD เกิดจากการที่น้ำทิ้งไหลผ่านชั้นดินซึ่งทำหน้าที่เปรียบเสมือนตัวกรอง ทำให้สารอินทรีย์

สะสมอยู่บริเวณผิวหน้าดินและภายในชั้นดิน รวมทั้งรากของพืชที่ช่วยดูดซับเอาไว้ โดยพืชในแปลงทดลองมีทั้งปาล์มน้ำมันและหญ้าขนาดเล็ก ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกรองที่ดีทำให้ค่า COD ที่ออกจากระบบมีค่าต่ำกว่าค่า COD ที่เข้าระบบ

การสะสมของสารอินทรีย์บริเวณผิวหน้าของชั้นดินอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดลดน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ที่บริเวณผิวหน้าดินและภายในชั้นดินสามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในดิน สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้นี้จะอยู่ในรูปของคาร์บอนซึ่งมีความจำเป็นต่อการสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ แต่การย่อยสลายนี้ต้องอาศัยเวลาในการทำงาน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่า COD ของแปลงทดลองที่รดทุกวันมีค่า COD ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดโดยดินค่อนข้างสูงกว่าแปลงทดลองที่รดสัปดาห์ละครั้ง เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ที่เพิ่มเข้ามาทุกวันให้แก่ดินได้หมด

สำหรับแปลงควบคุมที่รดด้วยน้ำบ่อเก็บกักน้ำฝนพบว่าน้ำที่ออกจากระบบบำบัดโดยดินมีค่า COD มากกว่าหรือใกล้เคียงกับน้ำเข้าระบบ ทั้งนี้เกิดจากน้ำบ่อที่เข้าระบบมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่น้อย เมื่อนำมารดในแปลงควบคุม โดยใช้อัตราการรดเท่ากับแปลง W1 (56.1 ลบ.ม./สัปดาห์) ซึ่งเป็นอัตราการรดที่สูง จึงมีโอกาสที่สารอินทรีย์จะถูกพามากับน้ำ ทำให้ค่า COD ของน้ำออกจากระบบของแปลงควบคุมที่รดด้วยน้ำบ่อมีค่าสูงกว่าน้ำเข้าระบบ

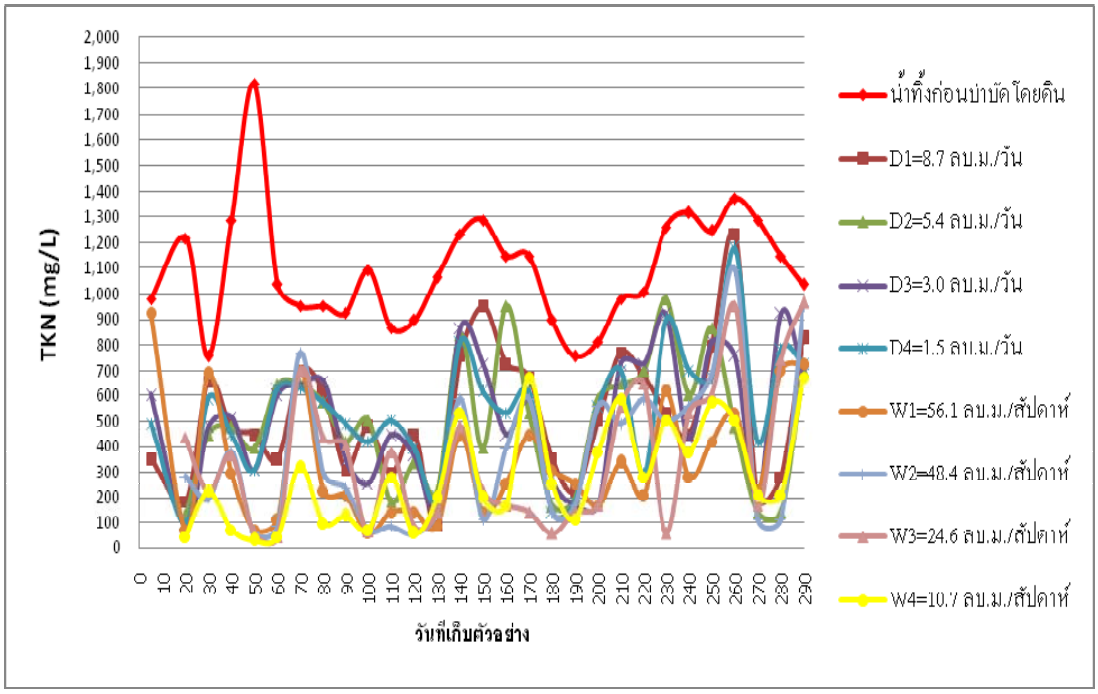
ในทางทฤษฎีการสะสมของสารอินทรีย์ในผิวดินควรมีการเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่รดและเพิ่มขึ้นตามอัตราการรด (Lim Kim Huan, 1986) แต่จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่า COD ในช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองมีค่าแตกต่างกันไม่เป็นไปตามทฤษฎีที่ Lim Kim Huan กล่าวไว้ โดยค่า COD จะมีค่าขึ้นๆลงๆในการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ในแต่ละครั้ง แต่จะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง คาดว่าน่าจะเกิดจากสภาพอากาศที่ไม่แน่นอนในพื้นที่ที่ทำการวิจัย เช่น ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งไม่เท่ากัน เป็นต้น โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนแสดงดังตารางที่ 3.7 และภาคผนวก ง

พิจารณาค่า COD ของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลงที่วิเคราะห์ได้ในตารางที่ 3.4 กับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมพบว่าแนวโน้มของค่า COD ส่วนใหญ่ไม่ผ่านมาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 120 mg/L ซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้สามารถนำไปรดสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่อื่นๆของบริษัทต่อไปได้ โดยจะเป็นการบำบัดน้ำทิ้งโดยดินต่อไปเรื่อยๆ ส่วนค่า COD ของน้ำบ่อที่นำมารดแปลงควบคุมและผ่านระบบบำบัดโดยดินออก

จากแปลงควบคุม เมื่อดูจากค่าเฉลี่ยแล้วพบว่ามีค่าไม่สูงมาก ทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมภายในแปลงทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำบ่อที่ออกจากระบบเท่ากับ 47±36 mg/L

3.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่า TKN ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินตลอดระยะเวลาดำเนินการ 290 วัน โดยใช้อัตราการรดน้ำทิ้ง 8.7 ลบ.ม./วัน, 5.4 ลบ.ม./วัน, 3.0 ลบ.ม./วัน, 1.5 ลบ.ม./วัน, 56.1 ลบ.ม./สัปดาห์, 48.4 ลบ.ม./สัปดาห์, 24.6 ลบ.ม./สัปดาห์ และ 10.7 ลบ.ม./สัปดาห์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3.3 และตารางที่ 3.5



ภาพประกอบที่ 3.3 ค่า TKN ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

จากภาพประกอบที่ 3.3 ค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบบำบัดโดยดินมีค่าแตกต่างกันในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากการผลิตน้ำยางข้นของโรงงานในแต่ละวันไม่สม่ำเสมอ โดยในวันที่มีการผลิตมากจะมีการใช้แอมโมเนียมากขึ้นด้วย เพราะในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นมีการเติมแอมโมเนียลงไปในน้ำยางสดเพื่อไม่ให้น้ำยางจับตัวกัน จึงทำให้น้ำเสียที่ออกมา

มีค่า TKN สูง ส่วนในวันที่มีการผลิตน้อย ค่า TKN จะมีค่าน้อยตามไปด้วย เนื่องจากมีการใช้แอมโมเนียน้อย

ตารางที่ 3.5 ค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง (หน่วย mg/L)

แปลงทดลอง	Range	$\overline{X} \pm S.D.$
น้ำทิ้งเข้าระบบ	756 – 1,820	1,096±224
น้ำทิ้งออกจากแปลง D1	84 – 1,232	529±260
น้ำทิ้งออกจากแปลง D2	126 - 980	496±250
น้ำทิ้งออกจากแปลง D3	84 - 924	514±248
น้ำทิ้งออกจากแปลง D4	98 – 1,176	538±238
น้ำทิ้งออกจากแปลง W1	56 - 924	337±238
น้ำทิ้งออกจากแปลง W2	56 – 1,092	368±287
น้ำทิ้งออกจากแปลง W3	42 - 966	354±276
น้ำทิ้งออกจากแปลง W4	28 - 672	278±203
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (เข้า)	0.56 – 4.48	2.06±1.22
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (ออก)	0 – 11.2	2.20±2.62

โดยที่ แปลง D1 ใช้ Hydraulic loading 3 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 8.7 m^3/d
แปลง D2 ใช้ Hydraulic loading 2 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 5.4 m^3/d
แปลง D3 ใช้ Hydraulic loading 1 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 3.0 m^3/d
แปลง D4 ใช้ Hydraulic loading 0.5 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 1.5 m^3/d
แปลง W1 ใช้ Hydraulic loading 3 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 56.1 m^3/week
แปลง W2 ใช้ Hydraulic loading 2 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 48.4 m^3/week
แปลง W3 ใช้ Hydraulic loading 1 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 24.6 m^3/week
แปลง W4 ใช้ Hydraulic loading 0.5 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 10.7 m^3/week

จากการวิเคราะห์ค่า TKN ในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นพบว่าน้ำเข้าระบบบำบัดโดยดินมีค่าสูง (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,096±224 mg/L) เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีการเติมแอมโมเนีย (ซึ่งเป็นสารประกอบอนินทรีย์รูปหนึ่งของไนโตรเจน) ในน้ำยางสดเพื่อรักษาสภาพไม่ให้อนุภาคของน้ำยางข้นจับตัวกัน ทำให้น้ำเสียดิบที่ออกจากกระบวนการผลิตมีค่าแอมโมเนียสูง รวมทั้งระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานมีเพียงการเติมอากาศ 2 บ่อ และมีระยะเวลาในการบำบัดน้อย

กล่าวคือ โรงงานผลิตน้ำยางข้นในช่วงเช้าเกิดเป็นน้ำเสียดิบ จากนั้นน้ำเสียดิบจะผ่านบ่อเติมอากาศ 2 บ่อ แล้วจึงนำมารดสวนปาล์มน้ำมันในแปลงทดลอง โดยที่น้ำเสียมีเวลาอยู่ในบ่อเติมอากาศประมาณ 1 ชั่วโมง

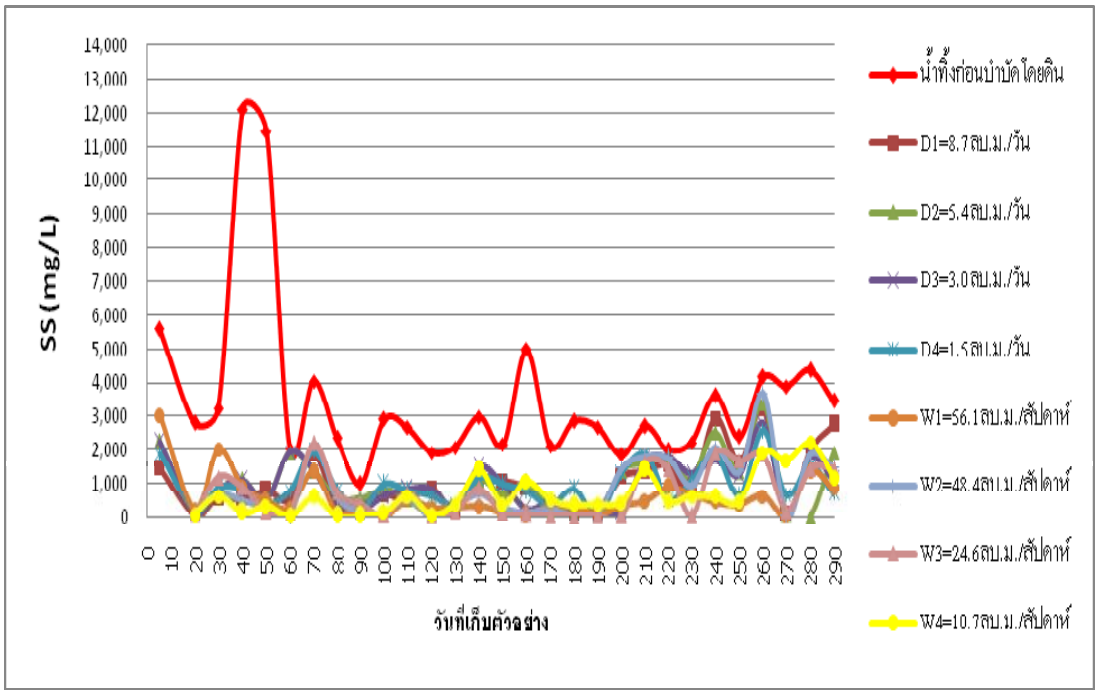
จากการทดลองเมื่อนำน้ำทิ้งที่มีปริมาณ TKN สูง มารดแปลงทดลองพบว่าปริมาณ TKN ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดโดยดินแต่ละแปลงมีค่าลดลงทุกแปลง การลดลงของปริมาณ TKN เกิดจากการที่พืชและจุลินทรีย์นำไนโตรเจน (ในรูปของ NO_3^- และ NH_4^+) ไปใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนี้ไนโตรเจนอาจสูญเสียไปโดยการชะละลายของน้ำ ซึ่งไนโตรเจนที่สูญเสียไปได้ง่ายโดยการชะละลายคือ NO_3^- (น้ำทิ้งที่นำมาวิจัยมีค่า NO_3^- เท่ากับ 2.53 mg/L) เนื่องจากเป็นประจุลบซึ่งไม่ถูกดูดยึดโดยคอลลอยด์ดิน และจะสูญเสียได้ง่ายในดินเนื้อหยาบ รวมทั้งสูญเสียไปโดยการชะล้างพังทลายไปกับมวลดินที่ขาดสิ่งปกคลุม โดยเฉพาะพื้นที่ลาดชัน และสูญเสียไปโดยการระเหยสู่บรรยากาศในรูปของแก๊สต่างๆ เมื่อดินมีสภาพการถ่ายเทอากาศไม่ดี (มุกดา, 2544)

โดยส่วนใหญ่น้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลงมีค่า TKN ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 100 mg/L ซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้สามารถนำไปรดสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่อื่นๆของบริษัทต่อไปได้ ค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลงแสดงดังตารางที่ 3.5 ส่วนค่า TKN ของน้ำบ่อที่นำมารดแปลงควบคุมและผ่านระบบบำบัดโดยดินออกจากแปลงควบคุม เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยพบว่ามีค่าประมาณ 2 mg/L ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สูงมาก และไม่ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมภายในแปลงทดลอง

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญและมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก และมักพบการขาดธาตุไนโตรเจนในดินที่ปลูกพืชทั่วไป เนื่องจากพืชมีความต้องการธาตุไนโตรเจนในปริมาณมาก และในดินมีในปริมาณที่ไม่เพียงพอ ธาตุไนโตรเจนจึงจัดเป็นธาตุปุ๋ยธาตุหนึ่งที่จำเป็นต้องใส่ลงไปในดินในรูปปุ๋ยชนิดต่างๆ ดังนั้นการนำน้ำทิ้งที่มีปริมาณไนโตรเจนมากมารดสวนปาล์ม จึงเปรียบเสมือนการใส่ปุ๋ยให้กับต้นปาล์มเพื่อช่วยในการเพิ่มผลผลิตและเป็นการลดต้นทุนในการซื้อปุ๋ยให้กับเกษตรกรได้ แต่อย่างไรก็ตามการนำน้ำทิ้งที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงมารดพืชจำเป็นต้องคำนึงถึงความต้องการไนโตรเจนของพืชแต่ละชนิด เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ซึ่งปริมาณความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมันในช่วงอายุต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1.7

3.2.4 ผลการวิเคราะห์ค่า SS ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่า SS ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินตลอดระยะเวลาดำเนินการ 290 วัน โดยใช้อัตราการรดน้ำทิ้ง 8.7 ลบ.ม./วัน, 5.4 ลบ.ม./วัน, 3.0 ลบ.ม./วัน, 1.5 ลบ.ม./วัน, 56.1 ลบ.ม./สัปดาห์, 48.4 ลบ.ม./สัปดาห์, 24.6 ลบ.ม./สัปดาห์ และ 10.7 ลบ.ม./สัปดาห์ แสดงดังภาพประกอบที่ 3.4 และตารางที่ 3.6



ภาพประกอบที่ 3.4 ค่า SS ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

จากภาพประกอบที่ 3.4 สาเหตุที่ค่า SS ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบบำบัดโดยดินมีค่าแตกต่างกันในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากการผลิตน้ำยางข้นของทางโรงงานในแต่ละวันไม่สม่ำเสมอ โดยวันที่มีการผลิตมากจะมีเศษยางจากกระบวนการผลิตปนมากับน้ำเสีย ทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียมีมากขึ้นด้วย ค่า SS จึงมีค่าสูงในวันที่มีการผลิตมาก ส่วนในวันที่มีการผลิตน้อยจะมีค่า SS ในน้ำเสียน้อยกว่า

ตารางที่ 3.6 ค่า SS ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง (หน่วย mg/L)

แปลงทดลอง	Range	$\overline{X} \pm S.D.$
น้ำทิ้งเข้าระบบ	980 – 12,125	3,536±2,503
น้ำทิ้งออกจากแปลง D1	72 – 3,200	1,032±856
น้ำทิ้งออกจากแปลง D2	16 – 3,380	967±829
น้ำทิ้งออกจากแปลง D3	85 – 2,814	967±743
น้ำทิ้งออกจากแปลง D4	30 – 2,586	946±613
น้ำทิ้งออกจากแปลง W1	20 – 3,030	575±659
น้ำทิ้งออกจากแปลง W2	17 – 3,686	824±906
น้ำทิ้งออกจากแปลง W3	17 – 2,200	687±726
น้ำทิ้งออกจากแปลง W4	27 – 2,225	637±599
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (เข้า)	4 - 520	56±117
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (ออก)	2 - 800	93±156

โดยที่ แปลง D1 ใช้ Hydraulic loading 3 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 8.7 m^3/d
แปลง D2 ใช้ Hydraulic loading 2 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 5.4 m^3/d
แปลง D3 ใช้ Hydraulic loading 1 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 3.0 m^3/d
แปลง D4 ใช้ Hydraulic loading 0.5 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 1.5 m^3/d
แปลง W1 ใช้ Hydraulic loading 3 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 56.1 m^3/week
แปลง W2 ใช้ Hydraulic loading 2 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 48.4 m^3/week
แปลง W3 ใช้ Hydraulic loading 1 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 24.6 m^3/week
แปลง W4 ใช้ Hydraulic loading 0.5 cm/wk ใช้อัตราการรดน้ำ 10.7 m^3/week

จากการศึกษาพบว่าค่า SS ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าสูง (อยู่ในช่วง 980 – 12,125 mg/L) โดย SS (Suspended solids) คือของแข็งแขวนลอย ซึ่งเป็นตะกอนอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ การที่ SS ในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมีค่าสูง (น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่นำมาทำการทดลองมีค่า SS เฉลี่ยเท่ากับ 3,536±2,503 mg/L) เนื่องจากอนุภาคยางที่ปะปนมากับน้ำเสียจากกระบวนการต่างๆ และไม่สามารถดักจับได้โดยบ่อดักยาง อนุภาคเหล่านี้จึงปะปนมากับน้ำเสียจนกระทั่งเข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งกระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานมีเพียงการเติมอากาศ 2 บ่อ เมื่ออนุภาคแขวนลอยของยางถูกกวนผสมโดยเครื่องเติมอากาศทำให้เกิดการจับตัวกันและตกตะกอนลงสู่ด้านล่างของบ่อ แต่ในระบบบำบัดไม่มีการปล่อยตะกอนทิ้ง ดังนั้นตะกอนที่

จมตัวอยู่ด้านล่างของบ่อจึงถูกกวนด้วยเครื่องเติมอากาศทำให้เกิดการฟุ้งกระจายอยู่ตลอดเวลา เมื่อมีการสูบน้ำทิ้งออกมาจึงทำให้ตะกอนแขวนลอยเหล่านั้นปนออกมาด้วย ส่งผลให้ค่า SS ที่เข้าระบบบำบัดโดยดินมีค่าสูง แต่หลังจากที่น้ำทิ้งผ่านระบบบำบัดโดยดินพบว่าปริมาณ SS ของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบลดลง พิจารณาได้จากภาพประกอบที่ 3.4 ทั้งนี้เนื่องจากในระบบบำบัดโดยดินมีทั้งชั้นดินและรากของพืช ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเสมือนตัวกรอง กรองสารแขวนลอยให้ติดอยู่ในชั้นดินและติดอยู่ที่รากของพืช ส่วนสารแขวนลอยที่เป็นสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินและอยู่บริเวณรากของพืช จึงทำให้น้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดโดยดินใสขึ้นเนื่องจาก SS ในน้ำทิ้งมีค่าลดลง

พิจารณาแปลงควบคุมที่รดด้วยน้ำบ่อพบว่าในบางครั้งค่า SS ของน้ำบ่อที่ออกจากระบบมีค่าสูงกว่าค่า SS ของน้ำบ่อที่เข้าระบบ เนื่องจากมีฝนตกหนักทำให้น้ำพาเอาอนุภาคดินไหลปนมายังรางรับน้ำ เกิดความขุ่นและตะกอนในน้ำสูงกว่าน้ำที่เข้าระบบ โดยน้ำบ่อที่เข้าระบบมีค่า SS เฉลี่ยเท่ากับ 56±117 mg/L ส่วนน้ำบ่อที่ออกจากระบบมีค่า SS เฉลี่ยเท่ากับ 93±156 mg/L แสดงดังตารางที่ 3.6

เมื่อเปรียบเทียบน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดโดยดินกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมพบว่าส่วนใหญ่มีค่า SS ไม่ผ่านมาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 50 mg/L ซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้สามารถนำไปรดสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่อื่นๆของบริษัทต่อไปได้โดยจะเป็นการนำกลับมาบำบัดโดยดินต่ออีกครั้ง

ตารางที่ 3.7 ปริมาณน้ำฝนในจังหวัดกระบี่เดือนพฤษภาคม 2553 – กุมภาพันธ์ 2554

เดือน/ปี	พ.ค. 2553	มิ.ย. 2553	ก.ค. 2553	ส.ค. 2553	ก.ย. 2553	ต.ค. 2553	พ.ย. 2553	ธ.ค. 2553	ม.ค. 2554	ก.พ. 2554
ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/เดือน)	158.1	200.4	238.5	172.2	280.5	237.3	365.6	83.2	165.8	0

ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดกระบี่, 2554

3.3 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดโดยดินและเกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการบำบัดของแปลงที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้ง (W1-W4) มีค่าสูงกว่าแปลงที่รดน้ำทิ้งทุกวัน (D1-D4) และแปลงที่รดด้วยอัตราที่ต่ำกว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าแปลงที่รดด้วยอัตราสูง เนื่องจากแปลงที่รดน้ำทิ้งทุกวันทำให้ตะกอนสารอินทรีย์และธาตุอาหารเกิดการสะสมอยู่ในชั้นดินและรากพืชในปริมาณมาก จุลินทรีย์ที่อยู่ในดินไม่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ทันและพืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้ทัน เนื่องจากกระบวนการเหล่านี้ต้องอาศัยระยะเวลาในการทำงาน ทำให้ตะกอนสารอินทรีย์และธาตุอาหารส่วนที่ดินและพืชไม่สามารถดูดซับไว้ได้ถูกน้ำที่รดเพิ่มทุกวันพามาสู่รางรับน้ำ ดังนั้นการรดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการรดทุกวัน ขณะเดียวกันการรดน้ำทิ้งด้วยอัตราที่สูงทำให้พืชได้รับธาตุอาหารมากเกินไป จึงส่งผลให้พืชขนาดเล็ก เช่น หญ้าเกิดเหี่ยวเฉาและตายได้ แสดงดังภาพประกอบที่ 3.5 เนื่องจากหญ้าเป็นพืชขนาดเล็กและมีรากแผ่ขยายจึงทำให้สามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้ง่ายกว่าพืชขนาดใหญ่ เช่น ปาล์มน้ำมัน (พืชที่ใช้ในงานวิจัยนี้) และเมื่อธาตุอาหารที่ได้รับสูงเกินไปจึงทำให้ความสามารถในการดูดสารอาหารลดลงและตายในที่สุด ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง แต่ผลกระทบนี้จะไม่ส่งผลต่อปาล์มน้ำมัน เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชขนาดใหญ่และมีความต้องการธาตุอาหารสูง

จากตารางที่ 3.8 แปลงที่รดน้ำทิ้งทุกวันคือ แปลง D1-D4 ในส่วนของประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ SS พบว่าแปลง D4 คือแปลงที่รดน้ำทิ้ง 1.5 m^3/d มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ SS เฉลี่ยเท่ากับ $73.6 \pm 20.4\%$ และ $68.8 \pm 18.4\%$ ตามลำดับ เนื่องจากเป็นแปลงที่มีอัตราการรดน้ำต่ำที่สุด ค่าสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ต้องบำบัดจึงมีค่าน้อย ส่วนการบำบัด TKN พบว่าแปลง D1-D4 มีประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกัน แต่แปลง D2 คือแปลงที่รดน้ำทิ้ง 5.4 m^3/d มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN เฉลี่ยเท่ากับ $54.0 \pm 22.6\%$ ซึ่งสาเหตุที่ประสิทธิภาพในการบำบัด TKN ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการบำบัด COD และ SS เนื่องจากการที่ต้นปาล์มน้ำมันและพืชขนาดเล็กในแปลงทดลองมีความสามารถในการดูดซับธาตุไนโตรเจนในน้ำทิ้งไปใช้ได้ไม่เท่ากัน โดยค่า TKN ของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินของแปลง D2 และ D4 มีค่าใกล้เคียงกันในช่วงของการเดินระบบช่วงแรก แต่เมื่อเดินระบบผ่านไป 250 วัน พบว่าค่า TKN ของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินของแปลง D4 จะเริ่มมีค่ามากกว่าค่า TKN ของแปลง D2 ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัด TKN ของแปลง D2 ออกมาดีกว่าแปลง D4

ส่วนในแปลงที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งคือ แปลง W1-W4 พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ TKN ของแปลง W4 คือแปลงที่รดน้ำทิ้ง 10.7 m^3/week มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ TKN เฉลี่ยเท่ากับ $81.7 \pm 12.7\%$ และ $74.1 \pm 18.3\%$ ตามลำดับ เนื่องจากเป็นแปลงที่มีอัตราการรดน้ำต่ำที่สุด ค่าสารอินทรีย์และปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่ต้องบำบัดจึงมีค่าน้อย ส่วนการบำบัด SS พบว่าแปลง W1 คือแปลงที่รดน้ำทิ้ง 56.1 m^3/week มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยประสิทธิภาพในการบำบัด SS เฉลี่ยเท่ากับ $82.6 \pm 15.5\%$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแปลง W4 ที่มีค่าประสิทธิภาพในการบำบัด SS เฉลี่ยเท่ากับ $80.0 \pm 15.9\%$ ซึ่งสาเหตุที่ประสิทธิภาพในการบำบัด SS ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการบำบัด COD และ TKN เนื่องจากการที่พื้นที่ในแปลง W4 มีการอุดตันของตะกอนน้ำทิ้งบนผิวหน้าดินและในชั้นสูงกว่าแปลง W1 ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัด SS ลดลง ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงที่เดินระบบผ่าน 100 วันไปแล้ว โดยสังเกตได้จากภาพประกอบที่ 3.4 และตารางที่ ค-4 ในภาคผนวก พบว่าค่า SS ของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินของแปลง W4 จะเริ่มมีค่ามากกว่าค่า SS ของแปลง W1 ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัด SS ของแปลง W1 ออกมาดีกว่าแปลง W4

จากการศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมันพบว่าระบบบำบัดโดยดินสามารถบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นให้มีคุณภาพดีขึ้นได้ เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการบำบัดโดยรวมพบว่าการบำบัด COD ของแปลง W4 (แปลงที่รด 10.7 m^3/week) จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด COD เฉลี่ยเท่ากับ $81.7 \pm 12.7\%$ ส่วนการบำบัด TKN ในแต่ละแปลงมีประสิทธิภาพในการบำบัดแตกต่างกันออกไป ซึ่งแปลง W4 (รด 10.7 m^3/week) มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด TKN เฉลี่ยเท่ากับ $74.1 \pm 18.3\%$ และในการบำบัด SS จะพบว่าแปลง W1 และแปลง W4 มีประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกัน ซึ่งแปลง W1 (แปลงที่รด 56.1 m^3/week) มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด SS เฉลี่ยเท่ากับ $82.6 \pm 15.5\%$ แสดงดังตารางที่ 3.8

ดังนั้นจากการทดลองเมื่อพิจารณาด้านประสิทธิภาพโดยรวมแล้ว แปลง W4 ที่มีอัตราการรดน้ำทิ้ง 10.7 m^3/week (Hydraulic Loading 0.5 cm/week) จึงเหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้มากที่สุด เนื่องจากเป็นแปลงที่รดน้ำทิ้งน้อยที่สุด ทำให้ค่าความเข้มข้นของน้ำทิ้งที่ต้องบำบัดโดยดินน้อยตามไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดออกมาดีที่สุด

แต่ถ้ามองในแง่ของการลดปริมาณของเสียที่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม จากตารางที่ 3.8 แปลง W1 ที่มีการรดน้ำทิ้งด้วยอัตรา 56.1 m^3/week (Hydraulic Loading 3 cm/week) ซึ่งเป็นอัตราการรดน้ำทิ้งสูงสุดที่ใช้ในการทดลองของการรดสัปดาห์ละครั้งจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดโดยรวมใกล้เคียงกับแปลง W4 มากที่สุด ซึ่งแปลง W4 มีอัตราการรดน้ำทิ้งต่ำสุดที่ใช้ในการทดลองของการรดสัปดาห์ละครั้ง โดยมีอัตราการรดน้ำทิ้ง 10.7 m^3/week (Hydraulic Loading 0.5 cm/week) จึงแนะนำให้ใช้อัตราการรดน้ำของแปลง W1 มาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้ง ซึ่งจะทำให้ลดปริมาณการปล่อยน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมได้มาก

ตารางที่ 3.8 ประสิทธิภาพของระบบการบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง

แปลงทดลอง	Hydraulic Loading (cm/week)	อัตราการรดน้ำ	ประสิทธิภาพการบำบัดโดยดิน (%)		
			COD $\overline{X} \pm S.D.$	TKN $\overline{X} \pm S.D.$	SS $\overline{X} \pm S.D.$
D1	3	8.7 m^3/d	69.6 ± 19.8	50.9 ± 22.8	65.7 ± 25.8
D2	2	5.4 m^3/d	72.4 ± 24.8	54.0 ± 22.6	66.2 ± 28.1
D3	1	3.0 m^3/d	70.4 ± 22.6	52.5 ± 21.7	67.7 ± 25.7
D4	0.5	1.5 m^3/d	73.6 ± 20.4	50.2 ± 20.5	68.8 ± 18.4
W1	3	56.1 m^3/week	80.6 ± 16.9	67.7 ± 24.6	82.6 ± 15.5
W2	2	48.4 m^3/week	77.9 ± 17.1	66.2 ± 25.5	72.2 ± 28.4
W3	1	24.6 m^3/week	78.9 ± 16.8	67.2 ± 24.8	77.5 ± 23.8
W4	0.5	10.7 m^3/week	81.7 ± 12.7	74.1 ± 18.3	80.0 ± 15.9

โดยน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง ส่วนใหญ่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แสดงดังภาคผนวก ข น้ำทิ้งเหล่านี้สามารถนำไปรดสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่อื่นๆต่อไปได้ ซึ่งจะเป็นการนำน้ำทิ้งมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

ในงานวิจัยของวิกาญดา (2547) ได้ทำการทดลองโดยการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยระบบบำบัดแบบบ่อปรับเสถียรมารดแปลงทดลองที่ทำการปลูกผักบุ้งจีน, หญ้ามาเลเซีย และแปลงควบคุมที่ไม่มีการปลูกพืช ซึ่งแปลงทดลองมีขนาดกว้าง×ยาว เท่ากับ 1×2 เมตร มีชั้นดินลึก 0.2 เมตร และมีความชัน 2% โดยอัตราการรดน้ำทิ้งเท่ากับ 4, 5, 6 และ 10 cm/week ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าแปลงที่ปลูกหญ้ามาเลเซียมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงกว่าแปลงทดลองอื่นๆ ซึ่งประสิทธิภาพการบำบัด TKN ในแปลงที่ปลูกหญ้ามาเลเซียเท่ากับ 92 ± 3%, 86 ± 4%, 76 ± 6% และ 64 ± 7% ตามลำดับ สำหรับแปลงที่ปลูกผักบุ้งจีนมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN เท่ากับ 86 ± 4%, 82 ± 6%, 71 ± 6% และ 57 ± 6% ตามลำดับ และสำหรับแปลงควบคุมมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN เท่ากับ 74 ± 6%, 69 ± 8%, 55 ± 7% และ 34 ± 7% ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด TKN ของระบบบำบัดโดยดินที่ใช้ร่วมกับต้นปาล์มน้ำมันมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้อยกว่า เนื่องจากความแตกต่างของปัจจัยควบคุม ขนาดของระบบ และชนิดของพืชที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการทดลองในพื้นที่จริงทำให้ไม่สามารถควบคุมปัจจัยในด้านสภาพแวดล้อมได้ เช่น สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น และปริมาณไนโตรเจนของน้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าต่างกันมากโดยในงานวิจัยของวิกาญดา (2547) มีค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 22.4-41.0 mg/L ส่วนในงานวิจัยนี้มีค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบอยู่ในช่วง 756-1,820 mg/L

ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของเภสัชรัตน์ (2550) ที่ทำการกำจัดไนโตรเจนในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งด้วยการบำบัดโดยดิน ได้ทำการสร้างแปลงทดลองเป็นจำนวน 6 แปลง โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ แปลงหญ้ามาเลเซีย แปลงผักบุ้ง และแปลงควบคุม (ไม่ปลูกพืช) ซึ่งใช้น้ำลักษณะต่างกันระหว่าง น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากถังตกตะกอนของโรงงาน และน้ำประปาในโรงงาน ให้อัตราการใช้น้ำคือ 7.7 และ 12.6 cm/week จากผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ในน้ำทิ้งที่อัตราการใช้น้ำ 7.7 cm/week จากแปลงหญ้ามาเลเซีย และแปลงควบคุมเท่ากับ 92.18 ± 10.11% และ 86.35 ± 2.16% ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งที่อัตราการใช้น้ำ 12.6 cm/week จากระบบบำบัดแปลงหญ้ามาเลเซีย แปลงผักบุ้งจีน และแปลงควบคุมเท่ากับ 85.30 ± 14.38%, 81.63 ± 8.89% และ 52.21 ± 23.39% ตามลำดับ และจากการทดลองพบว่าแปลงหญ้ามาเลเซียมีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนสูงที่สุดทั้งสองอัตราการใช้น้ำ โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีกว่าแปลงที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดของงานวิจัยนี้ ซึ่งได้แก่ แปลง W4 ที่ใช้อัตราการรดน้ำ 0.5 cm/week (10.7 m^3/week) มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพเท่ากับ 74.1 ± 18.3% แสดงดังตารางที่ 3.8

ตามเกณฑ์การออกแบบตามทฤษฎีการบำบัดโดยดินแบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) จะสามารถเพิ่มค่า Hydraulic Loading ที่ใช้รดสวนปาล์มน้ำมันได้ไปจนถึง 10 cm/week ซึ่งเป็นอัตราสูงสุด ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน Process Design Manual : Land Treatment of Municipal Wastewater Effluents ของ United States Environmental Protection Agency (US.EPA., 2006) โดยที่ค่า BOD_5 Loading ในน้ำทิ้งที่ใส่เข้าไปในแต่ละแปลงยังคงอยู่ในช่วง 5-50 $g/m^2.d$ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน United States Environmental Protection Agency (US.EPA., 2006) แต่ในตัวอย่างน้ำทิ้งที่นำมารดสวนปาล์มน้ำมันมีค่าไนโตรเจนสูง (756-1,820 mg/L) จึงทำให้ไม่สามารถเพิ่มค่า Hydraulic Loading ได้ เนื่องจากทำให้เกินค่า TKN Loading ที่ปาล์มน้ำมันต้องการไปมาก คือในช่วง 0.34-0.47 $g/m^2.d$ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553) แสดงดังตารางที่ 3.9 ซึ่งอัตราการรดน้ำทิ้งในปริมาณน้อยจึงจะเหมาะสมที่สุด ในด้านของประสิทธิภาพการบำบัดและความต้องการของธาตุอาหารของต้นปาล์มน้ำมัน โดยค่า Hydraulic Loading ที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการทดลองคือ 0.5 cm/week แสดงดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

ค่า Hydraulic Loading ที่มีค่ามากที่สุดที่ใช้ในการทดลองคือ 3.0 cm/week ของแปลงที่รดทุกวันและรดสัปดาห์ละครั้ง (รด 8.7 m^3/d และรด 56.1 $m^3/week$) มีค่า TKN Loading Rate เท่ากับ 4.6 $g/m^2.d$ และ 32.4 $g/m^2.week$ ตามลำดับ โดยในงานวิจัยนี้ค่า TKN Loading Rate ของอัตราการรดน้ำที่ใช้ทั้งหมดคือ 0.5, 1, 2 และ 3 cm/week ตามลำดับ ซึ่งอัตราการรดน้ำทั้งหมดมีค่า TKN Loading เกินกว่าค่าที่ปาล์มน้ำมันต้องการ แต่หลังจากการทดลองพบว่าระบบบำบัดโดยดินสามารถรับปริมาณน้ำทิ้งได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อต้นปาล์มน้ำมัน

สำหรับค่า Hydraulic Loading ที่ทางบริษัทวงศ์บัณฑิตใช้รดสวนปาล์มน้ำมันคือ 1.92 cm/wk ซึ่งมีค่า BOD_5 Loading เท่ากับ 6.6 $g/m^2.d$ และพบว่าอยู่ในช่วง 5-50 $g/m^2.d$ ตามเกณฑ์ที่ United States Environmental Protection Agency (US.EPA., 2006) กำหนดไว้ แต่ค่า TKN Loading เท่ากับ 3.0 $g/m^2.d$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ปาล์มน้ำมันต้องการคืออยู่ในช่วง ในช่วง 0.34-0.47 $g/m^2.d$ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553) จึงควรลดอัตราการรดน้ำทิ้งลงเพื่อให้มีปริมาณไนโตรเจนเหมาะสมกับที่ปาล์มน้ำมันต้องการ จากการทดลองพบว่าการรดน้ำทิ้งในอัตรา 10.7 $m^3/week$ (Hydraulic Loading 0.5 cm/week) มีความเหมาะสมที่จะนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน เนื่องจากมีค่า BOD_5 Loading และค่า TKN Loading ใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน United States Environmental Protection Agency และกรมส่งเสริมการเกษตร แสดงดังตารางที่ 2.4 ซึ่งการรดน้ำทิ้งในปริมาณที่มากจนเกินไปจะทำให้หญ้าในแปลงทดลองตายได้ เนื่องจากได้รับปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งมากเกินไป แสดงดังภาพประกอบที่ 3.5

จากการทดลองพบว่าระบบบำบัดโดยดินสามารถบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งได้ดี เนื่องจากชั้นดินจะทำหน้าที่เป็นตัวกรองสารอินทรีย์ และสารอินทรีย์นั้นสามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ SS ของแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งจะดีกว่าแปลงที่รดน้ำทิ้งทุกวัน เนื่องจากจะมีตะกอนน้ำทิ้งอยู่บนผิวหน้าดินและในชั้นดิน ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลง ซึ่งตะกอนน้ำทิ้งเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในดิน แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย แปลงที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งมีระยะเวลาในการย่อยสลายยาวนานกว่าแปลงที่รดน้ำทิ้งทุกวัน ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดออกมาดีกว่า โดยแปลงที่รดน้ำทิ้งทุกวันมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ SS เฉลี่ยเท่ากับ 71% และ 67% ตามลำดับ ส่วนแปลงที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ SS เฉลี่ยเท่ากับ 80% และ 78% ตามลำดับ

ในส่วนของประสิทธิภาพในการบำบัด TKN พบว่ามีไม่มากเหมือนประสิทธิภาพในการบำบัด COD และ SS เนื่องจากน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่า TKN สูง จึงทำให้ค่า TKN Loading สูงขึ้นด้วย แปลงทดลองจึงไม่สามารถบำบัด TKN ได้ทัน โดยพืชและดินภายในแปลงทดลองได้รับไนโตรเจนไปเต็มที่แล้ว ซึ่งแปลงที่รดน้ำทิ้งทุกวันมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN เฉลี่ยเท่ากับ 52% ส่วนแปลงที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งมีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN เฉลี่ยเท่ากับ 69%

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าถ้ามองในแง่ของการลดปริมาณของเสียที่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม แปลง W1 ที่มีการรดน้ำทิ้งด้วยอัตรา 56.1 m^3/week (Hydraulic Loading 3 cm/week) จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดโดยรวมใกล้เคียงกับแปลง W4 ที่มีอัตราการรดน้ำทิ้ง 10.7 m^3/week (Hydraulic Loading 0.5 cm/week) มากที่สุด จึงแนะนำให้ใช้อัตราการรดน้ำของแปลง W1 มาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้ง

ตารางที่ 3.9 เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดโดยดินโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในสวนปาล์มน้ำมัน

Parameter	Watering Frequency		Design Criteria
	Daily	Weekly	
Hydraulic Loading Rate, cm/week	≤ 3	≤ 3	2.5 – 10*
BOD_5 Loading Rate, g $BOD_5/m^2.d$	≤ 10	≤ 10	5 – 50*
COD Loading Rate, g $COD/m^2.d$	≤ 23	≤ 23	-
TKN Loading Rate, g $TKN/m^2.d$	≤ 4.6	≤ 4.6	0.34 – 0.47**
Removal Efficiency, %			
COD	≤ 71	≤ 80	-
TKN	≤ 52	≤ 69	-
SS	≤ 67	≤ 78	-

หมายเหตุ : - ไม่มีข้อมูล

ที่มา : * US.EPA., 2006

** กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553

เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดโดยดินของการทดลองนี้สมควรใช้ Hydraulic Loading Rate น้อยกว่า 3 cm/week (ในการทดลองใช้ 0.5, 1, 2 และ 3 cm/week ตามลำดับ) สำหรับ BOD_5 Loading Rate, COD Loading Rate และ TKN Loading Rate ควรใช้ต่ำกว่า 10 $g.BOD_5/m^2.d$, 23 $g.COD/m^2.d$ และ 4.6 $g.TKN/m^2.d$ ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3.9 เนื่องจากการใช้ Hydraulic Loading Rate ที่มากกว่า 3 cm/week จะทำให้ค่า TKN Loading สูงกว่าเกณฑ์ที่ปาล์มน้ำมันต้องการธาตุไนโตรเจนไปมาก ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อต้นปาล์มน้ำมันได้

ภาพประกอบที่ 3.5 ต้นหญ้าในแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งในอัตราสูง

จากการทดลองการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาบำบัดโดยดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมันเป็นเวลา 10 เดือน พบว่ามีตะกอนน้ำทิ้งอยู่ภายในแปลงทดลองและในรางรับน้ำทิ้งท้ายแปลง ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดโดยดินลดลง เนื่องจากตะกอนน้ำทิ้งที่อยู่บนผิวหน้าดินขัดขวางไม่ให้น้ำทิ้งไหลซึมลงสู่ดินและทำให้น้ำทิ้งไหลซึมลงสู่ดินได้น้อยลง ทำให้ไม่เกิดการบำบัดโดยดิน จึงต้องมีการขุดลอกตะกอนน้ำทิ้งออกจากแปลงที่รดน้ำทิ้งอยู่เสมอ และไม่ควรรดน้ำทิ้งบ่อยๆ เนื่องจากตะกอนน้ำทิ้งเป็นสารอินทรีย์ที่ต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย ซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในดิน ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดโดยดินส่วนใหญ่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม โดยดูจากค่า COD, TKN และ SS ที่ออกจากระบบ เนื่องจากน้ำทิ้งที่นำมาทำการทดลองมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่วิเคราะห์สูงแสดงดังตารางที่ 3.1 โดยน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดโดยดินเหล่านี้สามารถนำไปรดสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่อื่นๆของบริษัทต่อไปได้ ซึ่งจะเป็นการนำกลับมาบำบัดโดยดินต่ออีกครั้ง

ตารางที่ 3.10 ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อและปรับพื้นที่เพื่อการบำบัดบนดิน และค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำทิ้งมาบำบัดบนดิน

ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อและปรับพื้นที่		
รายการ		
ค่าอุปกรณ์และติดตั้งระบบ	21,525	บาท
ค่าแรงคนงานขุดดิน	10,000	บาท
รวม	31,525	บาท
พื้นที่ที่ทำการทดลอง	10.6	ไร่
ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อและปรับพื้นที่	2,977	บาท/ไร่
ค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำทิ้งรดสวนปาล์มน้ำมัน		
ขนาดเครื่องสูบน้ำที่สูบน้ำทิ้งไปรดสวนปาล์มน้ำมัน	75	HP
	56	kW
จำนวนชั่วโมงที่สูบน้ำทิ้งไปรดแปลงทดลองต่อสัปดาห์	9.65	Hr
หน่วยไฟฟ้าเท่ากับ	542.8	kWh
สมมติค่าไฟฟ้าเท่ากับ	3.0	บาท/kWh
รวมค่าไฟฟ้าต่อสัปดาห์	1,628	บาท
ปริมาณน้ำทิ้งที่นำมารดแปลงทดลอง	270	ลูกบาศก์เมตร/สัปดาห์
ค่าไฟฟ้าต่อปริมาณน้ำทิ้งที่สูบเท่ากับ	6.03	บาท/ลูกบาศก์เมตร

ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อและปรับพื้นที่เพื่อการบำบัดบนดิน และค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำทิ้งสำหรับระบบบำบัดโดยดินโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในสวนปาล์มน้ำมันแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.10 ซึ่งค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบบำบัดโดยดินของการทดลองนี้เท่ากับ 2,977 บาทต่อไร่ และค่าดำเนินการเดินระบบโดยใช้เครื่องสูบน้ำทิ้งไปรดสวนปาล์มน้ำมันเท่ากับ 6.03 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งค่าไฟฟ้าเป็นค่าที่สมมติขึ้นและพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันของบริษัทอยู่บนเนินเขาซึ่งอยู่สูงกว่าระดับของบ่อเติมอากาศของทางบริษัท ทำให้ต้องใช้กำลังของเครื่องสูบน้ำมากขึ้นในการสูบน้ำทิ้งขึ้นไปรดสวนปาล์มน้ำมันที่ทำการทดลอง ทำให้ค่าไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย ซึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้งานกับบริษัทอื่นๆที่มีพื้นที่ของสวนปาล์มน้ำมันอยู่ระดับเดียวกันหรือต่ำกว่าระดับของระบบบำบัดขั้นต้น ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบโดยการสูบน้ำทิ้งมารดสวนปาล์มน้ำมันอาจจะถูกกว่านี้ได้

บทที่ 4

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาบำบัดโดยดินโดยใช้รดในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งทดลองในสวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาเกณฑ์ในการบำบัดที่เหมาะสม ผลการทดลองสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. จากการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาบำบัดโดยดินพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งโรงงานไปใช้ประโยชน์ในการเกษตร เพราะในน้ำทิ้งจะมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เป็นต้น ซึ่งระบบบำบัดโดยดินสามารถบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นได้โดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน ระบบสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์, ของแข็งแขวนลอย และปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งได้ ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น แต่ส่วนใหญ่ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำทิ้งที่เข้าระบบบำบัดโดยดินมีค่าปริมาณสารอินทรีย์ ของแข็งแขวนลอย และปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่ค่อนข้างสูง โดยระบบบำบัดขั้นต้นมีเพียงการเติมอากาศ 2 บ่อ

2. เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดโดยดินโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในสวนปาล์มน้ำมันคือ ควรใช้ Hydraulic Loading Rate น้อยกว่า 3 cm/week (ในการทดลองใช้ 0.5, 1, 2 และ 3 cm/week ตามลำดับ) สำหรับ BOD_5 Loading Rate, COD Loading Rate และ TKN Loading Rate ควรใช้ต่ำกว่า 10 g.BOD_5/m^2.d, 23 g.COD/m^2.d และ 4.6 g.TKN/m^2.d ตามลำดับ โดยถ้าใช้ Hydraulic Loading Rate มากกว่า 3 cm/week จะทำให้ TKN Loading Rate มีค่ามากกว่าปริมาณความต้องการธาตุไนโตรเจนของต้นปาล์มน้ำมันไปมาก ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบกับต้นปาล์มน้ำมันได้ แต่การใช้ Hydraulic Loading Rate สูงสุดในการทดลองนี้คือ 3 cm/week พบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อต้นปาล์มน้ำมัน โดยผลผลิตไม่ได้ลดน้อยลง

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

3. เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดโดยดินโดยการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆที่มีการปลูกสวนปาล์มน้ำมันได้ โดยสามารถใช้เกณฑ์การออกแบบของระบบบำบัดโดยดินแบบอัตราไหลช้า ซึ่งต้องดูความเหมาะสมในเรื่องของความเข้มข้นของสารอินทรีย์และสารเคมีในน้ำทิ้ง และปริมาณการเกิดน้ำเสียในแต่ละวันด้วย เช่น ถ้าน้ำทิ้งมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์และสารเคมีในน้ำทิ้งต่ำ สามารถใช้ค่า Hydraulic Loading ได้สูงสุดถึง 10 cm/week ซึ่งเป็นเกณฑ์การออกแบบของระบบบำบัดโดยดินแบบอัตราไหลช้า แต่ทั้งนี้ต้องทราบปริมาณน้ำทิ้งของทางโรงงานด้วยว่ามีเพียงพอต่อการนำไปใช้บำบัดโดยดินหรือไม่ เป็นต้น

4. จากการทดลองพบว่าแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดบนดินดีกว่าแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งทุกวัน โดยแปลงทดลองที่มีการรดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TKN และ SS ทุกแปลงรวมกันเฉลี่ยเท่ากับ 80%, 69% และ 78% ตามลำดับ ส่วนแปลงทดลองที่มีการรดน้ำทิ้งทุกวันมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TKN และ SS ทุกแปลงรวมกันเฉลี่ยเท่ากับ 71%, 52% และ 67% ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อเดินระบบไปได้ระยะเวลาหนึ่งในแปลงทดลองจะมีตะกอนของน้ำทิ้งอยู่ภายในแปลง โดยตะกอนน้ำทิ้งจะขัดขวางไม่ให้น้ำทิ้งไหลซึมลงสู่ดิน ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดโดยดินลดลง ซึ่งตะกอนน้ำทิ้งเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในดิน แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย แปลงที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งมีระยะเวลาในการย่อยสลายยาวนานกว่าแปลงที่รดน้ำทิ้งทุกวัน ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดออกมาดีกว่า

5. แปลงทดลองที่มีอัตราการรดน้ำทิ้งต่ำที่สุดของการรดสัปดาห์ละครั้ง ซึ่งได้แก่ แปลง W4 รดด้วยอัตรา 0.5 cm/week (10.7 m^3/week) จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดโดยรวมดีที่สุด โดยประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TKN และ SS เท่ากับ 81.7±12.7%, 74.1±18.3% และ 80.0±15.9 ตามลำดับ เนื่องจากแปลง W4 เป็นแปลงที่รดน้ำทิ้งน้อยที่สุด ทำให้ค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่เข้าสู่แปลงทดลองน้อยตามไปด้วย ทำให้แปลง W4 มีประสิทธิภาพในการบำบัดโดยรวมดีที่สุด

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

6. การรดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่มีค่าปริมาณไนโตรเจนมากให้แก่พืช สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนให้แก่ดินและพืช โดยพืชสามารถดูดซับธาตุไนโตรเจนในน้ำทิ้งเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และในดินสามารถรับธาตุไนโตรเจนในน้ำทิ้งได้โดยการที่จุลินทรีย์ในดินนำไนโตรเจนในน้ำทิ้งไปใช้ในรูปของไนเตรทไอออนและแอมโมเนียมในการเสริมสร้างการเจริญเติบโต เมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้ตายและถูกย่อยสลายทับถมสู่ดิน ดินจึงได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันยังช่วยลดปัญหาของการขาดแคลนน้ำใช้ทางการเกษตรได้อีกด้วย

7. จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดโดยดินของแปลง W1 ที่มีการรดน้ำทิ้งด้วยอัตรา 56.1 m^3/week (Hydraulic Loading 3 cm/week) กับแปลง W4 ที่มีการรดน้ำทิ้งด้วยอัตรา 10.7 m^3/week (Hydraulic Loading 0.5 cm/week) มีประสิทธิภาพโดยรวมใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อคำนึงถึงเรื่องการลดปริมาณน้ำทิ้งที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นหลัก จึงแนะนำให้ใช้อัตราการรดน้ำทิ้งของแปลง W1 ดีกว่า โดยสามารถลดปริมาณน้ำทิ้งที่ต้องปล่อยทิ้งได้ในปริมาณมาก

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. น้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง ส่วนใหญ่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม น้ำทิ้งเหล่านี้สามารถนำไปรดสวนปาล์มน้ำมันในพื้นที่อื่นๆต่อไปได้ โดยจะเป็นการนำไปบำบัดโดยดินต่อไปและเป็นการนำน้ำทิ้งมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

2. ค่า Hydraulic Loading ของเกณฑ์การบำบัดโดยดินแบบอัตราไหลช้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นค่าต่ำสุดของเกณฑ์การออกแบบ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นต่อวันของทางโรงงานที่เข้าไปทำการทดลอง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานน้ำยางข้นที่มีปริมาณน้ำทิ้งในแต่ละวันสูงได้ โดยใช้ค่า Hydraulic Loading ได้ถึง 10 cm/week ซึ่งเป็นเกณฑ์การออกแบบสูงสุดของการบำบัดน้ำเสียโดยดินแบบอัตราไหลช้า จะเป็นการช่วยลดการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้อีกด้วย

3. ในงานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการนำน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน อุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง เป็นต้น มาบำบัดโดยดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน แต่ต้องวิเคราะห์ลักษณะน้ำทิ้งก่อนว่ามีความเหมาะสมในการนำมาใช้หรือไม่ เช่น ในน้ำทิ้งมีไนโตรเจนเพียงพอหรือมากเกินไปหรือไม่ มีค่า pH ที่เหมาะสมในการนำมาใช้หรือไม่ เป็นต้น ซึ่งเป็นการนำน้ำเสียมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ รวมทั้งยังเป็นวิธีการบริหารจัดการที่ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสร้างระบบบำบัดเมื่อเทียบกับระบบอื่นที่ต้องใช้เครื่องจักรและไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในด้านการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

บรรณานุกรม

กัลยา ศรีสุวรรณ. 2543. **วิศวกรรมการบำบัดน้ำเสียและมลพิษทางอากาศ.** ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

กรมควบคุมมลพิษ. 2539. มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html [22 เมษายน 2554]

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางข้น (ออนไลน์). สืบค้นจาก : www.pcd.go.th/count/waterdl.cfm?FileName=rubbertree.pdf [22 มกราคม 2553]

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2549. ยางพาราและผลิตภัณฑ์ยาง (ออนไลน์). สืบค้นจาก : www.thaifta.com/thaifta/Portals/0/File/ascn_rubber.doc [24 เมษายน 2554]

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2544. หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมน้ำยางข้น อุตสาหกรรมยางแท่งมาตรฐานเอสทีอาร์ 20 (ออนไลน์). สืบค้นจาก : php.diw.go.th/ctu/pdf/codeofpractice_rubber_th.pdf [24 มกราคม 2553]

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2553. ความต้องการธาตุอาหารพืชและการใช้ประโยชน์ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://contact.doae.go.th/cts/upload/269/1809/1823/1714_ความต้องการธาตุอาหารพืชและการใช้ประโยชน์.doc [24 มกราคม 2553]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

กลอยกาญจน์ เก่าเนตรสุวรรณ. 2544. **การบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยใช้บึงประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้). 2554. ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://kasetinfo.arda.or.th/south/palm/controller/index.php [18 พฤษภาคม 2554]

จำเป็น อ่อนทอง, สุนีย์ นิเทศพัตรพงศ์, ชาย โฆรวิส และภิญโญ มีเดช. 2535. **การศึกษาปริมาณความต้องการน้ำของปาล์มน้ำมัน.** กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพืชสวน ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี.

ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2538. **การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปาล์มน้ำมัน.** สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2545. ปาล์มน้ำมันและการเพิ่มมูลค่า (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://natres.psu.ac.th/researchcenter/palm/picbook/2.theera_46.pdf [28 ธันวาคม 2553]

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และวรรณา เลี้ยววาริณ. 2546. **คู่มือปาล์มน้ำมันและการจัดการสวน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล และรพีพรรณ วิทิตสุวรรณกุล. 2538. **อุตสาหกรรมยางพารากับปัญหาสิ่งแวดล้อม.** เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง เทคโนโลยีและการจัดการภาพแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมในเขตภาคใต้ตอนล่าง ณ โรงแรมหาดแก้วรีสอร์ท จังหวัดสงขลา 24-25 กุมภาพันธ์ 2538.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

นฤมล ทองมาก. 2552. **การกรองด้วยเยื่อกรองแบบพันทางสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ของหางน้ำยาง.** สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญชัย ตระกูลมหชัย. 2544. วิธีผลิตน้ำยางข้น (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=77&i2=3 [12 เมษายน 2554]

พนาลี ชีวกิดาการ และอุดมผล พืชน์ไพบูลย์. 2549. **โครงการวิจัยเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวเต็ดสลัดจ์สำหรับโรงงานน้ำยางข้นในภาคใต้ด้วยการควบคุมค่าออกซิเจนอย่างเหมาะสม.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เภสัชรัตน์ กชกรจารุพงศ์. 2550. **การกำจัดไนโตรเจนในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งด้วยการบำบัดโดยดิน.** สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. **ธาตุอาหารพืช.** กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รักษ์ พฤกษชาติ. 2552. **คู่มือการปลูก-แปรรูปเชิงการค้าปาล์มน้ำมัน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์นีออน บุ๊ค มีเดีย.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2531. **น้ำยาง.** ศูนย์วิจัยยางสงขลา.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2536. **ยาง.** สถาบันวิจัยยาง.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

วันชัย แก้วยอด. 2540. **การตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงานยาง: กรณีศึกษาจังหวัดสงขลา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิกาญดา ทองเนื้อแข็ง และอุดมผล พืชน์ไพบูลย์. 2547. **การบำบัดไนโตรเจนในน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีการบำบัดโดยดิน.** ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2547 26(4) : 521-528

วิจัยสู่วิชาการ. 2554. ยางพารา : พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจไทย (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://share.psu.ac.th/blog/marky12/19185 [12 ธันวาคม 2554]

ศุวศา กานตวนิชกูร. 2544. **รายงานการวิจัยเรื่องการกำจัดไนโตรเจนโดยระบบ** Combined constructed wetland **ในเขตอากาศร้อน.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. 2554. การให้น้ำปาล์มน้ำมัน (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://it.doa.go.th/palm/index.html [27 เมษายน 2554]

สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดกระบี่. 2554. **ปริมาณฝนปี** 2553 – **ปี** 2554 **ในจังหวัดกระบี่.** กรมอุตุนิยมวิทยา.

สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, อุดมผล พืชไพบูลย์, จรัญ บุญกาญจน์, เสาวลักษณ์ รุ่งตะวันเรืองศรี, นิทัศน์ เพราแก้ว, อัษฎาวุธ หิรัญรักษ์, สุวลักษณ์ วิสุนทร, วิบูลย์ ป้องกันภัย และนฤเทพ บุญเรืองขาว. 2545. **การตรวจสอบการจัดการของเสียของโรงงานน้ำยางข้น.** โครงการวิจัยเรื่องการจัดการของเสียอุตสาหกรรมน้ำยางข้น. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

สุชาดา ปุณณสัมฤทธิ์. 2548. **การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบผสม.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. 2554. สิ่งมีชีวิตในดิน (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://agri.wu.ac.th/msomsak/Soil/Lecture/SoilLive/SoilLive.htm [11 ตุลาคม 2554]

เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2546. **การผลิตยางธรรมชาติ.** พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

APHA, AWWA and WEF. (2005). Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Maryland : American Public Health Association.

Cabrera, F., Lopez, R., Martinez-Bordiu, A., Dupuy de Lome, E. and Murillo, J.M. 1997. Land Treatment of Olive Oil Mill Wastewater. Internutionul Biodeterioration & Biodegradation (1996) : 215-225.

Kadam, A., Oza, G., Nemade, P., Dutta, S. and Shankar, H. 2008. Municipal Wastewater Treatment Using Novel Constructed Soil Filter System. Chemosphere 71 (2008) : 975-981.

Lim Kim Huan. 1986. Optimising Land Application of Digested Palm Oil Mill Effluent. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor in Agricultural Sciences to the Faculty of Agricultural Sciences, State University of Ghent, Belgium.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Metcalf and Eddy, Inc. 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 3rd Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, USA.

Pescod, M.B. 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Tchobanoglous, G. and Burton, F.L. 1991. Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse. 3rd ed. Singapore : McGrow-Hill, Inc.

Thongnuekhang, V. and Puetpaiboon, U. 2004. Nitrogen Removal from Concentrated Latex Wastewater by Land Treatment. Songklanakarin J. Sci. Technol., 26(4) : 521-528.

Tzanakakis, V.E., Paranychiana, N.V., Kyritsis, S. and Angelakis, A.N. 2003. Wastewater Treatment and Biomass Production by Slow Rate Systems Using Different Plant Species. Water Science and Technology : Water Supply. 3(4) : 185-192.

U.S. EPA. 1976. Effects of exposure to heavy metals on selected fresh water fish: toxicity of copper, cadmium, chromium, and lead to eggs and fry of seven fish species. Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, Duluth, MN. 600/3-76-105

US.EPA. 2006. Land Treatment Systems (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r00008/html/tfs12.htm [31 พฤษภาคม 2554]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

US.EPA. 2006. Process Design Manual: Land Treatment of Municipal Wastewater Effluents. EPA/625/R-06/016. United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.

Wood, B.J. 1978. KGSB Experience with Palm Oil Mill Effluent Control by Land Application, Raw or After Anaerobic Digestion. Proc. Of 3 MOPGC Symposia on Treatment and Disposal of Palm Oil Mill Effluent. Published by MOPGC. pp. 131-147.

Wood, B.J., K.R. Pillai and J.A. Rajaratnam. 1979. Palm Oil Mill Effluent Disposal on Land. Agricultural Wastes. pp. 103-127.

Xing, Z.Q., Ru, Z.Q. and Heng, S.T. 2006. Technical Innovation of Land Treatment Systems for Municipal Wastewater in Northeast China. Soil Science Society of China. Pedosphere 16(3) : 297-303.

Zhiyin Zhang, Zhongfang Lei, Zhenya Zhang, Norio Sugiura, Xiaotian Xu and Didi Yin. 2007. Organics Removal of Combined Wastewater through Shallow Soil Infiltration Treatment: A Field and Laboratory Study. Journal of Hazardous Materials 149 (2007) : 657-665.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ภาคผนวก

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ภาคผนวก ก

สูตรคำนวณหาค่า SAR (Sodium Adsorption Ratio)

ค่า SAR (Sodium Adsorption Ratio) คือ อัตราส่วนการดูดซับโซเดียม

โดยก่อนอื่นต้องทำการวิเคราะห์ค่า Na, Ca และ Mg ก่อน (วิเคราะห์โดยหน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่) ซึ่งค่า Na, Ca และ Mg มีหน่วยเป็น mg/L จึงต้องทำการเปลี่ยนหน่วยให้เป็น meq/L ก่อน โดยใช้ conversion factor คูณกับหน่วย mg/L ทำให้ได้เป็นหน่วย meq/L

chemical constituent	conversion factor
Sodium (Na^+)	0.04350
Calcium (Ca^{2+})	0.04990
Magnesium (Mg^{2+})	0.08226

เมื่อนำค่า Na, Ca และ Mg มาคูณกับ conversion factor แล้ว จะได้ค่า Na, Ca และ Mg ที่มีหน่วยเป็น meq/L จากนั้นนำมาคำนวณหาค่า SAR ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

โดยค่า SAR 0 – 10 น้ำดีเยี่ยม : สามารถนำไปใช้ได้กับดินทุกชนิดโดยไม่เป็นอันตราย

10 – 18 น้ำดีมาก : น้ำชนิดนี้จะทำให้ดินเสียสำหรับพวกดินเหนียว นอกจากในดินนั้นมียิปซั่ม ($CaSO_4$) อยู่ด้วย

18 – 26 น้ำพอใช้ : ถ้าใช้ในการชลประทานจะเพิ่มปริมาณโซเดียมในดิน และเป็นอันตรายต่อพืชและดิน ถ้าจะใช้ดินต้องมีการระบายน้ำที่ดีและต้องการให้น้ำเพื่อการชะล้างเกลือแร่ให้ออกจากเขตรากพืช (Leaching Requirement) ด้วย ซึ่งดินที่มียิปซั่มจะไม่เป็นปัญหา

> 26 น้ำไม่เหมาะสม : ใช้ไม่ได้กับดินเกือบทุกชนิด ยกเว้นดินที่มีปริมาณเกลือแร่ต่ำ $EC \times 10^6 < 750$ และมีการเติมยิปซั่มเพื่อช่วยในการระบายน้ำ

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ภาคผนวก ข

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ตารางที่ ข-1 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	• ไม่เกิน 3,000 มก/ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. • น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเล ค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105^{0}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40◦C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H_2S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
9. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี 5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (BOD หรือ Biochemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl
15. ค่าซีโอดี (COD หรือ Chemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 120 มก./ล.หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ เห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
1) สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plama : ICP
2) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
3) โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
4) ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plama : ICP
5) แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
6) แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
7) ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
8) นิคเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
9) แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
10) อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิด Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
11) เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
12) ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Techique

ที่มา : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์น้ำเข้าและออกจากระบบ

ตารางที่ ค-1 ค่า pH ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 1 (8/5/2553)	**เก็บครั้งที่** 2 (23/5/2553)	**เก็บครั้งที่** 3 (3/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 4 (13/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 5 (23/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 6 (3/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 7 (13/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 8 (23/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 9 (3/8/2553)	**เก็บครั้งที่** 10 (13/8/2553)	**เก็บครั้งที่** 11 (23/8/2553)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	8.2	7.7	7.5	7.5	7.8	8.0	7.8	7.9	7.7	8.3	7.7
แปลง D1	8.0	7.7	8.0	7.8	7.7	7.6	7.6	7.6	7.4	7.8	7.6
แปลง D2	-	7.8	7.8	7.5	7.8	7.9	7.7	7.5	7.2	7.6	7.2
แปลง D3	8.1	7.4	8.0	7.5	7.1	7.8	7.6	7.6	7.4	7.2	7.6
แปลง D4	8.0	7.5	8.0	7.5	7.5	7.8	7.5	7.5	7.4	7.7	7.5
แปลง W1	7.8	7.3	8.0	7.8	7.1	6.7	7.6	7.6	6.9	7.6	6.6
แปลง W2	-	7.7	7.8	8.0	7.2	6.5	7.5	7.4	7.0	7.2	7.3
แปลง W3	-	7.4	8.6	7.8	7.4	7.1	7.0	7.7	7.4	6.6	7.1
แปลง W4	7.5	7.8	8.2	8.0	7.6	6.1	7.1	7.8	7.2	6.7	6.5
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	-	6.8	6.4	5.9	6.1	6.3	6.1	6.3	6.2	6.6	6.3
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	-	7.4	6.7	-	6.5	6.8	7.0	6.6	6.5	6.3	6.3

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) ค่า pH ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 12 (3/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 13 (13/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 14 (23/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 15 (3/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 16 (13/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 17 (23/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 18 (3/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 19 (13/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 20 (23/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 21 (3/12/2553)	**เก็บครั้งที่** 22 (13/12/2553)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	7.7	7.8	8.0	8.1	8.0	7.7	8.3	7.9	8.3	8.5	8.3
แปลง D1	7.7	7.0	7.8	8.0	7.7	7.8	7.9	7.6	8.1	8.3	8.1
แปลง D2	6.9	7.2	7.5	8.0	7.8	7.7	7.4	7.5	8.1	8.4	8.3
แปลง D3	7.7	7.4	7.8	8.2	7.8	7.7	7.7	7.8	7.8	8.3	8.0
แปลง D4	7.8	7.5	7.8	8.3	7.2	7.8	7.9	7.7	8.1	8.5	7.9
แปลง W1	7.0	6.4	7.4	7.2	6.8	7.3	7.5	7.2	7.7	8.0	7.9
แปลง W2	6.3	7.0	7.1	6.2	6.7	7.5	6.8	7.3	7.8	8.1	7.9
แปลง W3	6.1	6.5	7.3	6.6	7.0	7.0	6.2	7.1	7.1	8.3	8.0
แปลง W4	7.2	7.3	7.4	7.3	7.7	7.4	7.7	7.5	7.8	8.4	7.8
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	6.7	6.3	6.5	6.5	6.2	7.1	6.4	6.7	6.9	6.5	6.6
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	6.5	6.5	6.7	6.6	6.4	6.8	6.9	6.9	6.8	6.6	7.0

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-1 (ต่อ) ค่า pH ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 23 (23/12/2553)	**เก็บครั้งที่** 24 (3/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 25 (13/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 26 (23/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 27 (3/2/2554)	**เก็บครั้งที่** 28 (13/2/2554)	**เก็บครั้งที่** 29 (23/2/2554)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	8.3	8.6	8.3	8.2	8.2	8.4	8.1
แปลง D1	8.3	8.3	8.1	8.1	7.8	7.2	7.7
แปลง D2	8.3	8.1	8.3	7.9	8.1	7.5	7.8
แปลง D3	8.2	7.7	8.0	7.7	7.8	7.7	7.7
แปลง D4	8.3	8.3	7.9	8.2	7.9	7.8	7.9
แปลง W1	8.2	8.1	8.1	8.2	7.7	7.9	7.9
แปลง W2	8.3	7.9	8.2	7.9	7.3	7.6	7.7
แปลง W3	7.4	8.2	7.9	8.1	7.9	7.7	7.7
แปลง W4	8.2	8.1	8.1	8.1	7.6	7.6	7.7
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	6.2	6.9	7.1	6.5	6.8	6.6	7.3
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	6.1	7.0	7.0	6.7	7.5	7.1	7.6

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-2 ค่า COD ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 1 (8/5/2553)	**เก็บครั้งที่** 2 (23/5/2553)	**เก็บครั้งที่** 3 (3/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 4 (13/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 5 (23/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 6 (3/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 7 (13/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 8 (23/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 9 (3/8/2553)	**เก็บครั้งที่** 10 (13/8/2553)	**เก็บครั้งที่** 11 (23/8/2553)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	3,901	3,032	2,700	10,500	11,902	1,536	3,704	8,081	2,806	6,412	4,363
แปลง D1	1,423	213	900	500	1,080	842	2,074	924	1,123	1,056	727
แปลง D2	-	249	1,000	1,100	654	1,778	2,222	924	982	1,509	873
แปลง D3	1,597	676	889	1,000	654	1,498	2,222	924	421	302	1,309
แปลง D4	1,199	427	790	800	491	1,591	2,074	1,077	982	1,207	873
แปลง W1	2,416	379	1,167	1,050	511	614	1,778	308	421	604	727
แปลง W2	-	329	967	800	319	307	2,371	462	281	453	1,018
แปลง W3	-	384	1,125	1,333	319	307	2,074	1,385	561	453	1,164
แปลง W4	-	329	667	200	479	614	1,482	308	281	604	1,164
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	-	39	30	50	38	75	89	62	56	30	58
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	-	132	30	-	102	19	119	154	28	30	44

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-2 (ต่อ) ค่า COD ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 12 (3/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 13 (13/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 14 (23/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 15 (3/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 16 (13/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 17 (23/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 18 (3/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 19 (13/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 20 (23/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 21 (3/12/2553)	**เก็บครั้งที่** 22 (13/12/2553)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	4,066	5,331	4,920	6,468	12,936	4,211	5,472	4,000	7,616	9,248	4,288
แปลง D1	1,762	107	2,230	1,848	1,232	1,324	2,995	300	1,523	2,829	1,715
แปลง D2	407	320	1,837	1,355	2,094	722	230	200	1,523	2,176	1,930
แปลง D3	1,355	400	2,886	2,834	986	842	346	120	435	3,046	2,358
แปลง D4	1,084	427	1,706	2,218	1,355	1,083	1,037	120	1,741	2,611	643
แปลง W1	948	453	656	246	493	1,564	230	80	218	1,306	1,286
แปลง W2	518	666	1,050	493	986	842	230	300	2,394	3,264	2,358
แปลง W3	389	400	1,443	493	493	602	346	200	218	3,482	1,501
แปลง W4	518	320	1,837	739	2,094	1,203	346	300	653	2,176	214
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	52	67	16	17	62	48	46	20	22	22	21
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	26	53	11	25	49	48	23	30	22	44	43

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-2 (ต่อ) ค่า COD ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 23 (23/12/2553)	**เก็บครั้งที่** 24 (3/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 25 (13/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 26 (23/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 27 (3/2/2554)	**เก็บครั้งที่** 28 (13/2/2554)	**เก็บครั้งที่** 29 (23/2/2554)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	6,000	9,622	7,840	9,620	8,602	3,704	4,827
แปลง D1	2,800	4,861	2,195	4,772	299	889	3,862
แปลง D2	3,000	2,633	3,606	3,694	299	296	3,310
แปลง D3	2,800	3,646	3,293	4,618	120	1,482	1,931
แปลง D4	1,800	2,431	1,725	5,541	598	1,778	690
แปลง W1	1,200	1,621	1,254	1,385	299	2,074	1,379
แปลง W2	1,800	4,254	1,568	5,387	598	889	1,655
แปลง W3	400	3,646	2,195	4,310	60	2,074	1,931
แปลง W4	1,600	2,633	1,411	3,540	329	1,185	1,655
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	40	41	47	31	30	30	28
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	20	41	47	31	30	30	28

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-3 ค่า TKN ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 1 (8/5/2553)	**เก็บครั้งที่** 2 (23/5/2553)	**เก็บครั้งที่** 3 (3/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 4 (13/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 5 (23/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 6 (3/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 7 (13/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 8 (23/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 9 (3/8/2553)	**เก็บครั้งที่** 10 (13/8/2553)	**เก็บครั้งที่** 11 (23/8/2553)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	980	1,218	756	1,288	1,820	1,036	952	952	924	1,092	868
แปลง D1	350	182	658	476	448	350	700	616	308	476	294
แปลง D2	-	126	448	476	392	644	644	574	420	504	182
แปลง D3	602	84	476	518	308	602	644	658	350	252	448
แปลง D4	490	98	588	448	308	630	630	574	490	420	504
แปลง W1	924	70	686	294	70	112	700	224	210	56	140
แปลง W2	-	280	196	378	56	84	770	294	238	70	84
แปลง W3	-	434	224	364	56	42	700	434	406	63	378
แปลง W4	-	42	224	70	28	42	322	98	126	70	280
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	-	1.68	1.12	2.24	2.8	3.92	3.92	2.8	0.56	1.4	0.84
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	-	1.12	1.12	-	5.6	1.12	8.96	11.2	0.56	1.12	1.96

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ค่า TKN ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 12 (3/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 13 (13/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 14 (23/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 15 (3/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 16 (13/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 17 (23/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 18 (3/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 19 (13/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 20 (23/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 21 (3/12/2553)	**เก็บครั้งที่** 22 (13/12/2553)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	896	1,064	1,232	1,288	1,148	1,148	896	756	812	980	1,008
แปลง D1	448	84	756	952	728	672	350	224	504	770	672
แปลง D2	336	224	840	392	952	532	168	196	588	644	700
แปลง D3	364	168	868	728	448	588	266	168	168	728	728
แปลง D4	392	196	812	616	532	616	140	182	560	700	294
แปลง W1	140	84	448	140	252	448	308	252	168	336	210
แปลง W2	56	140	588	112	392	588	140	168	560	490	588
แปลง W3	84	140	476	224	168	140	56	140	168	560	644
แปลง W4	56	196	532	196	168	672	252	112	378	588	280
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	1.12	2.24	4.48	2.24	2.24	2.24	1.12	0.56	4.48	0.56	0.56
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	0	0.56	2.24	1.12	1.68	1.12	0.56	0.56	3.36	0.56	0.56

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-3 (ต่อ) ค่า TKN ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 23 (23/12/2553)	**เก็บครั้งที่** 24 (3/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 25 (13/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 26 (23/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 27 (3/2/2554)	**เก็บครั้งที่** 28 (13/2/2554)	**เก็บครั้งที่** 29 (23/2/2554)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	1,260	1,316	1,246	1,372	1,288	1,148	1,036
แปลง D1	532	448	798	1,232	196	280	826
แปลง D2	980	602	868	476	140	140	700
แปลง D3	924	434	812	756	196	924	686
แปลง D4	896	700	672	1,176	420	784	728
แปลง W1	616	280	420	532	224	700	728
แปลง W2	504	560	686	1,092	112	112	952
แปลง W3	56	532	602	952	168	742	966
แปลง W4	504	378	574	504	210	210	672
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	3.36	0.56	3.36	2.24	1.12	1.68	2.24
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	3.36	0.56	2.24	1.12	0.56	0.56	1.12

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-4 ค่า SS ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 1 (8/5/2553)	**เก็บครั้งที่** 2 (23/5/2553)	**เก็บครั้งที่** 3 (3/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 4 (13/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 5 (23/6/2553)	**เก็บครั้งที่** 6 (3/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 7 (13/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 8 (23/7/2553)	**เก็บครั้งที่** 9 (3/8/2553)	**เก็บครั้งที่** 10 (13/8/2553)	**เก็บครั้งที่** 11 (23/8/2553)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	5,580	2,800	3,229	12,125	11,450	2,030	4,050	2,340	980	2,900	2,660
แปลง D1	1,450	72	553	525	780	480	1,855	370	410	660	527
แปลง D2	-	135	430	905	925	1,560	2,009	560	540	840	520
แปลง D3	2,250	133	805	1,085	500	1,920	1,375	320	160	620	830
แปลง D4	1,870	195	890	845	380	770	1,950	800	220	990	780
แปลง W1	3,030	213	2,010	895	490	265	1,350	100	220	20	480
แปลง W2	-	93	650	475	260	17	2,140	560	190	80	540
แปลง W3	-	82	1,175	870	160	110	2,200	720	390	40	720
แปลง W4	-	57	605	133	310	35	580	33	27	140	620
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	-	5	103	60	50	520	10	7	10	20	10
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	-	70	130	-	120	55	320	800	25	40	60

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-4 (ต่อ) ค่า SS ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 12 (3/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 13 (13/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 14 (23/9/2553)	**เก็บครั้งที่** 15 (3/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 16 (13/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 17 (23/10/2553)	**เก็บครั้งที่** 18 (3/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 19 (13/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 20 (23/11/2553)	**เก็บครั้งที่** 21 (3/12/2553)	**เก็บครั้งที่** 22 (13/12/2553)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	1,910	2,063	2,980	2,160	4,980	2,120	2,860	2,670	1,838	2,700	2,000
แปลง D1	870	173	1,120	1,060	853	413	120	153	1,200	1,367	1,543
แปลง D2	73	367	1,120	650	1,030	225	97	45	1,360	1,567	1,743
แปลง D3	820	287	1,490	960	227	400	104	85	163	1,683	1,771
แปลง D4	610	340	1,170	990	760	310	827	30	1,313	1,867	513
แปลง W1	250	255	300	135	23	300	270	70	313	450	880
แปลง W2	20	340	670	255	137	215	33	45	1,450	1,800	1,743
แปลง W3	33	160	840	85	77	18	17	26	34	1,625	1,420
แปลง W4	50	350	1,387	365	1,073	510	330	355	420	1,390	447
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	40	395	63	13	47	12	10	12	64	12	10
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	40	57	52	120	133	40	43	132	2	94	20

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ตารางที่ ค-4 (ต่อ) ค่า SS ของน้ำที่เข้าและออกจากระบบ (หน่วย mg/L)

ครั้งที่เก็บ / ตัวอย่างน้ำ	**เก็บครั้งที่** 23 (23/12/2553)	**เก็บครั้งที่** 24 (3/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 25 (13/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 26 (23/1/2554)	**เก็บครั้งที่** 27 (3/2/2554)	**เก็บครั้งที่** 28 (13/2/2554)	**เก็บครั้งที่** 29 (23/2/2554)
น้ำทิ้งเข้าระบบ	2,217	3,617	2,400	4,160	3,900	4,360	3,460
แปลง D1	767	2,940	1,609	3,200	107	1,987	2,750
แปลง D2	1,110	2,520	1,336	3,380	77	16	1,931
แปลง D3	1,300	1,700	1,273	2,814	90	1,790	1,090
แปลง D4	1,082	1,870	627	2,586	645	1,510	680
แปลง W1	693	429	364	618	43	1,370	850
แปลง W2	920	2,080	1,346	3,686	23	1,871	1,440
แปลง W3	23	1,891	1,664	1,850	165	1,420	1,430
แปลง W4	608	585	458	1,910	1,675	2,225	1,170
แปลงควบคุม (น้ำบ่อเข้า)	4	10	6	10	30	14	23
แปลงควบคุม (น้ำบ่อออก)	8	4	66	10	28	4	30

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ภาคผนวก ง

ปริมาณฝนในพื้นที่ที่ทำการวิจัย

ตารางที่ ง-1 ตารางปริมาณฝนในเดือนพฤษภาคม 2553 – เดือนกุมภาพันธ์ 2554

วันที่	ปี พ.ศ. 2553								ปี พ.ศ. 2554	
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	11.5	0.0	55.8	2.2	3.0	0.0	79.4	9.6	0.4	0.0
2	0.0	0.4	0.9	1.6	8.0	17.6	0.0	0.4	0.0	0.0
3	0.0	0.4	0.0	12.0	48.6	15.0	18.4	0.0	0.0	0.0
4	0.0	28.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	1.8	0.0	0.0	38.4	34.6	0.0	0.8	9.6	0.0
6	5.4	15.6	0.0	0.0	0.6	0.7	0.0	16.4	0.0	0.0
7	0.0	1.0	4.6	1.4	15.0	0.0	15.8	1.0	2.6	0.0
8	0.0	11.1	26.6	5.8	4.1	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0
9	0.0	18.4	0.0	5.2	0.6	0.0	15.2	0.0	0.0	0.0
10	7.0	2.4	0.0	13	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
11	28.2	0.0	4.2	14.3	0.1	11.6	26.0	1.8	23.0	0.0
12	35.0	0.0	13.3	0.0	0.0	8.6	12.0	11.6	2.8	0.0
13	2.2	1.8	30.8	0.0	0.0	23.5	0.0	0.0	89.0	0.0
14	10.8	0.0	4.3	9.0	57.0	13.6	0.0	0.0	0.0	0.0
15	4.5	9.4	5.0	0.0	20.2	14.4	0.0	0.4	0.0	0.0
16	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	21.0	2.8	0.0	0.0	0.0
17	11.3	6.4	12.0	4.8	0.0	4.8	1.6	9.8	0.0	0.0
18	15.4	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0
19	3.2	0.0	6.2	18.8	0.0	27.4	7.6	2.6	0.0	0.0
20	0.0	12.9	0.0	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	10.2	0.0	12.4	6.8	0.0	74.2	0.0	0.0	0.0
22	10.0	16.2	0.8	4.7	1.0	0.0	28.8	0.0	0.0	0.0
23	0.0	1.0	0.0	19.2	1.8	0.0	4.0	17.6	0.0	0.0
24	0.0	21.8	5.3	0.0	1.0	0.0	26.6	0.0	2.2	0.0
25	0.4	4.9	13.2	0.0	0.0	6.6	22.6	0.0	4.0	0.0

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

วันที่	ปี พ.ศ. 2553								ปี พ.ศ. 2554	
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
26	0.0	0.0	15.4	0.0	37.0	3.1	10.4	0.0	11.6	0.0
27	2.4	1.2	3.4	0.0	22.4	12.0	1.6	0.0	0.4	0.0
28	7.8	20.5	0.0	5.2	0.0	8.5	10.2	0.0	6.2	0.0
29	3.0	3.8	4.6	0.0	2.8	0.0	4.4	4.2	8.0	-
30	0.0	11.2	19.2	6.2	11.2	0.0	1.0	1.6	6.0	-
31	0.0	-	2.4	4.2	-	11.2	-	1.6	0.0	-
รวม	158.1	200.4	238.5	172.2	280.5	237.3	365.6	83.2	165.8	0.0
จำนวนวัน	16	22	20	19	19	18	21	15	13	0
สูงสุด	35.0	28.0	55.8	31.6	57.0	34.6	79.4	17.6	89.0	0.0

ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดกระบี่, 2554

หมายเหตุ : หน่วยเป็นมิลลิเมตร

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายพัชร สนั่นพัฒนพงศ์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5210120025

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2550

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ ENG530039S

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

พัชร สนั่นพัฒนพงศ์ อุดมผล พืชน์ไพบูลย์ สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ พรทิพย์ ศรีแดง พนาลี ชีวกิดาการ และ เจิดจรรย์ ศิริวงศ์. 2554. การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน. การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10. ณ โรงแรมบีพี สมิหลา บีช แอนด์ รีสอร์ท จังหวัดสงขลา. วันที่ 23 – 25 มีนาคม 2554.