รายงานวิจัย

การใช้น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นสำหรับการบำบัดบนดิน ในสวนปาล์มน้ำมัน

Utilization of concentrated latex wastewater for land application in oil palm plantation

โดย

คณะผู้วิจัย รศ. ดร.อุดมผล พืชน์ไพบูลย์ (หัวหน้าโครงการวิจัย)

รศ.ดร.พรทิพย์ ศรีแดง

ผศ.ดร.พนาลี ชีวกิดาการ

ผศ. เจิดจรรย์ ศิริวงศ์

ผศ.ดร. สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์

กันยายน 2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาเกณฑ์ในการบำบัดที่เหมาะสม โดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นนำมารดสวนปาล์มน้ำมันในอัตราการรดที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดินแบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) โดยทดลองที่ค่า Hydraulic Loading Rate 0.5, 1, 2 และ 3 ซม./สัปดาห์ ตามลำดับ และแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลองคือ แปลงที่รดทุกวันและแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง ทำการเปรียบเทียบลักษณะดินและน้ำท่าทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการทดลอง รวมทั้งเปรียบเทียบผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่ได้จากการทดลอง ผลการทดลองพบว่าค่า COD (Chemical Oxygen Demand) TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) และ SS (Suspended Solids) ของน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น หลังจากผ่านระบบบำบัดโดยดินมีค่าลดลง โดยแปลงที่รดในอัตรา Hydraulic Loading Rate 0.5 ซม./สัปดาห์ รดน้ำสัปดาห์ละครั้งมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยสามารถบำบัดค่า COD, TKN และ SS ประมาณ 81.7, 74.1 และ 80.0% ตามลำดับ พบว่าค่า pH ของดินก่อนการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 3.64-5.89 มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 4.43-5.92 และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพดิน สำหรับน้ำท่าไม่พบว่าลักษณะของน้ำท่ามีคุณภาพด้อยกว่าเดิม การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันสำหรับแปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งมีค่าผลผลิตเฉลี่ย 120.9-221.8 kg/ไร่/เดือน ซึ่งมีค่าสูงกว่าแปลงที่ไม่รดด้วยน้ำทิ้งที่มีค่าผลผลิตเฉลี่ย 31.7 kg/ไร่/เดือน และแปลงที่รดด้วยน้ำบ่อที่มีค่าผลผลิตเฉลี่ย 112.7 kg/ไร่/เดือน

Abstract

Treatment of concentrated latex effluent by land treatment in oil palm plantation was investigated. The aims of this research were to study treatment and removal efficiency. Impacts of land treatment of concentrated latex effluent on the characteristic of soil, runoff and yield of oil palm plantation were also investigated. Slow-rate land treatment was conducted in oil palm plantation. Pretreated effluent was irrigated to the plantation at daily and weekly watering with different hydraulic loading rates 0.5, 1, 2 and 3 cm/week, respectively. Soil and runoff characteristics before, during and after the experiment were investigated. Soil in palm oil plantation and runoff from plantation were collected to characterize their physical and chemical properties. Experimental results showed that COD, TKN and SS became lower after land treatment. Hydraulic loading rate at 0.5 cm/week and weekly watering resulted in the maximum treatment efficiency which average COD, TKN and SS removal efficiencies were found to be about 81.7, 74.1 and 80.0%, respectively. Experimental results show that pH and organic matter in soil was increased after irrigation with concentrated latex effluent. pH in soil before watering were 3.64-5.89 and was increased to be 4.43-5.92. No significance change of soil quality and runoff was observed. Production of oil palm plantation irrigated with concentrated latex effluent was found to be in a range of 120.9-221.8 kg/rai/month which was higher from control unit and irrigated with well water unit with a production of 31.7 kg/rai/month and 112.7 kg/rai/month, respectively.

สารบัญ

บทที่		หน้า
1.	บทนำ	1
	1.1 บทนำ	1
	1.2 การตรวจเอกสาร	3
	1.2.1 อุตสาหกรรมน้ำยางข้น	3
	1.2.1.1 น้ำยางสดหรือน้ำยางธรรมชาติ	4
	1.2.1.2 การผลิตน้ำยางข้น	6
	1.2.1.3 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต	9
	1.2.1.4 ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น	9
	1.2.1.5 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น	10
	1.2.2 วิธีบำบัดบนดิน (land treatment systems)	11
	1.2.2.1 ระบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation)	11
	1.2.2.2 ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration)	12
	1.2.2.3 ระบบน้ำไหลนอง (Overland Flow)	12
	1.2.3 ดิน	16
	1.2.3.1 ส่วนประกอบของดิน	16
	1.2.3.2 สมบัติของดิน	18
	1.2.3.3 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	22
	1.2.3.4 มลพิษดิน	32
	1.2.3.5.การเก็บตัวอย่างดิน	33
	1.2.3.6 ดินในพื้นที่ที่ทำการทดลอง	34
	1.2.4 ปาล์มน้ำมัน	34
	1.2.4.1 ลักษณะพฤกษศาสตร์ปาล์มน้ำมัน	34
	1.2.4.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมัน	37
	1.2.4.3 การประเมินความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมัน	39
	1.2.4.4 วิธีการเก็บเกี่ยวผลปาล์มสดรวมถึงการรวมผลปาล์มส่งโรงงาน	46
	1.2.5 น้ำท่า	48

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 50
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 50
2. วิธีการวิจัย 51
2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย 51
2.2 สถานที่ในการทำการวิจัย 61
2.2.1 สถานที่ในการทดลอง 61
2.2.2 สถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง 61
2.3 วัสดุ 61
2.3.1 ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ใช้ในการทดลอง ที่ใช้ในการทดลอง 61
2.3.2 สารเคมี เครื่องแก้ว และวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ 61
2.3.3 วัสดุสำหรับสร้างแปลงทดลอง 61
2.4 อุปกรณ์ 62
2.4.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น 62
2.4.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน 62
2.4.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำท่า 62
2.4.4 อุปกรณ์สำหรับเก็บผลผลิตปาล์มน้ำมัน 62
2.4.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ 62
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล 64
3.1 ศึกษาคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น 64
3.2 ผลการวิเคราะห์น้ำเข้าและออกจากระบบ 65
3.2.1 ผลของค่า pH ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน 66
3.2.2 ผลของค่า COD ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน 67
3.2.3 ผลของค่า TKN ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน 69
3.2.4 ผลของค่า SS ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน 70
3.3 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดบนดิน 72

3.4 เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม 73
3.5 ผลการศึกษาลักษณะของดิน 75
4.6 ผลการศึกษาลักษณะของน้ำท่า 83
4.7 ผลการศึกษาผลผลิตปาล์ม 88
4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 90
4.1 สรุปผลการวิจัย 90
4.2 ข้อเสนอแนะ 93
4.3 การเผยแพร่ผลการวิจัย 94
บรรณานุกรม 95

ภาคผนวก ก ข้อมูลผลการวิเคราะห์น้ำเข้าและออกจากระบบ 103
ภาคผนวก ข บทความวิจัยของนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม 115
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10
จัดโดยสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ณ โรงแรม บี พี สมิหลาบีช
เมื่อ 23-25 มีนาคม 54

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

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

อุตสาหกรรมน้ำยางข้นเป็นอุตสาหกรรมที่กำลังขยายตัวอย่างมากในภาคใต้ของประเทศไทยและสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศและท้องถิ่นภาคใต้เป็นอย่างมาก ซึ่งเมื่ออุตสาหกรรมเหล่านี้มีเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นมากขึ้นด้วย ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานดังกล่าวเป็นน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงในรูป Chemical Oxygen Demand (COD) และ Suspended Solids (SS) รวมทั้งยังมีสารเคมีอื่นที่ใช้ เช่น แอมโมเนีย ZnO DAP (Diammonium Hydrogen Phosphate) ในกระบวนการผลิต ซึ่งการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมประเภทนี้มักใช้การบำบัดโดยระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย เช่น บ่อเติมอากาศ บ่อแอนแอโรบิก และบ่อผึ่ง หรือระบบ Activated Sludge ซึ่งวิธีการบำบัดเหล่านี้มักจะใช้ต้นทุนสูงในการก่อสร้างระบบ ทำให้การบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติได้รับความสนใจมากขึ้นโดยการบำบัดน้ำเสียแบบธรรมชาติที่น่าสนใจมีด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่ ระบบบำบัดบนดิน (land treatment systems) ระบบบึงประดิษฐ์ (constructed wetland systems) และระบบบ่อร่วมกับพืชลอยน้ำ (floating aquatic plant treatment systems) โดยวิธีการบำบัดดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานสะดวก ดูแลง่าย เนื่องจากเป็นวิธีการทางธรรมชาติ โดยการอาศัยพืชช่วยดูดซับธาตุอาหารที่มีอยู่ในน้ำเสียไปใช้ในการเจริญเติบโต การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ดี โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมันเพื่อศึกษาประสิทธิภาพ และหาเกณฑ์ในการบำบัดที่เหมาะสม โดยตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นนั้นจะใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยผ่านบ่อเติมอากาศ จำนวน 2 บ่อมาก่อน

ส่วนที่เลือกต้นปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นพืชในการวิจัยนั้นเนื่องมาจากต้นปาล์มน้ำมันนิยมปลูกกันมากในภาคใต้ เพราะปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ไม่แพ้ยางพาราและมีพื้นที่เพาะปลูกเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นไม้ยืนต้น อายุยืน ชอบอากาศชุ่มชื้น ให้ผลผลิตตลอดปี ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ในภาคใต้ โดยบริเวณพื้นที่ที่ปลูกมากที่สุด คือจังหวัดกระบี่ 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 ทั้งนี้เนื่องจากผลตอบแทนการปลูกปาล์มน้ำมันดีกว่าการปลูกพืชชนิดอื่นเช่น ยางพาราและการทำนาข้าว จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูก ประกอบกับมีโครงการเปลี่ยนพื้นที่ปลูกปาล์มทั่วประเทศ คาดว่าปริมาณความต้องการน้ำมันปาล์มภายในเพิ่มขึ้นมากทั้งนี้เพราะราคาน้ำมันปาล์มในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้ความแตกต่างของราคาภายในและภายนอกประเทศไม่จูงใจให้มีการลักลอบเข้ามาบริโภคทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงเช่นกัน โดยในปี 2539 ส่วนแบ่งของน้ำมันปาล์มต่อการบริโภครวมของโลกเท่ากับร้อยละ 15.42 เพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 17.81, 22.00 และ 25.39 ในปี 2543, 2553 และ 2563 ตามลำดับ (http://www.doae.go.th/plant/palm.htm) ดังนั้นต้นปาล์มน้ำมันจึงเหมาะที่จะเป็นพืชที่นำมาทำการศึกษา

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดบนดินโดยการรดในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งตามวิธีการจัดการพื้นที่สวนปาล์มในโรงงานน้ำยางข้นหรือการบำบัดบนดิน มีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัด เนื่องจากในน้ำทิ้งดังกล่าวจะมีค่าไนโตรเจนสูงอยู่ในช่วง 756 – 1,820 mg/L เนื่องมาจากมีการเติมแอมโมเนียในกระบวนการผลิต ซึ่งไนโตรเจนในน้ำทิ้งเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารอาหารให้กับพืช และการบำบัดบนดินนั้นเหมาะสมกับการใช้ทำการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว เป็นการนำน้ำเสียมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์และเป็นวิธีการบริหารจัดการที่ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากวิธีการบำบัดน้ำที่ทำให้มีคุณภาพดีขึ้น ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นว่าในปัจจุบันนี้ระบบบำบัดแบบต่างๆ มักมีค่าใช้จ่ายสูง ดูแลรักษายาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะได้เป็นแนวทางเลือกอีกทางหนึ่งที่จะช่วยลดการทิ้งน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ และลดปริมาณน้ำที่จะใช้รดสวนปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมยางพาราและอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันอีกด้วย

โรงงานผลิตน้ำยางข้นมักมีปัญหามลพิษมากกว่าโรงงานอื่นๆ เนื่องจากน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมันเป็นองค์ประกอบที่สามารถย่อยได้ยาก รวมทั้งกรดซัลฟูริก ที่ใช้ในการจับตัวของหางน้ำยาง และแอมโมเนียที่ใช้ในการรักษาสภาพยาง ซึ่งสารเหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดมลพิษและกลิ่นเหม็นมากขึ้น ดังนั้น การใช้น้ำเสียมารดสวนปาล์มน้ำมัน จึงมีโอกาสส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของดินในพื้นที่แปลงทดลอง ทำให้ลักษณะของดินเปลี่ยนไปจนอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตของปาล์มน้ำมันได้ รวมถึงผลกระทบที่อาจเกิดกับน้ำท่าบริเวณใกล้ๆ พื้นที่แปลงทดลองด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาลักษณะของดิน

และน้ำท่า จากการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน รวมถึงการประเมินผลผลิตของปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดของโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 อุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิต และส่งออกยางธรรมชาติรายใหญ่ โดยผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติที่มีการส่งออกมีหลายประเภท เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และน้ำยางข้น โดยที่อุตสาหกรรมน้ำยางข้น เป็นการแปรรูปน้ำยางสดให้เป็นน้ำยางข้นเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรถยนต์ เป็นต้น

การผลิตน้ำยางข้นของประเทศไทยมีการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลา10 ปีที่ผ่านมา (2542-2551) คือมีการเพิ่มขึ้นจาก 300,640 ตันในปี 2542 เป็น 587,047 ตันในปี 2551 (http://www.rubberthai.com/rubberthai/) มีปริมาณเนื้อยาง (dry rubber content) เฉลี่ยประมาณ 35% สารละลายที่ไม่ใช่ยาง (non-rubber solid) 5% และน้ำ (water) มาผ่านกระบวนการแปรรูปให้อยู่ในรูปของน้ำยางข้นที่มีเนื้อยางแห้งอย่างน้อย 60% โดยใช้วิธีการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง เพื่อแยกน้ำและสารอื่นๆที่ละลายอยู่ออกไปบางส่วน น้ำยางที่ได้จะเรียกว่า Centrifuged Latex ซึ่งมีน้ำยางข้น 60% (http://www.dsfutures.co.th/?cid=3&pid=18) และในกระบวนการนี้จะมีส่วนของหางน้ำยางเกิดขึ้นมา หางน้ำยางที่ได้จากการผลิตน้ำยางข้นนั้นยังมีเนื้อยางอยู่ราว 4-8% DRC ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องปั่นและการปรับเครื่องปั่นน้ำยาง โดยเนื้อยางที่ได้จากหางน้ำยางเหล่านี้จะถูกแปรสภาพเป็น สกิมบล็อค หรือ สกิมเครพ

1.2.1.1 น้ำยางสดหรือน้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางพารา มีลักษณะเป็นของเหลวขุ่นคล้ายน้ำนม มีสภาพเป็นคอลลอยด์ หรือสารแขวนลอย มีอนุภาคขนาด 0.05-5 ไมโครเมตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5-7.0 น้ำยางมีค่าความหนืดประมาณ 12-15 centipoise (น้ำบริสุทธิ์มีความหนืด 1 centipoise) และมีความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร ประกอบด้วยสารต่างๆ ซึ่งมีปริมาณที่ไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุยาง ฤดูกาลกรีด และวิธีการกรีดยาง ซึ่ง องค์ประกอบของน้ำยางสด (ตารางที่ 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 ขจรไชยกูล, 2531

โดยปริมาณเนื้อยางของน้ำยางธรรมชาติอาจแปรปรวนตั้งแต่ 25 ถึง 45% ปริมาณความแตกต่างระหว่างปริมาณสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดในน้ำยางกับปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 3% แต่ถ้าเป็นกรณีของน้ำยางที่ปั่นทำให้ข้นแล้ว ความแตกต่างดังกล่าวเหลือเพียงประมาณ 1-2% เท่านั้น ทั้งนี้องค์ประกอบของน้ำยางสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

- **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 มีประจุไฟฟ้าที่ผิวเป็นลบและ เคลื่อนที่แบบบราวเนียนตลอดเวลา

- **ส่วนประกอบที่ไม่ใช่ยาง (non rubber content)** เป็นส่วนประกอบอื่นๆ ทั้งหมดที่ไม่ใช่ส่วนที่เป็นยาง ประกอบด้วย

1) ส่วนที่เป็นน้ำซีรัม (serum)

น้ำซีรัม คือ ส่วนที่เป็นน้ำใสของน้ำยาง ได้จากการแปรรูปเบื้องต้นของน้ำยางเป็นยางชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นยางข้น ยางแผ่น หรือแม้แต่การจับตัวกันตามธรรมชาติ หลังจากแยกส่วนที่เป็นเนื้อยางออกไปแล้ว จะเหลือส่วนที่เป็นน้ำใสเรียกว่า ซีรัม ซึ่งมีความหนาแน่นประมาณ 1.02 กรัม/มิลลิลิตร มีการรายงานคุณสมบัติของน้ำซีรัมที่ได้จากการทำน้ำยางข้น ซึ่งประกอบด้วยสารชนิดต่างๆ คือ

- คาร์โบไฮเดรต เป็นสารพวกแป้งและน้ำตาลมีอยู่ในน้ำยางประมาณ 1 % น้ำตาลส่วนใหญ่เป็นชนิด ดิวบาซิทอล (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) ส่วนของลูทอยด์และองค์ประกอบอื่นๆ

- ลูทอยด์ เป็นอนุภาคค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5-3 ไมโครเมตร ห่อหุ้มด้วยเยื่อบางๆ โดยภายในเยื่อบางๆ นี้มีทั้งสารละลายและสารแขวนลอย

- องค์ประกอบอื่นๆ มีสารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน (choline) แมธิลลามีน (methylamine) กรดอินทรีย์ (organic acid) กรดอนินทรีย์ (inorganic acid) อนุมูลของสารอินทรีย์โดยเฉพาะพวกฟอสเฟตและคาร์บอเนต และอนุมูลของโลหะ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกเหล็ก แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง เป็นต้น (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2536)

หากนำน้ำยางสดมาปั่นแยกด้วยความเร็วสูงประมาณ 30,000 รอบ/นาที นาน 45 นาที จะพบว่ามีการแยกชั้นเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ 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 และโลหะต่างๆ

(4) ส่วนของก้นหลอด (bottom fraction) เป็นสัดส่วนประมาณ 15% โดยน้ำหนัก ประกอบด้วย ลูทอยด์บอดี้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีเยื่อหุ้มล้อมรอบมีคุณสมบัติเป็น เบสิคโปรตีน ที่สามารถทำหน้าที่เสมือนเอนไซม์ในไลโบไซม์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการแข็งตัวของยาง (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ, 2545)

1.2.1.2 การผลิตน้ำยางข้น

น้ำยางข้น คือ น้ำยางที่มีเนื้อยางแห้ง (dry rubber content: DRC) ไม่ต่ำกว่า 60% การผลิตน้ำยางข้นสามารถทำได้ 4 วิธี คือ (1) วิธีระเหยด้วยน้ำ (evaporation) (2) วิธีทำให้เกิดครีม (creaming) (3) วิธีปั่นแยก (centrifuging) และ (4) วิธีแยกด้วยไฟฟ้า (electrodecantation) ซึ่งวิธีการผลิตน้ำยางข้นที่ใช้ในประเทศไทย คือวิธีการปั่นแยกด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง (ภาพประกอบที่ 1.1) ซึ่งกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีขั้นตอนโดยละเอียดดังต่อไปนี้

1. **การรับน้ำยางสด** น้ำยางสดจะถูกรักษาสภาพไม่ให้จับตัวด้วยแอมโมเนียและ TMTD/ZnO และถูกถ่ายผ่านตะแกรงกรองลงสู่รางรับน้ำยางสด จากนั้นน้ำยางสดจะไหลจากรางรับน้ำยางสดลงสู่บ่อรับน้ำยางสด นอกจากนี้จำเป็นต้องมีการล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยางสดทุกวัน เนื่องจากมีการเติมสารเคมีช่วยในการตกตะกอนแมกนีเซียม และมีการจับตัวของยางที่ผนังบ่อ ซึ่งอาจทำให้น้ำยางสดมีการบูดเน่าได้

2. **การเตรียมน้ำยางสด** ต้องมีการปรับสภาพน้ำยางสดให้เหมาะสมต่อกระบวนการปั่นแยกด้วยการเติมแอมโมเนีย เพื่อให้น้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียเกินกว่า 0.4% โดยน้ำหนักและเติม Diammonium Hydrogen Phosphate (DAP) เพื่อให้แมกนีเซียมตกตะกอนเป็นขี้แป้ง และทิ้งไว้ 1 คืน สำหรับน้ำยางที่มีแมกนีเซียมสูง ซึ่งน้ำยางที่จะนำมาปั่นแยก ควรมีปริมาณแมกนีเซียมน้อยกว่า 50 ppm และเมื่อปั่นแล้วไม่ควรเกิน 20 ppm นอกจากนี้ ปริมาณกรด (Volatile Fatty Acid : VFA) ไม่ควรเกิน 0.05% หากเกิน ให้นำไปผสมกับน้ำยางสดที่มีค่าไม่เกิน 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

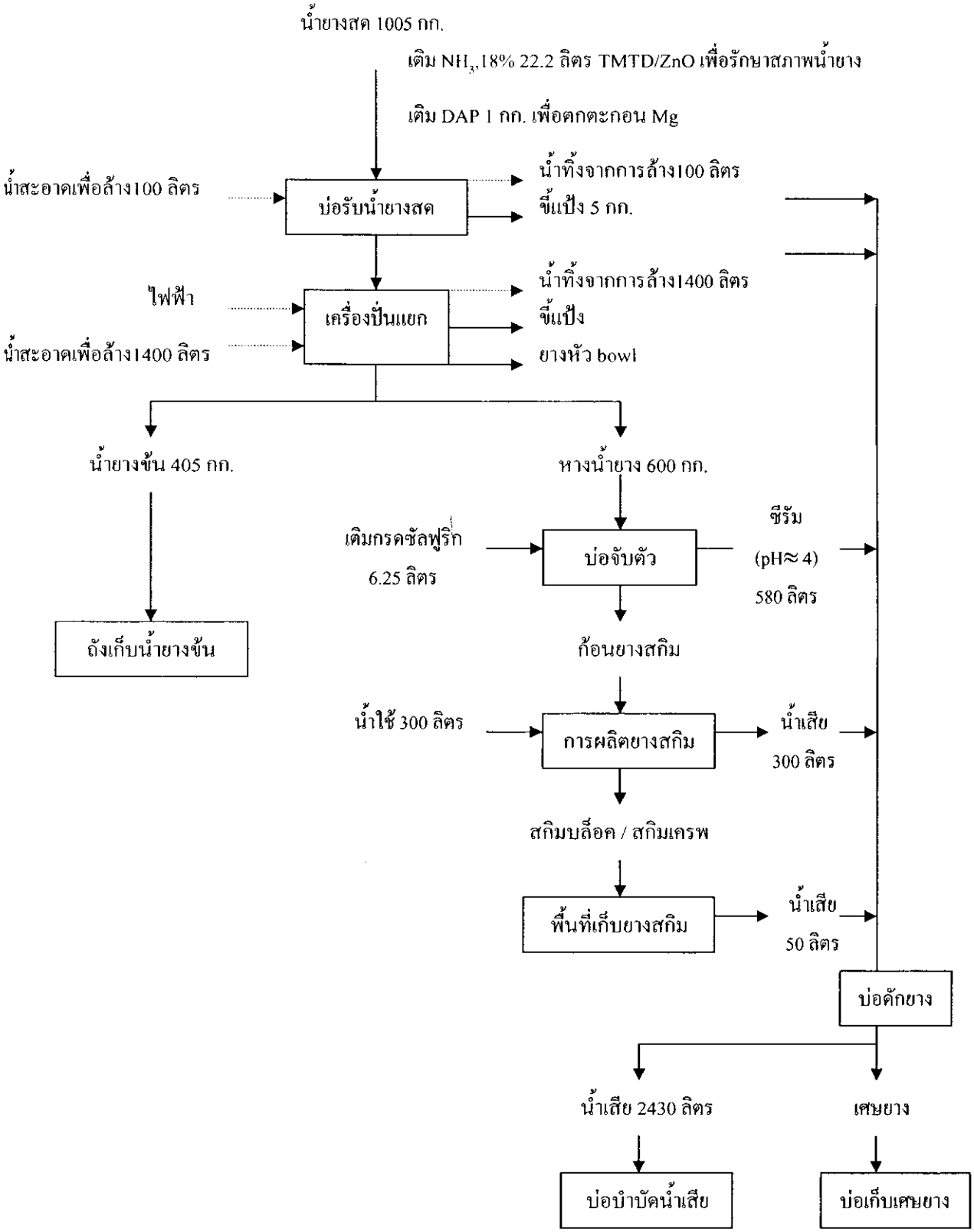
4. การไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง หางน้ำยางที่ได้จากกระบวนการปั่นยางจะถูกนำไปไล่แอมโมเนียออก เพื่อลดปริมาณการใช้กรดซัลฟูริกในการตกตะกอนเพื่อผลิตยางสกิม เนื่องจากถ้าหางน้ำยางมีปริมาณแอมโมเนียสูง จะต้องใช้กรดในการตกตะกอนเป็นปริมาณมาก ดังนั้นจึงมีการไล่แอมโมเนียในหางน้ำยาง ด้วยการใช้ถาดไล่แอมโมเนียหรือเครื่องกวน

5. การผลิตยางสกิม หางน้ำยางที่ผ่านการไล่แอมโมเนียแล้ว จะถูกเติมด้วยกรดซัลฟูริกเพื่อให้เนื้อยางจับตัวกันในขั้นตอนนี้จะได้ก้อนยางสกิมที่จับตัวกันและสามารถนำไปขายได้ นอกจากนี้ก้อนยางสกิมนี้สามารถนำไปผลิตเป็นยางสกิมเครพหรือสกิมบล็อคต่อไป ดังนี้

- การผลิตยางสกิมเครพ โดยการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อนและล้างน้ำ เพื่อชำระกรดออกจากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่นและนำไปอบในเตาอบแล้วบรรจุหีบห่อ
- การผลิตยางสกิมบล็อค โดยการนำก้อนยางสกิมผ่านเครื่องตัดให้เป็นก้อนและล้างน้ำเพื่อชำระกรดออก จากนั้นรีดยางให้เป็นแผ่นและนำยางไปตัดด้วยเครื่องตัดย่อยแล้วนำไปอบในเตาอบ นำมาอัดแท่งและบรรจุหีบห่อ

6. การดักยาง เป็นการดักจับเนื้อยางที่ปะปนมากับน้ำเสียจากขบวนการต่างๆ เช่น การตกค้างในบ่อรับน้ำยางสด เครื่องปั่นยาง และบ่อเก็บน้ำยางข้น ด้วยการเติมโพลิเมอร์ต่างๆ หรือจากบ่อดักยาง ซึ่งยางที่ได้จะสามารถนำไปขายในราคาที่ต่ำ เนื่องจากมีคุณภาพไม่ดี

7. การเตรียมสารละลายแอมโมเนีย ในกรณีที่โรงงานไม่ได้ใช้แอมโมเนียในรูปของแอมโมเนียแห้งหรือแอมโมเนียเหลว แต่ใช้ในรูปสารละลายแอมโมเนียหรือน้ำแอมโมเนีย โรงงานจะต้องเตรียมสารละลายแอมโมเนีย ให้อยู่ในรูปสารละลายเข้มข้นประมาณ 10% ซึ่งในการเตรียมสารละลายแอมโมเนียผสมกับน้ำจะเกิดความร้อน และส่งผลให้แอมโมเนียระเหยออกจากสารละลายได้ง่ายขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)



ภาพประกอบที่ 1.1 กระบวนการผลิตน้ำยางข้น วัตถุและทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2548

1.2.1.3 สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต

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

2. แอมโมเนีย เป็นสารเคมีที่ใช้ในการรักษาสภาพน้ำยางโดยการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย การเติมแอมโมเนียเพื่อรักษาสภาพน้ำยางแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ (1) การรักษาสภาพน้ำยางสดที่กรีดได้ก่อนส่งโรงงานซึ่งจะใช้สารละลายแอมโมเนียความเข้มข้นประมาณ 15-20% โดยน้ำหนัก และ (2) การรักษาคุณภาพน้ำยางข้นซึ่งจะเติมหลังจากการปั่นแยก โดยในการเติมปริมาณแอมโมเนียแบ่งตามประเภทการผลิตน้ำยางข้น คือ น้ำยางข้นชนิดLow Ammonia (LA): เติมแอมโมเนียร่วมกับสารเคมีอื่นในปริมาณแอมโมเนียที่น้อยกว่า 0.29 % ของน้ำยาง และน้ำยางข้นชนิด High Ammonia (HA): เติมปริมาณแอมโมเนีย 0.3-0.7 % ของน้ำยาง

3. กรดซัลฟูริก เป็นสารเคมีที่ใช้ในการจับตัวของหางน้ำยาง แต่การใช้กรดซัลฟูริกที่มากเกินไปจะทำให้ยางเปื่อยและเสื่อมง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ยางสกิมไม่ได้คุณภาพ นอกจากนี้ ปริมาณกรดซัลฟูริกมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยางที่เข้าบ่อจับตัว คือ ถ้ามีปริมาณแอมโมเนียในหางน้ำยางมากจะต้องเติมปริมาณกรดซัลฟูริกมากด้วย ส่วนระยะเวลาที่เหมาะสมในการจับตัวของยางสกิม คือ 24 ชั่วโมง ถ้าจำเป็นต้องจับตัวด้วยเวลาที่น้อยกว่านี้จะต้องใช้ปริมาณกรดซัลฟูริกมากขึ้น

1.2.1.4 ปัญหาสิ่งแวดล้อมจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น คือ ของเสียในรูปต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต (ตารางที่ 1.2) ได้แก่ กากขี้แป้งของยางหลังจากบ่มน้ำยางก่อนปั่นแยก เศษยางที่รวบรวมไว้จำหน่ายซึ่งมักบูดเน่าส่งกลิ่นเหม็น กลิ่นสารเคมีรักษาสภาพน้ำยางซึ่งโรงงานน้ำยางข้นส่วนใหญ่มักมีปัญหาเรื่องกลิ่นของแอมโมเนียในโรงงานและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า: H_2S) จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศแบบปิด ในขณะที่ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากน้ำทิ้งต่างๆในขั้นตอนการผลิต (ภาพประกอบที่1.1) รวมถึงน้ำทิ้งของหางน้ำยางที่มีความเข้มข้นกรดซัลฟูริกสูง ถูกรวบรวมเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย จึงทำให้ปัญหาน้ำเสียเป็นประเด็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นเป็นอันดับต้นๆ ของอุตสาหกรรมน้ำยางข้นที่ทำให้เกิดมลพิษน้ำในแหล่งน้ำใกล้เคียงที่รับน้ำทิ้งจากโรงงาน (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์ และคณะ, 2545) โดยลักษณะของน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น แสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.2 ชนิดของเสียและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ชนิดของเสีย	ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น
1. น้ำเสีย	40-320 ลบ.ม./วัน หรือ 2.30-9.14 ลบ.ม./ตันน้ำยางข้น
2. กากของเสียที่เป็นของแข็ง	
- ในรูปเนื้อยางที่ตกค้างในทางระบายน้ำเสียและภาชนะบรรจุต่างๆ	10-100 ตัน/เดือน
- ในรูป "ขี้แป้ง"	0.7-500 ตัน/เดือน หรือ 0.6-50 กก.กากขี้แป้ง/ตันน้ำยางข้น

ที่มา: นฤมล ทองมาก, 2552

1.2.1.5 น้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

กระบวนการผลิตน้ำยางข้นประกอบด้วยขั้นตอนย่อยๆ หลายขั้นตอน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนก็จะมีน้ำเสียออกมา โดยสามารถจำแนกน้ำเสียตามแหล่งที่มาได้ดังนี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

1) บ่อรับน้ำยางสด

- น้ำล้างทำความสะอาดรถบรรทุกน้ำยางสดของชาวสวน
- น้ำล้างทำความสะอาดบ่อรับน้ำยาง
- น้ำเสียจากการล้างทำความสะอาดน้ำยางสดที่หก ขณะถ่ายน้ำยางสดลงบ่อรับน้ำยางสด

2) การปั่นยาง

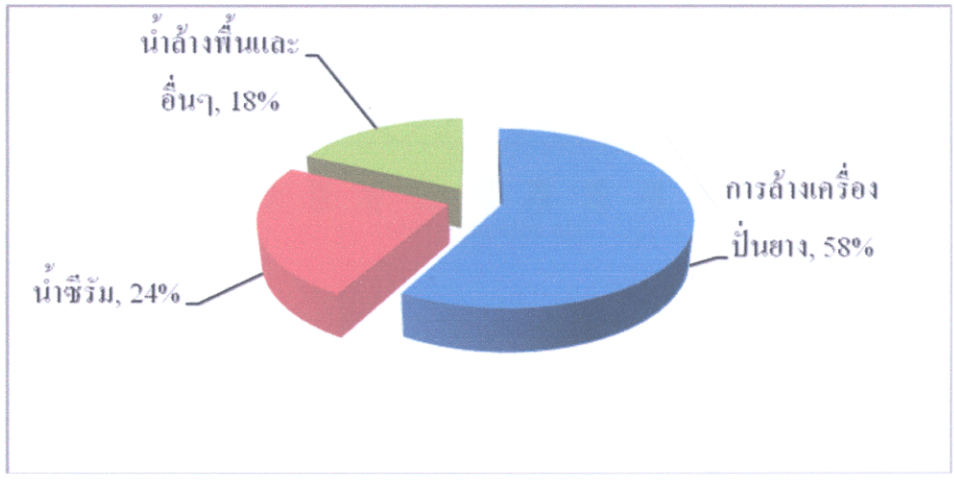
- น้ำล้างหัวปั่นน้ำยาง ต้องล้างทุก 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของหัวปั่นน้ำยางและการอุดตันของขี้ยางที่ท่อจ่ายน้ำยาง
- น้ำเสียจากการล้างน้ำยางที่ล้นจากเครื่องปั่นน้ำยางระหว่างกระบวนการปั่นยาง

3) กระบวนการสกิม

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

4) ถังน้ำยางข้น

- น้ำจากการล้างทำความสะอาดถัง เพื่อลดการปนเปื้อนของน้ำยางข้น



ภาพประกอบ 1.2 ปริมาณน้ำเสียในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2548)

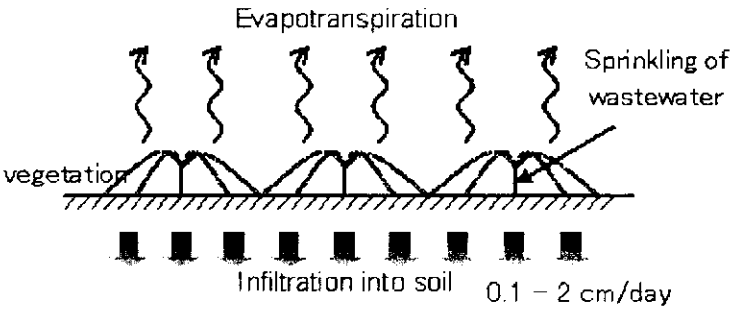
ตารางที่ 1.3 ลักษณะน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น

ลักษณะ	น้ำเสีย
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)

1.2.2 วิธีบำบัดบนดิน (land treatment systems)

1.2.2.1 ระบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) การปล่อยน้ำเสียลงสู่ดินที่มีการปลูกพืชอย่างช้าๆ เพื่อให้เกิดการบำบัดและให้พืชเจริญเติบโต เมื่อน้ำเสียผ่านชั้นดินจะเกิดกระบวนบำบัด วิธีการให้น้ำจะให้แบบทำเป็นร่องหรือแบบพ่นเป็นฝอย น้ำที่ไหลออกมา (Run off) จะต้องมีการออกแบบบำบัดให้เหมาะสม

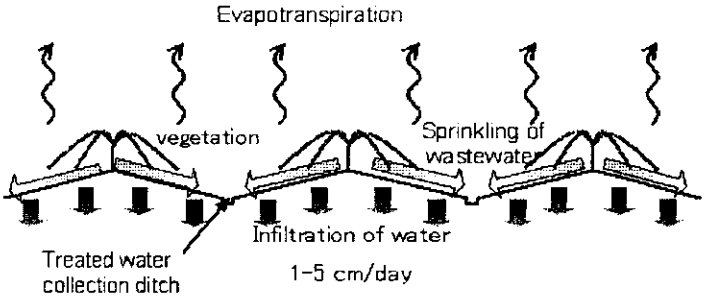


ภาพประกอบที่ 1.4 Slow-rate Irrigation

ที่มา: Reed, et al., (1995)

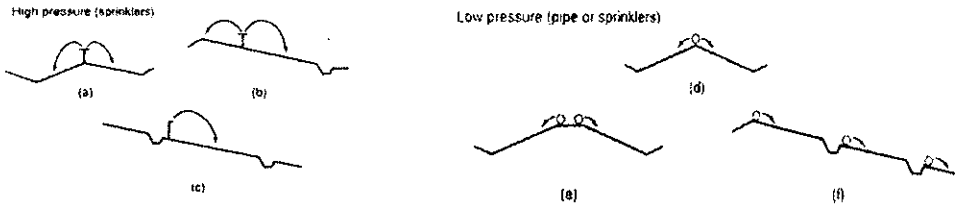
1.2.2.2 ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration) น้ำเสียจะถูกปล่อยตรงลงบนพื้นดินอย่างรวดเร็ว โดยการกระจายลงในแอ่งน้ำ (Basin) หรือวิธีการโปรย ดินที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นดินทราย เมื่อน้ำเสียผ่านชั้นดินจะถูกบำบัด ภายใต้บ่อกระจายน้ำจะมีระบบท่อรองรับน้ำเพื่อนำน้ำไปใช้ประโยชน์ต่อไป เช่น การเติมน้ำใต้ดิน การเติมน้ำผิวดิน การเก็บกักน้ำที่ผ่านการบำบัดไว้ใต้พื้นที่เพาะปลูกเพื่อนำกลับมาใช้ในระยะเพาะปลูกต่อไป ซึ่งระบบนี้ไม่จำเป็นต้องปลูกพืชช่วย ยกเว้นบางกรณี

1.2.2.3 ระบบน้ำไหลนอง (Overland Flow) เป็นปล่อยน้ำเสียลงบนพื้นที่ที่มีการปลูกพืชที่มีลักษณะลาดเอียงให้น้ำเสียไหลผ่านพื้นที่ที่มีการปลูกพืชลงสู่ร่องรองรับน้ำด้านล่าง ซึ่งมีหลักการคล้ายระบบอัตราไหลช้า ใช้สำหรับในพื้นที่ที่ดินซึมน้ำได้ต่ำ การซึมลงดินมีเพียงส่วนน้อย กลไกการบำบัดส่วนใหญ่จะเกิดระหว่างที่น้ำไหลผ่านพื้นที่ที่มีการปลูกพืช สำหรับการให้น้ำสามารถใช้หัวกระจายน้ำได้หลายแบบ



ภาพประกอบที่ 1.5 Overland Flow

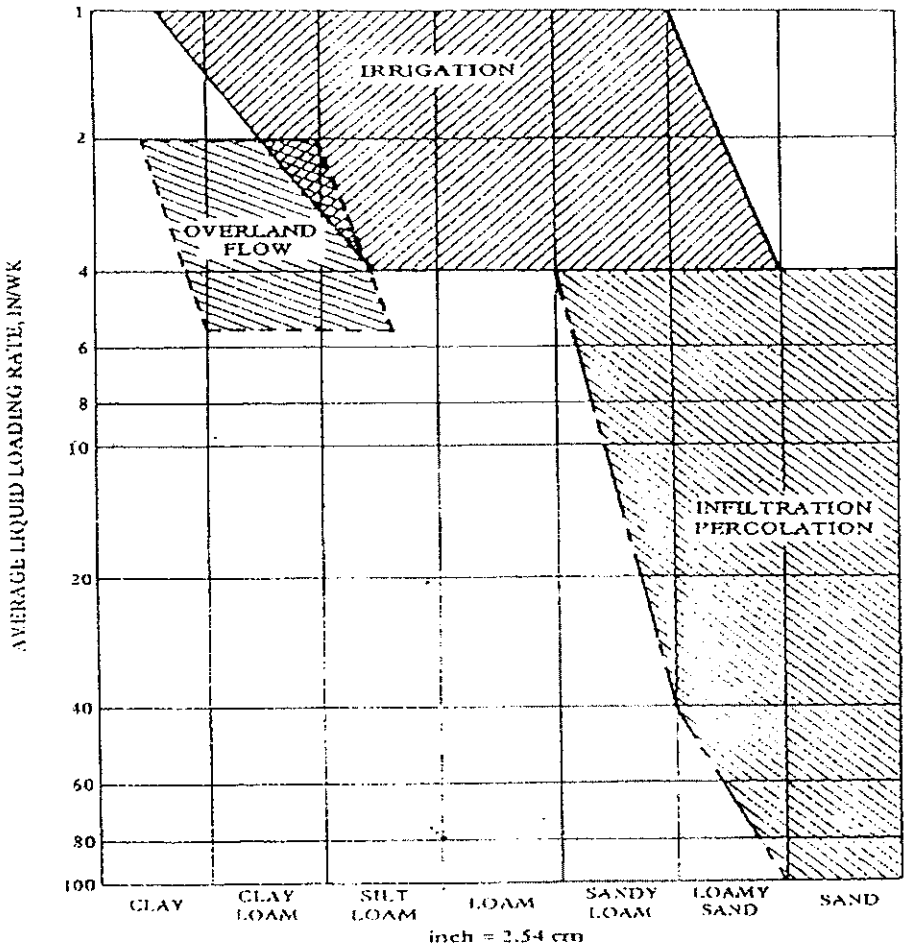
ที่มา: Reed, et al., (1995)



ภาพประกอบที่ 1.6 Distribution Alternatives for Overland Flow

ที่มา: US.EPA, (2006)

ทางเลือกในการใช้กระบวนการต่างๆ เหล่านี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การบำบัด และชนิดของดิน (Pescod, 1992) โดยความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินและภาระบรรทุกของน้ำที่เหมาะสำหรับการบำบัดบนดินแบบต่างๆ ดังแสดงในภาพประกอบ 3 ส่วนวัตถุประสงค์และกระบวนการในการบำบัดบนดินแบบต่างๆ ได้สรุปไว้ดังแสดงในตารางที่ 1.4



ภาพประกอบที่ 1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินและภาระบรรทุกของน้ำที่เหมาะสำหรับการบำบัดบนดินแบบต่างๆ

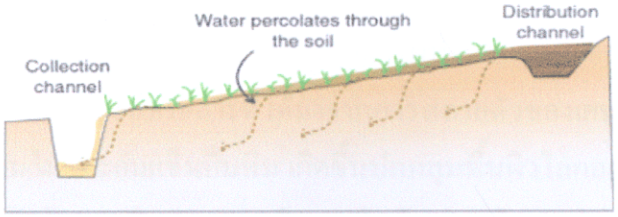
ที่มา: Polprasert (1989)

ตารางที่ 1.4 วัตถุประสงค์และกระบวนการในการบำบัดของการบำบัดบนดิน

การบำบัดบนดิน	วัตถุประสงค์	กระบวนการในการบำบัด
ระบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation)	1. บำบัดน้ำเสีย 2. นำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในทางเกษตรกรรม แทนการทิ้ง และเป็นการอนุรักษ์น้ำ 3. การใช้ประโยชน์จากสารอาหารในน้ำเสียให้กับพืช	การระบายน้ำเสียลงสู่ดินที่มีการเพาะปลูกอย่างช้าๆ เมื่อน้ำเสียผ่านดินจะเกิดกระบวนการกรอง การแลกเปลี่ยนประจุ กระบวนการออกซิเดชั่น/รีดักชั่น และการดูดติดผิว ในขณะที่พืชจะดึงสารอาหารในน้ำเสียไปใช้ นอกจากนี้ยังมีกระบวนการคายน้ำร่วมด้วย กลไกการกำจัดน้ำเสียนี้มีทั้ง วิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ น้ำที่ไหลออกมา (Run off) จะต้องมีการออกแบบบำบัดให้เหมาะสม
ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration)	1. การบำบัดน้ำเสียเป็นวัตถุประสงค์หลัก 2. การเติมน้ำใต้ดิน (Ground recharge) 3. การฟื้นฟูน้ำที่บำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ 4. การปล่อยทิ้งหรือการเติมน้ำผิวดิน 5. การเก็บกักน้ำบำบัดไว้ใต้พื้นที่เพาะปลูกเพื่อนำกลับมาใช้ในระยะเพาะปลูกต่อไป	น้ำเสียจะถูกปล่อยตรงลงบนพื้นดินอย่างรวดเร็วโดยการกระจายลงในแอ่งน้ำ (Basin) หรือวิธีการโปรย และเมื่อผ่านชั้นดิน น้ำเสียจะถูกบำบัด ซึ่งไม่จำเป็นต้องปลูกพืชช่วย ยกเว้นบางกรณี
ระบบน้ำไหลนอง (Overland Flow)	1. ประยุกต์ให้เกิดการบำบัดขั้นที่สองหรือขั้นที่สาม 2. เพื่อผลิตหญ้าซึ่งเป็นอาหารสัตว์ 3. เพื่อการอนุรักษ์พื้นที่สีเขียว	การระบายน้ำเสียลงบนพื้นที่เพาะปลูกที่มีลักษณะลาดเอียงให้น้ำเสียไหลนองพื้นผิวหน้า (Run off) ลงสู่ที่รองรับโดยตรง ซึ่งมีหลักการคล้ายระบบอัตราไหลช้า แต่สามารถประยุกต์ใช้ในพื้นที่ดินซึมน้ำไม่ค่อยดี

ที่มา: เภสัชรัตน์ กชกรจารุพงศ์ (2550)

สำหรับงานวิจัยนี้เลือกศึกษาแบบ ระบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว สามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในทางเกษตรกรรมเนื่องจากพืชสามารถใช้ประโยชน์จากสารอาหารในน้ำเสียได้ โดยวิธีการปล่อยน้ำเสียลงสู่ดินที่มีการปลูกพืชอย่างช้าๆ เพื่อให้เกิดการบำบัดและให้พืชเจริญเติบโต เมื่อน้ำเสียผ่านชั้นดินจะเกิดกระบวนบำบัดซึ่งได้แก่ การกรอง การแลกเปลี่ยนประจุ กระบวนการออกซิเดชั่น/รีดักชั่น และการดูดติดผิว และการนำสารอาหารในน้ำเสียไปใช้โดยพืช กลไกการกำจัดน้ำเสียนี้มีทั้ง วิธีทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ อัตราการให้น้ำและพืชที่ปลูกจะขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ วิธีการให้น้ำจะให้แบบทำเป็นร่องหรือแบบพ่นเป็นฝอยก็ได้ น้ำที่ไหลออกมา (Run off) จะต้องมีการออกแบบบำบัดให้เหมาะสม



ภาพประกอบที่ 1.8 Slow-rate Irrigation

ที่มา: UNEP, (2009)

Geber (2000) ได้ทำการศึกษาเรื่องการกำจัดสารอาหารด้วยการบำบัดบนดิน แบบอัตราการไหลช้า (Slow-rate Irrigation) โดยใช้หญ้า 3 ชนิด คือ reed canary grass, meadow foxtail และ smooth brome grass น้ำที่ใช้รด เป็นน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วผสมกับน้ำที่มีส่วนผสมของไนโตรเจน จากการทดลองพบว่าความสามารถในการกำจัดสารอาหารด้วยหญ้า 3 ชนิดนี้ไม่แตกต่างกัน และมีความเป็นไปได้ที่ระบบ land treatment แบบซึมช้าสามารถกำจัด ไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัสจากน้ำเสียชุมชนได้ (นริศรา และวิไล, 2531)

ตารางที่ 1.5 ลักษณะสำคัญและเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการเลือกพื้นที่เพาะปลูกสำหรับการบำบัดโดยดินแบบอัตราการไหลช้า

ลักษณะสมบัติดิน	ระดับการยอมรับได้		
	ยอมรับได้	พอจะยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
Soil			
pH (1:5)	5.5-8.4	5.2-5.5	<5.2;>8.4
ESP (%)	<5	5.0-10.0	>10[a]
EC (S/cm)	<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 (%)	0.0-2.0	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

[d] การรดน้ำในบริเวณภูมิทัศน์ และสนามกอล์ฟอาจจะต้องมีการบำบัดน้ำในขั้นสูงกว่าการบำบัดขั้นปฐมภูมิ

1.2.3 ดิน

ดิน คือ วัตถุตามธรรมชาติที่เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินและแร่ ต่างๆ ผสมคลุกเคล้ารวมกับอินทรียวัตถุหรืออินทรีย์สารที่ได้มาจากการสลายตัวของเศษซากพืชและสัตว์จนเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะร่วนไม่เกาะกันแข็งเป็นหิน เกิดขึ้นปกคลุมพื้นผิวโลกอยู่เป็นชั้นบางๆ และเป็นที่ยึดเหนี่ยวในการเจริญเติบโตของพืช รากของพืชจะเติบโตชอนไชแพร่กระจายลงไปในดินอย่างกว้างขวางทั้งแนวลึกและแนวราบ ดินที่ร่วนซุยและมีชั้นดินลึก รากพืชจะเจริญเติบโตแข็งแรง สามารถเกาะยึดดิน ต้านทานต่อลมพายุไม่ทำให้ต้นพืชล้มหรือถอนโคนได้เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากในดินมีอินทรียวัตถุ และแร่ธาตุต่างๆ ในรูปที่รากพืชสามารถดึงดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย เป็นแหล่งที่เก็บกักน้ำหรือความชื้นให้อยู่ในรูปที่รากพืชสามารถดึงดูดได้ง่าย เพื่อนำไปหล่อเลี้ยงลำต้นและสร้างการเจริญเติบโต น้ำในดินจะต้องอยู่ในสภาพที่เหมาะสมเท่านั้น รากพืชจึงจะสามารถดูดมาใช้ประโยชน์ได้ การรดน้ำพืชจนขังแฉะรากพืชไม่สามารถดูดน้ำขึ้นไปใช้ประโยชน์ได้ จะทำให้พืชเหี่ยวเฉาและตายในที่สุด ดินเป็นแหล่งที่ให้อากาศที่รากพืชใช้เพื่อการหายใจ รากพืชประกอบด้วยเซลล์ที่มีชีวิต ต้องการออกซิเจนสำหรับการหายใจทำให้เกิดพลังงานเพื่อการดูดน้ำ ธาตุอาหารและการเจริญเติบโต ดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี รากพืชจะเจริญเติบโตแข็งแรง ดูดน้ำและ ธาตุอาหารได้มาก ทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตแข็งแรงและให้ผลิตผลสูง

1.2.3.1 ส่วนประกอบของดิน

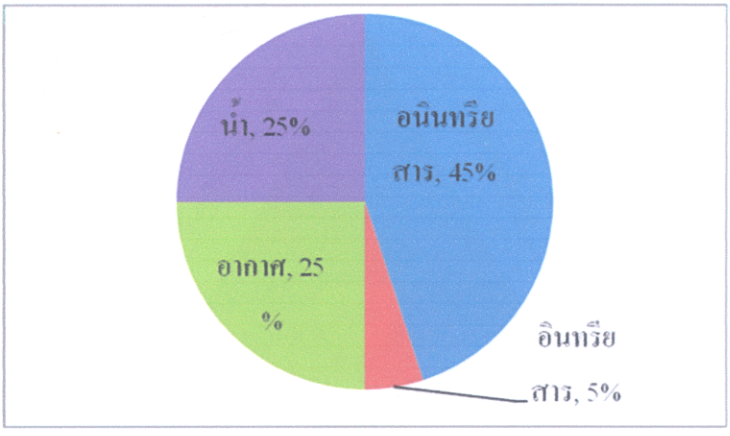
โดยธรรมชาติดินจะมีส่วนประกอบ 4 ชนิด คือ

1. อินทรียสาร (oganic matter) หรืออินทรียวัตถุ องค์ประกอบส่วนนี้เป็นซากพืชซากสัตว์ที่ผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน ตลอดจนสารที่มีการสร้างขึ้นมาใหม่จากการสลายตัวของซากเหล่านั้นรวมทั้งเซลล์ของจุลินทรีย์ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแร่ทั่ว ๆ ไปมีน้อยมาก โดยมากจะมีเพียง 3-5% โดยน้ำหนักเท่านั้น บทบาทสำคัญของอินทรียวัตถุคือ เป็นแหล่งของธาตุอาหารแก่พืช และจุลินทรีย์โดยเฉพาะ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และกำมะถัน (S) เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน (C) จุลินทรีย์จะส่งเสริมสมบัติทางกายภาพของดิน ช่วยให้ดินร่วนซุย ระบายน้ำและอากาศได้ดี และช่วยในการอุ้มน้ำของดิน

2. อนินทรียสาร (inorganic matter or mineral constituents in soils) องค์ประกอบส่วนนี้ได้มาจากการสลายตัวผุพังของหินและแร่ ซึ่งอาจมีได้หลายขนาดตั้งแต่ขนาดใหญ่ซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจนถึงขนาดเล็กซึ่งจะต้องอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องมือโดยเฉพาะในการตรวจดูลักษณะประโยชน์ของอนินทรียสารต่อการเจริญเติบโตของพืชคือ เป็นแหล่งที่มาของธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ เป็นตัวควบคุมลักษณะของเนื้อดินหรือความหยาบความละเอียดของดิน เป็นส่วนสำคัญในการเกิดกระบวนการทางเคมีต่างๆ ในดินโดยเฉพาะส่วนที่เป็นอนุภาคขนาดดินเหนียว เนื่องจากขนาดอนุภาคเล็กจึงมีพื้นที่สัมผัสมาก ประกอบกับที่ผิวสัมผัสจะมีประจุ

3. น้ำในดิน (soil water) น้ำในดินจะอยู่บริเวณช่องว่างของดิน และถูกดูดยึดโดยอนุภาคดิน และแรงจากช่องว่างที่เกิดจากการเรียงตัวของอนุภาคดิน ถ้าน้ำในดินมีปริมาณน้อยลง แรงดูดยึดของดินที่มีต่อน้ำจะมากขึ้น น้ำในดินช่วยละลายธาตุอาหารพืช และเป็นตัวกลางในการในการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารเหล่านั้นมาสู่รากพืชจึงมักเรียกน้ำในดินว่าสารละลายดิน (soil solution) น้ำที่อยู่ในช่องว่างทั้งหมดไม่ได้หมายความว่าพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทั้งหมด น้ำที่ถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินด้วยแรงที่ไม่มากนักซึ่งพืชเอาชนะแรงดูดยึดเหล่านั้นได้ จัดเป็นน้ำที่มีประโยชน์ต่อพืช ซึ่งปริมาณน้ำหรือความชื้นที่มีประโยชน์ต่อพืชจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของเนื้อดิน

4. อากาศในดิน (soil air) อากาศในดินจะอยู่ในช่องว่างของดิน ซึ่งสัมพันธ์กับน้ำในดิน ถ้ามีน้ำมากอากาศก็น้อยถ้ามีน้ำน้อยอากาศก็มาก อากาศในดินประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ คล้ายคลึงกับในบรรยากาศ ก๊าซส่วนใหญ่ที่เป็นส่วนผสมในอากาศคือ ก๊าซออกซิเจน (O_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ในบรรยากาศจะมีก๊าซออกซิเจนประมาณ 21% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 0.003% และก๊าซไฮโดรเจนประมาณ 78% ส่วนในดินปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสูงกว่าในบรรยากาศ และออกซิเจนจะมีปริมาณต่ำกว่าเล็กน้อย อากาศในดินมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่มีอยู่ในดินโดยเฉพาะจุลินทรีย์ซึ่งมีบทบาทในการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์และมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรสภาพของธาตุต่างๆ ในดิน รากพืชซึ่งเป็นส่วนที่มีชีวิตก็ต้องการอากาศในการหายใจเพื่อให้ได้พลังงานในการดูดน้ำ ธาตุอาหาร ตลอดจนใช้ในกิจกรรมทางชีวเคมีต่างๆ (อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์, 2548)



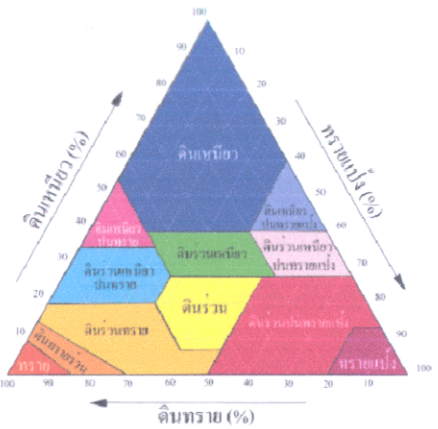
ภาพประกอบที่ 1.9 ส่วนประกอบของดินที่เหมาะแก่การเพาะปลูก
ที่มา: อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์, 2548

1.2.3.2 สมบัติของดิน

1. ลักษณะเนื้อดิน คือ คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า มีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียว (clay) ดินทรายแป้ง (silt) และดินทราย (sand) และฮิวมัสผสมกัน

ชนิดของเนื้อดินสามารถดูได้จากตารางสามเหลี่ยม โดยการนำเอาเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดินเหนียว ดินทรายแป้งและดินทรายไปเปรียบเทียบ

- เนื้อดินเป็นตัวการในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC: cation exchange capacity) ซึ่งแสดงว่าดินนั้น มีความจุในการดูดซับหรือแลกเปลี่ยนธาตุอาหารได้มากหรือน้อย เช่น ดินที่มี % clay สูงจะมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกได้สูงกว่าดินที่มี % clay ต่ำ เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวจะมีพื้นที่ผิวในการดูดยึดประจุบวกหรือแร่ธาตุอาหารต่างๆ ได้มากกว่า
- เนื้อดินช่วยบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดินเนื้อหยาบจะมีระดับธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำกว่าดินเนื้อละเอียด
- เนื้อดินช่วยบอกถึงความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ดินเนื้อหยาบจะมีความต้านทานน้อยกว่าดินเนื้อละเอียด
- เนื้อดินช่วยบอกให้ทราบถึงสภาพการถ่ายเทอากาศในดิน เช่น ดินทรายจะมีการถ่ายเทอากาศในดินดีกว่าดินเหนียว
- เนื้อดินช่วยบอกให้ทราบถึงปริมาณความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ดินทรายจะมีความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยกว่าดินเหนียวและดินร่วน



ภาพประกอบที่ 1.10 สามเหลี่ยมที่ใช้ในการจำแนกลักษณะเนื้อดิน

ที่มา : Krudaeng (2551)

2. สีของดิน คือ สีที่เกิดจากสารประกอบในดิน ทำให้เดินมีสีต่างกัน สีของดินช่วยบอกให้ทราบถึงลักษณะบางประการของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และลักษณะน้ำในดิน เช่น ดิน

ที่มีฮิวมัสปนอยู่มากจะมีสีคล้ำ ดินที่มีเหล็กปนอยู่มากจะมีสีน้ำตาลแดง ปกติการระบุสีดินจะใช้สมุดเทียบสีมาตรฐานสากล munsell soil color chart เป็นตัววัดสี (Krudaeng, 2551)

3. ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน หรือความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity: CEC) คือปริมาณไอออนบวกทั้งหมดที่ดินสามารถดูดยึดเอาไว้ได้ ซึ่งไอออนบวกเหล่านี้สามารถแลกเปลี่ยนได้ ส่วนที่สามารถดูดยึดไอออนบวกไว้ได้คือคอลลอยด์ดิน เนื่องจากโดยปกติที่ผิวของคอลลอยด์มีประจุลบจำนวนมาก ดังนั้นดินจะมีค่า CEC มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณคอลลอยด์ต่างๆ ที่มีอยู่ในดินนั้นๆ ไอออนบวกที่ถูกดูดยึดโดยคอลลอยด์ดินอยู่เป็นสัดส่วนมากเมื่อเปรียบเทียบกับไอออนบวกชนิดอื่น ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) และโซเดียม (Na) ค่า CEC ดินสามารถนำไปประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินได้เนื่องจากไอออนบวกที่ดูดซับด้วยคอลลอยด์ดิน ส่วนใหญ่เป็นธาตุอาหารพืช และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดินที่มีค่า CEC สูง โอกาสที่จะสูญเสียธาตุอาหารทั้งที่อยู่โดยธรรมชาติหรือเติมให้ในรูปของปุ๋ย โดยการชะละลาย (leaching) น้อยกว่าดินที่มีค่า CEC ต่ำเนื่องจากไอออนบวกต่าง ๆ ถูกดูดยึดโดยคอลลอยด์ดินได้มากกว่า นอกจากนี้ค่า CEC บ่งบอกถึงปริมาณปูนขาวที่ต้องใส่ในกรณีที่ดินนั้นเป็นกรด ดินที่มีค่า CEC สูงต้องเติมปูนขาวในปริมาณมากกว่าดินที่มีค่า CEC ต่ำ ดังจะเห็นได้ว่าดินเนื้อละเอียดมีความต้องการปูนขาวสูงกว่าดินเนื้อหยาบ (อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์, 2548)

4. ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน คือ ปริมาณของไฮโดรเจนที่มีอยู่ในดินทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดหรือเบส ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะเป็นตัวควบคุมการละลายธาตุอาหารในดินออกมาอยู่ในสารละลายหรือน้ำในดิน ถ้าดินมีสภาพเป็นกรดหรือเบสไม่เหมาะสม ธาตุอาหารในดินอาจจะละลายออกมาได้น้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช หรือในทางตรงกันข้ามธาตุอาหารบางชนิดอาจจะละลายออกมามากเกินไปจนเป็นพิษต่อพืชได้ พืชแต่ละชนิดชอบที่จะเจริญเติบโตในดินที่มีช่วงพีเอชต่างๆ กันสำหรับพืชทั่วๆ ไปมักจะเจริญเติบโตในช่วงพีเอช 6-7 ซึ่งเป็นช่วงที่ธาตุอาหารพืชต่างๆ มีความเป็นประโยชน์สูงกว่าช่วงพีเอชอื่น ๆ โดยทั่วไปดินในเขตร้อนชื้นมีแนวโน้มเป็นกรดเนื่องจากในสภาพที่มีฝนตกมากเอื้ออำนวยให้เกิดการชะละลาย (leaching) ไอออนประจุบวกที่เป็นด่าง เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} และNa^{+} ออกไปจากดิน โดยไอออนเหล่านี้ถูกแทนที่ด้วย H^{+} ได้มากกว่าเขตที่มีฝนตกน้อย และการใช้พื้นที่ทำการเกษตรจะเร่งให้ดินเกิดความเป็นกรดเร็วขึ้น ดินกรดมีคุณสมบัติคล้ายกรดอ่อนมากกว่ากรดแก่ เนื่องจากเมื่อละลายน้ำอนุภาคดินจะปลดปล่อย H^{+} ออกมาเพียงบางส่วนเท่านั้น H^{+}ส่วนใหญ่จะถูกดูดยึดโดยคอลลอยด์ดิน H^{+} ส่วนที่อยู่ภายใต้อำนาจการดูดยึดของคอลลอยด์ดินเรียกว่าความเป็นกรดแฝง (potential acidity) และส่วนที่ละลายอยู่ในสารละลายดินเรียกว่า ความเป็นกรดจริง (active acidity) ซึ่งส่วนที่เป็นกรดจริงเป็น H^{+} ที่สามารถตรวจวัดได้โดยการวัด pH ดินทั่ว ๆ ไป ความเป็นกรดของดินเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากน้ำ (H_2O) ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์ และการหายใจของรากพืชเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิสของสารประกอบอลูมินัม เกิดจากขบวนการสลายตัวของอินทรียวัตถุ

ซึ่งก่อให้เกิดกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิค กรดซิตริก กรดออกซาลิก และกรดอนินทรีย์ เช่น กรดซัลฟิวริก กรดไนตริก กรดฟอสฟอริก เป็นต้น เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ผลตกค้างเป็นกรด เช่น ปุ๋ยเคมีที่มีแอมโมเนีย และกำมะถันเป็นส่วนผสมโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่ตกตะกอนทับถมจากตะกอนน้ำกร่อย มีสารประกอบไพไรต์ (Pyrite: FeS_2) สูง และเมื่อสารประกอบไพไรต์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จะทำให้เกิดกรดซัลฟิวริก ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดจัด เกิดจากวัตถุกำเนิดดินซึ่งเป็นหินที่มีสมบัติเป็นกรด (acid rock) เช่น หินแกรนิต และหินไรโอไลต์ เมื่อพัฒนาเป็นดินก็จะทำให้ดินนั้นมีสมบัติเป็นกรด

ดินที่มีความเป็นด่าง เป็นดินที่เมื่อละลายน้ำแล้วมี OH^- มากกว่า H^+ หรือมีค่า pH มากกว่า 7 สำหรับความเป็นด่างของดินเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินและแร่ที่มีสมบัติเป็นด่าง เกิดจากการใส่ปุ๋ยมากเกินไป และการใช้น้ำชลประทานที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบสูง ในเขตแห้งแล้งดินมีการสะสมของเกลือเนื่องจากประจุบวกที่เป็นด่างที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ (weathering) ของหิน และแร่ไม่ได้ถูกชะล้างไปไหน ยังคงสะสมอยู่ในดิน เนื่องจากมีฝนตกน้อย ทำให้ดินเป็นด่าง

5. ความเค็มของดิน ในสภาพที่มีฝนตกน้อย มีการระเหยของน้ำมากมักจะทำให้เกิดการสะสมของเกลือจนเป็นอันตรายต่อพืช เกลือที่มีอยู่ในดินส่วนมากเป็นพวกคาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างที่มีการสลายตัวผุพังของหินและแร่ เมื่อมีฝนตกโซเดียม (Na) และโพแทสเซียม (K) จะถูกละลายไปคงเหลือแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) เป็นจำนวนมาก ทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกลางถึงด่าง กรณีที่ไม่ค่อยมีฝนตกเช่น เขตทะเลทรายเกิดการสะสมของเกลือคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียม และถ้ามีโซเดียมคาร์บอเนตเหลืออยู่ในดินด้วย pH จะสูงมาก (pH>8)

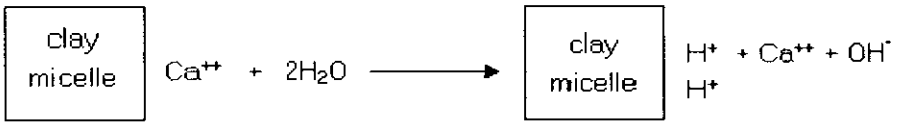
การที่จะทราบว่าดินนั้นเค็มหรือไม่ สามารถพิจารณาได้จากค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity: EC) ทำได้โดยสกัดสารละลายดินในสภาพที่อิ่มตัวด้วยน้ำ และนำไปอ่านค่า EC ที่อุณหภูมิ 25 ℃ โดยถ้าดินนั้นมีค่า EC > 2 mS/cm ถือว่าเป็นดินเค็ม (อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์, 2548)

6. ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (base saturation)

1) ชนิดของแคตไอออนที่ดูดซับในดิน แคตไอออนที่ดูดซับในดินแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- แคตไอออนที่มีสมบัติเป็นกรด (acid cations) ได้แก่ H^+ และ Al^{+++} แคตไอออนเหล่านี้เมื่อดูดซับอยู่เป็นจำนวนมากที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวและฮิวมัสในดินจะมีผลทำให้ดินเป็นกรด

- แคตไอออนที่มีสมบัติเป็นด่าง (basic cations) ได้แก่ Ca^{++} Mg^{++} K^+ และ Na^+ แคตไอออนเหล่านี้เมื่อดูดซับอยู่เป็นจำนวนมากที่ผิวของอนุภาคดินเหนียว จะมีผลให้ความเป็นกรดลดลง เนื่องจากแคตไอออนเหล่านี้เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำ (hydrolyse) แล้วจะให้ OH^- ดังสมการ



2) ความหมายของความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง หมายถึงความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่อิ่มตัวด้วยเบสิกแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ (เช่น Na^{+}, K^{+}, Ca^{++}, Mg^{++}) สามารถคำนวนได้จาก การนำจำนวน milliequivalent ของเบสิกแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดหารด้วยค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินแล้วคูณด้วย 100 ดังสูตร

อัตราร้อยละของความอิ่มตัวด้วยเบส = <u>ปริมาณเบสิกแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมด</u> x100
ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน

3) ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่างกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ความอิ่มตัวด้วยเบสจะบ่งบอกถึงสัดส่วนระหว่างเบสิกแคตไอออนและแคตไอออนที่เป็นกรดที่ดูดซับอยู่ในดิน เนื่องจากเบสิกแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจะเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชหลายธาตุ ปริมาณของเบสิกแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช หรืออาจกล่าวได้ว่าหากดินมีความอิ่มตัวด้วยเบสสูงจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แต่ถ้า pH ของดินมีค่าสูงเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาการขาดเหล็ก แมงกานีสและจุลธาตุอื่นๆ และถ้าเบสิกแคตไอออน ที่แลกเปลี่ยนได้ในดินส่วนใหญ่เป็น Na จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชไม่ดีเนื่องจากดินจะมี pH สูงและแน่นทึบ ร้อยละของความอิ่มตัวด้วยเบสยังมีผลต่อความยากง่ายในการ ปลดปล่อยธาตุอาหารพืช เช่น ถ้าดินมีร้อยละของความอิ่มตัวด้วยเบสสูงจะทำให้เบสิกแคตไอออนถูกแทนที่โดยแคตไอออนอื่น ๆ ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้นซึ่งจะทำให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารพืชได้ง่ายและเร็วขึ้น (สมพร คนยงค์, 2554)

การใส่ปุ๋ยทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนไปเช่น การใส่ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ เนื่องจากปุ๋ยพืชสดเพิ่มอินทรีย์วัตถุ และไนโตรเจนแก่ดิน ส่งผลให้ชีวมวลของจุลินทรีย์ในดิน ปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน สู่สภาพความเป็นกลางทั้งในดินกรดและดินด่าง ปรับปรุงการเก็บกักน้ำ ลดการอัดแน่น และการพังทลายของดิน (สมพร ดำยศ, 2546) การใส่วัสดุอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงตามแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอัตราการใส่ปุ๋ย (อภิเชษฐ ทองส่ง, 2553)

1.2.3.3 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน หมายถึง ความสามารถ และศักยภาพของดินในการให้ธาตุอาหาร สารประกอบที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอื่น ๆ เช่น ฮอร์โมนพืช นอกจากนี้ยังรวมถึงศักยภาพด้านสิ่งแวดล้อมของดินทางกายภาพ และชีวภาพที่มาสามารถเอื้อให้มีปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชด้วย ดังนั้นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่มีผลกระทบต่อผลิตผล (productivity) ของพืชในระบบนิเวศน์หนึ่งๆ ก็คือ ธรรมชาติของดินทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในระบบนั้น (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2552)

1. อินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของดินซึ่งมีอิทธิพลต่อสมบัติของดินทั้งสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ แหล่งที่มาที่สำคัญของอินทรียวัตถุในดินคือ เนื้อเยื่อพืช ในสภาพป่าธรรมชาติส่วนประกอบของพืชทุกส่วนไม่ว่าจะเป็น ใบ กิ่งก้าน ลำต้น ราก ผล ของพืชพรรณเมื่อร่วงหล่นลงดินจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่มากมายในดิน กลายเป็นอินทรียวัตถุจำนวนมหาศาล ในพื้นที่เพาะปลูกก็สามารถให้อินทรียวัตถุได้เช่นเดียวกัน ถึงแม้จะมีการนำผลผลิตออกไปจากพื้นที่แต่ก็ยังมีส่วนของตอซังเหลืออยู่และถูกย่อยสลายกลับลงไปในดินโดยจุลินทรีย์เช่นเดียวกัน สำหรับสัตว์จัดเป็นอินทรียวัตถุอันดับสองรองจากพืช เนื่องจากสัตว์กินพืชเป็นอาหาร เมื่อสัตว์ขับถ่ายของเสียออกมารวมทั้งร่างกายของมันเมื่อหมดอายุขัย ก็จะถูกย่อยสลายทั้งจากสัตว์ขนาดเล็กที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจนถึงจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน นอกจากนี้เซลล์ของจุลินทรีย์เองที่ตายแล้ว และยังมีชีวิตอยู่ก็ถือว่าเป็นอินทรียวัตถุเช่นเดียวกัน

เนื้อเยื่อพืชสีเขียวจะเป็นส่วนของน้ำประมาณ 75 % ส่วนที่เหลือเป็นน้ำหนักแห้งซึ่งประกอบไปด้วยธาตุต่าง ๆ เช่น คาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และธาตุอื่น ๆ ที่พืชดูดขึ้นมาจากดิน โดยมากกว่า 90 % ของน้ำหนักแห้งเป็นธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน อย่างไรก็ตามธาตุที่เหลือซึ่งมีจำนวนเมื่อเทียบกับ 3 ธาตุข้างต้น จะแสดงบทบาทสำคัญต่อพืชในแง่เป็นธาตุอาหารเช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน โพแทสเซียม และแมกนีเซียม โดยเฉพาะไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่ได้มาจากอินทรียวัตถุ อินทรียวัตถุมีผลต่อลักษณะของดิน และการเจริญเติบโตของพืชพอสรุปได้ดังนี้

1) ช่วยปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดิน ส่งเสริมการเกาะกันของอนุภาคดินกลายเป็นก้อนดิน ลดสมบัติการอาจแปรรูปได้ (plasticity) และการดูดยึดระหว่างอนุภาค (cohesion) ทำให้ดินเหนียวร่วนซุย ระบายน้ำระบายอากาศดีขึ้น และช่วยให้ดินทรายสามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้มากขึ้น เนื่องจากในระหว่างการย่อยสลายมีการปลดปล่อยสารเหนียวซึ่งเป็นพวกโพลีแซคคาร์ไรด์ออกมาอย่างช้า ๆ ทำหน้าที่คล้ายสารเชื่อมยึดอนุภาคดินให้จับตัวกันเป็นก้อน แต่ไม่คงทน ส่วนใหญ่อยู่ได้เพียงประมาณ 1 ปี ดังนั้นจึงควรเพิ่มอินทรียวัตถุลงไปในดินที่ทำการเพราะปลูกอยู่เสมอ

2) ทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมากขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุมีค่า CEC สูงเมื่อเปรียบเทียบกับคอลลอยด์ดินชนิดอื่น ในดินทั่ว ๆ ไป ประมาณ 30-90 % เป็นไอออนบวกที่ถูกดูดซับโดยอินทรียวัตถุ ดินที่มี CEC สูงจึงสามารถดูดยึดธาตุอาหารพืชที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติคือสลายตัวมากจากแร่ หรือการย่อยสลายของอินทรียวัตถุเอง และที่เติมลงไปในรูปแบบของปุ๋ยอินทรีย์

3) ช่วยต้านทาการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน เนื่องจากอินทรียวัตถุช่วยทำให้ดินมี CEC เพิ่มขึ้น

4) เป็นแหล่งที่มาของธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน นอกเหนือจากนี้ยังให้ธาตุอาหารอื่น ๆ ทุกชนิดกับพืช ธาตุอาหารเหล่านี้จะเป็นประโยชน์กับพืชก็ต่อเมื่ออินทรียวัตถุถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วปลดปล่อยออกมาสู่ดิน

5) สามารถสกัดธาตุจากแร่ต่าง ๆ ที่อยู่ในดินโดยกรดฮิวมิค นอกจากนี้ในระหว่างการย่อยสลายเกิดกรดอินทรีย์ ซึ่งช่วยในการละลายของสารประกอบอินทรีย์เพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้เป็นประโยชน์ต่อพืชอีกทางหนึ่ง

6) ให้สารช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่สร้างขึ้นมาในระหว่างการย่อยสลาย แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าดินอยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมก็อาจทำให้เกิดสารประกอบที่เป็นพิษในระหว่างการย่อยสลายเช่น กรดดีไฮดรอกซี สเตียริก (dehydroxy stearic acid) แต่ถ้าปรับสภาพดินโดยการใส่ปูนปุ๋ย มีการไถพรวนให้เกิดการระบายน้ำระบายอากาศสารพิษชนิดนี้จะหายไป

7) เป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะพวกที่ใช้แหล่งคาร์บอนจากสารอินทรีย์ (heterotophic) ซึ่งจุลินทรีย์มีบทบาทมากในเรื่องของการย่อยสลาย การแปรสภาพธาตุอาหารพืช ตลอดจนการตรึงไนโตรเจน

2. ไนโตรเจน

ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก (macronutrient elements) บางครั้งเรียกธาตุอาหารกลุ่มนี้ว่า มหธาตุ หรือ ธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบหลายชนิดในพืช เช่น โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลิอิกและวิตามิน เป็นต้น เมื่อพืชได้รับธาตุนี้เป็นปริมาณที่พอเพียงแล้วพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี มีความแข็งแรง โดยเฉพาะที่ใบจะมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีสีเขียวเข้ม ไนโตรเจนเป็นธาตุที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชให้ตั้งตัวได้เร็วในระยะแรก นอกจากนั้นยังช่วยทำให้ผลผลิตของพืชมีคุณภาพด้วย เช่น พืชผักสวนครัว ที่ใช้ใบลำต้นและหัวเป็นอาหาร พืชให้น้ำตาล พืชให้เส้นใย จะเห็นว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพของพืช ซึ่งพืชต้องการธาตุนี้ในปริมาณมากรองลงมาจาก คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน อาการผิดปกติของพืชเมื่อขาดธาตุไนโตรเจน เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ภายในพืช อาการผิดปกติเมื่อพืชขาดจะแสดงออกที่ใบแก่ก่อน กล่าวคือ ใบจะสูญเสียสีเขียวโดยเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีเหลืองอมส้ม หรือสีเขียวอ่อน หรือสีขาว ซึ่งลักษณะอาการดังกล่าวนี้เรียกว่าคลอโรซีส (chlorosis) นอกจากนี้ที่ปลายใบและขอบใบจะค่อย ๆ แห้งและลุกลามเข้ามาเรื่อยๆ

จนในที่สุดใบที่แสดงอาการผิดปกติจะร่วงหล่นจากลำต้นก่อนเวลาอันสมควร นอกจากอาการผิดปกติจะเกิดขึ้นที่ใบแล้ว ที่ส่วนอื่นๆ เช่น ลำต้นอาจมีสีเหลือง บางครั้งก็มีสีชมพูเจือปน ลำต้นผอมสูง กิ่งก้านลีบเล็กและมีจำนวนน้อยกว่าปกติ พืชเจริญเติบโตช้ามาก

รูปของไนโตรเจนในดินแบ่งออกเป็น 2 รูปใหญ่ๆคือ อินทรียไนโตรเจน พบว่ามีอยู่ประมาณร้อยละ 97–98 ของไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ได้แก่ โปรตีน กรดอะมิโน และกรดนิวคลิอิก แต่ไนโตรเจนรูปที่กล่าวถึงนี้ พืชไม่อาจนำไปใช้ได้โดยตรง จะต้องถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจนเสียก่อน และ รูปอนินทรียไนโตรเจน พบว่ามีประมาณร้อยละ 2–3 ของไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ได้แก่ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ไนเตรตไอออน (NO_3^-) และไนไตรต์ไอออน (NO_2^-) รูปของก๊าซต่าง ๆ ประกอบด้วย ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนออกไซด์ (N_2O) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ซึ่งรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรงคือ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ไนเตรตไอออน (NO_3^-) และไนไตรต์ไอออน (NO_2^-) ไนโตรเจนในดินได้มาจากกระบวนการตรึงไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ดินและสิ่งมีชีวิตและได้มากับน้ำฝน ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่ก๊าซไนโตรเจนในอากาศถูกออกซิไดส์ให้เปลี่ยนรูปเป็นไนตรัสออกไซด์ (NO) และไนตริกออกไซด์ (NO_2) ไนโตรเจนทั้งสองรูปนี้จะละลายในน้ำฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดิน มีการประมาณไว้ว่าปีหนึ่ง ๆ ไนโตรเจนในดินที่ได้รับโดยกระบวนการนี้ ถ้าอยู่ในเขตอบอุ่นประมาณ 0.4 กิโลกรัม/ไร่ และถ้าอยู่ในเขตร้อนชื้นจะได้รับประมาณ 1.6 กิโลกรัม/ไร่

การได้มาของไนโตรเจนในดินที่ทำการเกษตรมีได้หลายทาง เช่น

1) ได้จากบรรยากาศ ไนโตรเจนในบรรยากาศมีด้วยกันหลายรูปเช่น ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ไนโตรเจนออกไซด์หรือไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนออกไซด์ หรือไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และแอมโมเนีย ซึ่งสารประกอบไนโตรเจนเหล่านี้บางส่วนถูกปลดปล่อยจากดิน พืช และการเผาไหม้ของถ่านหิน และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ก๊าซแอมโมเนียส่วนใหญ่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม และบางส่วนได้จากการระเหยไปจากผิวดิน ดินที่อยู่ในสภาพน้ำขังไนโตรเจนในรูปไนเตรตถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซ N_2, NO, N_2O ปลดปล่อยสู่บรรยากาศโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ในบรรยากาศเมื่อมีการถ่ายเทประจุในระหว่างเกิดฟ้าแลบฟ้าผ่า กลายเป็น NO และ N_2O และกลับสู่พื้นดินโดยถูกชะมากับน้ำฝนในรูปกรดไนตริก พบปริมาณไนโตรเจนในน้ำฝนอยู่ในช่วง 1.12-56 กิโลกรัม/แฮกแตร์/ปี ขึ้นอยู่กับพื้นที่ ในบางพื้นที่ที่เป็นแหล่งอุตสาหกรรมน้ำฝนที่ตกลงมาอาจเป็นฝนกรดจะมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำผิวดิน ทำให้ไนโตรเจนในแหล่งน้ำมากเกินไปส่งผลให้พืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเมื่อพืชตายทำให้เกิดภาวะน้ำเสียได้

2) ได้จากการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์ดิน จุลินทรีย์ในดินบางชนิดสามารถแลกเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจน (N_2) ให้เป็นสารประกอบอินทรีย์ซึ่งมีทั้งชนิดที่ตรึงไนโตรเจนได้เมื่อต้องอาศัยร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น และที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยอิสระ โดยกระบวนการทางเคมี โดย

ขั้นแรกก๊าซไนโตรเจนจะถูกรีดิวซ์เป็นแอมโมเนียและมีเอ็นไซม์ไนโตรจิเนสเป็นตัวกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับกรดอินทรีย์ได้เป็นกรดอะมิโน และเปลี่ยนเป็นโปรตีนต่อไป

จุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนอย่างอิสระในดินเช่น อะโซโตแบคเตอร์ (Azotobacter) คลอสตริเดียม (Clostridium) และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green agea) ส่วนชนิดที่ตรึงไนโตรเจนโดยอาศัยร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่น ไรโซเบียม (Rhizobium) และแฟรงเกีย (Frankia) เป็นต้น

3) ได้จากการใส่ลงไปในดินในรูปของปุ๋ย ในพื้นที่ทางการเกษตร สำหรับเพาะปลูกย่อมมีการใส่ปุ๋ยไม่มากก็น้อยในรูปของปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี ปุ๋ยเคมีที่เป็นแหล่งของไนโตรเจน เช่น ปุ๋ยยูเรีย แอมโมเนียซัลเฟต แอมโมเนียไนเตรต และปุ๋ยผสมชนิดต่าง ๆ ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ปุ๋ยอินทรีย์ทุกชนิดมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของสารที่สำคัญในสิ่งที่มีชีวิต เช่น เป็นองค์ประกอบในกรดอะมิโน โปรตีน และคลอโรฟิลล์ เป็นต้น

4) วัสดุพืชที่เหลือตกค้างอยู่บนผิวดิน การปลูกพืชเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตไปแล้วจะเหลือเศษตอซังอยู่ในพื้นที่ปลูก เศษซากพืชหรือซากสัตว์ที่เหลือตกค้างอยู่ในดินเมื่อถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ อินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปแอมโมเนีย (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งพืชและจุลินทรีย์สามารนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงไม่ควรเผาตอซังหรือเศษกิ่งไม้หรือใบไม้ที่ร่วงหล่นลงดิน ควรปล่อยให้ย่อยสลายโดยธรรมชาติหรือนำมาทำเป็นปุ๋ยหมักจะได้ประโยชน์มากกว่า

การสูญเสียไนโตรเจนไปจากดิน ซึ่งมีโอกาสสูญเสียได้หลายทาง ดังนี้

1) พืช และจุลินทรีย์ในดินนำไปใช้ประโยชน์ ไนโตรเจนโดยเฉพาะในรูปอนินทรีย์ทั้งพืช และจุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโต ดังนั้นจุลินทรีย์ดูเหมือนว่าจะเป็นตัวแก่งแย่งธาตุอาหารไปจากพืช ดังเช่นกรณีใส่วัสดุอินทรีย์ที่มีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงให้กับพืช เมื่อเกิดการย่อยสลายจุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนอย่างมากในการสร้างเซลล์ซึ่งไนโตรเจนจากสารอินทรีย์มีไม่เพียงพอจึงต้องใช้ไนโตรเจนที่มีอยู่ในดิน ในกรณีเช่นนี้อาจพบอาการผิดปกติของพืชเนื่องจากขาดไนโตรเจน แต่การสูญเสียในลักษณะนี้เป็นการสูญเสียชั่วคราว เมื่อเซลล์จุลินทรีย์ตายก็จะเกิดการย่อยสลาย และปลดปล่อยไนโตรเจนรวมทั้งธาตุอื่น ๆ ออกมาให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้อีก กระบวนการที่จุลินทรีย์นำธาตุอาหารพืชในรูปอนินทรีย์ไปใช้ในการสร้างเซลล์กลายเป็นสารประกอบอินทรีย์เรียกว่า อิมโมบิไลเซชัน (immobilization) ซึ่งเป็นกระบวนการตรงกันข้ามกับบิลเนอรัลไลเซชัน (bineralization)

2) สูญเสียโดยการชะละลาย และการชะล้างพังทลาย เป็นการสูญเสียธาตุอาหารในรูปของไอออนโดยถูกชะลงไปกับน้ำที่ไหลซึมลงด้านล่าง ซึ่งเมื่อเคลื่อนที่เลยเขตรากพืชไปแล้วจะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช สำหรับไนโตรเจนที่สูญเสียได้ง่ายโดยการชะละลายคือ NO_3^- เนื่องจากเป็นประจุลบซึ่งไม่ถูกดูดยึดโดยคอลลอยด์ดิน และจะสูญเสียได้ง่ายในดินที่มีเนื้อหยาบ ไนโตรเจนในรูป NH_4^+ ก็เกิดการ

ชะละลายได้เช่นกัน เมื่อมีการแลกเปลี่ยนไอออนออกมาอยู่ในสารละลายดิน ส่วนการสูญเสียโดยการชะล้างพังทลายเป็นการสูญเสียธาตุอาหารร่วมไปกับมวลของดิน มักเกิดดับดินที่ขาดสิ่งปกคลุม และโดยเฉพาะพื้นที่ลาดชัน

3) สูญเสียในรูปของก๊าซ ไนโตรเจนสามารถสูญเสียออกไปจากดินในรูปของก๊าซจากสองสาเหตุคือ การระเหิด (volalization) เป็นการเปลี่ยนไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบในรูปของแข็งเป็นก๊าซ เช่น เกิดในกรณีที่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในสภาพที่ดินเป็นด่าง ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) จะเปลี่ยนเป็นก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) อีกสาเหตุหนึ่งของการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซคือ กระบวนการดีไนตริฟิเคชันจากการกระทำของจุลินทรีย์เปลี่ยนไนเตรต (NO_3^-) เป็นไนโตรเจนก๊าซทั้ง N_2, NO และ N_2O

4) สูญเสียไปกับผลผลิต การปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน พืชจะดูดธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินมาใช้ เมื่อนำผลผลิตหรือส่วนต่าง ๆ ของพืชออกจากพืชที่ปลูกก็เป็นการนำเอาธาตุอาหารออกไปด้วย โดยเฉพาะการปลูกพืชในเชิงเศรษฐกิจ เมื่อมีการจำหน่ายผลผลิตไปสู่ต่างประเทศก็เป็นการจำหน่ายความอุดมสมบูรณ์ของดินไปด้วย (อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์, 2548)

3. ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จัดอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลักเช่นเดียวกับไนโตรเจน และโปตัสเซียม แต่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินมีน้อยกว่าไนโตรเจน และโปตัสเซียม โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.02–0.15% (ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, 2536) แต่พืชมีความต้องการฟอสฟอรัส 0.3–0.5% โดยน้ำหนักแห้ง เพื่อให้การเจริญเติบโตเป็นไปตามปกติ หากพืชขาดธาตุฟอสฟอรัสการเจริญเติบโตจะหยุดชะงักใบมีสีแดงแซม เนื่องจากพืชมีการสังเคราะห์รงค์วัตถุแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้น จึงทำให้สีของใบกลายเป็นสีม่วงเข้ม โดยเฉพาะเกิดที่ใบแก่ อย่างไรก็ตามในช่วงแรกของการขาดธาตุนี้อาจพบว่าใบมีสีเขียวเข้มเกิดขึ้นก่อน เนื่องจากผลด้านการลดการเจริญของพื้นที่ผิวใบมีมากกว่าการลดอัตราการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ทำให้ขณะนั้นความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ต่อหน่วยพื้นที่ผิวใบเพิ่มขึ้นเล็กน้อย นอกจากฟอสฟอรัสจะมีบทบาทในการควบคุมการสังเคราะห์ด้วยแสง และเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตแล้ว ยังมีบทบาทต่อสมดุลของฮอร์โมนพืชด้วย เนื่องจากพืชที่ขาดฟอสฟอรัสมักออกดอกช้า และจำนวนดอกน้อยกว่าปกติ ฟอสฟอรัสในพืชสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปใหญ่ ๆ คือ อินทรียฟอสฟอรัส (organic phosphorus) ได้แก่สารประกอบอินทรีย์ พวกกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ฟอสฟอลิปิด (phospholipids) และ ไพติน (phytin) พืชสามารถเอาสารประกอบเหล่านี้ไปใช้ได้ต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) และไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) เสียก่อน และอนินทรียฟอสฟอรัส (inorganic phosphorus) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือคัลเซียมฟอสเฟต อลูมินัมฟอสเฟต และ เหล็กฟอสเฟต การละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช คัลเซียมฟอสเฟตจะละลายออกมาได้ง่ายกว่าอลูมินัมฟอสเฟต และเหล็กฟอสเฟต ในสภาพดินด่าง คัลเซียมฟอสเฟตจะละลาย

ออกมาได้ง่ายกว่าอลูมินัมฟอสเฟต และเหล็กฟอสเฟต ในสภาพดินกรด อลูมินัมฟอสเฟตจะละลายออกมาได้ง่ายกว่าคัลเซียม และเหล็กฟอสเฟต

การตรึงฟอสฟอรัสในดิน

การตรึงฟอสฟอรัสในดินหมายถึง ฟอสเฟตที่ถูกเปลี่ยนรูปจากรูปที่ละลายน้ำได้ (soluble form) ไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble form) ขบวนการตรึงฟอสฟอรัสในดินขึ้นอยู่กับขบวนการที่สำคัญ 3 ขบวนการคือ

1. การตกตะกอนเชิงเคมี (Chemical precipitation) เป็นปฏิกิริยาระหว่างแคตไอออน (cation) พวก เหล็ก อลูมินัม คัลเซียมและแมกนีเซียมกับฟอสเฟตไอออนที่ไม่ละลายน้ำ สามารถแบ่งปฏิกิริยาออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

1.1 ในสภาพของดินกรดเหล็กและอลูมินัมทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออนเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ดังสมการ

$$Fe^{2+} + H_2PO_4^- + 2H_2O \rightleftharpoons FePO_4 \cdot 2H_2O + 2H^+$$

$$Al^{3+} + H_2PO_4^- + 2H_2O \rightleftharpoons AlPO_4 \cdot 2H_2O + 2H^+$$

1.2 ในสภาพของดินด่าง คัลเซียมและแมกนีเซียมทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออนเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ดังสมการ

$$Ca^{2+} + HPO4^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons CaHPO4 \cdot 2H_2O$$

$$Mg^{2+} + HPO4^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons MgHPO4 \cdot 2H_2O$$

2. ปรากฏการณ์การดูดซับ (adsorption phenomena) ประจุลบของฟอสเฟตไอออนจะถูกดูดยึดอยู่กับไอออนบวกบริเวณผิวของ แร่ดินเหนียว (clay mineral) ด้วยแรงยึดเหนี่ยวทางด้านไฟฟ้า (electrostatic bonding) คือ ประจุลบของฟอสเฟตไอออนจะดูดยึดอยู่กับประจุบวกของแร่ดินเหนียว

3. ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนแอนไอออน (anion exchange reaction) เป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) กับฟอสเฟตไอออนในสารละลายดิน เมื่อฟอสเฟตเข้าไปแทนที่สามารถเกิดพันธะเคมีกับโครงสร้างของแร่ดินเหนียวได้ฟอสเฟตชนิดนี้ยากที่จะถูกปลดปล่อยออกมาทำให้เกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ

การจัดการเกี่ยวกับธาตุฟอสฟอรัสในดินที่ใช้ปลูกพืช

การจัดการเกี่ยวกับธาตุฟอสฟอรัสในดินเพื่อให้พืชได้ใช้ประโยชน์มากที่สุด ทั้งจากส่วนของฟอสฟอรัสที่มีอยู่เดิม และส่วนที่ใส่เพิ่มเติมในรูปของปุ๋ยนับว่ามีความสำคัญ ทั้งนี้เพราะดินโดยทั่วไปมีความจุในการดูดตรึงฟอสฟอรัสไว้ได้มาก จึงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยบางประการเพื่อลดการดูดตรึงฟอสฟอรัสของดิน และช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งมีการจัดการได้ดังนี้

1. รักษาระดับ pH หรือ ปรับระดับ pH ของดินให้อยู่ในช่วง 6 – 7

2. รักษาระดับอินทรียวัตถุในดินให้สูงอยู่เสมอ เนื่องจากอินทรียวัตถุเมื่อผ่านการย่อยสลาย นอกจากจะปลดปล่อยให้ฟอสฟอรัสแก่พืชแล้วสารที่เกิดจากการย่อยสลายยังช่วยลดการตรึงของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่มีอยู่โดยธรรมชาติ และที่เติมลงไป

3 การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปปุ๋ยเคมีให้ลดพื้นที่การสัมผัสระหว่างปุ๋ยกับดินโดยวิธีโรยเป็นแถวขนานกับแถวของพืช และควรใช้ปุ๋ยในรูปปุ๋ยเม็ดมากกว่าชนิดผง ยกเว้นปุ๋ยหินฟอสเฟตซึ่งต้องการให้อนุภาคดินสัมผัสกับอนุภาคปุ๋ยมากๆ เพื่อช่วยในการละลายปลดปล่อยธาตุอาหารในดินกรด (บุญแสน เตียวนุกูลธรรม, 2554)

3. ธาตุโปตัสเซียม

ธาตุโปตัสเซียมเป็นธาตุที่สำคัญรองมาจากไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ดินมักขาดโปตัสเซียมมากที่สุด เนื่องจาก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก โปตัสเซียมที่พืชดูดกินขึ้นมาจากดินจะเคลื่อนย้ายจากส่วนที่แก่ไปยังส่วนที่อ่อน ดังนั้นอาการขาดธาตุโปตัสเซียมจะปรากฏในใบแก่ก่อน ในพืชใบเลี้ยงคู่ใบจะเกิดอาการคลอโรซีส (chlorosis) ซึ่งมีอาการสีเหลืองซีดต่อมาจะกลายเป็นจุดแห้งตาย (necrotic lesion) ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น ธัญพืช เซลล์ที่ปลายใบและขอบใบจะตายก่อน และจุดแห้งตายจะเกิดขึ้นจากปลายใบไปหาโคนใบซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่อ่อนกว่าข้าวโพดที่ขาดโปตัสเซียมจะมีก้านที่อ่อนแอและรากมักถูกทำลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดรากเน่า โปตัสเซียมเป็นธาตุที่กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ รวมทั้งกระตุ้นเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการสร้างแป้งและโปรตีน นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เป็นไอออนที่สำคัญที่ก่อให้เกิดออสโมติกโพเทนเชียลแก่เซลล์ทำให้เซลล์เต่งขึ้น

คุณสมบัติของธาตุโปตัสเซียมในดิน

ในดินโดยทั่วไปจะมีธาตุโปตัสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่มากกว่าธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เนื่องจากหินและแร่หลายชนิดเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินจะมีโปตัสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ดินประเภทต่าง ๆ จะมีโปตัสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ ประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วัตถุต้นกำเนิดดิน กล่าวคือ ถ้าวัตถุต้นกำเนิดดิน

มีสัดส่วนและปริมาณของแร่เฟลด์สปาร์และไมกาอยู่จำนวนมาก จะทำให้ดินมีปริมาณโปตัสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่มากด้วย ทั้งนี้เพราะแร่ทั้งสองชนิดนี้เมื่อสลายตัวกลายเป็นดินจะให้โปตัสเซียมตกค้างอยู่ในดินในส่วนที่เรียกว่า ดินเหนียว หรือ แร่ดินเหนียว จึงมักพบอยู่เสมอว่าดินที่มีเนื้อละเอียดหรือมีอนุภาคดินกลุ่มขนาดดินเหนียวเป็นองค์ประกอบอยู่มากจะมีโปตัสเซียมในปริมาณมากกว่าดินที่มีเนื้อดินหยาบกว่า โปตัสเซียมที่เป็นองค์ประกอบในดินเนื้อหยาบ หรือ ดินทราย ปริมาณส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเศษแร่ที่อยู่ในลักษณะกำลังผุพังสลายตัวอยู่ หรือ ยังมีสภาพเป็นเศษแร่ก้อนเล็ก ๆ ที่ยังไม่ได้ผุพัง ส่วนในดินเนื้อละเอียด หรือ ดินเหนียว โปตัสเซียมปริมาณส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่เป็นองค์ประกอบอยู่ร่วมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ทั้งนี้ส่วนหนึ่งจะเป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของแร่ดินเหนียว และโปตัสเซียมบางส่วนจะอยู่ในสภาพไอออนบวก (K^+) ดูดยึดอยู่กับผิวของคอลลอยด์ตรงส่วนที่มีประจุไฟฟ้าลบ ซึ่งไอออนส่วนนี้ถือว่าอยู่ในสภาพที่แลกเปลี่ยนได้ และอีกส่วนหนึ่งอยู่ในสภาพที่ถูกตรึงอยู่ในดินอาจกล่าวได้ว่า แหล่งของโปตัสเซียมที่สำคัญคือ หินและแร่ชนิดต่างๆ ที่มีโปตัสเซียมเป็นองค์ประกอบ และเป็นวัตถุต้นกำเนิดดินนั่นเอง โปตัสเซียมที่มีอยู่ในดินแบ่งออกเป็น 3 รูป ที่สำคัญคือ

1. รูปที่ละลายน้ำได้ (water soluble forms) โปตัสเซียมรูปนี้จะอยู่ในสภาพของไอออนที่มีประจุไฟฟ้าบวกละลายอยู่ในสารละลายดิน พืชสามารถใช้ประโยชน์ของโปตัสเซียมรูปนี้ได้ทันที โดยดูดกินเข้าไปทางราก แต่โปตัสเซียมรูปนี้ก็มีปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรูปอื่น ๆ

2. รูปไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable forms) โปตัสเซียมรูปนี้จะดูดยึดอยู่กับผิวของคอลลอยด์ดินโดยเฉพาะแร่ดินเหนียว และบางส่วนจะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในสภาพไอออนในสารละลายดินและเป็นประโยชน์ต่อพืช

3. รูปที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (non–exchangeable forms) โปตัสเซียมรูปนี้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ยากมาก ได้แก่ โปตัสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ชนิดต่าง ๆ ในดิน และโปตัสเซียมส่วนที่ถูกตรึงเอาไว้โดยอนุภาคดินเหนียว

การตรึงโปตัสเซียมในดิน

การตรึงโปตัสเซียมในดินเป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปของโปตัสเซียม ที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันทีไปอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้โดยตรง ซึ่งโปตัสเซียมส่วนที่ถูกตรึงอยู่นี้จะอยู่ในสภาพไอออนที่ถูกดูดยึดเอาไว้ด้วยแรงจำนวนมากระหว่างแร่ดินเหนียว 2 อนุภาค ดังนั้นการที่จะทำให้โปตัสเซียมถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับ ชนิดของแร่ดินเหนียวที่ตรึงโปตัสเซียมไอออนเอาไว้ และขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของดินเองด้วย กล่าวคือ ดินที่มีแร่ดินเหนียวหรือดินเหนียวชนิดอิลไลต์ เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณมาก ก็จะทำให้การปลดปล่อยโปตัสเซียมกลับคืนมาได้ยากกว่าแร่ดินเหนียวชนิดมอนท์มอริลโลไนต์ สำหรับสภาพแวดล้อมที่จะส่งเสริมให้โปตัสเซียมที่ถูกตรึงอยู่ถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ สภาพที่ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น หรือ ดินอยู่ในสภาพน้ำขังเป็นเวลานาน เช่น ดินที่ใช้ทำนา

การจัดการเกี่ยวกับธาตุโปตัสเซียมในดินที่ใช้ปลูกพืช

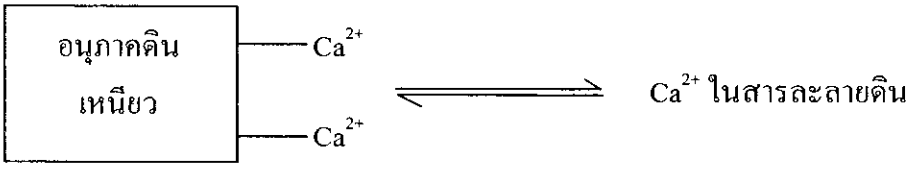
ดินโดยทั่วไปที่มีเนื้อดินละเอียดและอยู่ในกลุ่มของดินเหนียวส่วนใหญ่ มักมีปริมาณธาตุโปตัสเซียมเพียงพอต่อการปลูกพืช ไม่จำเป็นต้องเพิ่มเติมโดยการใส่ปุ๋ยโปตัสเซียมอีก แต่ถ้าต้องการจะใส่ก็ใส่ปริมาณเพียงเล็กน้อยก็พอ ส่วนในกรณีดินเนื้อหยาบ เช่น ดินร่วนและดินทราย อาจจะต้องใส่ปุ๋ยโปตัสเซียมในปริมาณที่มากกว่าในดินเหนียว โดยเฉพาะในดินทรายอาจจะต้องใส่ปุ๋ยโปตัสเซียมเพิ่มมากขึ้นไปอีก นอกเหนือจากการใส่ปุ๋ยโปตัสเซียมโดยตรงแล้ว การจัดการดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ก็ช่วยลดการใส่ปุ๋ยโปตัสเซียมให้น้อยลงได้บ้าง การป้องกันการสูญเสียหน้าดินโดยการชะล้างและพังทลายของดินโดยน้ำพัดพาไป ก็จะช่วยรักษาธาตุโปตัสเซียมเอาไว้ได้อีกทางหนึ่ง (บุญแสน เตียวนุกูลธรรม, 2554)

4. แคลเซียม

ธาตุแคลเซียมเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อพืชธาตุหนึ่ง โดยถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของธาตุรอง ซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช รองมาจากธาตุอาหารหลัก เนื่องจากธาตุแคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ ที่อยู่ในรูปของแคลเซียมเพคเตต (calcium pectate) ช่วยในการแบ่งเซลล์ ช่วยในการสร้างโปรตีนและช่วยในการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดเช่น ฟอสฟอไลเปส (phospholipase) รูปของแคลเซียมในดิน แคลเซียมที่อยู่ในดินแบ่งออกเป็น 2 รูปใหญ่ ๆ คือ อินทรียแคลเซียม พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไพติน และ แคลเซียมเพคเตต ถ้าพืชสามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้จะต้องถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายเปลี่ยนจากอินทรียแคลเซียมไปเป็นอนินทรียแคลเซียมซึ่งอยู่ในรูปของแคลเซียมไอออน และ อนินทรียแคลเซียมประกอบด้วย (อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์, 2548)

1. แคลเซียมที่ละลายยากได้แก่คัลเซียมที่มาจากหินและแร่ เช่น แร่ เฟลด์สปาร์ ($Na - Ca\ AlSi_3O_8$), อะพาไทต์ [$Ca_5(PO_4)_3$ (F Cl ,OH)], แคลไซต์ (CaCO3), โดโลไมต์ [$CaMg\ (CO_3)_2$] และยิปซั่ม ($CaSO_4$) เป็นต้น เมื่อแร่ผุพังสลายตัวจะให้แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ลงไปในดินพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมประเภทนี้จะถูกยึดติดบริเวณผิวของคอลลอยด์ เมื่อแคลเซียมไอออนในสารละลายในดินสูญหายไปโดยพืชหรือจุลินทรีย์แคลเซียมชนิดนี้จะถูกปลดปล่อยออกมาเพื่อรักษาภาวะสมดุล ดังสมการ



3. สารละลายแคลเซียมไอออนในดิน พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง ดินที่มีโดยตรง ดินที่มีธาตุแคลเซียมสะสมอยู่มาก ได้แก่ ดินเหนียวประเภทดินด่างจัด (calcareous soil) ส่วนใหญ่พบในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งละลายน้ำได้ยาก พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้น้อย แต่ถ้าดินมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่มาก และมีความชื้น แคลเซียมคาร์บอเนตก็จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ง่ายขึ้น ดังสมการ

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$$

แคลเซียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต

คาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนไปทำปฏิกิริยากับน้ำได้แก่ กรดคาร์บอนิก ดังสมการ

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

กรดคาร์บอนิก

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + CO_3^-$$

ไฮโดรเจนไอออน ที่ได้จะไปไล่ที่แคลเซียมไอออน ที่ดูดซับบริเวณผิวของคอลลอยด์ดินให้หลุดออกมาอยู่ในสารละลาย ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืช ในดินทรายที่เป็นกรดจัดหรือดินพีต(peat) ที่เป็นกรดจัดจะมีแคลเซียมไอออนอยู่น้อยมาก (บุญแสน เตียวนุกูลธรรม, 2554)

5. แมกนีเซียม

แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์โดยจะอยู่ในตำแหน่งจุดศูนย์กลางของโมเลกุล ช่วยในการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสในพืช เกี่ยวของกับการสังเคราะห์โปรตีน ทำงานในระบบเอ็นไซม์คือเป็นโคแฟคเตอร์ของเอ็นไซม์ต่าง ๆ เช่น กลูโคไคเนส (glucokinase) ฟลุกโตไคเนส (fructokinase) กาแลคโตไคเนส (galactokinase) เฮกโซไคเนส (hexokinase) 6 โฟเพนโตไคเนส (6-phosphopentokinase)

6. สังกะสี

สังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอ็นไซม์ที่ช่วยลดพิษซุปเปอร์ออกไซด์ ที่เกิดจากกระบวนการหายใจแสง (photorespiration) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอินโดลอะซิติกแอซิด (IAA) และกระตุ้นเอ็นไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวกับการสร้างโปรตีน ดังนั้นจึงจำเป็นสำหรับการสร้างเสริมการเจริญเติบโต สังกะสี (Zn) เกิดขึ้นในดินในแร่ปฐมภูมิ และดินเหนียว สังกะสีถูกดูดซับไว้อย่างเหนียวแน่นกับอินทรียวัตถุและดินเหนียว และตกตะกอนในรูปของ hydroxide phosphate carbonate และ silicate ในระดับ pH เป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่าง ในดินส่วนใหญ่มีสังกะสีระหว่าง 10-300 mg/ kg

1.2.3.4 มลพิษดิน

มลพิษดิน หมายถึงดินที่เสื่อมค่าไปจากเดิม และหรือมีสารมลพิษเกินขีดจำกัดจนเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และพลานามัย ตลอดจนการเจริญเติบโตของพืช และสัตว์ ทั้งโดยน

1. **ดินเสียโดยธรรมชาติ** ตัวอย่าง เช่น ปัญหาดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินพรุ หรือดินอินทรีย์ ดินที่มีสารกัมมันตรังสี และดินที่เจือปนด้วยโลหะหนัก เป็นต้น

2. **ดินเสียเพราะการกระทำของมนุษย์** ดังเช่น

2.1 การใช้ปุ๋ยเคมีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตรแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ปุ๋ยเคมีที่ประกอบด้วยธาตุหลักสำคัญของพืชได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแตสเซียม (K) เมื่อใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ดินเปรี้ยว มีสภาพความเป็นกรดสูง

2.2 การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (pesticides) ทำให้ดินเป็นแหล่งสะสมสารเคมีที่มีผลตกค้างนาน เช่น สารประเภทคลอรีนอินทรีย์ (organochlorine) เป็นต้น และสารประเภทอนินทรีย์ที่ใช้ธาตุพิษเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น สารหนู ทองแดง ปรอท ฯลฯ

2.3 การปล่อยให้น้ำเสียจากกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นน้ำเสียที่เกิดจากการชะล้างผ่านสารเคมีต่างๆ ในอุตสาหกรรม เช่น สารพีซีบี (PCB) ที่ใช้ในการผลิตสีและพลาสติก สารเอชซีบี (HCB) ที่ใช้ในการผลิตยางสังเคราะห์

2.4 การใช้ดินเป็นแหล่งทิ้งวัสดุเหลือใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทิ้งวัสดุเหลือใช้อันตราย ซึ่งยากต่อการย่อยสลาย จะเกิดการสะสมในดินจนทำให้เกิดภาวะมลพิษดิน

2.5 การรั่วไหลสารกัมมันตรังสี จากการทดลองหรือจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือจากเตาปฏิกรณ์ปรมาณู สารกัมมันตรังสีจะถูกดูดซึมไปอยู่ในใบและดอกของพืช แล้วผ่านทางห่วงโซ่อาหารมาจนกระทั่งถึงตัวมนุษย์

2.6 การทำเหมืองแร่แทบทุกชนิดจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรดินหรือทรัพยากรน้ำที่จะต้องเกิดการปนเปื้อนและก่อให้เกิดมลพิษในอากาศด้วย

มลสารที่ก่อให้เกิดมลพิษดิน

มลสารในดินสามารถจำแนกได้ 3 พวกคือ

1. มลสารที่มีชีวิต (Biological Contaminants) เช่น พยาธิ แบคทีเรีย ไวรัสต่างๆ ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในดิน

2. มลสารเคมี (Chemical Contaminants) เช่น สารอนินทรีย์บางชนิด ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดดินเค็ม หรืออินทรีย์สารประเภทยาฆ่าแมลง ซึ่งจะถ่ายทอดไปตามห่วงโซ่อาหาร และจะเพิ่มปริมาณมากขึ้นตามลำดับชั้นของผู้บริโภค

3. มลสารกัมมันตรังสี (Rediological Contaminants) เช่น สารจากโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ และเตาปฏิกรณ์ปรมาณู ซึ่งหากมีสารเหล่านี้ตกค้างในดินสูง จะมีผลทำให้สิ่งมีชีวิตบางชนิดเกิดการกลายพันธุ์ได้

1.2.3.5.การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินที่ถูกต้อง ควรจะคำนึงถึง ปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ช่วงเวลาที่เหมาะสม การเก็บตัวอย่างดินสามารถทำได้ตลอดปีแต่ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดคือภายหลังจากเก็บเกี่ยวพืชผลไปแล้วหรือตอนปลายฤดูปลูก

2. ความชื้นในดิน ไม่ควรเก็บตัวอย่างดินในขณะที่ดินยังเปียกมาก หรือมีน้ำขังอยู่ เพราะจะยากแก่การคลุกเคล้าดินให้เข้ากันได้สนิท ความชื้นที่เหมาะสมแก่การเก็บตัวอย่างดินอาจสังเกตได้ คือ เอาดินนั้นมาบีบและ กำให้แน่น เมื่อแบมือออก ดินจะไม่ติดมือ คงจับกันเป็นก้อนและเมื่อบิดออกจะร่วน

3. สถานที่เก็บตัวอย่างดิน ไม่ควรเก็บตัวอย่างดินในบริเวณที่เป็นบ้านเก่า คอกสัตว์เก่า หรือบริเวณที่มีปุ๋ยตกค้างอยู่ เพราะจะทำให้ได้ตัวอย่างที่ไม่แน่นอน

4. เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างดิน

- เครื่องมือสำหรับขุดตัวอย่างดิน เป็นเครื่องมือที่หาได้ทั่วไปตามบ้านเรือน เช่น พลั่ว จอบ และ เสียม หรือ เครื่องมือสำหรับเจาะเก็บ ตัวอย่างดินโดยเฉพาะ เช่น สว่านเจาะ หลอดเจาะ และกระบอกเจาะ เป็นต้น

- ภาชนะสำหรับเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ ถัง กระบุง ฯลฯ สำหรับเก็บรวบรวมตัวอย่างดินที่ขุดแต่ละหลุมและกล่องกระดาษแข็ง หรือถุงพลาสติก สำหรับบรรจุตัวอย่างดิน เพื่อส่งไปห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน

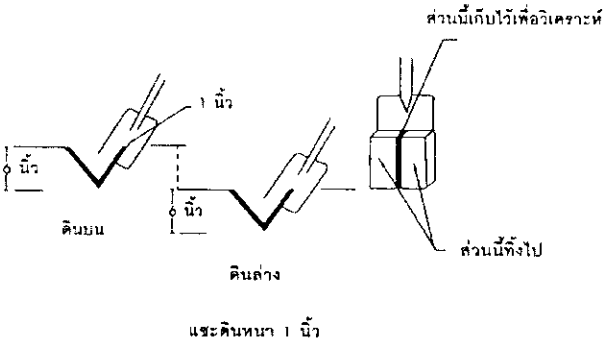
เครื่องมือที่ใช้ขุดดิน และภาชนะบรรจุดิน จะต้องสะอาดไม่มีดิน ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช และวัชพืช หรือผงสกปรกอื่นๆ ติดอยู่ แม้จะเข้าไปปะปนเพียงน้อยนิดก็ตาม

5. ขนาดของแปลงที่จะเก็บตัวอย่างดิน ไม่จำกัดขนาดที่แน่นอน พื้นที่ที่มีความลาดเทแตกต่างกัน ปลูกพืชต่างชนิดกัน เคยใส่ปุ๋ยหรือ หินปูนต่างกัน (หรือกรณีที่มีเนื้อที่มาก) ต้องเก็บแยกกันเป็นคนละตัวอย่าง โดยแบ่งพื้นที่เป็นแปลงแปลงละ 10-20 ไร่

วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

ต้องถางหญ้าหรือกวาดเศษพืชและใบไม้ที่ คลุมดินอยู่ออกทิ้งเสียก่อนแล้วใช้จอบ เสียม หรือพลั่วขุดหลุมเป็นรูปตัว V ลึกประมาณ 6 นิ้วฟุต จากผิวดิน (สำหรับการ ปลูกพืชทุกชนิด) หลังจากนั้น แล้วจึงแซะเอาดินข้างด้านหนึ่ง หนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร จากปากหลุมขนานลงไปตามหน้าดินที่ขุดไว้ลึกถึงก้นหลุมแล้วงัดขึ้น ดินที่ต้องการก็จะติดตามมากับ พลั่ว จอบ หรือเสียม เอาดินนี้ใส่ถัง หรือ

กระบุงไว้ ทำอย่างนี้จนครบทุกหลุมโดยปรกติแปลง ขนาดเนื้อที่ 10-20 ไร่ ควรขุดประมาณ 10-20 หลุม ในที่ต่างๆ กันให้กระจายทั่วแปลงหลังจากขุดดินครบทุกหลุมตามที่ต้องการแล้วทำดินเหล่านี้ให้เป็นก้อนเล็กๆ คลุกเคล้าให้ทั่วสม่ำเสมอแล้วแบ่งดินออกประมาณ 1 กิโลกรัม ใส่กล่องกระดาษแข็ง หรือถุงพลาสติกพร้อมกับเขียนรายละเอียดต่างๆ ใส่ไว้ข้างในและปิดข้างนอกกล่อง หรือถุงพลาสติกด้วย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)



ภาพประกอบที่ 1.11 แสดงวิธีการเก็บตัวอย่างดินจากจุดที่กำหนด
ที่มา : พัชรี ธีรจินดาขจร (2549)

1.2.3.6 ดินในพื้นที่ที่ทำการทดลอง

ดินในพื้นที่ที่ทำการทดลองคือ ชุดดินอ่าวลึก (Ao Luk series: Ak) ซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 26 มีระดับวงศ์ดินอยู่ใน very fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandiustox เกิดจากการสลายตัวของหินดินดาน หินฟิลไลต์ หรือหินอื่นๆ ในตระกูลเดียวกัน ในบริเวณที่มีอิทธิพลของหินปูนเข้ามาเกี่ยวข้อง สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชั้น 3-5 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 1 เมตร ตลอดปี

ดินบนลึกไม่เกิน 20 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว สีพื้นเป็นสีเข้มของน้ำตาลปนแดง ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก (pH 5.0-6.0) ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีแดง หรือสีแดงเข้ม ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก (pH 5.0-6.0) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

1.2.4 ปาล์มน้ำมัน

1.2.4.1 ลักษณะพฤกษศาสตร์ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและเป็นพืชยืนต้น (perennial crop) ได้จำแนกปาล์มน้ำมันให้อยู่ในวงศ์ (family) Palmae หรือ Arecaceae (monocotyledon) ปาล์มน้ำมันเป็นพืชผสมข้าม

ประเภทที่มีช่อดอกตัวผู้และตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน แต่ช่วงเวลาการออกดอกจะไม่พร้อมกัน เป็นพืชดิพลอยด์มีจำนวนโครโมโซม 2n = 2x = 32 และในสกุล (genus) Elaeis ประกอบด้วยปาล์มน้ำมัน 2 ชนิด (species) ได้แก่ ปาล์มน้ำมันชื่อวิทยาศาสตร์ Elaeis guineensis Jacq. ในปัจจุบันเป็นพันธุ์ปลูกเพื่อการค้าเดิมมีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกาตอนกลางและตะวันตก คำว่า Elaeis มีความหมายตรงกับคำ elaion ซึ่งแปลว่า น้ำมัน ส่วนคำว่า guineensis มีความหมายว่า แหล่งรวบรวมอยู่ที่ ประเทศ Guinea แอฟริกาตะวันตก ลักษณะของปาล์มน้ำมัน E. guineensis ให้ผลผลิตทะลายสูง มีน้ำหนักผล เปลือกนอกต่อผลและผลผลิตน้ำมันสูงส่วนอีก species หนึ่งคือปาล์มน้ำมัน ชื่อวิทยาศาสตร์ Elaeis oleifera มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้และอเมริกากลาง ลักษณะต้นเตี้ยและต้านทานต่อโรคตาเน่า (Lethal bud rot) เปอร์เซ็นต์กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (unsaturated fatty acid) ค่าไอโอดีนสูง (iodine value) ประมาณ 77-78% รวมทั้งมีวิตามินเอและวิตามินอีสูงแต่ให้ผลผลิตและปริมาณน้ำมันน้อยกว่าปาล์มน้ำมัน E.guineensis ปัจจุบันมีประโยชน์ในการเป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับปรับปรุงพันธุ์ โดยการผสมข้ามระหว่าง Species

1. ราก ปาล์มน้ำมันมีระบบรากฝอย รากอ่อนจะงอกออกจากเมล็ดเป็นอันดับแรก เมื่อต้นกล้าอายุได้ประมาณ 2-4 เดือน รากอ่อนจะหยุดเจริญเติบโตและหายไป ระบบรากจริงจะงอกจากส่วนฐานของลำต้น ต้นปาล์มที่เจริญเติบโตเต็มที่นั้น ประกอบด้วย รากแรกที่หยั่งลึกลงผิวดินช่วยยึดลำต้นบ้างเล็กน้อย และมีรากสอง สามและสี่ที่แตกแขนงออกมาตามลำดับ ทอดไปตามแนวนอน จะเป็นระบบรากสานกันอย่างหนาแน่นอยู่บริเวณผิวดินระดับลึก 30-50 เซนติเมตร

2. ลำต้น ปาล์มน้ำมันมีลำต้นตั้งตรง มียอดเดี่ยวรูปกรวย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-12 เซนติเมตร สูง 2.5-4 เซนติเมตร ประกอบด้วยใบอ่อนและเนื้อเยื่อเจริญ ต้นปาล์มน้ำมันในระยะ 3 ปีแรกจะเจริญเติบโตทางด้านกว้าง หลังจากนั้นลำต้นจะยืดขึ้นปล้องฐานโคนใบ และข้อจะปรากฏให้เห็นก็ต่อเมื่อปาล์มน้ำมันอายุมากแล้ว ทางใบจะติดอยู่กับลำต้นอย่างน้อย 12 ปี หรือมากกว่านั้นแล้วเริ่มหลุดจากใบล่างขึ้นไปทางใบบนลำต้นมีการจัดเรียงตัวเวียนตามแกนลำต้น รอบละ 8 ทางใบ 2 ทิศทาง คือ เวียนซ้ายและเวียนขวา เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ประมาณ 20-75 เซนติเมตร โดยทั่วไปลำต้นมีความสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 35-60 เซนติเมตรต่อปี ขึ้นกับสภาพแวดล้อมและพันธุกรรม ปาล์มน้ำมันมีความสูงได้มากกว่า 30 เมตร และมีอายุยืนนานมากกว่า 100 ปี แต่การปลูกปาล์มน้ำมันเป็นการค้า ไม่ควรมีความสูงเกิน 15-18 เมตร หรืออายุประมาณ 25 ปี

3. ใบ ใบของปาล์มน้ำมันเป็นใบประกอบรูปขนนก (pinnate) แต่ละใบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนแกนกลางที่มีใบย่อยอยู่ 2 ข้าง และส่วนก้านทางใบ ซึ่งมีขนาดสั้นกว่าส่วนแรกและมีหนามสั้น ๆ อยู่ 2 ข้างแต่ละทางมีใบย่อย 100-160 คู่ แต่ละใบย่อยยาว 100-120 เซนติเมตร กว้าง 4-6 เซนติเมตร

4. ดอก ปาล์มน้ำมันเป็นพืชผสมข้าม มีดอกเพศเมียและดอกเพศผู้แยกช่อดอกภายในต้นเดียวกัน (monoecious) ที่ตำแหน่งของทางใบมีตาดอก 1 ตา อาจจะพัฒนาเป็นช่อดอกเพศผู้หรือเพศเมีย บางครั้งจะพบว่ามีช่อดอกกะเทยซึ่งมีทั้งดอกเพศผู้และเพศเมียอยู่รวมกัน (hermaphrodite) การบานของดอกปาล์มน้ำมันแต่ละดอกไม่พร้อมกัน การพัฒนาจากระยะตาดอกจนถึงดอกบานพร้อมที่จะรับการ

ผสม (anthesis) ใช้เวลาประมาณ 33-34 เดือน การเปลี่ยนเพศของตาดอก (sex differentiation) จะเกิดขึ้นในช่วง 20 เดือนก่อนดอกบาน ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ช่อดอกจะพัฒนาเป็นช่อดอกเพศเมียเป็นส่วนใหญ่ การผสมเกสรมีลมและแมลงเป็นพาหะ โดยเฉพาะด้วงงวงปาล์มน้ำมัน (Elaeidobius kamerunicus) เป็นแมลงที่ช่วยผสมเกสรที่สำคัญหลังจากการผสมเกสร 5-6 เดือน ช่อดอกตัวเมียจะพัฒนาไปเป็นทะลายที่สุกแก่เต็มที่ สามารถเก็บเกี่ยวได้ ดอกตัวเมียมีกาบหุ้ม (bract) เจริญเป็นหนามยาว 1 อัน กาบรอง (bractiole) 2 แผ่นและมีกลีบดอก (perianth) 2 ชั้น ๆ ละ 3 กลีบ ห่อหุ้มรังไข่ 3 พูไว้ ยอดเกสรตัวเมียมี 3 แฉก เมื่อดอกบานแฉกนี้จะโค้งเปิดออก วันแรกกลีบดอกเป็นสีขาว ตรงกลางมีต่อมผลิตของเหลว เหนียว วันต่อมาเปลี่ยนเป็นสีชมพู วันที่ 2-3 ของการบานของดอกจะเป็นระยะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผสมพันธุ์ปาล์มน้ำมันวันที่สามเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนและวันที่สี่เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล หลังจากผสมเกสรแล้วยอดเกสรตัวเมียจะเปลี่ยนเป็นสีดำและแข็งปาล์มน้ำมันที่โตเต็มที่แล้วช่อดอกตัวเมียมีช่อดอกย่อย ประมาณ 110 ช่อ และมีดอกตัวเมียประมาณ 4,000 ดอก ดอกตัวผู้ที่เจริญเต็มที่ก่อนที่จะบานมีขนาดกว้าง 1.5-2 มิลลิเมตร ยาว 3-4 มิลลิเมตร ถูกห่อหุ้มด้วยกาบหุ้มรูปสามเหลี่ยม 1 แผ่น มีกลีบดอก 2 ชั้น ชั้นละ 3 กลีบ มีเกสรตัวผู้ 6 อัน รวมกันอยู่เป็นท่อตรงกลางดอก อับเกสรตัวผู้มี 2 พู ละอองเกสรจะหลุดจากช่อดอกทั้งหมดภายในเวลา 3 วัน ถ้าอากาศชื้นจะใช้เวลามากขึ้น ละอองเกสรจะมีชีวิตอยู่ได้ 7 วัน แต่หลังจากวันที่ 4 ความมีชีวิตจะต่ำลง เมื่อดอกเจริญเต็มที่ช่อดอกย่อยตัวผู้มีขนาดยาว 10-20 ซม.หนา 0.8-1.5 เซนติเมตร มีลักษณะคล้ายนิ้วมือ ต้นปาล์มน้ำมันที่โตเต็มที่ช่อดอกตัวผู้ 1 ดอก ให้ละอองเกสรมีน้ำหนักประมาณ 30-50 กรัม

5. ทะลาย ทะลายปาล์มน้ำมัน ประกอบด้วย ก้านทะลาย ช่อทะลายย่อย และผล ในแต่ละทะลายมีปริมาณผล 45-70 เปอร์เซ็นต์ ทะลายปาล์มน้ำมันเมื่อสุกแก่เต็มที่ มีน้ำหนักประมาณ 1-60 กิโลกรัม แปรไปตามอายุของปาล์มน้ำมัน และปัจจัยสิ่งแวดล้อมแบบการปลูกเป็นการค้าต้องการทะลายที่มีน้ำหนัก 10-25 กก. จำนวนทะลายต่อต้นก็มีความแตกต่างเช่นกัน โดยมีสหสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักทะลาย

6. ผล ผลปาล์มน้ำมันไม่มีก้านผล (sessile drup) รูปร่างมีหลายแบบ ตั้งแต่รูปเรียวแหลมจนถึงรูปไข่หรือรูปยาวรี ความยาวผลอยู่ระหว่าง 2-5 เซนติเมตร น้ำหนักผลมีตั้งแต่ 3 กรัม จนถึงประมาณ 30 กรัม ประกอบด้วยผิวเปลือกนอก (exocarp) ชั้นเปลือกนอก (mesocarp) เป็นเนื้อเยื่อเส้นใยสีส้มแดงเมื่อสุกและมีน้ำมันอยู่ในชั้นนี้ ปาล์มน้ำมันที่ปลูกเป็นการค้าโดยทั่วไปพบว่ามีสีผลที่ผิวเปลือกนอก 3 ลักษณะ คือ เมื่อผลดิบเป็นสีเขียว จะเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อสุก (light reddish-orange) เรียกลักษณะนี้ว่า virescens โดยทั่วไปพบน้อยกว่าแบบที่ 2 เรียกว่า nigrescens ผลดิบมีสีดำ ปลายผลมีสีงาช้างจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อสุกแล้ว (deep reddish-orange) แบบที่ 3 เรียกว่า albescens มีสีผิวเปลือกเมื่อสุกเป็นสีเหลืองซีด โดยทั่วไปพบน้อยมาก ผลปาล์มน้ำมัน Elaeis guineensis Jacq. อาจปรากฏว่าต้นปาล์มน้ำมันที่มีลักษณะของผลแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลจากยีนควบคุมความหนาของกะลา 1 คู่ (single gene) จำแนกลักษณะผล (fruit type) ได้ 3 แบบ ดังนี้

1. ดูรา (Dura) มีกะลาหนา 2-8 มิลลิเมตร และไม่มีวงเส้นประสีดำอยู่รอบกะลา มีชั้นเปลือกนอกบาง 35-60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล มียีนควบคุมเป็นลักษณะเด่น (dominent) Sh+Sh+

2. เทเนอรา (Tenera) มีกะลาบาง ตั้งแต่ 0.5-4 มิลลิเมตร มีวงเส้นประสีดำอยู่รอบกะลา มีชั้นเปลือกนอกมาก 60-90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผล ลักษณะเทเนอรา(Sh+Sh-) เป็นพันธุ์ทาง (heterozygous) เกิดจากการผสมข้ามระหว่างลักษณะดูรากับพิสิเฟอรา

3. พิสิเฟอรา (Pisifera) ยีนควบคุมลักษณะผลแบบนี้เป็นลักษณะด้อย (recessive, Sh-Sh-) ลักษณะผลไม่มีกะลาหรือมีกะลาบาง มีข้อเสีย คือ ช่อดอกตัวเมียมักเป็นหมัน (abortion) ทำให้ผลฝ่อลีบ ทะลายเล็ก เนื่องจากผลไม่พัฒนา ผลผลิตทะลายต่ำมาก ไม่ใช้ปลูกเป็นการค้าการที่มีต้นพิสิเฟอราปรากฏในสวนปาล์มน้ำมันลูกผสมเทเนอราที่ปลูกเป็นการค้า เป็นตัวบ่งชี้ว่าเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันนั้นมาจากแหล่งผลิตที่มีการผลิตลูกผสมที่ไม่ได้มาตรฐานช่อดอกตัวเมียมี 2 ลักษณะ คือ female fertile และ female infertile มักพบว่าต้นพิสิเฟอราที่มีการพัฒนาของผลมาจากช่อดอกแบบ female infertile จะมีทะลายฝ่อและลำต้นใหญ่มาก

7. เมล็ด เมล็ดของปาล์มน้ำมันมีลักษณะแข็ง ประกอบด้วย กะลา (endocarp) และเนื้อใน ซึ่งเจริญมาจากไข่ 1-3 อัน บางครั้งพบ 4 อัน ขนาดของเมล็ดขึ้นอยู่กับความหนาของกะลาและขนาดของเนื้อใน บนกะลาจะมีช่องสำหรับงอก (germ pore) 3 ช่อง ในกะลานั้นประกอบด้วยอาหารต้นอ่อน (endosperm) หรือเนื้อใน สีขาวอมเทาซึ่งมีน้ำมันสะสมอยู่ และมีเยื่อ (testa) สีน้ำตาลแก่หุ้มอยู่ โดยมีเส้นใยรองรับระหว่างเยื่อหุ้มกับกะลาอีกชั้นหนึ่งภายในเนื้อในตรงกันข้ามกับช่องสำหรับงอกมีต้นอ่อนฝังตัวอยู่มีลักษณะตรง ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตรโดยปกติเมล็ดปาล์มน้ำมันมีการพักตัวซึ่งสามารถทำลายการพักตัวโดยการอบด้วยความร้อนเมล็ดจะงอกเมื่อได้รับการกระตุ้นโดยอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม ขบวนการงอกจะเกิดในระยะเวลา 3-4 วัน แต่ละเมล็ดจะใช้เวลาในการงอกแตกต่างกัน ต้นอ่อนในเมล็ดเริ่มมีการเจริญเติบโตนั้น ยอดของใบเลี้ยงจะขยายใหญ่ขึ้นมีสีเหลือง เรียกว่า จาว (haustorium) และยังคงฝังตัวอยู่ในเนื้อใน ทำหน้าที่ดูดอาหารมาเลี้ยงต้นอ่อน จาวจะผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารต้นอ่อนให้เป็นของเหลวไปเลี้ยงต้นอ่อนเป็นเวลาประมาณ 3 เดือน จนกระทั่งต้นอ่อนสามารถสังเคราะห์แสงเองได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

1.2.4.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมัน

ความสูงจากน้ำทะเลไม่เกิน 300 เมตร ความลาดเอียง 1-12 % ไม่มากกว่า 28 % พื้นที่ไม่มีน้ำท่วมขัง มีการระบายน้ำดี ถึงปานกลาง ลักษณะดิน เป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง ชั้นดินมีความลึกของหน้าดิน มากกว่า 75 เซนติเมตร ไม่มีชั้นดินดาน ความเป็นกรดด่างของดิน 4-6 ระดับน้ำใต้ดินลึก 75-100 เซนติเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส

สำหรับความต้องการแสงแดดนั้นโดยทั่วไปปาล์มน้ำมันต้องการแสงแดดอย่างน้อย 5 ชั่วโมง หรือประมาณ 18,000 ชั่วโมงต่อปี ถ้าปลูกปาล์มในสถานที่มีร่มเงา หรือปลูกในสภาพชิดกันเกินไป จะทำให้การผลิตช่อดอกเพศเมียลดลง ทำให้ผลผลิตลดลง ปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,800-2,000 มิลลิเมตรต่อปี มีการกระจายของน้ำฝนสม่ำเสมอ มีช่วงแล้งต่อเนื่อง น้อยกว่า 3 เดือนต่อปี มีแหล่งน้ำใกล้เคียงเพื่อใช้ในช่วงแล้ง ในสภาพพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,800 มิลลิเมตรต่อปี และมีฤดูแล้งยาวนาน 3–5 เดือน ควรมีการให้น้ำเสริมเพื่อเพิ่มผลผลิตทะลายให้สูงขึ้น สาหรับการติดตั้งระบบน้ำควรพิจารณา ดังนี้

- พื้นที่ที่มีขนดใหญ่ มีแหล่งน้ำเพียงพอ ควรติดตั้งระบบน้ำแบบหยด (Drip Irrigation)
- พื้นที่ที่มีแหล่งน้ำมากเกินพอควรติดตั้งระบบน้ำแบบโปรยน้ำ (Mini Sprinkler)

ตารางที่ 1.6 เกณฑ์ที่ใช้ประเมินสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน

ลักษณะสมบัติดิน	สภาพพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน		
	เหมาะสม	ค่อนข้างเหมาะสม	ไม่เหมาะสม
ความลาดชัน (%)	0-12	12-20	>20
การท่วมขังของน้ำ	ไม่มี-เล็กน้อย	เล็กน้อย	มี
การระบายน้ำ	ปานกลาง	ดี	ดีหรือยากเกินไป
ความสามารถในการซึมน้ำของดิน	ปานกลาง	เร็วหรือช้า	เร็วมากหรือช้ามาก
เนื้อดิน	ดินร่วนถึงดินเหนียว	ดินร่วนปนทราย	ดินทรายปนร่วนถึงดินทราย
ความลึกของชั้นหน้าดิน	>75 ซม.	40-75 ซม.	<40 ซม.

ที่มา: (ชัยรัตน์ นิลนนท์ และธีระพงศ์ จันทรนิยม, 2551)

ตารางที่ 1.7 ปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน

ธาตุอาหาร	ปริมาณธาตุอาหารในดิน			
	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
pH (1:5, ดิน:น้ำ)	<3.50	4.00	4.20	5.50
Organic C (%)	<0.80	1.20	1.50	2.50
Total N (%)	<0.80	0.12	0.15	0.25
Available P (mg/kg)	<8	15	20	25
Exchangeable Mg (cmol/kg)	<0.08	0.2	0.25	0.30
ECEC (cmol/kg)	<6	12	15	18

หมายเหตุ: mg/kg = ppm และ cmol/kg = meq/100g.

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชัยรัตน์ นิลนนท์ และธีระพงศ์ จันทรนิยม, 2551

ตารางที่ 1.8 การประเมินความเหมาสมของสมบัติทางฟิสิกส์ของดินสำหรับปลูกปาล์มน้ำมัน

ชั้นความเหมาะสม	หน่วย	เหมาะสมมาก		เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	ไม่เหมาะสม
ข้อจำกัด		ไม่มี	น้อย	ปานกลาง	รุนแรง	รุนแรงมาก
เนื้อดิน	-	SL, L, Sil	CL, SiCL, SC	SCL, LS, SiC, SC	ดินพรุ, C	ดินกรวน

SL ดินร่วนปนทราย, L ดินร่วน, SiL ดินร่วนปนทรายแป้ง, CL ดินร่วนปนเหนียว, SiCL ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง, SC ดินเหนียวปนทราย, LS ดินทรายปนร่วน, SiC ดินเหนียวปนทรายแป้ง, C ดินเหนียว และ S ดินทราย

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชัยรัตน์ นิลนนท์ และธีระพงศ์ จันทรนิยม, 2551

1.2.4.3 การประเมินความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่สูง และค่าใช้จ่ายในการใส่ปุ๋ยมีราคาแพง จึงจำเป็นต้องทราบชนิดและอัตราความต้องการปุ๋ย รวมถึงวิธีการและระยะเวลาที่เหมาะสมในการใส่ปุ๋ย เพื่อลดต้นทุนการผลิต วิธีการพื้นฐานในการประเมินความต้องการปุ๋ยของปาล์มน้ำมัน มีดังนี้

วิธีที่ 1: ใช้ลักษณะที่มองเห็นที่ต้นปาล์มแสดงอาการขาดธาตุอาหาร

วิธีที่ 2: ใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามผลการวิเคราะห์ใบปาล์มน้ำมัน

การประเมินความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมัน โดยวิธีที่ 2 เป็นวิธีที่นิยมและแพร่หลายในปัจจุบัน เพราะสามารถบอกระดับปริมาณความต้องการปุ๋ยของปาล์มน้ำมัน โดยจะต้องเก็บใบที่ถูกต้องมาวิเคราะห์ และพิจารณาปริมาณผลผลิต ติดต่อกันอย่างน้อย 3 – 4 ปี นอกจากนี้ยังต้องใช้ข้อมูล การใส่ปุ๋ย การสังเกตอาการขาดธาตุอาหารของพืช การเจริญเติบโต และข้อมูลการวิเคราะห์ดิน เพื่อประกอบ การพิจารณาใส่ปุ๋ยต่อไป

ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของปาล์มน้ำมันจะน้อยในช่วงแรก เนื่องจากต้นปาล์มน้ำมันยังมีขนาดเล็กและอยู่ในระยะตั้งตัว หลังจากนั้น ความต้องการธาตุอาหารเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนปาล์มน้ำมันมีอายุ 5 ปี ขึ้นไป ปริมาณธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันต้องการจะเริ่มคงที่

ตารางที่ 1.9 ปริมาณความต้องการธาตุอาหารของปาล์มนั้นในช่วงอายุต่าง ๆ

ช่วงอายุ (ผลรวมปี)	ธาตุอาหาร (กิโลกรัม/เฮกตาร์)				
	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: Von Uexkull, (1991)

ไนโตรเจน (N)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนควรต้องใส่อย่างระมัดระวัง เนื่องจากการการสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจนเกิดได้โดย การซึมผ่านระบบรากของปาล์มน้ำมัน (Leaching) การไหลบ่าไปกับน้ำบนผิวดิน (surface runoff) และการระเหิด (volatilization) นอกจากนี้การสูญเสียยังเกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนบนกองซากพืชที่ยังย่อยสลายไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามการใส่ไนโตรเจนอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะการใส่ไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยเคมีสูตร 21–0–0 จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินลดลง เนื่องจากความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกหรือค่า CEC (Cation exchange capacity) ภายในดินมีค่าลดลงเป็นผลให้ความสามารถในการเก็บประจุบวก (K^+, Mg^+) ของดินลดลงไปด้วย ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนควรใส่ไนโตรเจนโดยหว่านกระจายให้ทั่ว ไม่ควรใส่เป็นแถวหรือเป็นแนวแคบๆ เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียสูงขึ้น และทำลายระบบรากของปาล์มน้ำมัน โดยทั่วไปในปาล์มน้ำมันอายุไม่เกิน 5 ปี ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนบริเวณรอบโคนต้นที่มีการกำจัดวัชพืชแล้ว ส่วนปาล์มน้ำมันที่อายุมากขึ้นและมีทรงพุ่มเริ่มชนกัน สามารถหว่านปุ๋ยไนโตรเจนให้กระจายทั่วบริเวณทรงพุ่มและระหว่างแถวปาล์มน้ำมันได้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนควรใส่ก่อนที่จะเข้าฤดูแล้งในปีถัดไปประมาณ 3-4 เดือน ในการใส่แต่ละครั้งไม่ควรเกิน 0.5 กก.N/ต้น/ครั้ง โดยไนโตรเจนที่ใส่ในรูปของปุ๋ยยูเรียหรือปุ๋ยเคมีสูตร 46–0–0 ควรใส่ไม่เกิน 1 กก./ต้น/ครั้ง ในรูปของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหรือปุ๋ยเคมีสูตร 21–0–0 ควรใส่ไม่เกิน 2.5 กก./ต้น/ครั้ง และเพื่อเป็นการลดการสูญเสียของไนโตรเจนโดยการระเหิด จึงไม่ควรใส่ปุ๋ยยูเรียในขณะดินแห้ง หรือช่วงที่คาดว่ามีน้ำฝนตกน้อย (น้อยกว่า 5 มม./วัน) หรือช่วงที่ฝนตกชุกมากเกินไปหรือช่วงน้ำหลากเพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนจากการซึมผ่านรากหรือการไหลบ่าไปกับน้ำบนผิวดิน ทางที่ดีควรใช้ยูเรียในช่วงที่มีฝนชุกพอสมควร (ตั้งแต่ 20 มม./วัน) ดังนั้นเพื่อให้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมี

ประสิทธิภาพมากขึ้น ควรมีข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเช่น ปริมาณน้ำฝน (มม./วัน) หรือจำนวนวันที่ฝนตก เป็นต้น

ลักษณะอาการขาดไนโตรเจน

ปาล์มน้ำมันที่มีอาการขาดธาตุไนโตรเจน จะมีอัตราการเจริญเติบโตช้า โดยเฉพาะอัตราการผลิตใบใหม่จะลดลง อาการที่พบได้ชัดเจนคือ ใบย่อยของทางใบล่างจะเหลือง ใบจะมีขนาดเล็กลง ถ้าขาดรุนแรงใบจะมีสีเหลือง

ระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

การสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจนอาจเกิดได้จาก การซึมผ่านระบบรากของปาล์มน้ำมัน (Leaching) การไหลบ่าไปกับน้ำบนผิวดิน (Surface runoff) และการระเหิด (Volatilization) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงควรต้องใส่อย่างระมัดระวัง

การลดการสูญเสียของไนโตรเจนโดยการระเหิด สำหรับยูเรียไม่ควรใส่ในดินที่แห้งหรือช่วงที่คาดว่ามีน้ำฝนน้อย (น้อยกว่า 5 มม./วัน) หลังใส่ยูเรีย ทางที่ดีควรใช้ยูเรียในช่วงที่มีฝนชุกพอสมควร (ตั้งแต่ 20 มม./วัน) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนควรใส่ก่อน 3 - 4 เดือนก่อนเข้าฤดูแล้ง ในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 0.5กก.N/ต้น/ครั้ง (ยูเรียไม่เกิน 1 กก./ต้น/ครั้ง, แอมโมเนียซัลเฟตไม่เกิน 2.5 กก./ต้น/ครั้ง) และไม่ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในช่วงฝนตกชุกมาก ๆ หรือช่วงน้ำหลากเพื่อลดความสูญเสียจากการซึมผ่านรากไป

เพื่อให้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรมีข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เช่น ปริมาณน้ำฝน (มม./วัน), จำนวนวันที่ฝนตก เพื่อใช้ในการตัดสินใจ

บริเวณที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

การสูญเสียไนโตรเจนจะสูญเสียค่อนข้างมากถ้าใส่บนกองซากพืช ในปาล์มน้ำมันอายุไม่เกิน 5 ปี ควรใส่ไนโตรเจนบริเวณรอบโคนต้นที่กำจัดวัชพืชแล้ว ในปาล์มน้ำมันที่มีทรงพุ่มเริ่มชนกันสามารถหว่านปุ๋ยไนโตรเจนให้กระจายให้ทั่วแม้ในบริเวณระหว่างแถวปาล์มน้ำมัน
ก็ตาม pH ของดินที่ใช้ไนโตรเจนอย่างต่อเนื่องยาวนานจะลดลง เนื่องจากการลดลงของการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity) ซึ่งอาจเป็นผลให้ความสามารถในการเก็บประจุบวก (K^+, Mg^+) ลดลงด้วย การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ควรใส่เป็นแถว หรือ แนวแคบ ๆ เพราะทำให้การสูญเสียสูงขึ้น และทำลายระบบรากของปาล์มน้ำมัน ควรใส่ไนโตรเจนโดยการกระจายให้ทั่ว

ฟอสฟอรัส (P)

การสูญเสียปุ๋ยฟอสฟอรัสโดยส่วนใหญ่จึงมาจากการพังทลาย (Erosion) และการไหลบ่า (Runoff) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ถูกตรึงไว้ได้ง่ายโดยอนุภาคของดิน (Clay particle, soil organic matter) ทำให้การสูญเสียปุ๋ยฟอสฟอรัสจากการซึมผ่าน (leaching) ระบบรากปาล์มน้ำมันจึง

มีน้อย ยกเว้นในดินทรายหยาบที่มีส่วนประกอบของดินเหนียวและอินทรียวัตถุต่ำทำให้การสูญเสียปุ๋ยฟอสฟอรัสจากการซึมผ่านระบบรากมีได้สูงขึ้น ดังนั้นในดินทั่วๆไปหลังจากใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสแล้วจึงยังคงมีปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่เหลืออยู่บริเวณผิวหน้าดิน อย่างไรก็ตามเนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเคลื่อนที่ได้ช้ามากในดินจึงควรใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในช่วงที่ดินมีความชื้นอย่างพอเพียงในปาล์มน้ำมันอายุไม่เกิน 3 ปี หลังปลูก ควรใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสบริเวณรอบโคนต้นที่มีการกำจัดวัชพืชแล้ว โดยเฉพาะบริเวณที่มีรากฝอยกระจายตัวอยู่มากที่สุด สำหรับในปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว ควรให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสบนกองทาง ซึ่งจะช่วยป้องกันและลดการสูญเสียฟอสฟอรัสจากการไหลบ่าและการพังทลายของดิน

ลักษณะอาการขาดฟอสฟอรัส

ปาล์มน้ำมันที่มีอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสจะชะงักการเจริญเติบโต ทางใบสั้น สามารถสังเกตจากวัชพืชที่อยู่บริเวณใกล้เคียง เช่น หญ้าคามีสีม่วงอมแดง วัชพืชแคระแกรน พืชคลุมดินจะมีใบเล็กกว่าปกติ

ระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส

เนื่องจากฟอสฟอรัสอาจถูกตรึงไว้โดยอนุภาคของดิน (Clay particle, soil organic matter) การสูญเสียปุ๋ยฟอสฟอรัสจากการซึมผ่านระบบราก (leaching) น้อย ยกเว้นในดินทรายหยาบที่มีส่วนประกอบของอนุภาคดินเหนียว และอินทรียวัตถุน้อย หลังจากใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสแล้ว ปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ยังคงเหลืออยู่บริเวณผิวหน้าดินเป็นส่วนใหญ่ การสูญเสียปุ๋ยฟอสฟอรัสมาจากการพังทลาย (Erosion) และการไหลบ่า (Runoff) ควรให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในช่วงที่ดินมีความชื้ออย่างพอเพียง เพราะฟอสฟอรัสเคลื่อนที่ได้ช้ามากในดิน

บริเวณที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส

ในปาล์มน้ำมันอายุไม่เกิน 3 ปีหลังปลูก ควรให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสบริเวณรอบโคนต้นที่มีการกำจัดวัชพืชแล้ว และควรเป็นบริเวณที่มีรากฝอยที่แข็งแรงอยู่มากที่สุด ในปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว ซึ่งรากของปาล์มน้ำมันสามารถไปไกลได้ถึง 20 - 30 เมตรจากโคนต้น ดังนั้นจึงควรให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสโดยหว่านในระหว่างแถวของปาล์มน้ำมันให้ทั่ว หรือบนกองทางปาล์มน้ำมัน ซึ่งจะช่วยลดหรือป้องกันการสูญเสียฟอสฟอรัสจากการไหลบ่า และการพังทลายของดิน

โปแตสเซียม (K)

สามารถให้ปุ๋ยโปแตสเซียมได้ตลอดปี ทั้งในสภาพแห้งแล้งและชุ่มชื้น อย่างไรก็ตามควรหลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยโปแตสเซียมในช่วงฝนตกหนัก หรือน้ำหลาก ซึ่งจะทำให้โปแตสเซียมสูญเสียไปกับการไหลบ่า และการซึมผ่านไปกับน้ำบริเวณที่ให้ปุ๋ยโปแตสเซียม ควรเป็นจุดที่ปุ๋ยสัมผัสกับรากปาล์ม

น้ำมันได้ง่ายที่สุด ในปาล์มน้ำมันที่อายุยังน้อยจึงควรให้ปุ๋ยโปแตสเซียมในบริเวณรอบทรงพุ่มที่กำจัดวัชพืชแล้ว ส่วนปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว การให้ปุ๋ยโปแตสเซียมควรหว่านให้กระจายให้ทั่ว ยกเว้นบริเวณโคนต้นที่เว้นไว้สำหรับเก็บลูกร่วง วิธีนี้ที่จะช่วยลดการสูญเสียโปแตสเซียมได้มากกว่าการหว่านปุ๋ยโปแตสเซียมในตำแหน่งเดิมที่กำจัดวัชพืชซ้ำๆอยู่เป็นประจำ โดยเฉพาะในดินที่มีค่า CEC ต่ำ จะช่วยให้ดินถึงจุดอิ่มตัวด้วยโปแตสเซียมได้เร็วขึ้น

ลักษณะอาการขาดโปแตสเซียม

ลักษณะอาการขาดโปแตสเซียมค่อนข้างแปรปรวนขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และชนิดของพันธุ์ อาการที่พบโดยทั่วไป คือ

1) ลักษณะเป็นจุดสีส้มตามใบ บางครั้งพบเป็นจุดสีเหลืองซีด อาการเริ่มแรกจะเป็นจุดเหลืองซีดรูปร่างจุดไม่แน่นอนพบในใบย่อยของทางใบล่าง เมื่ออาการรุนแรงจุดเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม อาการรุนแรงมากขึ้นจุดเนื้อเยื่อตายตรงส่วนกลางของจุดสีส้ม และถ้าพบว่าใบปาล์มน้ำมันทางใบล่างมีลักษณะอาการจุดส้มดังกล่าว แต่แสดงอาการเพียงด้านเดียวในขณะที่ต้นข้างเคียงไม่แสดงอาการให้พิจารณาว่าน่าจะเป็นผลทางพันธุกรรมมากกว่าอาการขาดธาตุโปแตสเซียม

2) อาการใบเหลืองหรือกลางทรงพุ่มเหลือง มักพบในดินทรายและดินอินทรีย์หรือดินพรุ โดยเฉพาะในช่วงที่ขาดน้ำอย่างรุนแรงใบย่อยของทางใบกลางจนถึงทางใบล่างมีอาการสีเหลืองส้ม ถ้าอาการขาดโปแตสเซียมรุนแรงจะพบใบย่อยของทางใบล่างแห้งเพิ่มขึ้น และตายในที่สุด

3) อาการตุ่มแผลสีส้ม อาการเริ่มแรกจะมีลักษณะเป็นแถบสีเขียวมะกอกในใบย่อยของทางใบล่างของปาล์มน้ำมัน เมื่ออาการขาดโปแตสเซียมอย่างรุนแรง สีใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้ม น้ำตาลอมส้ม และตายในที่สุด

4) แถบใบขาว มีลักษณะคล้ายแท่งดินสอ มักพบตรงส่วนกลางของใบย่อยปาล์มน้ำมันอายุ 3 - 6 ปี อาการนี้อาจมีสาเหตุมาจากความไม่สมดุลของธาตุอาหาร เนื่องจากปาล์มน้ำมันได้รับไนโตรเจนมากไปหรือได้รับโปแตสเซียมน้อยไป

ระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยโปแตสเซียม

สามารถให้ปุ๋ยโปแตสเซียมได้ตลอดปี แม้ในสภาพแห้งแล้ง หรือชุ่มชื้น อย่างไรก็ตามควรหลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยโปแตสเซียมในช่วงฝนตกหนัก หรือน้ำหลาก ที่จะทำให้โปแตสเซียมสูญเสียไปกับการไหลบ่า และการซึมผ่าน

บริเวณที่ใส่ปุ๋ยโปแตสเซียม

บริเวณที่เป็นจุดมุ่งหมายในการให้ปุ๋ยโปแตสเซียม เป็นจุดที่ปุ๋ยโปแตสเซียมจะสัมผัสกับรากปาล์มน้ำมันได้ง่ายที่สุด ในปาล์มน้ำมันเล็กควรให้ปุ๋ยโปแตสเซียมในบริเวณรอบทรงพุ่มที่กำจัดวัชพืชแล้ว ในทางตรงกันข้าม สำหรับปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว การให้ปุ๋ยโปแตสเซียม ควรหว่านให้กระจายให้ทั่ว ยกเว้นบริเวณโคนต้นที่เว้นไว้สำหรับเก็บลูกร่วง ซึ่งเป็นวิธีที่จะช่วยลดการสูญเสียปุ๋ยโปแตสเซียมได้มากกว่า การหว่านปุ๋ยโปแตสเซียมในบริเวณที่กำจัดวัชพืชซ้ำ ๆ อยู่เป็นประจำในดินที่มีค่า CEC ต่ำ ดินจะถึงจุดอิ่มตัวด้วยโปแตสเซียมได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น

แมกนีเซียม (Mg)

เพื่อลดการสูญเสียปุ๋ยแมกนีเซียมให้น้อยที่สุด จึงควรแบ่งการใส่ปุ๋ยออกเป็นหลายๆครั้ง โดยไม่ควรใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมในช่วงฝนตกชุก และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยโปแตสเซียมและแมกนีเซียม และหลีกเลี่ยงปฏิกิริยาความขัดแย้งซึ่งกันและกัน (Antagonism) ที่อาจเกิดขึ้นได้ จึงควรใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมก่อนการใส่โปแตสเซียมอย่างน้อย 2 สัปดาห์ การใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมควรหว่านปุ๋ยให้กระจายให้ทั่ว โดยในปาล์มน้ำมันอายุน้อยให้หว่านปุ๋ยแมกนีเซียมบริเวณโคนต้นที่กำจัดวัชพืชแล้ว และในปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว ควรหว่านปุ๋ยแมกนีเซียมให้ทั่วผิวหน้าดิน ยกเว้นโคนต้นที่ไว้เก็บลูกร่วง ทั้งนี้เพื่อให้รากปาล์มน้ำมันและปุ๋ยสัมผัสกันมากที่สุด โดโลไมท์เป็นปูนทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่สามารถให้ธาตุแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์กับปาล์มน้ำมันได้ แต่เนื่องจากโดโลไมท์ใช้ในการปรับปรุงดินที่มีความเป็นกรด (pH ต่ำ) ดังนั้นจึงควรใช้โดโลไมท์เมื่อมีการวิเคราะห์ดินก่อนเท่านั้น ผลการวิเคราะห์จะบอกเป็นปริมาณความต้องการปูนในรูปปูนสุก (CaO) สามารถแปลงเป็นปูนโดโลไมท์ได้โดยคูณด้วยค่าคงที่ 1.64 เมื่อแปลงค่าแล้วจะได้ปริมาณปูนโดโลไมท์ที่ทำให้ดินกรดมีความเป็นกลาง แต่เนื่องจากปาล์มน้ำมันสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินกรดที่มีค่า pH ประมาณ 4.2–5.5 ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใส่ปูนโดโลไมท์เท่ากับปริมาณที่คำนวณได้ แต่ให้ใส่ประมาณ 60 % ของค่าที่คำนวณได้ การหว่านปูนโดโลไมท์ควรหว่านในระหว่างแถว ในกรณีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปที่มีความเป็นกรดสูงในปริมาณมากๆ เช่น ปุ๋ยเคมีสูตร 21–0–0 อาจทำให้ pH ของดินลดต่ำลง และช่วยให้อัตราการปลดปล่อยแมกนีเซียมจากการใส่ปูนโดโลไมท์มีสูงขึ้น อย่างไรก็ตามไม่ควรใส่ปุ๋ยยูเรียทันที หลังจากหว่านโดโลไมท์ เพราะจะทำให้การสูญเสียไนโตรเจนเร็วขึ้น

ลักษณะอาการขาดแมกนีเซียม

ปาล์มน้ำมันที่มีอาการขาดธาตุแมกนีเซียมทางใบล่างจะมีสีเหลืองเริ่มจากปลายใบและขอบใบย่อย บริเวณที่มีสีเหลืองจะเห็นชัดเจนเมื่อถูกแสงแดดส่วนที่ไม่ถูกแสงแดดจะยังมีสีเขียว การขาดแมกนีเซียมมักพบมากในดินที่มีแมกนีเซียมต่ำและมีความเป็นกรดจัด ในบางกรณีเกิดจากธาตุอาหารในดินไม่สมดุลระหว่าง แมกนีเซียม กับโพแทสเซียม หรือแมกนีเซียมกับแคลเซียม ทาให้พืชไม่สามารถดูดแมกนีเซียมไปใช้ได้ดีเท่าที่ควร เช่น ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน หรือปุ๋ยโพแทสเซียมหรือปุ๋ยที่มีแคลเซียมเป็น

องค์ประกอบที่มากเกินไป เป็นต้น วิธีแก้ไขสาหรับอาการที่เกิดจุดประสีส้มบนใบที่แก่ หรือรุนแรงจนปลายใบและขอบใบแห้ง ให้ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 2.5–3.5 กิโลกรัม/ต้น/ปี สาหรับต้นปาล์มที่ให้ผลผลิตแล้ว ในบางกรณีให้ใส่กลีเซอร์ไรท์ 1–2 กิโลกรัม/ต้น จะช่วยให้อาการขาดแมกนีเซียมดีขึ้น

ระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม

การสูญเสียประจุบวก (เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}) ส่วนใหญ่เกิดในเขตร้อนชื้น ที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าปริมาณคายระเหย ในขณะที่ดินมีค่า CEC ต่ำ เช่นในดิน Rhodic Paleudult ที่ที่ปริมาณ น้ำฝนมากกว่า 1,900 มม./ปี เพราะการสูญเสียแมกนีเซียมในดินอยู่ในช่วง 7.68 กก.Mg/ไร่ ในปาล์มน้ำมันเล็ก (อายุ 4 ปีหลังปลูก) ถึง 4.8 กก.Mg/ไร่ในปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว (22 ปีหลังปลูก) ดังนั้นเพื่อลดการสูญเสียให้น้อยที่สุดจึงไม่ควรใส่ปุ๋ยในช่วงฝนตกชุก และควรแบ่งการใส่ปุ๋ยออกเป็นหลาย ๆ ครั้ง โดยใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมก่อนการใช้โปแตสเซียม เพื่อหลีกเลี่ยงปฏิกิริยาความขัดแย้งซึ่งกันและกัน และเพื่อให้เป็นการใช้ปุ๋ยโปแตสเซียม และแมกนีเซียม อย่างมีประสิทธิภาพ

บริเวณที่ใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม

การลดความสูญเสียของการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม สามารถทำได้โดยการให้รากของปาล์มน้ำมัน และปุ๋ยสัมผัสกันมากที่สุด ด้วยการหว่านปุ๋ยให้กระจายให้ทั่ว ในปาล์มน้ำมันเล็กให้หว่านปุ๋ยแมกนีเซียมบริเวณที่กำจัดวัชพืชแล้ว ในปาล์มน้ำมันที่ให้ผลผลิตแล้ว ควรหว่านปุ๋ยแมกนีเซียมให้ทั่วผิวหน้าดิน ยกเว้นโคนต้นที่ไว้เก็บลูกร่วง

การหว่านโดโลไมท์ควรหว่านในระหว่างแถวของปาล์มน้ำมัน ในกรณีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีความเป็นกรดสูงในปริมาณมาก ๆ ทำให้ pH ของดินต่ำลง การใส่ปูนโดโลไมท์บริเวณโคนต้นที่กำจัดวัชพืช จะทำให้อัตราการปลดปล่อยแมกนีเซียมสูงขึ้น และไม่ควรใส่ปุ๋ยยูเรียทันทีหลังจากหว่านโดโลไมท์ เพราะจะทำให้การสูญเสียไนโตรเจนสูงขึ้น

ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ย

1. ระยะเวลา และการแบ่งใส่

การใส่ปุ๋ยควรใส่เมื่อดินมีความชื้นเพียงพอ หลีกเลี่ยงการใส่เมื่อแล้งจัดหรือฝนตกหนัก การใส่ปุ๋ยปาล์มน้ำมันตั้งแต่ปีที่ 5 ขึ้นไป อาจใส่ปุ๋ยเพียงปีละ 2 ครั้ง ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมสามารถแบ่งใส่ปุ๋ยได้ดังนี้ แบ่งใส่ 3 ครั้ง/ปี แนะนำให้ใช้สัดส่วน 50:25:25% สำหรับการใส่ปุ๋ย ต้นฝน กลางฝน และปลายฝน และเมื่อแบ่งใส่ 2 ครั้ง/ปี ใช้สัดส่วน 60:40% ระยะต้นฝนและก่อนปลายฝน ตามลำดับ

ช่วงต้นฝน คือ ประมาณเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน

ช่วงกลางฝน คือ ประมาณเดือนกรกฎาคม - กันยายน

ช่วงหลายฝน คือ ประมาณเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน

2. วิธีการใส่ปุ๋ย

ตารางที่ 1.10 ตารางแสดงวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีเมื่อปาล์มน้ำมันอายุต่าง ๆ

อายุปาล์ม (ปี)	ปุ๋ย N , K และ Mg	ปุ๋ย P
1 – 4	ใส่บริเวณรอบโคนต้นที่กำจัดวัชพืชแล้ว	ใส่บริเวณรอบโคนต้นที่กำจัดวัชพืชแล้ว
5-9	ใส่บริเวณรอบโคนต้นห่างจากโคนต้น 50 เซนติเมตร ถึง 2.50 เมตร	ใส่บริเวณรอบโคนต้นห่างจากโคนต้น 2.50 เมตร ถึง บริเวณปลายทางใบ
10 ปีขึ้นไป	หว่านบริเวณระหว่างแถวปาล์มที่กำจัดวัชพืชแล้วหรือบนกองทางใบที่ถูกตัดๆ	หว่านบริเวณระหว่างแถวปาล์มที่กำจัดวัชพืชแล้วหรือบนกองทางในที่ถูกตัดแต่ง

ที่มา: ชัยรัตน์ นิลนนท์ (2538)

หมายเหตุ ปุ๋ย N ได้แก่ ยูเรียหรือแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ย P ได้แก่ ร๊อคฟอสเฟต
ปุ๋ย K ได้แก่ โพแทสเซียมคลอไรด์ ปุ๋ย Mg ได้แก่ กลีเซอร์ไรด์

ตั้งแต่ปีที่ 9 เป็นต้นไปให้ใส่ปุ๋ย P 3 ปีต่อครั้ง ไม่ต้องใส่ทุกปีส่วนปุ๋ยสูตรอื่น ๆ ยังคงใส่เหมือนเดิมทุกปี

3. อัตราปุ๋ยที่ใช้

ตารางที่ 1.11 ตารางการใส่ปุ๋ยปาล์มน้ำมันอายุต่าง ๆ

อายุ (ปี)	แอมโมเนียมซัลเฟต (กิโลกรัม/ต้น)	ร็อคฟอสเฟต (กิโลกรัม/ต้น)	โพแทสเซียมคลอไรด์ (กิโลกรัม/ต้น)	กลีเซอร์ไรท์ (กิโลกรัม/ต้น)	โบแรกซ์ (กรัม/ต้น)
1	1.2	1.3	0.5	0.1	30
2	3.5	3.0	2.5	0.5	60
3	5.0	3.0	3.0	1.0	90
4	5.0	3.0	3.0	1.0	80
5	5.0	3.0	4.0	1.0	80
6 ปีขึ้นไป	5.0	3.0	4.0	1.0	80

ที่มา: ปฐพีชล วายอัคคี (2533)

1.2.4.4 วิธีการเก็บเกี่ยวผลปาล์มสดรวมถึงการรวมผลปาล์มส่งโรงงาน

มีขั้นตอนโดยทั่วไปดังนี้

- ตกแต่งช่องทางลำเลียงระหว่างแถวปาล์มในแต่ละแปลงให้เรียบร้อยสะดวกกับการตัดการลำเลียง และการตรวจสอบทะลายปาล์มที่ตัด แล้วออกสู่แหล่งรวมหรือศูนย์รวมผลปาล์มที่กำหนดขึ้นแต่ละจุดภายในสวน ข้อควรระวังในการตกแต่งช่องทางลำเลียงปาล์ม คือจะต้องไม่ตัดทางปาล์มออก

อีก เพราะถือว่าการตกแต่งทางปาล์มได้กระทำไปตามเทคนิคและขั้นตอนแล้ว หากมีทางใบอันใดกีดขวาง ก็อาจดึงหรือแหวกให้สะดวกในการทำงาน

- สำหรับกองทางใบที่ตัดแล้วอย่าให้กีดขวางทางเดิน หรือปิดกั้นทางระบายน้ำจะทำให้เกิดน้ำท่วมขัง ระบายน้ำที่ขังตามทางเดิน

- คัดเลือกทะลายปาล์มสุกโดยยึดมาตรฐานจากการดูสีของผล ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีส้มแดงและจำนวนผลสุกที่ร่วงหล่นลงบนดินประมาณ 10-12 ผลให้ถือเป็นผลปาล์มสุกที่ใช้ได้

- หากปรากฏว่าทะลายปาล์มสุกที่จะคัดมีขนาดใหญ่ ที่ติดแน่นกับลำต้นมากไม่สะดวกกับการใช้เสียมแทงเพราะจะทำให้ผลร่วงมาก ก็ใช้มีดขอหรือมีดด้ามยาวธรรมดา ตัดแซะขั้วทะลายกันเสียก่อน แล้วจึงใช้เสียมแทงทะลายปาล์มก็จะหลุดออกคอต้นปาล์มได้ง่ายขึ้น

- ให้ตัดแต่งขั้วทะลายปาล์มที่ตัดออกมาแล้วให้สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อสะดวกในการขนส่ง หรือเมื่อถึงโรงงาน ทางโรงงานก็จะบรรจุลงในถังต้มลูกปาล์มได้สะดวก

- รวบรวมผลปาล์มทั้งที่เป็นทะลายย่อยและลูกร่วงไว้เป็นกองในที่ว่างโคนต้นเก็บผลปาล์มร่วงใส่ตะกร้าหรือเข่ง กรณีต้นปาล์มมีอายุน้อยทางใบปาล์มอาจรบกวน ทำให้เก็บยาก

- รวบรวมผลปาล์มทั้งทะลายสดและผลปาล์มร่วงไปยังศูนย์รวมผลปาล์มในกองย่อย เช่น ในกระบะบรรทุกที่ลากด้วยแทรกเตอร์หรือรถอีแต๋น

- การเก็บเกี่ยวผลปาล์ม ฝ่ายสวนจะต้องสนับสนุนให้ผู้เก็บเกี่ยวร่วมทำงานกันเป็นทีม ในทีมก็แยกให้เข้าคู่กัน 2 คน คนหนึ่งตัดหรือแทงปาล์มอีกคนเก็บรวบรวมผลปาล์ม

- การเก็บรวบรวมผลปาล์ม พยายามลดจำนวนครั้งในการถ่ายเทย่อย ๆ เมื่อผลปาล์มชอกช้ำมีบาดแผลปริมาณของกรดไขมันอิสระจะเพิ่มมากขึ้น การส่งปาล์มออกจากสวนควรมีการตรวจสอบลงทะเบียนมีตาข่ายคลุมเพื่อไม่ให้ผลปาล์มร่วงระหว่างทาง

(http://www.doae.go.th/plant/palm.htm)

อุปกรณ์เก็บเกี่ยว

- ต้นปาล์มน้ำมันอายุ 3–5 ปี ให้ใช้เสียมด้ามเหล็กมีขนาดหน้าเสียมกว้าง 3.5 นิ้ว และมีความยาวด้ามเสียมประมาณ 2.50–3.00 เมตร ตัดทะลายปาล์มจากต้น

- ต้นปาล์มน้ำมันอายุ 8–9 ปี ให้ใช้เสียมด้ามเหล็กมีขนาดหน้ากว้าง 4.5 นิ้ว และมีความยาวด้ามเสียม ประมาณ 2.00–3.00 เมตร ตัดทะลายปาล์มจากต้น

ต้นปาล์มน้ำมันสูงมากกว่า 4 เมตรขึ้นไป การเก็บเกี่ยวด้วยเสียมจะทำได้ยาก จำเป็นต้องใช้เคียวด้ามยาวตัดทะลายปาล์มจากต้น วัสดุที่ใช้ทำด้ามเคียว คือ ไม้ไผ่ หรืออาจใช้อลูมิเนียมซึ่งมีน้ำหนักเบาแต่ประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานยังไม่ดีเท่าไม้ไผ่ แต่มีความคงทนมากกว่า

1.2.5 น้ำท่า

น้ำท่า คือ น้ำไหลในแม่น้ำลำธาร เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่รับน้ำ บางส่วนสูญเสียไป ส่วนที่เหลือก็จะไหลไปยังที่ลุ่มลงสู่แม่น้ำ ลำธาร กลายเป็นน้ำท่า ร้อยละ 75 จะสูญเสียไปเนื่องจากการระเหยกลายเป็นไอน้ำ และเมื่อซึมลงสู่ใต้ดินจะกลายเป็นน้ำใต้ดิน และน้ำบาดาล ซึ่งอาจจะขังอยู่ตามแหล่งน้ำต่างๆ และประมาณเพียงร้อยละ 25 ที่จะไหลลงสู่แม่น้ำลำธารไปเป็นน้ำท่าแล้วไหลรวมอยู่ตามแหล่งน้ำใต้ดิน หรือน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ห้วย หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำต่างๆ ข้อมูลที่เกี่ยวกับน้ำท่ามีความสำคัญมากสำหรับการวิเคราะห์ และการออกแบบองค์ประกอบต่างๆ ของงานพัฒนาแหล่งน้ำ เช่น อาคารควบคุมน้ำ อ่างเก็บน้ำ และคลองส่งน้ำ

น้ำผิวดิน (Surface Water) น้ำผิวดินเป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัฏจักรของน้ำเกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมามีการสะสมตัวกันอยู่บริเวณพื้นผิวดิน ซึ่งฝนที่ตกลงมาในระยะแรกน้ำมักจะซึมลงไปในดินก่อนจนกระทั่งดินอิ่มตัวแล้วจึงมีน้ำแช่ขังอยู่ตามลุ่มน้ำหรือแหล่งน้ำขนาดเล็ก ลักษณะการไหลของน้ำผิวดินบนโลกแบ่งเป็นลักษณะการไหลแบบแผ่ซ่าน (Sheet Flow) โดยไหลไปตามความลาดเอียงของพื้นผิว และมีระดับความลึกไม่มาก ประเภทที่สอง คือ การไหลตามร่อง (Channel Flow) หรือเป็นลักษณะการไหลของน้ำไปตามลำธาร ซึ่งเป็นน้ำผิวดินที่ดังที่ได้ศึกษามาแล้ว น้ำผิวดินนับเป็นแหล่งน้ำที่มีประโยชน์มากต่อมนุษย์ ในด้านการดำรงชีวิต แหล่งน้ำผิวดิน ออกจากจะเป็นส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่ผิวดินแล้วยังหมายรวมถึงส่วนของน้ำที่ไหลล้นออกจากใต้ดินเข้ามาสมทบด้วย ปริมาณของน้ำผิวดินจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นที่นั้นๆ ด้วย สำหรับลักษณะน้ำผิวดินทั่วไปเราสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

อ่างเก็บน้ำ (Reservoir) เป็นแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่รองรับน้ำจากน้ำฝนที่ไหลจากพื้นที่ที่สูงกว่าลงมารวมกันในอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นอ่างเก็บน้ำเราหมายถึง ทะเลสาบน้ำจืด ที่สร้างขึ้นโดยการก่อสร้างเขื่อนขวางปิดกั้นลำน้ำธรรมชาตินั่นเอง

แม่น้ำ , ลำคลอง (Stream and River) แหล่งน้ำผิวดินประเภทนี้เกิดจากการเซาะพังของลำคลองหรือแม่น้ำในเวลาเดียวกัน แหล่งน้ำผิวดินประเภทนี้มักไหลตามความลาดชันของสภาพภูมิประเทศลงสู่ทะเล

น้ำผิวดินอื่น ๆ (Other) ได้แก่ ระดับน้ำผิวดินที่มีการแช่ขังอยู่เกือบจะไม่มีทางระบายออกไปสู่บริเวณอื่นๆ และมีพืชน้ำขึ้นผสมปะปนอยู่ โดยเฉพาะบริเวณน้ำตื้น เช่น "มาบ" หรือ "ที่ลุ่มน้ำขัง" (Swamp) พบมากบริเวณที่ราบภาคกลางของไทย "ที่ลุ่มชื้นแฉะ" (Marsh) หมายถึง พื้นที่ที่มีระดับน้ำตื้น ๆ พอที่พืชน้ำจะขึ้นได้อย่างกระจัด กระจายทั่วไป แต่จะมีความหนาแน่นไม่มากนัก "พรุ" (Bog) เป็นบริเวณแหล่งน้ำผิวดินที่ชื้นแฉะมีพืชน้ำขึ้นปกคลุมหนาแน่น พืชบางส่วนที่ ตายจะสะสมตัวอยู่ใต้น้ำ บางส่วนกลายเป็นโคลนหนามีซากพืชสัตว์ทับถม เช่น บริเวณพรุบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส เป็นต้น

(http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/geology/8/index_ch_8-1.htm)

ตารางที่ 1.12 การกำหนดประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทแหล่งน้ำ	การใช้ประโยชน์
ประเภทที่ 1	ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน (2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน (3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ
ประเภทที่ 2	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ (3) การประมง (4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ
ประเภทที่ 3	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน (2) การเกษตร
ประเภทที่ 4	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ (1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน (2) การอุตสาหกรรม
ประเภทที่ 5	ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

1.3 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน

2) เพื่อศึกษาเกณฑ์ของการบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้น

3) เพื่อศึกษาลักษณะของดินและน้ำท่าจากการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมันแบบ Slow-rate Irrigation

4) เพื่อประเมินผลผลิตของปาล์มน้ำมันจากการนำน้ำเสียงจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการรดสวนปาล์มน้ำมัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบแนวทางและประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นด้วยการบำบัดบนดิน

2) เป็นแนวทางหนึ่งของการบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและได้รับผลประโยชน์จากการใช้งาน เช่น สามารถลดปริมาณน้ำที่จะใช้รดสวนปาล์มน้ำมันได้ สามารถลดการใช้ปุ๋ยแก่สวนปาล์มน้ำมันได้และเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินและผลผลิตของพืชได้

3) เป็นแนวทางหนึ่งของการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและสารอาหารในน้ำทิ้ง โดยนำกลับมาใช้ในการเกษตรกรรม และสามารถลดปริมาณของเสียที่ถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ในขณะเดียวกัน

4) ได้ข้อมูลเรื่องของลักษณะดินและน้ำท่าในพื้นที่ที่ศึกษา

5) ได้ข้อมูลผลผลิตของปาล์มน้ำมันในพื้นที่ที่ศึกษาและในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันทั่วไป

6) ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากการบำบัดบนดินแบบระบบอัตราไหลช้าในสวนปาล์มน้ำมันและแนวทางในการป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหากมีผู้สนใจนำการบำบัดบนดินแบบระบบอัตราไหลช้าในสวนปาล์มน้ำมันไปใช้

บทที่ 2
วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างแปลงทดลอง และทำการทดลอง ณ พื้นที่สวนปาล์มน้ำมันของบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด อ. อ่าวลึก จังหวัดกระบี่ ระหว่างเดือนเมษายน 2553 – มีนาคม 2554 เพื่อให้ครอบคลุมทั้งฤดูฝนและร้อนในภาคใต้ โดยดำเนินการนำน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้น ที่ผ่านการบำบัดมาแล้วมาทำการบำบัดต่อบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ณ ห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ และส่งตัวอย่างดินวิเคราะห์ค่า Soil Texture, P, K, Ca, Mg, Na, Zn และ Cation Exchange Capacity ที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และส่งตัวอย่างน้ำทิ้ง และตัวอย่างน้ำท่าเพื่อวิเคราะห์ค่า K, Ca, Mg, Na, และ Zn ที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาประสิทธิภาพและเกณฑ์ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้น ที่ผ่านการบำบัดมาแล้วโดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน และทำการศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อลักษณะของดินในพื้นที่ที่ได้รับน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นและน้ำท่าบริเวณใกล้เคียง รวมทั้งผลกระทบที่มีต่อปริมาณผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่มีการรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ดังนี้

(1) ตรวจสอบลักษณะสมบัติน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยการเติมอากาศของ บริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด อ. อ่าวลึก จ. กระบี่ ดังภาพประกอบที่ 2.1 เพื่อให้ได้ข้อมูลของลักษณะน้ำทิ้งที่จะทำการทดลอง รวมทั้งตรวจสอบคุณสมบัติน้ำทิ้งจากระบบบำบัดบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นของโรงงานน้ำยางข้นโรงงานอื่นในภาคใต้อีก 6 โรงงาน โดยวิธีวิเคราะห์มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ภาพประกอบที่ 2.1 บ่อเติมอากาศของโรงงาน บ.วงศ์บัณฑิต จำกัด อ. อ่าวลึก จ.กระบี่

ตารางที่ 2.1 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
pH	-	Electrometric Method
Temperature	°C	Electrometric Method
Conductivity	mS/cm	Electrometric Method
TDS	mg/L	Gravimetric Method
TS	mg/L	Gravimetric Method
SS	mg/L	Gravimetric Method
BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand)	mg/L	Azide Modification Method
COD (Chemical Oxygen Demand)	mg/L	Closed Reflux Method
TKN	mg/L	Kjeldahl Method
NH_3-N	mg/L	Kjeldahl Method
NO_2-N	mg/L	Spectrophotometer Method
NO_3-N	mg/L	Spectrophotometer Method
Org-N	mg/L	Kjeldahl Method
TP	mg/L	Stannous Chloride Method
Zn	mg/L	In house Method
SO_4^{2-}	mg/L	Gravimetric Method
Na	meq/L	ICP-OES
Ca	meq/L	ICP-OES
Mg	meq/L	ICP-OES
SAR	-	*

ที่มา: APHA, AWWA. and WEF, 2005 * $SAR = Na/((Ca + Mg)/2)^{1/2}$

(2) ศึกษารูปแบบวิธีการของระบบบำบัดน้ำเสียบนดิน (land treatment systems) และวิธีการปลูกและการดูแลรักษาปาล์มน้ำมัน ปริมาณน้ำและธาตุอาหารที่ปาล์มน้ำมันต้องการในการเจริญเติบโต รวมถึงลักษณะของดินที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน

(3) สำรวจและกำหนดแปลงทดลองที่ศึกษาจำนวน 10 แปลง แบ่งเป็นแปลงควบคุม 2 แปลง รดด้วยน้ำบ่อ 1 แปลง และไม่รดน้ำ 1 แปลง อีกจำนวน 8 แปลงที่เหลือรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นโดยการเติมอากาศ ของบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด อ. อ่าวลึก จ.กระบี่ ปาล์มน้ำมันในแปลงทดลองมีอายุประมาณ 20 ปี แต่ละแปลงทดลองมีปาล์มน้ำมันจำนวนประมาณ 30 ต้น แผนที่ของโรงงานและสถานที่ที่ทำการวิจัยแสดงในภาพประกอบที่ 2.7 ทำการสร้างคันดินกั้นระหว่างแปลงทดลองแต่ละแปลงมีขนาด กว้าง 0.5 ม. สูง 0.15 ม. โดยแต่ละแปลงมีความชันประมาณ 4% วางท่อเพื่อใช้ในการรดน้ำทิ้งด้านบนของแนวลาดเท และสร้างรางรับน้ำที่ผ่านการบำบัดบนดินไว้ด้านล่างแนวลาดเทของแปลงทดลอง และขุดหลุมตรงกลางร่องรองรับน้ำ เพื่อใช้เป็นจุดเก็บรวบรวมน้ำ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.2-2.4

ภาพประกอบที่ 2.2 แปลงทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

ภาพประกอบที่ 2.3 แนวท่อที่ใช้ในการรดน้ำทิ้ง

ภาพประกอบที่ 2.4 รางรับน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดิน

(4) แปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นจำนวน 8 แปลง ทำการทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดด้วยอัตราการรดน้ำที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียบนดินแบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) ที่ 4 ภาระบรรทุก และแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยรดน้ำวันละครั้ง 1 ชุด และ 7 วัน/ครั้ง 1 ชุด โดยภาระบรรทุกที่ต่างกันระบุรายละเอียดดังตารางที่ 2.2 และ 2.3 แปลงควบคุมมี 2 แปลง เป็นแปลงที่ไม่รดน้ำ 1 แปลง และรดน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝน 7 วัน/ครั้ง 1 แปลง รายละเอียด(ทำการรดน้ำโดยใช้อัตราการรดน้ำสูงสุดของแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง) ซึ่งมีข้อมูลเปรียบเทียบจากทางบริษัทวงศ์บัณฑิตที่ใช้รดต้นปาล์มอยู่ก่อน (โดยใช้อัตราการรดน้ำเสีย 200 ลิตร/ต้น/วัน)

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 (kg/rai.d)	P Loading (kg/rai.d)	K Loading (kg/rai.d)
D1	3	2,027	8.7	10.2	22.8	4.6	7.4	2.6	0.18
D2	2	1,871	5.4	6.9	15.3	3.1	5.0	1.8	0.12
D3	1	2,094	3.0	3.4	7.6	1.6	2.5	0.9	0.06
D4	0.5	2,068	1.5	1.7	3.9	0.8	1.3	0.5	0.03
เกณฑ์การออกแบบตามทฤษฎี (US.EPA., 2006; กรมส่งเสริมการเกษตร)	2.5-10	-	-	5-50	-	0.34-0.47	0.54-0.75	0.03-0.04	0.81-1.09

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 (kg/rai.wk)	P Loading (kg/rai.wk)	K Loading (kg/rai.wk)
W1	3	1,871	56.1	71.5	159.4	32.4	51.9	18.5	1.23
W2	2	2,420	48.4	47.7	106.3	21.6	34.6	12.3	0.82
W3	1	2,464	24.6	23.8	53.1	10.8	17.3	6.2	0.41
W4	0.5	2,130	10.7	12.0	26.7	5.4	8.7	3.1	0.20
เกณฑ์การออกแบบตามทฤษฎี (US.EPA., 2006; กรมส่งเสริมการเกษตร)	2.5-10	-	-	35-350	-	2.38-3.29	3.78-5.28	0.21-0.28	5.67-7.63

เนื่องจากทางบริษัทวงศ์บัณฑิตมีปริมาณน้ำเสียในแต่ละเดือนไม่แน่นอนและมีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้ต้องออกแบบอัตราการรดน้ำให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำเสียที่มีอยู่ ส่วนค่า BOD_5 Loading ที่มีบางแปลงไม่อยู่ในช่วงของเกณฑ์การออกแบบเพราะค่าที่น้อยกว่านั้นไม่มีผลกระทบต่อระบบ แต่ถ้าค่า BOD_5 Loading สูงกว่าเกณฑ์การออกแบบจะส่งผลกระทบต่อระบบ และค่า N Loading และค่า P Loading ที่ไม่อยู่ในช่วงของเกณฑ์การออกแบบเพราะค่าที่ใช้ใกล้เคียงกับค่าของทางบริษัทที่ใช้รดน้ำสวนปาล์มทุกวันจึงสามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งข้อมูลที่ทางบริษัทวงศ์บัณฑิต ได้นำน้ำทิ้งมารดสวนปาล์มน้ำมัน แสดงดังตารางที่ 2.4

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 (kg/rai.d)	P Loading (kg/rai.d)	K Loading (kg/rai.d)
2	1.92	8.8	6.6	14.6	3.0	4.8	2.7	0.1

(5) เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะดินก่อนทำการทดลอง 1 ครั้ง ระหว่างการทดลองเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะดิน 1 ครั้ง หลังการทดลองเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะดิน 1 ครั้ง โดยมีวิธีการเก็บต้องถางหญ้าหรือกวาดเศษพืชและใบไม้ที่ คลุมดินอยู่ออกทิ้งเสียก่อนแล้วใช้จอบ ขุดหลุมเป็นรูปตัว V ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร จากผิวดิน หลังจากนั้นจึงแซะเอาดินข้างด้านหนึ่ง หนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร จากปากหลุมขนานลงไปตามหน้าดินที่ขุดไว้ลึกถึงก้นหลุมแล้วงัดขึ้น ดินที่ต้องการก็จะติดตามมากับจอบ เอาดินนี้ใส่ถัง ทำอย่างนี้จนครบทุกหลุมขุดประมาณ 5 หลุม ในที่ต่างๆ กันให้กระจายทั่วแปลงหลังจากขุดดินครบทุกหลุมตามที่ต้องการแล้วทำดินเหล่านี้ให้เป็นก้อนเล็กๆ คลุกเคล้าให้ทั่วสม่ำเสมอแล้วแบ่งดินออกประมาณ 1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก ทำการอบดินให้แห้ง และร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 จากนั้นนำดินส่วนที่ร่อนได้มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน โดยพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ลักษณะของดินมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.5 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)

ตารางที่ 2.5 พารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ลักษณะตัวอย่างดิน

ตัวแปรคุณภาพดิน	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
เนื้อดิน (Soil Texture)	-	Hydrometer Method
pH	-	Electrometric Method
Conductivity	mS/cm	Electrometric Method
Organic Matter	g/kg	Walkley- Black Method
TN	mg/kg	Kjeldahl Method
Available P	mg/kg	Bray II Method
Available K	mg/kg	Cold H_2SO_4 Extract Method
Zn	mg/kg	DTPA Extract Method
Exchangeable K	meq/100g	Ammonium Acetate Extract Method
Exchangeable Ca	meq/100g	Ammonium Acetate Extract Method
Exchangeable Mg	meq/100g	Ammonium Acetate Extract Method
Exchangeable Na	meq/100g	Ammonium Acetate Extract Method
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity)	(mole/kg)	Ammonium Saturation Method
ความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (Base Saturation)	%	-

(6) เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะน้ำท่า ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.5 ก่อนทำการทดลอง 1 ครั้ง ระหว่างการทดลอง 1 ครั้ง/เดือน หลังการทดลองอีก 1 ครั้ง วิธีวิเคราะห์ลักษณะของน้ำท่ามีรายละเอียดดังตารางที่ 2.6

(7) เก็บข้อมูลผลผลิตของแปลงทดลองแต่ละแปลง 1 ครั้ง/เดือน ด้วยการชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมันที่เก็บได้ของแต่ละแปลงทดลอง ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.6

(8) นำข้อมูลที่ได้มาทำการประมวลผล วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

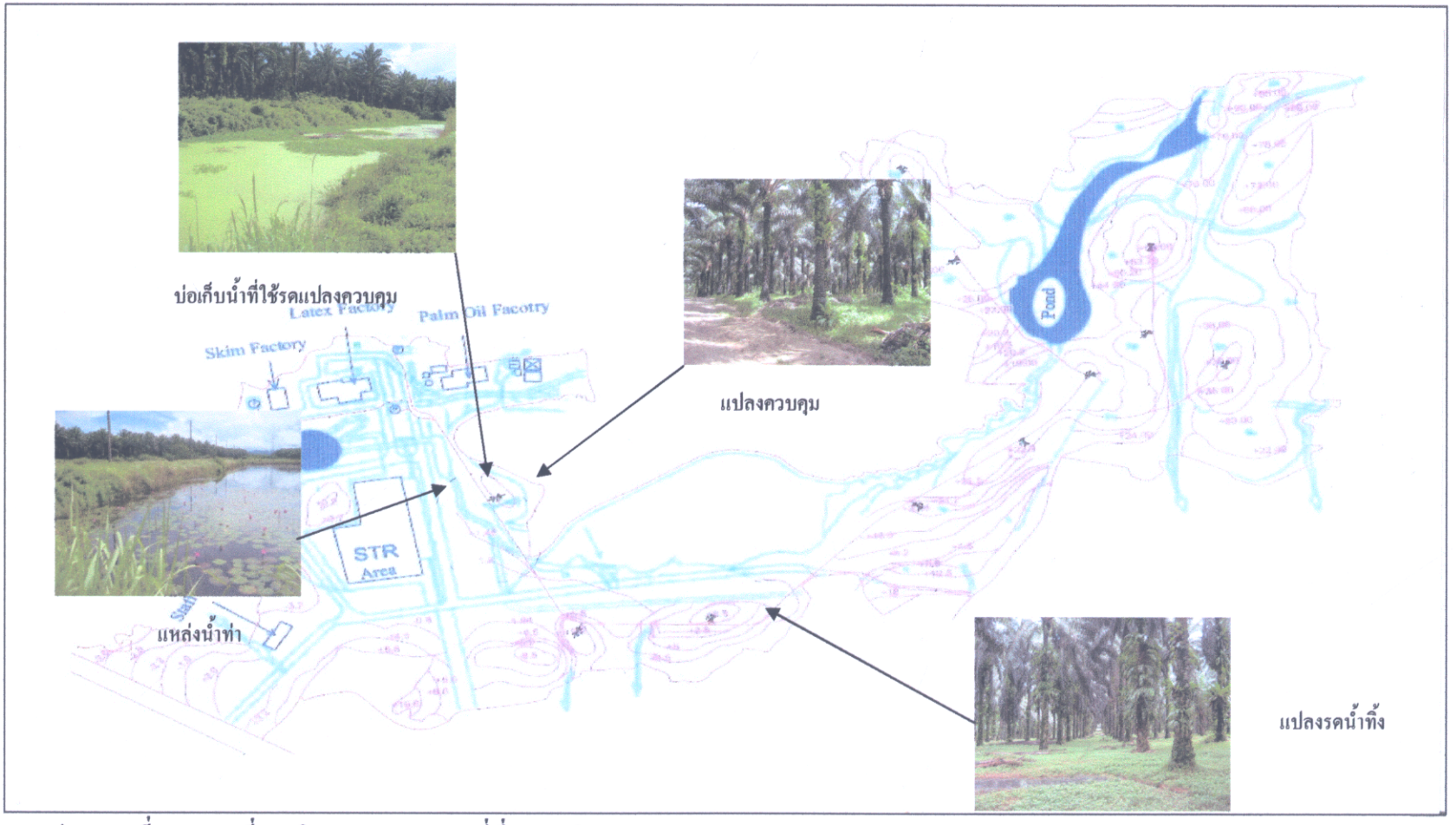
ตารางที่ 2.6 พารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ลักษณะตัวอย่างน้ำท่า

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	หน่วย	วิธีการวิเคราะห์
pH	-	Electrometric Method
Temperature	°C	Electrometric Method
Conductivity	mS/cm	Electrometric Method
TDS	mg/L	Gravimetric Method
TS	mg/L	Gravimetric Method
SS	mg/L	Gravimetric Method
BOD_5 (Biochemical Oxygen Demand)	mg/L	Azide modification Method
COD (Chemical Oxygen Demand)	mg/L	Closed Reflux Method
TKN	mg/L	Kjeldahl Method
NH_3-N	mg/L	Kjeldahl Method
NO_2-N	mg/L	Spectrophotometer Method
NO_3-N	mg/L	Spectrophotometer Method
Org-N	mg/L	Kjeldahl Method
TP (Total Phosphate)	mg/L	Stannous Chloride Method
Zn	mg/L	In house Method
SO_4^{2-}	mg/L	Gravimetric Method

ที่มา: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA &WEF, 21st ed., 2005

ภาพประกอบที่ 2.5 แหล่งน้ำท่า

ภาพประกอบที่ 2.6 การชั่งผลผลิตปาล์ม



ภาพประกอบที่ 2.7 แผนที่ของโรงงานและสถานที่ที่ทำการวิจัย

2.2 สถานที่ในการทำการวิจัย

2.2.1สถานที่ในการทดลอง

- สวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่

2.2.2 สถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

- ห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.3 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

2.3.1 ตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ใช้ในการทดลอง ที่ใช้ในการทดลอง มาจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ ที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้วด้วยการเติมอากาศ จำนวน 2 บ่อ

2.3.2 สารเคมี เครื่องแก้ว และวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ดังระบุไว้ในตารางที่ 2.1, 2.4 และ 2.5

2.3.3 วัสดุสำหรับสร้างแปลงทดลอง

- ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว
- ท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว
- วาล์วทองเหลือง
- บอลวาล์ว PVC ขนาด 2 นิ้ว
- ข้อต่อตรงลด 4×2 นิ้ว
- ข้องอ 90° 2 นิ้ว
- ข้องอ 90° 4 นิ้ว
- สามทาง 2 นิ้ว
- สามทาง 4 นิ้ว
- กาวทาท่อ
- เทปพันเกลียว

2.4 อุปกรณ์

2.4.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

- ขวดเก็บน้ำขาวขุ่นขนาด 1 ลิตร
- ลังโฟม

2.4.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

- จอบ
- ถัง
- ถุงพลาสติก
- ถุงมือ
- ตะแกรงร่อนดินเบอร์ 10

2.4.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำท่า

- ขวดเก็บน้ำขาวขุ่นขนาด 1 ลิตร
- ถังพร้อมเชือกผูกสำหรับตักน้ำ

2.4.4 อุปกรณ์สำหรับเก็บผลผลิตปาล์มน้ำมัน

- ตะขอเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน
- เหล็กเสียบสำหรับยกทะลายปาล์มน้ำมัน
- เครื่องชั่ง

2.4.5 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
- 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

บทที่ 3
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ในบทนี้จะกล่าวถึง ผลจากการดำเนินการวิจัย เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ทำการวิจัย คือน้ำทิ้งจาก บริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด และคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆ ในภาคใต้อีก 6 โรงงาน ตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลง ประสิทธิภาพและเกณฑ์ในการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน ของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด

3.1 ศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดกระบี่ที่ร่วมวิจัย คือจาก บริษัทวงศ์บัณฑิต อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ โดยได้ทำการวิเคราะห์ค่า 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 พารามิเตอร์ดังกล่าววิเคราะห์ตามวิธีการที่กำหนดใน Standard methods for the examination of water and wastewater 21th edition (APHA, AWWA and WEF, 2005) โดยเก็บตัวอย่างช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 - กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ทำการวิจัยและคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆในภาคใต้อีก 6 โรงงาน สรุปผลแสดงดังตารางที่ 3.1 พบว่าคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้นในแต่ละโรงงานจะมีบางพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน เนื่องจากในแต่ละโรงงานมีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยทิ้งแตกต่างกัน ซึ่งการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมประเภทนี้มักใช้การบำบัดโดยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง โดยแต่ละโรงงานนั้นจะมีจำนวนบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่งแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้ค่าพารามิเตอร์ของน้ำทิ้งแตกต่างกัน

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นแต่ละโรงงาน จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่นำมาทำการวิจัยนั้นพบว่าในแต่ละตัวแปรจะมีค่าสูง เช่น BOD_5 มีค่าเท่ากับ 2,385 mg/L ค่า COD 5,246 mg/L ค่า SS 5,950 mg/L โดยเฉพาะค่า TKN ที่มีค่าสูงถึง 1,137 mg/L โดยที่น้ำทิ้งมีค่าเหล่านี้สูงเนื่องมาจากในระบบบำบัดขั้นต้นมีเพียงการเติมอากาศ 2 บ่อ และระยะเวลาในการพักที่บ่อเติมอากาศมีน้อย ทำให้ค่าตัวแปรในน้ำทิ้งมีค่าสูง และยังได้ทำการวิเคราะห์ค่า Zn ในน้ำทิ้ง พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.21 mg/L ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

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
ระบบบำบัดที่ใช้	บ่อเติมอากาศ	บ่อเติมอากาศ + บ่อผึ่ง	บ่อเติมอากาศ + บ่อผึ่ง	บ่อแอนแอโรบิก + บ่อผึ่ง	บ่อเติมอากาศ + บ่อผึ่ง	บ่อผึ่ง	บ่อเติมอากาศ + บ่อดกตะกอน	-

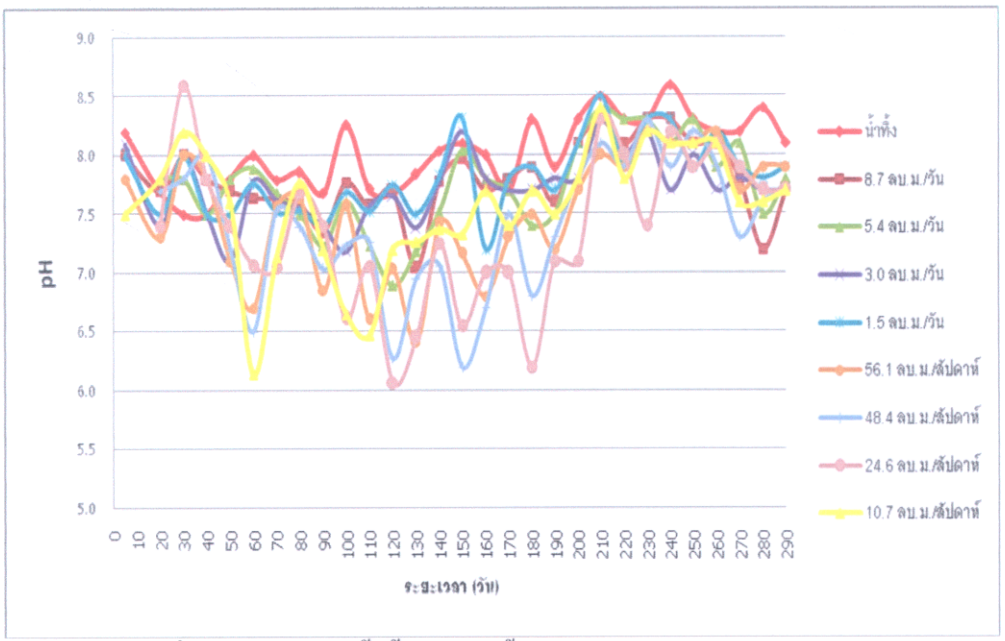
*ND = Non-Detectable = ไม่พบ

3.2 ผลการวิเคราะห์น้ำเข้าและออกจากระบบ

ผลการวิเคราะห์น้ำเข้าและออกจากระบบแสดงดังข้อมูลในภาคผนวก ก และภาพประกอบ 3.1-3.4

3.2.1 ผลของค่า pH ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน

จากการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดบนดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดินมาวิเคราะห์ทุกๆ 10 วัน ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า pH ของน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นที่ยังไม่นำไปบำบัดจะมีค่าเป็นกรด เพราะในกระบวนการผลิตมีการเติมกรดซัลฟูริก ทำให้น้ำเสียที่ออกมาจากกระบวนการผลิตมีค่าเป็นกรด โดยการบำบัดขั้นต้นจะมีการเติมปูนขาวและเติมอากาศ ซึ่งน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบบำบัดบนดินคือน้ำเสียที่ผ่านการเติมปูนขาวและเติมอากาศมาแล้ว 2 บ่อ โดยบ่อเติมอากาศจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนบ่อปรับสภาพทำให้ค่า pH ที่ออกมามีค่าที่ค่อนข้างเป็นด่าง (มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 8.0±0.3) โดยระบบบำบัดบนดินสามารถปรับสภาพน้ำทิ้งที่มีค่า pH ก่อนเข้าระบบที่มีค่าที่ค่อนข้างเป็นด่างให้เป็นกลางได้ น้ำทิ้งที่ผ่านระบบการบำบัดบนดินในแต่ละแปลงจะมีค่า pH ที่ค่อนข้างเป็นกลาง แสดงดังภาพประกอบที่ 3.1 ซึ่งค่า pH เฉลี่ยของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบของแปลงต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3.2 ส่วนค่า pH ของน้ำบ่อเก็บกักน้ำฝนที่นำมารดแปลงควบคุมและผ่านระบบบำบัดบนดินออกจากแปลงควบคุมมีค่าอยู่ในช่วงที่เป็นกลาง



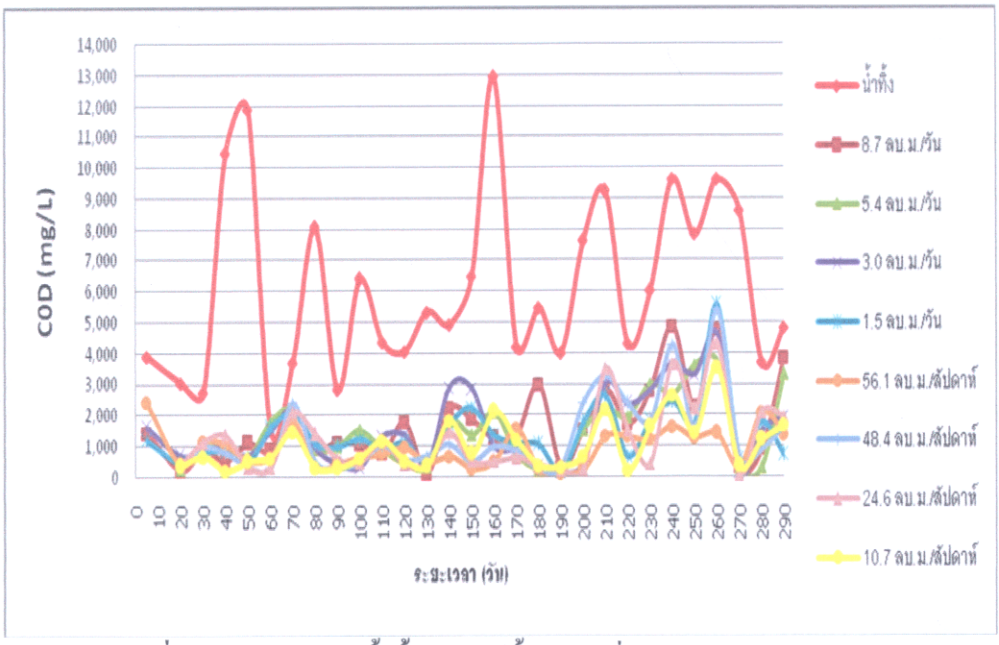
ภาพประกอบที่ 3.1 ค่า pH ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน

ตารางที่ 3.2 ค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลง

แปลงทดลอง	Range	$\overline{X} \pm S.D.$
น้ำทิ้งเข้าระบบ	7.5 – 8.6	8.0±0.3
แปลง D1	7.0 – 8.3	7.8±0.3
แปลง D2	6.9 – 8.4	7.7±0.4
แปลง D3	7.1 – 8.3	7.7±0.3
แปลง D4	7.2 – 8.5	7.8±0.3
แปลง W1	6.4 – 8.2	7.5±0.5
แปลง W2	6.2 – 8.3	7.4±0.6
แปลง W3	6.1 – 8.6	7.4±0.6
แปลง 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

3.2.2 ผลของค่า COD ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน

จากการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดบนดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดินมาวิเคราะห์ทุกๆ 10 วัน ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าแตกต่างกันออกไปในการเก็บแต่ละครั้ง เนื่องจากในพื้นที่ที่ทำการวิจัยมีสภาพอากาศไม่แน่นอน บางวันมีฝนตกหนักบางวันไม่มีฝนตก โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนแสดงดังตารางที่ 3.6 และการผลิตน้ำยางข้นในแต่ละวันไม่แน่นอน จึงทำให้ค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งหลังจากน้ำทิ้งผ่านระบบบำบัดบนดินแล้วค่า COD มีค่าลดลง แสดงดังภาพประกอบที่ 3.2 โดยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นจะเป็นน้ำทิ้งที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงในรูปของ COD เมื่อนำมารดสวนปาล์ม น้ำทิ้งที่ผ่านระบบจะมีค่า COD ลดลงเนื่องจากชั้นดินและรากของพืชจะทำหน้าที่เสมือนตัวกรองจึงทำให้ค่าดังกล่าวหลังจากการรดผ่านสวนปาล์มน้ำมันมีค่าลดลง โดยส่วนใหญ่น้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลงมีค่า COD ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 120 mg/L ค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลงแสดงดังตารางที่ 3.3



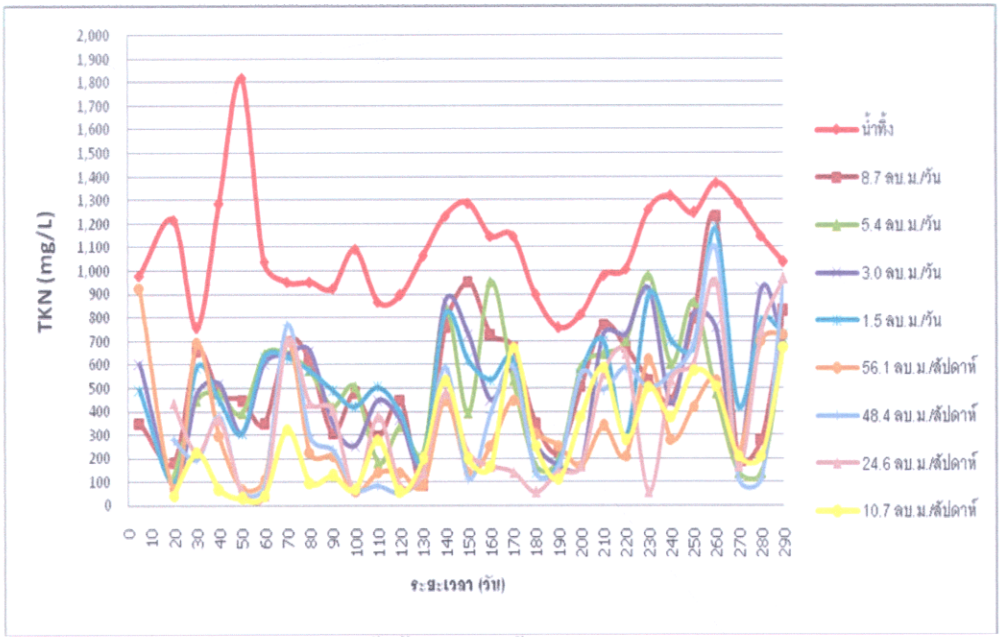
ภาพประกอบที่ 3.2 ค่า COD ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน

ตารางที่ 3.3 ค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลง (หน่วย mg/L)

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

3.2.3 ผลของค่า TKN ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน

จากการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดบนดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดินมาวิเคราะห์ทุกๆ 10 วัน ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบ พบว่ามีค่าแตกต่างกันออกไปในการเก็บแต่ละครั้ง เนื่องจากในพื้นที่ที่ทำการวิจัยมีสภาพอากาศและการผลิตน้ำยางข้นในแต่ละวันไม่แน่นอน จึงทำให้ค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าแตกต่างกัน โดยที่ค่า TKN ในน้ำทิ้งมีค่าสูง (ค่า TKN เฉลี่ยเท่ากับ 1,096±224 mg/L) เนื่องมาจากการเติมแอมโมเนียในกระบวนการผลิตและการบำบัดขั้นต้นมีเพียงการเติมอากาศ 2 บ่อ โดยไม่มีบ่อผึ่ง และเวลากักพักในบ่อเติมอากาศน้อย (โรงงานผลิตน้ำยางข้นช่วงเช้าแล้วเกิดน้ำเสีย จากนั้นผ่านบ่อเติมอากาศ 2 บ่อ แล้วจึงนำมารดสวนปาล์มน้ำมันในแปลงทดลองทันที โดยน้ำเสียมีเวลาอยู่ในบ่อเติมอากาศประมาณ 1 ชั่วโมง) จึงทำให้ค่า TKN ในน้ำทิ้งมีค่าสูง ซึ่งหลังจากน้ำทิ้งผ่านระบบบำบัดบนดินแล้วมีค่า TKN ลดลง แสดงดังภาพประกอบที่ 3.3 โดยค่า TKN ในน้ำทิ้งที่ลดลงเนื่องจากพืชในแปลงทดลอง เช่น ต้นปาล์มน้ำมัน หญ้า และพืชอื่นๆ มีการนำไนโตรเจนในน้ำทิ้งไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต โดยส่วนใหญ่น้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลงมีค่า TKN ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 100 mg/L ค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลงแสดงดังตารางที่ 3.4



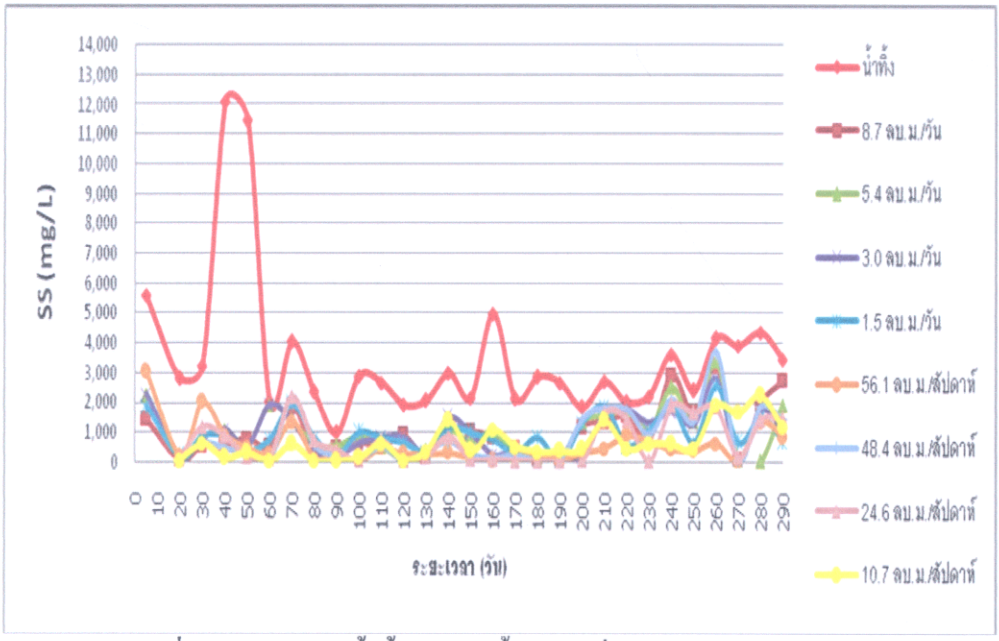
ภาพประกอบที่ 3.3 ค่า TKN ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน

ตารางที่ 3.4 ค่า TKN ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลง (หน่วย mg/L)

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

3.2.4 ผลของค่า SS ในน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน

จากการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดบนดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดินมาวิเคราะห์ทุกๆ 10 วัน ผลการวิเคราะห์พบว่าค่า SS ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบ พบว่ามีค่าแตกต่างกันออกไปในการเก็บแต่ละครั้ง เนื่องจากในพื้นที่ที่ทำการวิจัยมีสภาพอากาศไม่แน่นอนและการเติมอากาศในบ่อเติมอากาศทำให้ตะกอนของน้ำเสียไม่ตกตะกอน จึงทำให้ของแข็งแขวนลอยมีค่าสูงและมีค่าแตกต่างกันในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ซึ่งหลังจากน้ำทิ้งผ่านระบบบำบัดบนดินแล้วมีค่า SS ลดลง แสดงดังภาพประกอบที่ 3.4 โดยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นจะเป็นน้ำทิ้งที่ค่าของแข็งแขวนลอยสูง เมื่อนำมารดสวนปาล์ม น้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดินจะมีค่า SS ลดลงเนื่องจากชั้นดินและรากของพืชจะทำหน้าที่เสมือนตัวกรองจึงทำให้ค่า SS หลังจากการรดผ่านสวนปาล์มน้ำมันมีค่าลดลงและทำให้น้ำใสขึ้นอีกด้วย โดยส่วนใหญ่น้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลงมีค่า SS ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ไม่เกิน 50 mg/L ค่า SS ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลงแสดงดังตารางที่ 3.5



ภาพประกอบที่ 3.4 ค่า SS ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดิน

ตารางที่ 3.5 ค่า SS ของน้ำทิ้งที่เข้าและออกจากระบบบำบัดบนดินในแต่ละแปลง (หน่วย mg/L)

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

ตารางที่ 3.6 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในจังหวัดกระบี่เดือนพฤษภาคม 2553 – มกราคม 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
ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/เดือน)	158.1	200.4	238.5	172.2	280.5	237.3	365.6	83.2	165.8

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดกระบี่, 2554

3.3 ประสิทธิภาพของระบบบำบัดบนดิน

จากการศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้น โดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมัน พบว่าระบบบำบัดบนดินสามารถบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นให้มีคุณภาพดีขึ้นได้ โดยการบำบัด COD ส่วนใหญ่ในแต่ละแปลงทดลองจะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่แปลง W4 (อัตราที่รด 10.7 m^3/week) มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด COD เฉลี่ยเท่ากับ 81.7 ± 12.7 % ส่วนการบำบัด TKN ในแต่ละแปลงมีประสิทธิภาพในการบำบัดแตกต่างกันออกไป ซึ่งแปลง W4 มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด TKN เฉลี่ยเท่ากับ 74.1 ± 18.3 % และในการบำบัด SS จะพบว่าแปลง W1 และแปลง W4 มีประสิทธิภาพในการบำบัดใกล้เคียงกัน ซึ่งแปลง W1 (อัตราที่รด 56.1 m^3/week) มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด SS เฉลี่ยเท่ากับ 82.6 ± 15.5 % แสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ประสิทธิภาพของระบบการบำบัดบนดินในแต่ละแปลง

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

3.4 เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม

ตามเกณฑ์การออกแบบตามทฤษฎีการบำบัดบนดินแบบอัตราไหลช้า (slow-rate irrigation) จะสามารถเพิ่มค่า Hydraulic Loading Rate ที่ใช้รดสวนปาล์มน้ำมันได้ไปจนถึง 10 cm/week ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน US.EPA. (2006) โดยที่ค่า BOD_5 Loading Rate ในน้ำทิ้งในแต่ละแปลงยังคงอยู่ในช่วง 5 – 50 g $BOD_5/m^2.d$ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน US.EPA. (2006) แต่ในตัวอย่างน้ำทิ้งที่นำมารดสวนปาล์มน้ำมันมีค่าไนโตรเจนสูง จึงทำให้ไม่สามารถเพิ่มค่า Hydraulic Loading Rate ได้ เนื่องจากจะเกินค่า TKN Loading Rate ที่ปาล์มน้ำมันต้องการไปมากคือในช่วง 0.34 – 0.47 $gTKN/m^2.d$ (กรมส่งเสริมการเกษตร) แสดงดังตารางที่ 3.8 ซึ่งอัตราการรดน้ำทิ้งในปริมาณน้อยจึงจะเหมาะสมที่สุด ในด้านของประสิทธิภาพการบำบัดและความต้องการของธาตุอาหารของต้นปาล์มน้ำมัน โดยค่า Hydraulic Loading Rate ที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการทดลองคือ 0.5 cm/week แสดงดังตารางที่ 2.2 และ 2.3

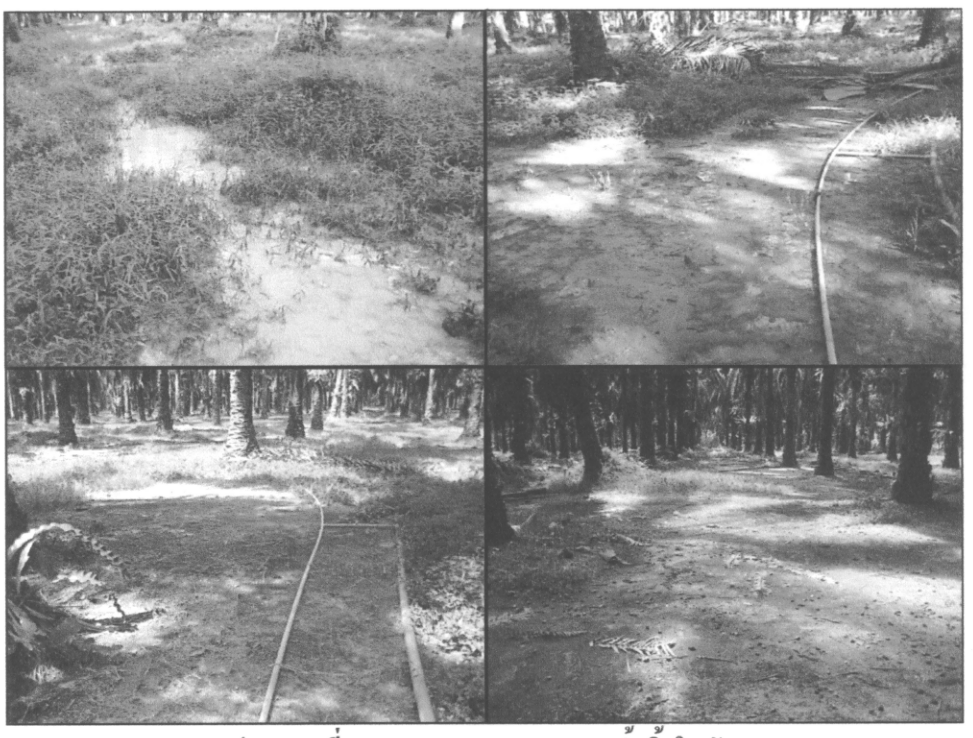
โดยค่า Hydraulic Loading Rate ที่มีค่ามากที่สุดที่ใช้ในการทดลองคือ 3.0 cm/wk ของแปลงที่รดทุกวันและรดสัปดาห์ละครั้ง (อัตรารด 8.7 m^3/d และ 56.1 $m^3/week$) จะมีค่า TKN Loading Rate เท่ากับ 4.6 g $TKN/m^2.d$ และ 32.4 g $TKN/m^2.week$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินกว่าค่า TKN Loading Rate ที่ปาล์มน้ำมันต้องการไปมากคือในช่วง 0.34 – 0.47 g $TKN/m^2.d$ (กรมส่งเสริมการเกษตร) แต่หลังจากการทดลองพบว่าระบบบำบัดบนดินสามารถรับปริมาณน้ำทิ้งอัตราดังกล่าวได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อต้นปาล์มน้ำมัน

สำหรับค่า Hydraulic Loading Rate ที่ทางบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด ใช้รดสวนปาล์มน้ำมันอยู่คือ 1.92 cm/wk ซึ่งมีค่า BOD_5 Loading Rate = 6.6 g $BOD_5/m^2.d$ และพบว่าอยู่ในช่วง 5 – 50 g $BOD_5/m^2.d$ ตามเกณฑ์ที่ US.EPA. (2006) กำหนดไว้ แต่ค่า TKN Loading Rate = 3.0 g $TKN/m^2.d$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ปาล์มน้ำมันต้องการคืออยู่ในช่วง ในช่วง 0.34 – 0.47 g $TKN/m^2.d$ จึงควรลดอัตราการรดน้ำลงเพื่อให้มีปริมาณไนโตรเจนเหมาะสมกับที่ปาล์มน้ำมันต้องการ จากการทดลองพบว่าการรดน้ำทิ้งในอัตรา 10.7 $m^3/week$ (Hydraulic Loading Rate = 0.5 cm/week) มีความเหมาะสมที่จะนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน เนื่องจากมีค่า BOD_5 Loading Rate และค่า TKN Loading Rateใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน US.EPA. (2006) และกรมส่งเสริมการเกษตร แสดงดังตารางที่ 2.5 ซึ่งการรดน้ำทิ้งในปริมาณที่มากจนเกินไปจะทำให้หญ้าในแปลงทดลองตายได้ เนื่องจากได้รับปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งมากเกินไป แสดงดังภาพประกอบที่ 3.5

ตารางที่ 3.8 เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม

Parameter	Watering frequency		Design Criteria*
	Daily	Weekly	
Hydraulic Loading Rate, cm/week	< 3	< 3	2.5 – 10
BOD_5 Loading Rate, g $BOD_5/m^2.d$	< 5	< 5	5 - 50
COD Loading Rate, g $COD/m^2.d$	< 14	< 14	-
TKN Loading Rate, g $TKN/m^2.d$	< 2.5	< 2.5	0.34 – 0.47
Expected Removal Efficiency, %			
COD	< 71	< 80	-
TKN	< 52	< 69	-
SS	< 67	< 78	-

***ที่มา** : US.EPA., 2006 และกรมส่งเสริมการเกษตร



ภาพประกอบที่ 3.5 ผลกระทบจากการรดน้ำทิ้งในอัตราสูง

3.5 ผลการศึกษาลักษณะของดิน

ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนการรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นจากแปลงทดลอง 10 แปลง แปลงละ 1 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีเก็บตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่า Conductivity, pH, Organic Matter และ TN พารามิเตอร์ดังกล่าววิเคราะห์ตามวิธีการที่ระบุใน คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำเป็น, 2547) และ วิเคราะห์ค่า Soil Texture, P, K, Ca, Mg, Na, Zn และ Cation Exchange Capacity ผลการศึกษาคุณภาพของดิน ดังแสดงในตารางที่ 3.9

ผลการวิเคราะห์พบว่า ลักษณะเนื้อดินของแปลงทดลอง D1, W1, W2, W3, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีลักษณะเนื้อดินเป็นแบบ ดินร่วนปนทราย สำหรับลักษณะเนื้อดินของแปลงทดลอง D2, D3, D4, W4 มีลักษณะเนื้อดินเป็นแบบ ดินร่วนเหนียวปนทราย เมื่อประเมินความเหมาะสมของสมบัติทางฟิสิกส์ของดินสำหรับปลูกปาล์มน้ำมัน (ตารางที่ 1.8) จะเห็นได้ว่าลักษณะของเนื้อดินแต่ละแปลงอยู่ในช่วง เหมาะสมปานกลาง-เหมาะสมมาก โดยการเลือกพื้นที่ดินที่เหมาะสมจะส่งผลให้ปาล์มน้ำมันเจริญเติบโตได้ดี และจะให้ผลผลิตสูงตามศักยภาพของพันธุ์

ค่า pH ในดินของแปลงทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าเฉลี่ย 4.5±0.7, 4.6±0.7, 5.3±0.2, 5.1±0.4, 4.4±0.3, 4.9±0.3, 5.7±0.3, 5.7±0.1, 4.5±0.4 และ 4.6±0.6 ตามลำดับ จะเห็นว่าค่า pH ในดินแต่ละแปลงไม่เท่ากัน ซึ่งบางแปลงมีค่า pH ในดินอยู่ในช่วงที่ยอมรับไม่ได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการเลือกพื้นที่เพาะปลูกสำหรับการบำบัดบนดินแบบอัตราการไหลช้า และมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน สาเหตุที่ดินมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นนั้น เนื่องดินในพื้นที่ที่ทำการทดลองเป็น ชุดดินอ่าวลึก (Ao Luk series: Ak) ซึ่งมีความเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก (pH 5.0-6.0) มีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง แต่เนื่องจากการรดด้วยน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นด้วยการเติมอากาศเพียง 2 บ่อ ทำให้ในน้ำทิ้งมีปริมาณสารอินทรีย์ และของแข็งแขวนลอยอยู่สูง ส่งผลให้การระบายน้ำ และความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ลดลง ทำให้น้ำท่วมขังในดินเนื่องจากช่องว่างในดินมีขนาดเล็กลงจึงเกิดกระบวนการหมัก (Fermentation) ซึ่งเป็นกระบวนการสังเคราะห์โดยจุลินทรีย์ (Metabolism) เกิดเป็นกรดอะมิโน (Amino acid) หรือกรดอินทรีย์ปริมาณมากขึ้น รวมทั้งน้ำขณะที่ไหลผ่านชั้นดินอยู่นั้นจะละลายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่มีอยู่ในดินให้กลายเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ที่แตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ทำให้น้ำที่ไหลซึมผ่านดินมีสภาพเป็นกรด ในขณะที่ผ่านชั้นดินไฮโดรเจนไอออน (H^+) จะเข้าไปแทนที่เบสิกแคตไอออน เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ และ Na^+ เป็นต้น ที่ดูดซับอยู่ที่บริเวณผิวของอนุภาคดิน ซึ่งถ้าหากมี ไฮโดรเจนไอออน (H^+) เข้าไปแทนที่อยู่สูงกว่าเบสิกแคตไอออน จะส่งผลให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด

ค่า Conductivity ในดินของแปลงทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าเฉลี่ย 275.4±111.5, 341.8±106.4, 254.0±54.8, 200.1±85.5, 209.0±9.7, 315.6±49.4, 356.9±136.7, 294.4±56.6, 82.4±18.2 และ77.4±14.3 μS/cm ตามลำดับ จะเห็นว่าค่า Conductivity ในดินของแต่ละแปลงทดลองเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่ยอมรับได้ของเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการเลือกพื้นที่เพาะปลูก (ตารางที่ 1.5) ซึ่งโดยมาตรฐานทั่วไปมักถือว่าค่าการนำไฟฟ้าในดินที่มีค่ามากกว่า 0.4 S/cm จัดว่าเป็นดินเค็ม สำหรับดินเค็มนั้นมีลักษณะทั่วไปเหมือนดินธรรมดาเพียงแต่มีเกลือละลายง่ายอยู่สูงกว่าปกติ หากในดินมีเกลือละลายง่ายอยู่มากเกินไปจะมีผลทำให้ความดันออสโมติกสูงจนพืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารมาใช้ประโยชน์ได้

ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในดินของแปลงทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าเฉลี่ย 6.84±3.13, 9.51±0.29, 6.72±2.100, 4.68±0.45, 6.44±1.36, 8.79±3.26, 14.00±3.93, 8.81±1.92, 2.79±0.09 และ2.29±0.17 g/kg ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าค่าไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่าไม่อยู่ในช่วง 0.20-5.00 g/kg ซึ่งเป็นค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ปกติพบในดิน อย่างไรก็ตามค่าไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อนทำการทดลองมีค่าสูง รวมทั้งน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงด้วย เมื่อรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น ทำให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่าสูงเพิ่มขึ้น แต่ไนโตรเจนทั้งหมดนี้ พืชไม่อาจนำไปใช้ได้โดยตรง จะต้องถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจนเสียก่อน และรูปอนินทรียไนโตรเจนมีประมาณร้อยละ 2–3 ของไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ได้แก่ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ไนเตรตไอออน (NO_3^-) และไนไตรต์ไอออน (NO_2^-) รูปของก๊าซต่าง ๆ ประกอบด้วย ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนออกไซด์ (N_2O) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ซึ่งรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรงคือ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ไนเตรตไอออน (NO_3^-) และไนไตรต์ไอออน (NO_2^-) เมื่อเทียบกับความต้องการของพืชถือว่ายังมีปริมาณน้อย

ค่าสังกะสีในดินของแปลงทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าเฉลี่ย 47.12±35.78, 96.56±50.13, 54.06±18.37, 8.99±2.43, 34.55±25.24, 96.57±49.94, 45.68±6.30, 33.27±14.90, 16.61±6.21 และ14.57±12.10 mg/kg ตามลำดับ พบว่าแต่ละแปลงทดลองมีค่าสังกะสีในดินอยู่ในช่วงสังกะสีในดินที่ปกติพบทั่วไปคือ 10–300 mg/kg สังกะสีเป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงการปนเปื้อนของโลหะหนักที่มีที่มีความเป็นพิษที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าสังกะสีในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่นำมาทำการทดลอง (0.21 mg/L) กับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม (ไม่เกิน 5 mg/L) พบว่ามีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 3.9 ผลการวิเคราะห์ลักษณะดิน

พารามิเตอร์	Soil Texture	pH*	Conductivity (μS/cm)*	TN (g/kg)*	Zn (mg/kg)*
D_1	SL	4.5±0.7	275.4±111.5	6.84±3.13	47.12±35.78
D_2	SCL	4.6±0.7	341.8±106.4	9.51±0.29	96.56±50.13
D_3	SCL	5.3±0.2	254.0±54.8	6.72±2.100	54.06±18.37
D_4	SCL	5.1±0.4	200.1±85.5	4.68±0.45	8.99±2.43
W_1	SL	4.4±0.3	209.0±9.7	6.44±1.36	34.55±25.24
W_2	SL	4.9±0.3	315.6±49.4	8.79±3.26	96.57±49.94
W_3	SL	5.7±0.3	356.9±136.7	14.00±3.93	45.68±6.30
W_4	SCL	5.7±0.1	294.4±56.6	8.81±1.92	33.27±14.90
รดน้ำบ่อ	SL	4.5±0.4	82.4±18.2	2.79±0.09	16.61±6.21
ไม่รดน้ำบ่อ	SL	4.6±0.6	77.4±14.3	2.29±0.17	14.57±12.10

หมายเหตุ : SL ดินร่วนปนทราย, SCL ดินร่วนเหนียวปนทราย

* $\overline{X} \pm S.D.$

จากการพิจารณาค่าอินทรียวัตถุในดินก่อนการทดลองกับดินระหว่างการทดลองที่มีการด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน และดินหลังการทดลองเป็นระยะเวลา 9 เดือน ของแปลงทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 12.95, 11.99, 16.68, 20.20, 27.40, 25.85, 18.47, 19.95, 11.28 และ 14.54 g/kg (1.30, 1.20, 1.67, 2.02, 2.74, 2.59, 1.85, 2.00, 1.13 และ 1.45 %) ตามลำดับ เป็น 20.66, 18.18, 25.04, 29.35, 29.99, 29.90, 30.93, 21.38, 13.48 และ12.52 g/kg (2.07, 1.82, 2.50, 2.94, 3.00, 2.99, 3.09, 2.14, 1.35 และ 1.25 %) ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นเป็น 23.17, 25.86, 27.54, 30.54, 31.87, 31.23, 32.21, 30.90, 15.50 และ13.52 g/kg (2.32, 2.59, 2.75, 3.05, 3.19, 3.12, 3.22, 3.09, 1.55 และ1.35 %) ตามลำดับ เนื่องจากในน้ำทิ้งมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่สูง การรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นจึงเป็นการเพิ่มสารอินทรีย์ให้แก่ดิน การที่ดินมีปริมาณสารอินทรีย์สูงนั้นจะส่งผลให้ดินมีความร่วนซุย ระบายน้ำ และอากาศได้ดี ทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมากขึ้นสามารถดูดยึดธาตุอาหารได้ดี ช่วยต้านทานการเปลี่ยนแปลง pH ของดินทำให้ดินมี pH เป็นกลาง เป็นแหล่งที่มาของธาตุต่างๆ

โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน ธาตุอาหารเหล่านี้เป็นประโยชน์กับพืชในการเจริญเติบโต

ความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนการทดลองกับดินระหว่างการทดลองที่มีการด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน ของแปลงทดลอง D1, D2, D3, W1, W2, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ พบว่า ความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าจาก 35.07, 33.94, 79.80, 52.68, 68.08, 68.89, 38.16 และ 34.04 % เป็น 68.20, 72.97, 110.84, 76.08, 81.23, 76.28, 48.81 และ 61.85 % ตามลำดับ และดินหลังการทดลองเป็นระยะเวลา 9 เดือน มีค่า 108.47, 112.54, 127.16, 139.05, 48.25, 116.97, 118.24, 108.12, 46.18 และ83.37 % การที่ ดินมีความอิ่มตัวด้วยเบสสูงจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจาก ความอิ่มตัวด้วยเบสจะบ่งบอกถึงสัดส่วนระหว่างเบสิกแคตไอออนและแคตไอออนที่เป็นกรดที่ดูดซับอยู่ในดิน เนื่องจากเบสิกแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจะเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชหลายธาตุ ปริมาณของเบสิกแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ค่าความจุแลกในการเปลี่ยนแคตไอออนในดินก่อนการทดลองของแปลงทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่า 3.65, 5.45, 5.89, 6.3, 3.36, 5.89, 6.73, 5.40 และ 4.56 meq/100g ตามลำดับ ดินระหว่างการทดลองที่มีการด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน ของแปลงทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่า 5.88, 5.66, 6.46, 6.41, 4.85, 5.06, 6.71, 4.89, 3.79 และ 3.46 meq/100g ตามลำดับ และดินหลังการทดลองเป็นระยะเวลา 9 เดือน ของแปลงทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่า 7.08, 6.54, 4.97, 4.61, 4.85, 7.13, 6.03, 6.65, 3.40 และ4.21 meq/100g ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าอัตราร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนดำเนินการทดลองของแต่ละแปลงเป็นค่าอัตราร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนได้ที่ยอมรับได้ของเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการเลือกพื้นที่เพาะปลูก คือมีค่าต่ำกว่า 0.4 S/cm หากค่าอัตราร้อยละโซเดียมแลกเปลี่ยนมีค่ามากกว่า 15 % และค่าการนำไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่า 0.4 S/cm ถือว่าดินนั้นเป็นดินโซดิก (Sodic soils) ลักษณะของดินโซดิกคือ สมบัติทางกายภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากโซเดียม (Na^+) ทำให้คอลลอยด์ดินเกิดการแพร่กระจาย ดินแน่นทึบ การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศเป็นไปได้ยาก หากการสะสมของโซเดียมมีปริมาณที่สูงจะเป็นพิษต่อพืช (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนการทดลองกับดินระหว่างการทดลองที่มีการด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน ของแปลงทดลอง D1, D2, D4, W4, และไม่รดน้ำบ่อ มีค่า 114.75, 93.78, 80.06, 120.75 และ 49.66 mg/kg ตามลำดับ มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 138.21, 547.88, 208.12, 171.42 และ99.48 mg/kg ตามลำดับ และดินหลังการทดลองเป็นระยะเวลา 9 เดือน ของแปลง

ทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4 และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นจากแปลงดังกล่าว ของดินระหว่างการทดลองเป็น 602.33, 1003.10, 221.93, 239.83, 143.24, 1060.03, 293.74, 558.33, 82.20 และ247.00 mg/kg การเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เนื่องจากในน้ำทิ้งที่นำมารดมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่สูง จึงเป็นการเพิ่มฟอสฟอรัสให้กับดิน รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของสารอินทรีย์ในดินที่ทำการทดลองส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินสูงขึ้นด้วย เนื่องจากอินทรียวัตถุเมื่อผ่านการย่อยสลาย นอกจากจะปลดปล่อยให้ฟอสฟอรัสแก่พืชแล้วสารที่เกิดจากการย่อยสลายยังช่วยลดการตรึงของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่มีอยู่โดยธรรมชาติ และที่เติมลงไป สำหรับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนการทดลองกับดินระหว่างการทดลองที่มีการด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน ของแปลงทดลอง D3, W1, W2, W3 และรดน้ำบ่อ มีค่า 363.21, 235.91, 417.24, 455.58 และ114.36 mg/kg ตามลำดับ มีค่าลดลงเป็น 153.8, 127.73, 233.17, 136.92 และ93.38 mg/kg ตามลำดับ และดินหลังการทดลองของแปลงรดน้ำบ่อมีค่าฟอสฟอรัสลดลงจากแปลงรดน้ำบ่อของดินระหว่างการทดลอง เป็น 82.20 mg/kg เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของ pH ในดินหลังการทดลอง ทำให้มี Ca^{2+} และ Mg^{2+} สูงขึ้น ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้เมื่อทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} และ Mg^{2+} และถูกดูดยึดอยู่กับผิวดินกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อยลง ปรากฏการณ์ที่ฟอสฟอรัสละลายน้ำได้ถูกทำให้ตกตะกอนและดูดยึดในดินนี้เรียกว่าการตรึงฟอสฟอรัส (phosphorus fixation) ซึ่งเป็นการทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนการทดลองกับดินระหว่างการทดลองที่มีการด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน ของแปลงทดลอง D1, D2, D3, W1, W2, W4, และรดน้ำบ่อ มีค่า 93.6, 156.0, 167.7, 89.7, 269.1, 288.6, 105.3 และ 58.5 mg/kg ตามลำดับ ค่าโพแทสเซียมของดินหลังการทดลองในแปลงทดลอง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3 และW4 มีค่าเพิ่มขึ้นจากแปลงทดลองเดียวกันของดินระหว่างการทดลองมีค่า 741.00, 686.40, 686.40, 538.20, 429.00, 733.20, 725.40 และ799.50 mg/kg ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เกิดจากการรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางขึ้น เนื่องจากในน้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้นมีโพแทสเซียมอยู่ ซึ่งเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน สำหรับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนการทดลองกับดินระหว่างการทดลองที่มีการด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน ของแปลงทดลอง D4 และ W4 มีค่าลดลงเป็น 663.0 และ 666.9 mg/kg ตามลำดับ ค่าโพแทสเซียมของดินหลังการทดลองในแปลงทดลอง รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าโพแทสเซียมลดลงเป็น 101.40 และ62.40 mg/kg ตามลำดับ จากการพิจารณาพบว่า แปลงทดลอง D4 และ W4 CEC มีค่าลดลงจึงส่งผลให้ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของแปลงทดลอง D4 และ W4 มีค่าลดลงด้วย ดังนั้นการที่ดินที่มีค่า CEC สูง โอกาสที่จะสูญเสียธาตุอาหารทั้งที่อยู่โดยธรรมชาติหรือเติมให้ในรูปของปุ๋ย โดยการชะละลาย (leaching) น้อยกว่าดินที่มีค่า CEC ต่ำเนื่องจากไอออนบวกต่าง ๆ ถูกดูดยึดโดยคอลลอยด์ดินได้มากกว่า

ตารางที่ 3.10 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของดินสำหรับพิจารณาความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อน ระหว่าง และหลังการทดลอง

พารามิเตอร์	Organic Matter (g/kg)			Base Saturation (%)			CEC (meq/100g)			Available P (mg/kg)			Available K (mg/kg)		
	ก่อน	ระหว่าง	หลัง	ก่อน	ระหว่าง	หลัง	ก่อน	ระหว่าง	หลัง	ก่อน	ระหว่าง	หลัง	ก่อน	ระหว่าง	หลัง
D_1	12.95	20.66	23.17	35.07	68.20	108.47	3.65	5.88	7.08	114.75	138.21	602.33	93.60	136.50	741.00
D_2	11.99	18.18	25.86	33.94	72.97	112.54	5.45	5.66	6.54	93.78	547.88	1003.10	156.00	460.20	686.40
D_3	16.68	25.04	27.54	79.80	110.84	127.16	5.89	6.46	4.97	363.21	153.80	221.93	167.70	460.20	686.40
D_4	20.20	29.35	30.54	132.86	59.91	139.05	6.30	6.41	4.61	80.06	208.12	239.83	663.00	202.80	538.20
W_1	27.40	29.99	31.87	52.68	76.08	48.25	3.36	4.85	4.85	235.91	127.73	143.24	89.70	171.60	429.00
W_2	25.85	29.90	31.23	68.08	81.23	116.97	5.89	5.06	7.13	417.24	233.17	1060.03	269.10	503.10	733.20
W_3	18.47	30.93	32.21	129.27	65.28	118.24	6.73	6.71	6.03	455.58	136.92	293.74	666.90	249.60	725.40
W_4	19.95	21.38	30.90	68.89	76.28	108.12	5.40	4.89	6.65	120.75	171.42	558.33	288.60	464.10	799.50
รดน้ำบ่อ	11.28	13.48	15.50	38.16	48.81	46.18	4.56	3.79	3.40	114.36	93.38	82.20	105.30	113.10	101.40
ไม่รดน้ำบ่อ	14.54	12.52	13.52	34.04	61.85	83.37	4.23	3.46	4.21	49.66	99.48	247.00	58.50	78.00	62.40

หมายเหตุ : mg/kg = ppm และ cmol/kg = meq/100g

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ค่า Organic Matter, Base saturation, CEC, Available P และ Available K ในตารางที่ 3.10 มาประเมินกับเกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยวิธีการให้คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 3.11 โดยการนำผลการวิเคราะห์ไปเทียบกับค่าที่ได้กำหนดไว้ว่าอยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง หรือสูง และเมื่อพิจารณาร่วมกับสมบัติเคมีบางประการของดินก็จะสามารถใช้แนะนำการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ยกับพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบว่าดินที่จะใช้ในการปลูกพืชนั้น มีระดับธาตุอาหารพืชต่าง ๆ อยู่มากน้อยเพียงใด และหากต้องการใส่เพิ่มลงไปในดิน ธาตุใดจำเป็นต้องเพิ่มและเพิ่มในอัตราเท่าใด เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกชนิดของปุ๋ยและอัตราปุ๋ยอย่างเหมาะสม เป็นการอนุรักษ์ดินนั้นให้คงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสามารถใช้ปลูกพืชได้อย่างเหมาะสมเป็นเวลานาน ๆ (วิเชียร ฝอยพิกุล, 2537) สำหรับการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ข้อสรุปการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังแสดงในตารางที่ 3.12 3.13 และ 3.14

ตารางที่ 3.11 เกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กองสำรวจดิน, 2523)

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	อินทรียวัตถุ (g/kg)	ความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (%)	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmolc/kg)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)
ต่ำ (คะแนน)	<15 (1)	<35 (1)	<10 (1)	<10 (1)	<60 (1)
ปานกลาง (คะแนน)	15-35 (2)	35-75 (2)	10-20 (2)	10-25 (2)	60-90 (2)
สูง (คะแนน)	>35 (3)	>75 (3)	>20 (3)	>25 (3)	>90 (3)

หมายเหตุ : ผลการประเมินใช้เกณฑ์ดังนี้ เมื่อรวมคะแนนถ้าได้คะแนนรวม น้อยกว่า 7 แสดงว่าระดับอุดมสมบูรณ์ต่ำ ถ้าคะแนนระหว่าง 8-12 แสดงว่าระดับอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และคะแนนตั้งแต่ 13 ขึ้นไปถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ตารางที่ 3.12 ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนการทดลอง

พารามิเตอร์	อินทรียวัตถุ (g/kg)	ความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (%)	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmolc/kg)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	คะแนน	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน
D_1	1	2	1	3	3	10	ปานกลาง
D_2	1	1	1	3	3	9	ปานกลาง
D_3	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
D_4	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
W_1	2	2	1	3	2	10	ปานกลาง
W_2	2	2	1	3	3	11	ปานกลาง
W_3	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
W_4	2	2	1	3	3	11	ปานกลาง
รดน้ำบ่อ	1	2	1	3	2	9	ปานกลาง
ไม่รดน้ำบ่อ	1	1	1	3	3	9	ปานกลาง

ตารางที่ 3.13 ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินระหว่างการทดลอง

พารามิเตอร์	อินทรียวัตถุ (g/kg)	ความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (%)	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmolc/kg)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	คะแนน	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน
D_1	2	2	1	3	3	11	ปานกลาง
D_2	2	2	1	3	3	11	ปานกลาง
D_3	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
D_4	2	2	1	3	3	11	ปานกลาง
W_1	2	3	1	3	2	11	ปานกลาง
W_2	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
W_3	2	2	1	3	3	11	ปานกลาง
W_4	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
รดน้ำบ่อ	2	2	1	3	3	11	ปานกลาง
ไม่รดน้ำบ่อ	1	2	1	3	2	9	ปานกลาง

ตารางที่ 3.14 ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังการทดลอง

พารามิเตอร์	อินทรียวัตถุ (g/kg)	ความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (%)	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmolc/kg)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	คะแนน	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน
D_1	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
D_2	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
D_3	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
D_4	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
W_1	2	2	1	3	3	11	ปานกลาง
W_2	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
W_3	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
W_4	2	3	1	3	3	12	ปานกลาง
รดน้ำบ่อ	1	2	1	3	3	10	ปานกลาง
ไม่รดน้ำบ่อ	1	2	1	3	2	9	ปานกลาง

จากการทดลองและศึกษาลักษณะของดินที่เกิดจากการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันพบว่า ดินก่อนการทดลองมีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง สำหรับระหว่างการทดลองที่มีการรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า มีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง และดินหลังการทดลองที่มีการรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 9 เดือน พบว่า มีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางเช่นกัน ดังนั้น การนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันจึงไม่ส่งผลกระทบทำให้ดินมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันภายในระยะเวลาที่ทำการศึกษา

3.6 ผลการศึกษาลักษณะของน้ำท่า

ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลอง 1 ครั้ง และเก็บตัวอย่างน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองเดือนละ 1 ครั้ง จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่า pH, Temperature, Conductivity, TDS, TS, SS, BOD_5, COD, TKN, NH_3-N, NO_2-N, NO_3-N, Org-N, TP และ SO_4^{2-} ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำท่า ดังแสดงในตารางที่ 3.15

ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 7.6 แนวโน้มค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 6.7-8.7 และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำท่าหลังการทดลองมีค่า 8.7 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำท่าทั้งก่อนดำเนินการทดลองและระหว่าง และหลังดำเนินการทดลองผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งมีค่าระหว่าง 5.0-9.0

อุณหภูมิของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 28 °C แนวโน้มอุณหภูมิของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 27-28 °C และอุณหภูมิของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่า 32°C โดยปกติอุณหภูมิของน้ำตามมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน จะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 °C เมื่อพิจารณาพบว่าอุณหภูมิของน้ำท่ามีค่าไม่เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศบริเวณใกล้เคียงด้วย เช่น อุณหภูมิของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่าสูง ซึ่งเกิดจากการเก็บตัวอย่างในช่วงบ่ายที่มีอุณหภูมิในอากาศสูง ในขณะที่การเก็บตัวอย่างน้ำท่าก่อน และระหว่างการทดลองอยู่ในช่วงสาย

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 105.9 µS/cm แนวโน้มค่าการนำไฟฟ้าของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 74.2-119.0 µS/cm ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่า 106 µS/cm ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำแสดงถึงปริมาณประจุของสารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ ซึ่งหากมีประจุของสารต่าง ๆ ละลายอยู่สูงจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงด้วย

ค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 280 mg/L แนวโน้มค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 3-146 mg/L ค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลอง มีค่า 24 mg/L การที่ค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองและค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองของเดือน กรกฎาคม และสิงหาคม มีค่าสูง เกิดจากในช่วงก่อนดำเนินการทดลองและระหว่างการทดลองช่วงแรกมีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างน้อย ทำให้น้ำในแหล่งน้ำท่ามีปริมาณเพียงครึ่งหนึ่ง ส่งผลให้ปริมาณสารละลายในรูปของแข็งละลายมีความเข้มข้นสูงทำให้ค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูง ในทางตรงกันข้ามของแข็งละลายได้ทั้งหมดของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองในช่วงเดือนหลัง ๆ มีค่าน้อยลง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนมากขึ้นทำให้น้ำในแหล่งน้ำท่ามีปริมาณมากขึ้น ปริมาณสารละลายในรูปของแข็งละลายมีความเข้มข้นต่ำ ค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีค่าน้อยด้วย ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 90 mg/L แนวโน้มค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 4-12 mg/L ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่า 2 mg/L ค่าของแข็งแขวนลอยใช้สำหรับบอกถึงของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ มีความแปรผันโดยตรงกับค่าความขุ่นของน้ำ หากในน้ำมีของแข็งแขวนลอยอยู่มากน้ำนั้นก็จะมีความขุ่นมาก การที่ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลอง และค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองของเดือน กรกฎาคม มีค่าสูง เกิดจากตะกอนสาหร่ายที่อยู่ในน้ำมีปริมาณสูง ส่งผลให้น้ำมีลักษณะขุ่นและมองเห็นเป็นตะกอนลอยอยู่ แต่เมื่อดำเนินการทดลองไประยะหนึ่ง มีปริมาณฝนมากขึ้นทำให้น้ำในแหล่งน้ำท่ามีปริมาณมากขึ้นค่าของแข็งแขวนลอยจึงมีค่าน้อยลง ซึ่งจะเห็นได้จากมากค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลอง

ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 327 mg/L แนวโน้มค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 11-180 mg/L และค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 24 mg/L โดยของแข็งทั้งหมดมีค่าเท่ากับค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดและค่าของแข็งแขวนลอยรวมกัน ดังนั้นค่าของแข็งทั้งหมดจึงแปรผันตรงกับค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดและค่าของแข็งแขวนลอย เมื่อค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดและค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าสูง จึงทำให้ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองและค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองของเดือน กรกฎาคม และสิงหาคม มีค่าสูงด้วย ในทางตรงกันข้าม เมื่อค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดและค่าของแข็งแขวนลอยมีค่าต่ำลง ทำให้ค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่าต่ำกว่าค่าของแข็งทั้งหมดของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลอง

ค่าบีโอดีของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 11 mg/L แนวโน้มค่าบีโอดีของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 1-6 mg/L และค่าบีโอดีของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.75 mg/L ค่าบีโอดีเป็นตัวบ่งบอกความสกปรกของน้ำ ซึ่งหาในน้ำมีค่าบีโอดีสูงแสดงว่าน้ำนั้นมีความสกปรกสูง จากการศึกษาพบว่าค่าบีโอดีของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าสูงทั้งนี้เกิดจากการที่มีปริมาณฝนน้อยทำให้มีสารอินทรีย์อยู่มากทำให้มีความต้องการออกซิเจนในปริมาณมากด้วย แต่เมื่อมีปริมาณฝนมากขึ้นพบว่าค่าบีโอดีมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีของน้ำท่าที่ศึกษาทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการทดลองกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม พบว่าผ่านมาตรฐาน (ไม่เกิน 20 mg/L)

ค่าซีโอดีของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 20 mg/L แนวโน้มค่าซีโอดีของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 10-56 mg/L และค่าซีโอดีของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 11 mg/L พบว่าก่อนการทดลอง และช่วงแรกของระหว่างการทดลอง ซีโอดีมีค่าสูง และช่วงหลังของระหว่างการทดลอง และหลังการทดลองซีโอดีมีค่าต่ำ ซึ่งเกิดจากปริมาณฝนที่แตกต่างกันในแต่ละช่วง กล่าวคือ ช่วงแรกมีปริมาณฝนน้อยทำให้ซีโอดีมีค่าสูง และช่วงหลังปริมาณฝนมากขึ้นทำให้ซีโอดีมีค่าต่ำลง ค่าซีโอดีเป็นตัวบ่งบอกความสกปรกของน้ำเช่นเดียวกับค่าบีโอดี แต่ซีโอดีใช้สารเคมีในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ ในขณะที่บีโอดีใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายซึ่งสารอินทรีย์บางประเภทจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ทำให้ค่าบีโอดีมีค่าต่ำกว่าค่าซีโอดี เมื่อเปรียบเทียบค่าบีโอดีของน้ำท่าที่ศึกษาทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการทดลองกับมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม พบว่าผ่านมาตรฐาน (ไม่เกิน 120 mg/L)

ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 1.12 mg/L แนวโน้มค่าค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 0.56-3.36 mg/L และค่าค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.56 mg/L ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำท่าก่อน ระหว่าง และหลังการทดลองมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม (ไม่เกิน 100 mg/L) สำหรับค่า แอมโมเนีย ไนไตรไนโตรเจน และไนเตรตไนโตรเจน รวมทั้งออแกนิกไนโตรเจนในน้ำท่าก่อน ระหว่าง และหลังการทดลองมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินพบว่า ค่าแอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 0.5 mg/L) และพบว่า ค่าไนเตรตไนโตรเจนมีค่าไม่ไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 5.0 mg/L)

ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.20 mg/L แนวโน้มค่าค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 0.17-0.82 mg/L และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.93 mg/L จากการศึกษาพบว่า มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำท่า เนื่องจากในเดือนมีนาคมมีปริมาณฝนตกสูงดังนั้นจึงเกิดการชะล้างฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นจากแปลงทดลองลงสู่แหล่งน้ำท่าทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำท่ามีปริมาณสูงขึ้น

ค่าซัลเฟตของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 22.11 mg/L แนวโน้มค่าซัลเฟตของน้ำท่าระหว่างดำเนินการทดลองอยู่ในช่วง 8.75-37.36 mg/L และค่าซัลเฟตของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่าเท่ากับ 12.26 mg/L เมื่อเปรียบเทียบค่าซัลเฟตของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลองกับค่าซัลเฟตของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลอง พบว่า ค่าซัลเฟตของน้ำท่าหลังดำเนินการทดลองมีค่าต่ำกว่าค่าซัลเฟตของน้ำท่าก่อนดำเนินการทดลอง แสดงว่าไม่มีการปนเปื้อนของซัลเฟตจากการรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในแหล่งน้ำท่า

ค่าสังกะสีมีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ไม่เกิน 1.0 mg/L) เนื่องจากค่าสังกะสีในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่นำมารดมีค่าน้อย ดังนั้นการปนเปื้อนสังกะสีในแหล่งน้ำท่าจึงมีค่าน้อยด้วย

ตารางที่ 3.15 ผลการวิเคราะห์ลักษณะของน้ำท่า

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	หน่วย	ก่อนการทดลอง	ระหว่างการทดลอง							หลังการทดลอง
		(3/6/2553)	(3/7/2553)	(3/8/2553)	(3/9/2553)	(3/10/2553)	(3/11/2553)	(3/12/2553)	(3/1/2554)	(3/2/2554)	(3/3/2554)
pH	-	7.6	8.7	6.7	7.1	6.8	7.5	6.7	8.7	7.8	8.7
Temperature	°C	28	28	28	27	28	28	26	28	30	32
Conductivity	µS/cm	106	109	74	99	119	97	106	127	103	106
TDS	mg/L	280	116	146	3	10	15	10	15	51	24
TS	mg/L	327	139	180	11	24	62	55	65	94	72
SS	mg/L	90	12	5	10	4	2	6	2	3	2
BOD_5	mg/L	11.40	6.00	1.20	3.05	4.00	2.57	4.33	2.67	3.67	0.75
COD	mg/L	20	56	42	26	10	23	11	20	15	11
TKN	mg/L	1.12	1.12	0.84	1.12	2.24	3.36	1.12	0.56	0.56	0.56
NH_3-N	mg/L	0.28	0.42	0.28	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21	0.28	0.28
NO_2-N	mg/L	0.007	0.003	0.003	0.002	0.001	0.006	0.006	0.009	0.004	0.004
NO_3-N	mg/L	0.008	0.001	0.011	0.01	0.012	0.014	0.024	0.007	0.003	0.079
Org-N	mg/L	0.84	0.70	0.56	0.88	2.03	3.08	0.88	0.35	0.28	0.28
TP	mg/L	0.20	0.33	0.28	0.35	0.50	0.82	0.80	0.25	0.17	0.93
SO_4^{2-}	mg/L	22.11	20.84	37.36	29.48	27.45	47.61	8.75	27.91	13.32	12.26
Zn	mg/L	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0.01	<0.01	<0.01	<0.01

* ND = Non-Detectable = ไม่พบ

จากการจัดประเภทแหล่งน้ำตามประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พบว่าแหล่งน้ำท่าที่ทำการศึกษาจัดอยู่ในประเภทที่ 4 ซึ่งหมายถึง หมายถึง แหล่งน้ำประเภทที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรม โดยพิจารณาจากค่า pH, Temperature, BOD_5, NH_3-N, NO_3-N และ Zn

3.7 ผลการศึกษาผลผลิตปาล์มน้ำมัน

เก็บข้อมูลผลผลิตของปาล์มน้ำมันแต่ละแปลง ทำการเก็บเดือนละ 1 ครั้ง โดยการชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มด้วยเครื่องชั่ง จากนั้นบันทึกจำนวนทะลายปาล์มน้ำมัน และน้ำหนักของปาล์มน้ำมันแต่ละทะลาย นำข้อมูลที่ได้แต่ละแปลงมาเปรียบเทียบกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.16

ผลการศึกษาพบว่าการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันแปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งมีปริมาณมากกว่าแปลงที่ไม่รดน้ำ และเมื่อพิจารณาแปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งทุกวันที่ Hydraulic Loading 3, 2, 1 และ 0.5 cm/wk (D_1, D_2, D_3 และD_4 ตามลำดับ) พบว่าการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันของแปลงที่รดด้วย Hydraulic Loading 2 cm/wk ให้ผลผลิตสูงสุดและเมื่อพิจารณาแปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้ง ที่ Hydraulic Loading 3, 2, 1 และ 0.5 cm/wk (W_1, W_2, W_3 และ W_4 ตามลำดับ) พบว่าการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันของแปลงที่รดด้วย Hydraulic Loading 2 cm/wk ให้ผลผลิตสูงสุดเช่นกัน และเมื่อพิจารณาแปลง D2 และ W2 พบว่าการให้ผลผลิตของแปลง D2 มีค่าสูงกว่าแปลง W2 การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่รดด้วยน้ำทิ้งในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 88.0 – 175.1 kg/ไร่/เดือน อย่างไรก็ตามการให้ผลผลิตที่เหมาะสมของปาล์มน้ำมันจะอยู่ในช่วง 184-750 kg/ไร่/เดือน ซึ่งเมื่อพิจารณาพบว่า ผลผลิตที่ได้จากการทดลองมีค่าไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากปาล์มน้ำมันที่ทำการทดลองมีอายุมากทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง โดยการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันจะลดลงตั้งแต่อายุ 15 ปีขึ้นไป (ชัยรัตน์ นิลนนท์ และธีระพงศ์ จันทรนิยม, 2551)

ตารางที่ 3.16 ข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน

แปลง	เก็บครั้งที่ 1	เก็บครั้งที่ 2	เก็บครั้งที่ 3	เก็บครั้งที่ 4	เก็บครั้งที่ 5	เก็บครั้งที่ 6	เก็บครั้งที่ 7	เก็บครั้งที่ 8	เก็บครั้งที่ 9	น้ำหนักเฉลี่ย (kg/ไร่/เดือน)
D_1	537.8	*	114.2	58.3	15.8	37.7	112.8	41.6	360.3	105.8
D_2	795.2	*	250.8	102.2	218.5	107.2	36.8	46.8	463.3	175.1
D_3	728.5	*	217.6	30.2	0.0	49.6	21.3	33.1	439.4	113.0
D_4	693.7	*	39.1	35.3	0.0	36.8	23.3	23.3	282.3	62.9
W_1	651.4	*	39.4	8.4	0.0	0.0	113.7	31.3	480.4	96.2
W_2	573.3	*	404.4	58.4	0.0	21.5	40.4	65.0	424.6	144.9
W_3	581.7	*	93.7	56.3	0.0	0.0	39.1	75.3	354.6	88.4
W_4	748.2	*	94.3	32.8	33.1	52.7	90.3	30.4	282.6	88.0
ไม่รดน้ำทิ้ง	*	*	45.9	14.9	0.0	68.4	36.9	24.0	202.8	56.1

หมายเหตุ : น้ำหนักเฉลี่ยพิจารณาในช่วงที่มีการรดด้วยน้ำทิ้ง

* ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูล

บทที่ 4

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาบำบัดบนดินโดยใช้รดในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งได้ทำการทดลองในสวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อ.อ่าวลึก จ.กระบี่ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาเกณฑ์ในการบำบัดที่เหมาะสม การศึกษาลักษณะของดินและน้ำท่าจากการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมัน ผลการทดลองสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ระบบบำบัดบนดินสามารถบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นได้ โดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งระบบสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์, ของแข็งแขวนลอย และปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งได้ ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น แต่ส่วนใหญ่ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำทิ้งที่เข้าระบบบำบัดบนดินมีค่าปริมาณสารอินทรีย์, ของแข็งแขวนลอย และปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งที่ค่อนข้างสูง โดยระบบบำบัดขั้นต้นมีเพียงการเติมอากาศ 2 บ่อ ไม่มีบ่อผึ่ง

2. เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดโดยดินโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในสวนปาล์มน้ำมันแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสมสำหรับระบบบำบัดโดยดินโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในสวนปาล์มน้ำมัน

Parameter	Watering frequency	
	Daily	Weekly
Hydraulic Loading Rate, cm/week	< 3	< 3
BOD_5 Loading Rate, g $BOD_5/m^2.d$	< 5	< 5
COD Loading Rate, g $COD/m^2.d$	< 14	< 14
TKN Loading Rate, g $TKN/m^2.d$	< 2.5	< 2.5
Expected Removal Efficiency, %		
COD	< 71	< 80
TKN	< 52	< 69
SS	< 67	< 78

3. แปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดบนดินดีกว่าแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งทุกวัน โดยแปลงทดลองที่มีการรดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้งมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TKN และ SS ทุกแปลงรวมกันเฉลี่ยเท่ากับ 80%, 69% และ 78% ตามลำดับ ส่วนแปลงทดลองที่มีการรดน้ำทิ้งทุกวันมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TKN และ SS ทุกแปลงรวมกันเฉลี่ยเท่ากับ 71%, 52% และ 67% ตามลำดับ

4. ในแปลงทดลองที่มีอัตราการรดน้ำทิ้งต่ำที่สุดของการรดสัปดาห์ละครั้ง (แปลง W4 อัตรารด 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

5. จากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ทำการทดลองกับโรงงานน้ำยางข้นอื่น ๆ พบว่า คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ทำการทดลองมีค่าสารอินทรีย์สูงกว่าโรงงานน้ำยางข้นอื่น ๆ เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานมีเพียงการเติมอากาศ 2 บ่อ สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอื่น ๆ มีทั้งการเติมอากาศและบ่อผึ่งหลายบ่อ

6. จากการศึกษาลักษณะของดินพบว่า การนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันไม่ส่งผลให้ดินเป็นดินเค็ม และยังเป็นการเพิ่มไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมให้แก่ดิน รวมทั้งการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันจึงไม่ส่งผลกระทบให้ดินมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกปาล์มน้ำมันภายในระยะเวลาที่ทำการศึกษา เมื่อพิจารณาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินพบว่า ดินก่อน ดินระหว่างการทดลองที่มีการรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 4 เดือน และดินหลังการทดลองที่มีการรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นเป็นระยะเวลา 9 เดือน มีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางเหมือนกัน ซึ่งแสดงว่าการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันไม่ส่งผลกระทบต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือไม่ทำให้ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำลง

7. จากการศึกษาลักษณะของน้ำท่าพบว่าการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันส่งผลให้น้ำท่ามีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้น สำหรับพารามิเตอร์อื่น ๆ ของลักษณะของน้ำท่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน จากการจัดประเภทแหล่งน้ำตามประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินพบว่าแหล่งน้ำท่าที่ทำการศึกษาจัดอยู่ในประเภทที่ 4 ซึ่งหมายถึง หมายถึง แหล่งน้ำประเภทที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรม

8. จากการศึกษาผลของผลผลิตปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นขณะที่รดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นพบว่า การใช้น้ำทิ้งมารดสวนปาล์มน้ำมันทำให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันมีค่าสูงกว่าแปลงที่ไม่มีการรดด้วยน้ำทิ้ง

9. ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อและปรับพื้นที่เพื่อการบำบัดบนดิน และค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำทิ้งสำหรับระบบบำบัดโดยดินโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นในสวนปาล์มน้ำมันแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อและปรับพื้นที่เพื่อการบำบัดบนดิน และค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำทิ้ง

ค่าใช้จ่ายในการเดินท่อและปรับพื้นที่		
รายการ		
ค่าอุปกรณ์และติดตั้งระบบ	21,525	บาท
ค่าแรงคนงานขุดดิน	10,000	บาท
รวม	31,525	บาท
พื้นที่ที่ทำการทดลอง	10.6	ไร่
ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ	2,977	บาท/ไร่
ค่าไฟฟ้าในการสูบน้ำทิ้งรดสวนปาล์ม		
ขนาดเครื่องสูบน้ำที่สูบน้ำทิ้งไปรดสวนปาล์มน้ำมัน	75	HP
	56	kW
จำนวนชั่วโมงที่สูบน้ำทิ้งไปรดแปลงทดลองต่อสัปดาห์	9.65	Hr
หน่วยไฟฟ้าเท่ากับ	542.8	kWh
สมมติค่าไฟฟ้าเท่ากับ	4.75	บาท/kWh
รวมค่าไฟฟ้าต่อสัปดาห์	2,578	บาท
ปริมาณน้ำทิ้งที่นำมารดแปลงทดลอง	270	ลูกบาศก์เมตร/สัปดาห์
ค่าไฟฟ้าต่อปริมาณน้ำทิ้งที่สูบเท่ากับ	9.50	บาท/ลูกบาศก์เมตร

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. การนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันในปริมาณมาก พบว่าหญ้าในบริเวณที่รดน้ำทิ้งจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและตายในที่สุด เนื่องจากหญ้าได้รับปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งมากเกินไป ดังนั้นจึงควรรดน้ำทิ้งในอัตราการรดที่เหมาะสม

2. เมื่อนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาบำบัดบนดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมันเป็นเวลา 10 เดือน พบว่าจะมีตะกอนน้ำทิ้งอยู่ภายในแปลงทดลองและในรางรับน้ำทิ้งท้ายแปลง ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดบนดินลดลง เนื่องจากตะกอนน้ำทิ้งที่อยู่บนผิวหน้าดินขัดขวางไม่ให้น้ำทิ้งไหลซึมลงสู่ดินและทำให้น้ำทิ้งไหลซึมลงสู่ดินได้น้อยลง ทำเกิดการบำบัดบนดินลดลง จึงต้องมีการขุดลอกตะกอนน้ำทิ้งออกจากแปลงที่รดน้ำทิ้งอยู่เสมอ ดังนั้นการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมันควรทำการลดปริมาณตะกอนในน้ำทิ้งให้มากที่สุด

3. ในงานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการนำน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน อุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง เป็นต้น มาบำบัดบนดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน แต่ต้องวิเคราะห์ลักษณะน้ำทิ้งก่อนว่ามีความเหมาะสมในการนำมาใช้หรือไม่ เช่น ในน้ำทิ้งมีไนโตรเจนเพียงพอหรือมากเกินไปหรือไม่ มีค่า pH ที่เหมาะสมในการนำมาใช้หรือไม่ เป็นต้น

4. การศึกษาลักษณะของดินควรทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชด้วย เพื่อให้ทราบสมดุลของธาตุอาหารที่เกิดขึ้น รวมทั้งควรศึกษาคุณภาพของน้ำฝนในขณะทำการทดลองด้วย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

5. การใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมัน เป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายแทนการใส่ปุ๋ยและยังเป็นการลดต้นทุนในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

4.3 การเผยแพร่ผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยคณะผู้วิจัยได้ทำการเผยแพร่ผลงานวิจัย โดยการนำเสนอบทความวิจัยของนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10 ที่จัดโดยสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ณ โรงแรม บี พี สมิหลาบีช เมื่อ วันที่ 23-25 มีนาคม 54 จำนวน 2 บทความ คือ

1. การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน (Treatment of concentrated latex effluent by land treatment in oil palm plantation), พัชร สนั่นพัฒนพงศ์, อุดมผล พืชน์ไพบูลย์, สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์,พรทิพย์ ศรีแดง, พนาลี ชีวกิดาการ และ เจิดจรรย์ ศิริวงศ์
2. ลักษณะของดินและน้ำท่าจากการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน (Soil and runoff characteristics from treatment of concentrated latex effluent by land treatment in oil palm plantation), เพ็ญนภา ทองประไพ, อุดมผล พืชน์ไพบูลย์, สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์,พรทิพย์ ศรีแดง, พนาลี ชีวกิดาการ และ เจิดจรรย์ ศิริวงศ์

และกำลังอยู่ในระหว่างการเขียนบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย

นอกจากนี้ยังได้จัดการประชุมเพื่อถ่ายทอดผลการวิจัย โดยทำการเสนอผลการวิจัยในที่ประชุมโดยได้เชิญตัวแทนโรงงานอุตสาหกรรมยางพาราและน้ำมันปาล์ม ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และกระบี่เข้าร่วมประชุม ณ ห้องประชุม 1 อาคารสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี เมื่อ 20 เมษายน 2554

บรรณานุกรม

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]

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 2 ดินบนพื้นที่ดอน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

กรมวิชาการเกษตร. 2547. ลักษณะพฤกษศาสตร์ปาล์มน้ำมัน (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://it.doa.go.th/palm/linkTechnical/botany.html [21 เมษายน 2554]

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2551. สารลดแรงตึงผิว (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.dss.go.th/dssweb/starticles/files/cp_7_2548_surfactant.pdf. [14 มีนาคม 2551]

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

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554. ปาล์มน้ำมัน (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.doae.go.th/plant/palm.htm [24 เมษายน 2554]

กรมอุตุนิยมวิทยาจังหวัดกระบี่. 2554. ปริมาณฝนปี 2553 – ปี 2554 ในจังหวัดกระบี่. กรมอุตุนิยมวิทยา.

กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กลุ่มบริษัท ไทยอีสเทิร์น, 2552. กระบวนการผลิตน้ำยางข้น (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.thaieasterngroup.com/pro_ter.php [8 กุมภาพันธ์ 2553]

จำเป็น อ่อนทอง. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

เฉลิมพล แซมเพชร. 2530. หญ้าและถั่วอาหารสัตว์เมืองร้อน. ครั้งที่ 1 .กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

ชัยรัตน์ นิลนนท์ และ ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2551. การจัดการสวนปาล์มน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ. สงขลา: สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2538. การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปาล์มน้ำมัน. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. ปฐพีวิทยา. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชุมพร ยุวรี. 2549. ทรัพยากรน้ำผิวดิน และระบบทางน้ำ. ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ณัฐวุฒิ อั้งฉุ้น และนัฐพงศ์ รองเลื่อน. 2544. การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดิน. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ทรัพยากรธรรมชาติ. 2554. แหล่งน้ำ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://student.nu.ac.th/science/nature/ [14 มีนาคม 2554]

นริศรา นาพรหม และวิไล สุธิรัตนชาญสกุล. 2531. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำเสียชุมชนมาใช้ทดแทนปุ๋ยวิทยาศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นฤมล ทองมาก. 2552. การกรองด้วยเยื่อกรองแบบพันทางสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ของหางน้ำยาง. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญแสน เตียวนุกูลธรรม. 2554. ปฐพีวิทยา. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.nsru.ac.th/e-learning/soil/learnplan.php [14 มีนาคม 2551]

ปฐพีชล วายอัคคี. 2533. ดินและปุ๋ย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ศูนย์ผลิตตำราเกษตรเพื่อชนบท.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.

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

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

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]

พัชราภรณ์ จ่าแก้ว. 2546. การบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางข้นด้วยระบบตะกอนเร่ง. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พัชรี ธีรจินดาขจร. 2549. หลักและวิธีการวิเคราะห์ดินทางเคมี. ขอนแก่น: ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. เคมีของดิน. ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เภสัชรัตน์ กชกรจารุพงศ์. 2550. การกำจัดไนโตรเจนในน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็งด้วยการบำบัดโดยดิน. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

รักษ์ พฤกษชาติ. 2552. คู่มือการปลูก-แปรรูปเชิงการค้าปาล์มน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ นีออน บุ๊ค มีเดีย.

ลักษณา สัมมานิธิ. 2554. แหล่งน้ำธรรมชาติบนโลก. ภาควิชาภูมิทัศน์และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/sci3/geology/8/index_ch_8-1.htm [21 เมษายน 2554]

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2531. น้ำยาง. ศูนย์วิจัยยางสงขลา.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2536. ยาง. สถาบันวิจัยยาง.

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

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2537. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศสาตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสุรินทร์.

สถาบันวิจัยยาง. 2552. สถิติยางไทย (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.rubberthai.com/rubberthai/ [5 พฤศจิกายน 2552]

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

สมพร คนยงค์. 2554. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://courseware.rmutl.ac.th/courses/53/unit306.htm [23 มกราคม 2554]

สมพร ดำยศ. 2546. ผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวที่มีผลต่อผลผลิตข้าวและสมบัติของดิน. คณะวิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพัทลุง.

สมาชิกตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย. 2550. น้ำยางข้น (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.dsfutures.co.th/?cid=3&pid=18. [23 มกราคม 2554]

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2554. อุตสาหกรรมน้ำยางข้น (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://kasetinfo.arda.or.th/south/para/used/01-02.php [24 เมษายน 2554]

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สรุปภาวการณ์ผลิตการตลาดและราคาภายในประเทศ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=9561&filename=index [12 เมษายน 2554]

อภิเชษฐ ทองส่ง. 2553. การใช้วัสดุอินทรีย์ วัสดุปูน และปุ๋ยเคมีต่อสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. 2548. ปฐพีวิทยา. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2552. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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.

Geber, U. 2000. Nutrient Removal by Grasses Irrigated with Wastewater and Nitrogen Balance for Reed Canarygrass. J. Environ. Qual. 29: 398-406.

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.

Polprasert, C. 1989. Organic Waste Recycling. New York : John Wiley & Son.

Reed, S.C., R.W. Crites, and E.J. Middlebrooks, 1995. Natural Systems for Waste Management and Treatment. 2nd Edition. McGraw-Hill, Inc. New York, New York.

Thongnuekhang, V. and Puetpaiboon, U. 2003. Nitrogen removal from concentrated latex wastewater by land treatment. A Thesis Submitted as a Part of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Technology.JGSEE.(copy).

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.

UNEP United Nations Environment Programme environment for development. (2009). *Land based treatment.* (on line). : Find : http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/TechPublications/TechPub-15/2-4/4-2-4.asp. [23 February 2010].

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

Von Uexkull, H.R. and Fairhurst, T.H. (1991) Fertilizing for High Yield and Quality. The Oil Palm. IPI, Bern, 79 p.

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.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลการวิเคราะห์น้ำเข้าและออกจากระบบ

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	-	6.8	6.4	5.9	6.1	6.3	6.1	6.3	6.2	6.6	6.3
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	-	7.4	6.7	-	6.5	6.8	7.0	6.6	6.5	6.3	6.3

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	6.7	6.3	6.5	6.5	6.2	7.1	6.4	6.7	6.9	6.5	6.6
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	6.5	6.5	6.7	6.6	6.4	6.8	6.9	6.9	6.8	6.6	7.0

ตารางที่ ก.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
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (เข้า)	6.2	6.9	7.1	6.5	6.8	6.6	7.3
แปลงควบคุมรดน้ำบ่อ (ออก)	6.1	7.0	7.0	6.7	7.5	7.1	7.6

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	-	39	30	50	38	75	89	62	56	30	58
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	-	132	30	-	102	19	119	154	28	30	44

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	52	67	16	17	62	48	46	20	22	22	21
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	26	53	11	25	49	48	23	30	22	44	43

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	40	41	47	31	30	30	28
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	20	41	47	31	30	30	28

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	-	1.68	1.12	2.24	2.8	3.92	3.92	2.8	0.56	1.4	0.84
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	-	1.12	1.12	-	5.6	1.12	8.96	11.2	0.56	1.12	1.96

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	1.12	2.24	4.48	2.24	2.24	2.24	1.12	0.56	4.48	0.56	0.56
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	0	0.56	2.24	1.12	1.68	1.12	0.56	0.56	3.36	0.56	0.56

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	3.36	0.56	3.36	2.24	1.12	1.68	2.24
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	3.36	0.56	2.24	1.12	0.56	0.56	1.12

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	-	5	103	60	50	520	10	7	10	20	10
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	-	70	130	-	120	55	320	800	25	40	60

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	40	395	63	13	47	12	10	12	64	12	10
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	40	57	52	120	133	40	43	132	2	94	20

ตารางที่ ก.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 รดน้ำบ่อ (เข้า)	4	10	6	10	30	14	23
แปลงควบคุม รดน้ำบ่อ (ออก)	8	4	66	10	28	4	30

ภาคผนวก ข

บทความวิจัยของนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10
จัดโดยสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ณ โรงแรม บี พี สมิหลาบีช
เมื่อ 23-25 มีนาคม 54

การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน

Treatment of concentrated latex effluent by land treatment in oil palm plantation

พัชร สนั่นพัฒนพงศ์[1*] อุดมผล พืชน์ไพบูลย์[2*] สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์[3*] พรทิพย์ ศรีแดง[4*]

พนาลี ชีวกิดาการ[5*] และ เจิดจรรย์ ศิริวงศ์[6*]

Patchara Sananpattanapong[1*] Udomphon Puetpaiboon[2*] Somtip Danteravanich[3*] Porntip Sridang[4*]

Panalee Chevakidagarn[5*] and Jerdjun siriwong[6*]

[1*]นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[2*]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[3*]อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สุราษฎร์ธานี 84100

[4*]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[5*]อาจารย์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[6*]อาจารย์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112

[1*]โทรศัพท์ : 082-4150617, E-mail : toonarmy_bee@hotmail.com

[2*]โทรศัพท์ : 0-7428-7123, E-mail : udomphon.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาเกณฑ์ในการบำบัดที่เหมาะสม โดยใช้น้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นนำมารดสวนปาล์มน้ำมันในอัตราการรดที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดิน แบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) โดยทดลองที่ค่า Hydraulic Loading Rate 0.5, 1, 2 และ 3 cm/wk ตามลำดับ และแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลองคือ แปลงที่รดทุกวันและแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง ผลการทดลองพบว่าค่า COD (Chemical Oxygen Demand), TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) และ SS (Suspended Solids) หลังจากผ่านระบบบำบัดโดยดินมีค่าลดลง โดยแปลงที่รดในอัตรา 10.7 m^3/week มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัดค่า COD, TKN และ SS อยู่ในช่วง 60.0% – 98.1%, 35.1% – 98.5% และ 48.5% – 98.9% ตามลำดับ

คำสำคัญ : น้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้น; การบำบัดโดยดิน

Abstract

Treatment of concentrated latex effluent by land treatment in oil palm plantation was investigated. The aims of this research were to optimize the treatment and determine removal efficiency. Slow-rate land treatment was conducted in oil palm plantation. Pretreated effluent was irrigated to the plantation at daily and weekly watering with different hydraulic loading rates 0.5, 1, 2 and 3 cm/week, respectively. Experimental results showed that COD, TKN and SS became lower after land treatment. Hydraulic loading rate at 10.7 m^3/week resulted in the maximum treatment efficiency which COD, TKN and SS removal were found to be in a range of 60.0% – 98.1%, 35.1% – 98.5% and 48.5% – 98.9%, respectively.

Keywords: Concentrated latex effluent; Land treatment

บทนำ

ในปัจจุบันพื้นที่ในภาคใต้มีการปลูกยางพาราเป็นจำนวนมากจึงทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมประเภทยางพาราและผลิตภัณฑ์จากยางมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมน้ำยางข้นนั้นเป็นอุตสาหกรรมที่กำลังขยายตัวอย่างมากในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้จะทำให้เกิดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นมากขึ้นด้วย ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานดังกล่าวเป็นน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงในรูป COD (Chemical Oxygen Demand) , SS (Suspended Solids) รวมทั้งยังมีสารเคมีอื่นที่ใช้ เช่น แอมโมเนีย, ZnO, DAP (Diammonium Hydrogen Phosphate) [1] ในกระบวนการผลิต ซึ่งการบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภทนี้มีการใช้ในรูปแบบของบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเอาน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมันเพื่อศึกษาประสิทธิภาพและหาเกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม ซึ่งใช้ตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อสุดท้ายของโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว

ส่วนที่เลือกต้นปาล์มน้ำมันมาใช้ในการวิจัยเนื่องมาจากสวนต้นปาล์มน้ำมันในภาคใต้มีการปลูกกันมาก เพราะปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ไม่แพ้ยางพาราและมีพื้นที่เพาะปลูกเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นไม้ยืนต้นอายุยืน ชอบอากาศชุ่มชื้น [2] ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ในภาคใต้และเหมาะที่จะนำมาทำการศึกษา

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินด้วยวิธีการนำมารดในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งตามวิธีการจัดการพื้นที่สวนปาล์มในโรงงานน้ำยางข้นหรือการบำบัดโดยดินมีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัด เนื่องจากในน้ำทิ้งดังกล่าวจะมีค่าไนโตรเจนสูง ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารอาหารให้กับพืชและการบำบัดโดยดินนั้นเหมาะสมกับการใช้ทำการบำบัดน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว เป็นการนำน้ำทิ้งมาหมุนเวียนใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์และเป็นวิธีการบริหารจัดการที่ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่าย เนื่องจากวิธีการบำบัดน้ำที่ทำให้มีคุณภาพดีขึ้นในปัจจุบันนี้ระบบบำบัดแบบต่างๆ มักมีค่าใช้จ่ายสูง ดูแลรักษายาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะได้เป็นแนวทางเลือกอีกทางหนึ่งที่จะช่วยลดการทิ้งน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและลดปริมาณน้ำที่จะใช้รดสวนปาล์มน้ำมัน ทั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมยางพาราและอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดของโรงงานน้ำยางข้น มาวิเคราะห์ลักษณะน้ำทิ้งเพื่อศึกษาความเหมาะสมในการนำไปใช้บำบัดโดยดินและเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆในภาคใต้มาวิเคราะห์อีก 5 โรงงาน เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร จากนั้นสำรวจและเลือกพื้นที่ในสวนปาล์มน้ำมันของบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ โดยเลือกและกำหนดแปลงทดลองเป็นจำนวน 10 แปลง ซึ่งทำการทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดมาแล้วมารดด้วยอัตราการรดน้ำที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดิน แบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) [3] โดยทดลองที่ 4 ภาระบรรทุกและแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยรดน้ำวันละครั้ง 1 ชุด และ 7 วัน/ครั้ง 1 ชุด แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 แปลงควบคุมมี 2 แปลง เป็นแปลงที่ไม่รดน้ำ 1 แปลง และรดน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝน 7 วัน/ครั้ง 1 แปลง (รดโดยใช้อัตราการรดน้ำสูงสุดของแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง) จากนั้นนำน้ำทิ้งก่อนเข้าระบบและหลังจากผ่านระบบมาวิเคราะห์ทุกๆ 10 วัน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัด ซึ่งตัวแปรที่วิเคราะห์คือ pH, COD, TKN และ SS โดยใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ ตามที่ระบุใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [4]

ตารางที่ 1 ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งทุกวัน

แปลงที่รดทุกวัน	Hydraulic Loading Rate (cm/week)	ขนาดพื้นที่แปลง (m^2)	อัตราการรดน้ำ (m^3/d)
D1	3	2,027	8.7
D2	2	1,871	5.4
D3	1	2,094	3.0
D4	0.5	2,068	1.5

ตารางที่ 2 ข้อมูลแปลงทดลองที่รดน้ำทิ้งสัปดาห์ละครั้ง

แปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง	Hydraulic Loading Rate (cm/week)	ขนาดพื้นที่แปลง (m^2)	อัตราการรดน้ำ (m^3/week)
W1	3	1,871	56.1
W2	2	2,420	48.4
W3	1	2,464	24.6
W4	0.5	2,130	10.7

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่นำมาทำการวิจัยและน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นอื่นๆในภาคใต้พบว่าในแต่ละโรงงานจะมีบางพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน เนื่องจากในแต่ละโรงงานมีระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยทิ้งแตกต่างกัน ซึ่งการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรมประเภทนี้มักนิยมใช้การบำบัดโดยบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่ง โดยแต่ละ

โรงงานมีจำนวนบ่อเติมอากาศและบ่อผึ่งแตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำให้ลักษณะของน้ำทิ้งแตกต่างกัน โดยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่นำมาทำการวิจัยนี้มีค่า COD SS TP และ TKN ค่อนข้างมาก เนื่องจากมีการเติมอากาศ 2 บ่อโดยไม่มีบ่อผึ่ง ลักษณะน้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้นที่ได้สำรวจแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลเปรียบเทียบคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

พารามิเตอร์	ลักษณะน้ำทิ้งของบริษัทวงศ์บัณฑิต	ลักษณะน้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสงขลา			ลักษณะน้ำทิ้งของโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสุราษฎร์ธานี		$\overline{X} \pm S.D.$
		โรงงาน A	โรงงาน B	โรงงาน C	โรงงาน D	โรงงาน E	
pH	8.0	8.3	8.7	8.8	6.7	10.6	8.6 ± 1.2
Temperature (°C)	28	27	29	27	31	34	30 ± 3
Conductivity (mS/cm)	8.92	2.70	1.68	1.94	2.95	2.54	2.36 ± 0.48
BOD_5(mg/L)	2,385	99	49	165	75	175	113 ± 50
COD (mg/L)	6,176	260	114	267	247	1,259	429 ± 419
TKN (mg/L)	1,062	406	32	70	210	42	152 ± 142
NH_3-N (mg/L)	882	300	26	55	172	11	113 ± 109
Org-N (mg/L)	180	106	6	15	38	31	39 ± 35
NO_2-N (mg/L)	2.73	0.01	0.01	0.12	0.37	0.11	0.12 ± 0.13
NO_3-N (mg/L)	2.53	3.76	2.13	0.014	0.05	0.05	1.20 ± 1.51
TS (mg/L)	12,053	2,638	1,602	1,998	138	1,873	1,650 ± 829
SS (mg/L)	3,493	183	110	210	50	657	242 ± 215
TDS (mg/L)	2,308	3,078	1,820	2,197	226	948	1,654 ± 989
TP (mg/L)	616.43	1.71	0.60	276.34	38.61	69.93	77.44 ± 102.73
SO_4^{2-} (mg/L)	4,212	1,866	947	711	2,110	1,422	1,411 ± 529
Zn (mg/L)	0.21	0.44	7.49	< 0.05	N.D.*	0.18	2.04 ± 3.15
SAR	0.005	0.005	0.002	0.0004	0.012	0.011	0.006 ± 0.005

*N.D. = Non-Detectable

จากการศึกษาการนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดโดยดินโดยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมันพบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดที่ประกอบด้วยบ่อเติมอากาศ 2 บ่อ จะมีค่า pH ค่อนข้างเป็นกลาง แสดงดังตารางที่ 4 ส่วนน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดโดยดินมีค่า pH ค่อนข้างเป็นกลางเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 1

จากการศึกษาค่า COD, TKN และ SS ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบ พบว่ามีค่าแตกต่างกันออกไปในการเก็บแต่ละครั้ง เนื่องจากในพื้นที่ที่ทำการวิจัยมีสภาพอากาศไม่แน่นอน บางวันมีฝนตกหนักบางวันไม่มีฝนตก จึงทำให้ค่า COD, TKN และ

SS ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งหลังจากน้ำทิ้งผ่านระบบบำบัดโดยดินแล้วค่าดังกล่าวมีค่าลดลง แสดงดังรูปที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ โดยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นจะเป็นน้ำทิ้งที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงในรูปของ COD และ SS เมื่อนำมารดสวนปาล์ม น้ำทิ้งที่ผ่านระบบจะมีค่า COD และ SS ลดลงเนื่องจากชั้นดินและรากของพืชจะทำหน้าที่เสมือนตัวกรองจึงทำให้ค่าดังกล่าวหลังจากการรดผ่านสวนปาล์มน้ำมันมีค่าลดลงและทำให้น้ำใสขึ้นอีกด้วย สำหรับค่า TKN มีค่าลดลงเนื่องจากพืชมีการนำไนโตรเจนในน้ำทิ้งไปใช้ [5]

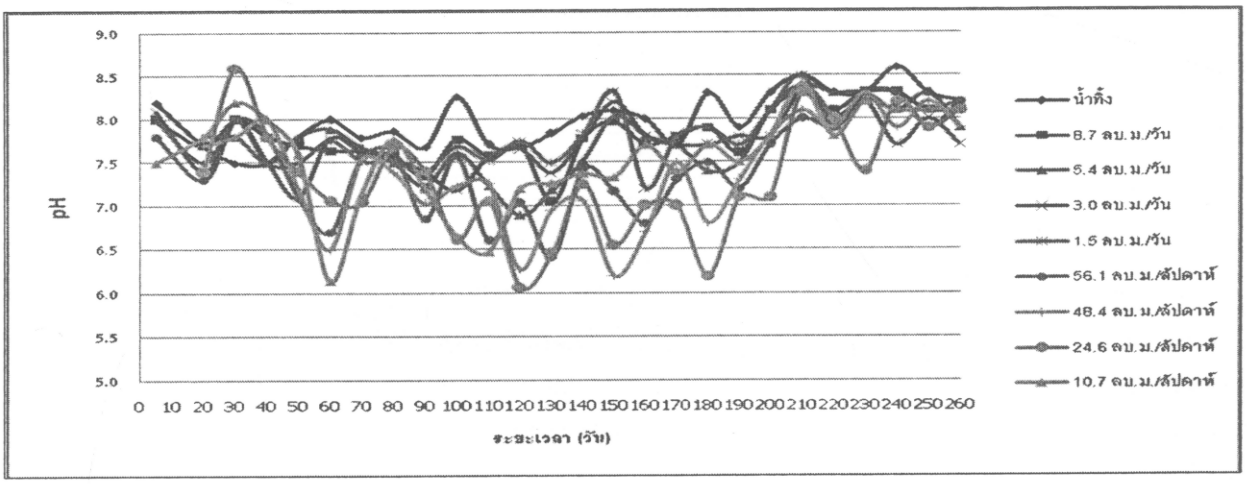
จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดโดยดิน พบว่าการบำบัด COD ส่วนใหญ่ในแต่ละแปลงทดลองจะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน แต่แปลง W4 (รด 10.7 m^3/week) มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด COD เฉลี่ยเท่ากับ 82.3 ± 12.4 % ส่วนการบำบัด TKN และ SS ในแต่ละแปลงมีประสิทธิภาพในการบำบัดแตกต่างกันออกไป ซึ่งแปลง W4 (รด 10.7 m^3/week) มีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการบำบัด TKN และ SS เฉลี่ยเท่ากับ 77.4 ± 17.9 % และ 82.7 ± 14.4 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ลักษณะน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่ใช้ในการวิจัย

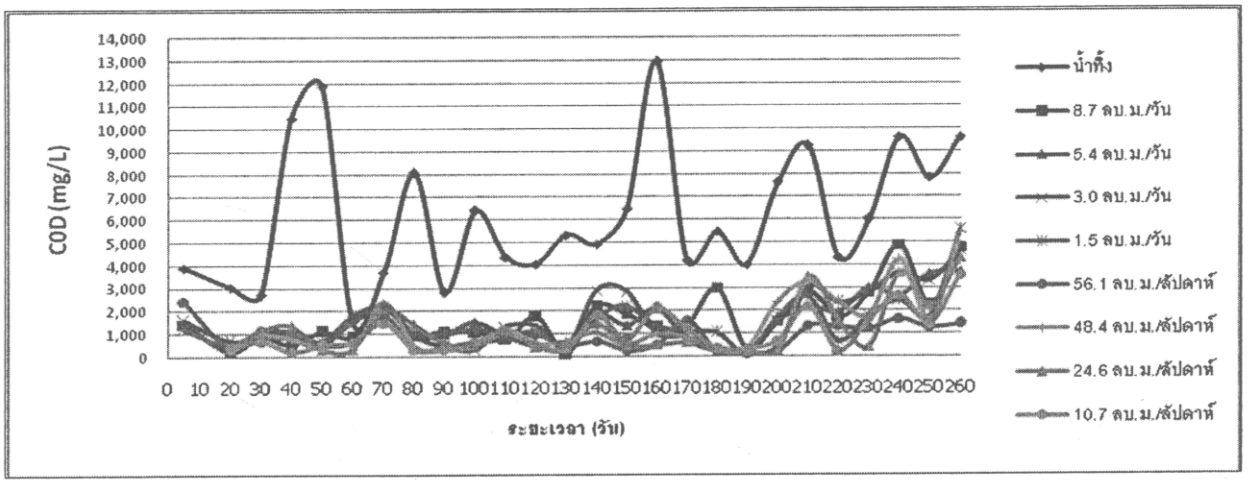
พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์	หน่วย
pH	7.5 – 8.6	-
COD	1,536 – 12,936	mg/L
TKN	756 – 1,820	mg/L
SS	980 – 12,125	mg/L

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของระบบการบำบัดโดยดินในแต่ละแปลง

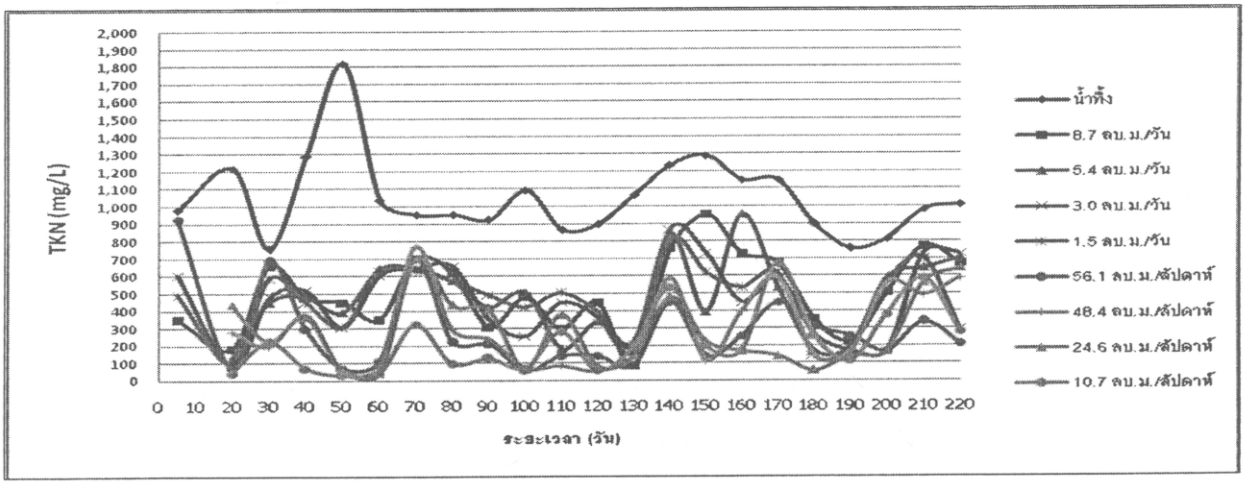
แปลงทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัดโดยดิน (%)		
	COD	TKN	SS
	$\overline{X} \pm S.D.$	$\overline{X} \pm S.D.$	$\overline{X} \pm S.D.$
D1	70.2 ± 17.6	51.2 ± 21.5	66.7 ± 24.8
D2	72.2 ± 24.2	53.8 ± 21.5	64.4 ± 27.8
D3	70.1 ± 23.1	55.1 ± 21.1	66.8 ± 26.5
D4	73.3 ± 20.7	54.1 ± 20.2	68.0 ± 19.1
W1	81.7 ± 15.9	70.7 ± 25.6	82.8 ± 15.8
W2	77.9 ± 17.7	70.5 ± 22.3	72.3 ± 29.3
W3	80.3 ± 15.3	72.1 ± 20.7	77.9 ± 24.6
W4	82.3 ± 12.4	77.4 ± 17.9	82.7 ± 14.4



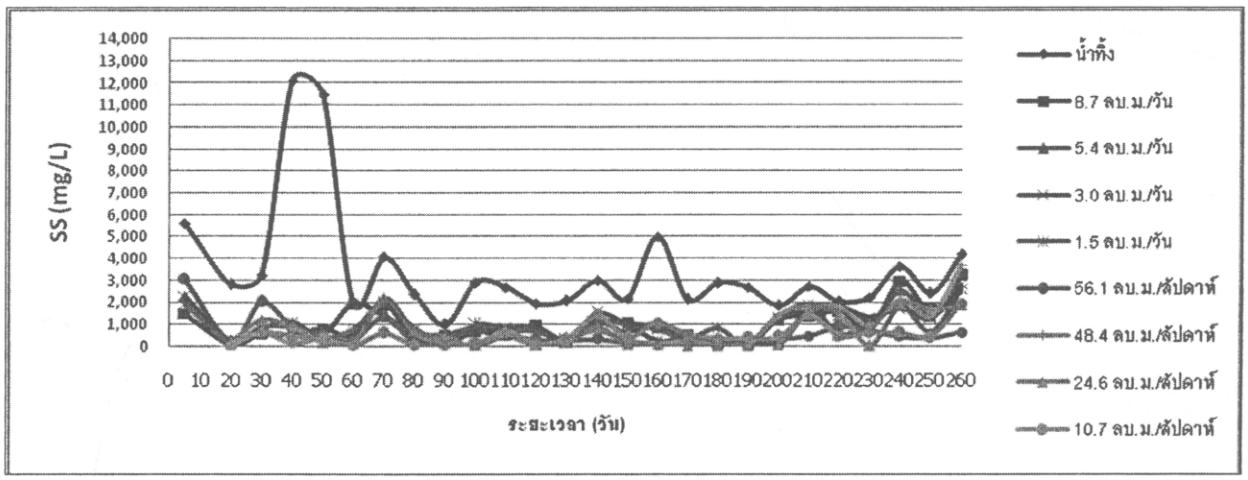
รูปที่ 1 ค่า pH ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน



รูปที่ 2 ค่า COD ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน



รูปที่ 3 ค่า TKN ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน



รูปที่ 4 ค่า SS ของน้ำทิ้งโรงงานน้ำยางข้นที่เข้าและออกจากระบบบำบัดโดยดิน

ข้อมูลจากการทดลองสามารถระบุเป็นเกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การบำบัดที่เหมาะสม

Parameter	Watering frequency		Design Criteria*
	Daily	Weekly	
Hydraulic Loading Rate, cm/week	< 3	< 3	2.5 – 10
BOD_5 Loading Rate, g $BOD_5/m^2.d$	< 5	< 5	5 - 50
COD Loading Rate, g $COD/m^2.d$	< 14	< 14	-
TKN Loading Rate, g $TKN/m^2.d$	< 2.5	< 2.5	0.34 – 0.47
Expected Removal Efficiency, %			
COD	< 71	< 80	-
TKN	< 52	< 69	-
SS	< 67	< 78	-

*ที่มา : US.EPA. (2006) และกรมส่งเสริมการเกษตร [6]

สรุป

การนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้ในการบำบัดโดยดินด้วยการนำมารดสวนปาล์มน้ำมัน จะทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้นเนื่องจากค่า COD, TKN และ SS ในน้ำทิ้งมีค่าลดลง แสดงดังรูปที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบบำบัดโดยดินสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์, SS และ TKN ได้ โดยแปลง W4 (รด 10.7 m^3/week) จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดดีที่สุด ซึ่งค่าเฉลี่ยผลผลิตปาล์มน้ำมันแปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งอยู่ในช่วง 121 – 212 กิโลกรัม/ไร่/เดือน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับช่วงการให้ผลผลิตปาล์มน้ำมันโดยทั่วไปคือ 184 – 750 กิโลกรัม/ไร่/เดือน [7] โดยผลผลิตที่ลดลงเนื่องจากปาล์มมีอายุมาก (ประมาณ 25 ปี) ซึ่งปาล์มที่มีอายุหลังจาก 15 ปี จะให้ผลผลิตลดลง [8]

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ ENG530039S และทุนบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และขอขอบคุณบริษัท วงศ์บัณฑิต จำกัด ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

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

[2] ชัยรัตน์ นิลนนท์. 2538. การใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพปาล์มน้ำมัน. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

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

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

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

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

[8] ชัยรัตน์ นิลนนท์ และ ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2551. การจัดการสวนปาล์มน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ. สงขลา : สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ลักษณะของดินและน้ำท่าจากการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน

Soil and runoff characteristics from treatment of concentrated latex effluent by land treatment in oil palm plantation

เพ็ญนภา ทองประไพ[1*] อุดมผล พืชน์ไพบูลย์[2*] สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์[3*] พรทิพย์ ศรีแดง[4*]
พนาลี ชีวกิดาการ[5*] และ เจิดจรรย์ ศิริวงศ์[6*]

Pennapa tongprapai[1*] Udomphon Puetpaiboon[2*] Somtip Danteravanich[3*] Porntip Sridang[4*]
Panalee Chevakidagarn[5*] and Jerdjun siriwong[6*]

[1*]นิสิตบัณฑิตศึกษา; [2*]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112
[3*]อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สุราษฎร์ธานี 84100
[4*]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112
[5*]อาจารย์; [6*]อาจารย์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90112
[1*]โทรศัพท์ : 081-4786228, E-mail : benice_2-6@hotmail.com
[2*]โทรศัพท์ : 0-7428-7123, E-mail : udomphon.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะของดินและน้ำท่ารวมถึงการประเมินผลผลิตของปาล์มน้ำมันจากการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดบนดินในสวนปาล์มน้ำมันแบบ Slow-rate Irrigation โดยสร้างแปลงทดลองในพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมารดแปลงทดลอง โดยใช้อัตราการรดที่แตกต่างกัน จากนั้นเปรียบเทียบลักษณะดินและน้ำท่าทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการทดลองรวมทั้งเปรียบเทียบผลผลิตของปาล์มน้ำมันที่ได้จากการทดลองแต่ละแปลงจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของตัวอย่างดินและน้ำท่าพบว่าค่า pH ของดินระหว่างการทดลองมีค่าสูงกว่าดินก่อนการทดลองกล่าวคือ pH ของดินก่อนการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 3.64-5.89 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 4.43-5.92 สำหรับน้ำท่าไม่พบว่าลักษณะของน้ำท่ามีคุณภาพด้อยกว่าเดิม การให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันสำหรับแปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งมีค่า 120.9-221.8 kg/ไร่/เดือน ซึ่งสูงกว่าแปลงที่ไม่รดด้วยน้ำทิ้งที่มีค่า 31.7 kg/ไร่/เดือน และแปลงที่รดด้วยน้ำบ่อที่มีค่า 112.7 kg/ไร่/เดือน

คำสำคัญ : การบำบัดโดยดิน; ดิน; น้ำท่า; น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น

Abstract

This research aims to investigate the effects of land treatment of concentrated latex effluent on the characteristic of soil and runoff and yield of oil palm. Slow-rate irrigation land treatment system was conducted in oil palm plantation. Pre-treatment effluent was irrigated to the oil palm plantation at different hydraulic loading rates. Soil and runoff characteristics before, during and after the experiment were investigated. Soil in palm oil plantation and runoff from plantation were collected to characterize their physical and chemical properties. The results show that pH and organic matter in soil was increased after irrigation with concentrated latex effluent. pH in soil before watering were 3.64-5.89 and was increased to be 4.43-5.92. No significance change of runoff was observed. However the production of oil palm plantation irrigated with concentrated latex effluent was found to be in a range of 120.9-221.8 kg/rai/month which was higher from control unit and irrigated with well water unit with a production of 31.7 kg/rai/month and 112.7 kg/rai/month, respectively.

Keywords : Land treatment; Soil; runoff; Concentrated latex effluent

บทนำ

อุตสาหกรรมน้ำยางข้นมีน้ำทิ้งเกิดขึ้นปริมาณมาก และมีปัญหามลพิษทางน้ำมากกว่าน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ เนื่องจากมีสารอินทรีย์ และสารอาหารที่มีความเข้มข้นสูง และยังมีการใช้กรดซัลฟูริก และแอมโมเนียในบางขั้นตอนของการผลิต ซึ่งสารเคมีเหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเป็นพิษและกลิ่นเหม็น เพื่อลดมลพิษที่จะเกิดขึ้นจึงควรบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

วิธีการบำบัดโดยดิน (land treatment systems) เป็นวิธีที่โรงงานน้ำยางข้นบางแห่งเลือกใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยพืชร่วมด้วยในการบำบัดและพืชที่นิยมเลือกใช้ก็คือ ปาล์มน้ำมัน เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกกันมากทางภาคใต้ การใช้น้ำเสียมารดสวนปาล์มน้ำมัน อาจส่งผลกระทบต่อลักษณะของดินและผลผลิตของปาล์มน้ำมัน รวมถึงอาจส่งผลกระทบต่อน้ำท่าบริเวณใกล้เคียง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาลักษณะของดินและน้ำท่า จากการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน รวมถึงการประเมินผลผลิตของปาล์มน้ำมันโดยใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดของโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมัน

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดของโรงงานน้ำยางข้นในภาคใต้ จำนวน 6 โรงงาน เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างกันของคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น จากนั้นสำรวจและกำหนดแปลงทดลองที่ศึกษาในสวนปาล์มน้ำมันของบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัดในจังหวัดกระบี่ จำนวน 10 แปลง ขนาดแต่ละแปลงดังแสดงในตารางที่ 1 และสร้างคันดินขนาดความประมาณสูง 10 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตรกั้นแปลงแต่ละแปลง สร้างร่องรองรับน้ำที่ผ่านการบำบัดโดย

ดินไว้ด้านล่างแนวลาดเทของแปลงทดลองทุกแปลง และวางแนวท่อสำหรับรดน้ำทิ้งไว้ด้านบนแนวลาดเทของแปลงทดลองทุกแปลง ทำการทดลองโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นที่ผ่านการบำบัดมาแล้ว จากบริเวณใกล้เคียงสวนปาล์มน้ำมัน มารดด้วยอัตราการรดน้ำที่แตกต่างกันตามทฤษฎีการบำบัดน้ำเสียโดยดิน แบบอัตราไหลช้า (Slow-rate Irrigation) [1] โดยทดลองที่ 4 ภาระบรรทุก และแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยรดน้ำวันละครั้ง 1 ชุด และ 7 วัน/ครั้ง 1 ชุด แสดงดังตารางที่ 1 แปลงควบคุมมี 2 แปลง เป็นแปลงที่ไม่รดน้ำ 1 แปลง และรดน้ำจากบ่อเก็บกักน้ำฝน 7 วัน/ครั้ง 1 แปลง (รดโดยใช้อัตราการรดน้ำสูงสุดของแปลงที่รดสัปดาห์ละครั้ง) โดยก่อนการทดลองได้เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะของดินในแปลงทดลองและน้ำท่าบริเวณใกล้แปลงทดลอง 1 ครั้ง ระหว่างการทดลองเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ลักษณะของดินและน้ำท่า เดือนละ 1 ครั้ง และเก็บผลผลิตปาล์มน้ำมันจากแต่ละแปลงทดลองตลอดการทดลองเดือนละ 1 ครั้ง ด้วยการชั่งน้ำหนักทะลายปาล์มน้ำมันที่เก็บได้ของแต่ละแปลงทดลองที่ศึกษาและบันทึกข้อมูลเก็บไว้ โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 9 เดือน ซึ่งวิเคราะห์คุณภาพน้ำท่าโดยใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ ตามที่ระบุใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [2] และวิเคราะห์คุณสมบัติของดินตามที่ระบุใน คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำเป็น, 2547) [3]

ตารางที่ 1 อัตราการรดน้ำทิ้งของแปลงทดลอง

แปลงรดทุกวัน	พ.ท. (m^2)	อัตราการรดน้ำ		แปลงรดน้ำสัปดาห์ละครั้ง	พ.ท. (m^2)	อัตราการรดน้ำ	
		(cm/wk)	(m^3/d)			(cm/wk)	(m^3/d)
D_1	2,027	3	8.69	W_1	2,027	3	56.13
D_2	1,871	2	5.35	W_2	1,871	2	48.4
D_3	2,094	1	2.99	W_3	2,094	1	24.64
D_4	2,068	0.5	1.48	W_4	2,068	0.5	10.65

ตารางที่ 2 คุณสมบัติน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้น

พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์	พารามิเตอร์	ผลการวิเคราะห์
pH	9	NO_3-N (mg/L)	2.53
Temperature (°C)	28	TS (mg/L)	12,053
Conductivity (mS/cm)	8.92	SS (mg/L)	5,950
BOD_5(mg/L)	2,385	TDS (mg/L)	2,308
COD (mg/L)	5,246	TP (mg/L)	616.43
TKN (mg/L)	1,137	SO_4^{2-} (mg/L)	4,212
NH_3-N (mg/L)	882	Zn (mg/L)	0.21
Org-N (mg/L)	254.8	SAR	0.005
NO_2-N (mg/L)	2.73		

ผลการทดลองและวิจารณ์

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินก่อนการทดลอง

พารา มิเตอร์	Soil Texture	pH	Conductivity (S/cm)	OM (g/kg)	TN (g/kg)	Available P (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)	CEC (cmolc/kg)	ESP (%)
D_1	SL	3.64	183.45×10^{-6}	15.44	3.72	114.75	94	30.25	3.65	1.92
D_2	SCL	3.72	168.45×10^{-6}	15.00	9.23	93.78	156	34.45	5.45	1.28
D_3	SCL	5.01	167.75×10^{-6}	15.97	9.71	363.21	168	83.9	5.89	0.85
D_4	SCL	4.75	168.9×10^{-6}	15.97	5.12	80.06	663	12.68	6.3	1.59
W_1	SL	4.07	99.82×10^{-6}	16.17	7.78	235.91	90	74.11	3.36	0.89
W_2	SL	4.46	297.5×10^{-6}	18.12	12.03	417.24	269	83.45	5.89	1.19
W_3	SL	5.89	503×10^{-6}	16.36	17.92	455.58	667	53.87	6.73	1.49
W_4	SCL	5.5	219.95×10^{-6}	17.92	10.72	120.75	289	23.37	5.4	1.11
รดน้ำบ่อ	SL	4.17	98.22×10^{-6}	16.80	2.71	114.36	59	17.39	4.56	0.66
ไม่รดน้ำบ่อ	L	3.83	100.795×10^{-6}	15.05	2.13	49.66	105	3.22	4.23	0.71

หมายเหตุ : SL ดินร่วนปนทราย, SCL ดินร่วนเหนียวปนทราย, L ดินร่วน

mg/kg = ppm และ cmol/kg = meq/100g, OM = Organic Matter, ESP = Exchangable Sodium Percentage

จากตาราง 3 พบว่าแต่ละคุณสมบัติของดินก่อนการทดลองของแต่ละแปลงทดลองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ค่า Organic Matter, Exchangable Sodium Percentage, CEC, Available P และ K ของดินก่อนการทดลองในตาราง 2 มาเทียบกับเกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังแสดงในตาราง 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (จำเป็น ทองอ่อน, 2547)

ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	อินทรียวัตถุ (g/kg)	ความอิ่มตัวของเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (%)	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmolc/kg)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)
ต่ำ (คะแนน)	<15 (1)	<35 (1)	<10 (1)	<10 (1)	<60 (1)
ปานกลาง (คะแนน)	15-35 (2)	35-75 (2)	10-20 (2)	10-25 (2)	60-90 (2)
สูง (คะแนน)	>35 (3)	>75 (3)	>20 (3)	>25 (3)	>90 (3)

หมายเหตุ : ผลการประเมินใช้เกณฑ์ดังนี้ เมื่อรวมคะแนนถ้าได้คะแนนรวม น้อยกว่า 7 แสดงว่าระดับอุดมสมบูรณ์ต่ำ ถ้าคะแนนระหว่าง 8- 12 แสดงว่าระดับอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และคะแนนตั้งแต่ 13 ขึ้นไปถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนการทดลองพบว่า ตัวอย่างดินก่อนการทดลองรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลางเหมือนกันทุกแปลง

เมื่อทำการทดลองรดด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น pH ของแปลง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำ บ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าเท่ากับ 4.46, 4.84, 5.23, 4.93, 4.43, 5.05, 5.92, 5.63, 5.01 และ5.13 ตามลำดับ Conductivity ของแปลง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อมีค่าเท่ากับ 185.30, 419.60, 277.00, 97.83, 220.90, 256.75, 137.80, 379.20, 52.77 และ66.78 µS/cm ตามลำดับ ค่า TN ของแปลง D1, D2, D3, D4, W1, W2, W3, W4, รดน้ำบ่อ และไม่รดน้ำบ่อ มีค่าเท่ากับ 9.95, 9.79, 3.73, 4.24, 5.09, 5.54, 10.08, 6.90, 2.87 และ2.45 g/kg ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า pH ของดินก่อนการทอลองกับดินระหว่างการทดลองพบว่าค่า pH ของดินระหว่างการทดลองมีค่ามากกว่าดินก่อนการทดลอง เนื่องจากน้ำทิ้งที่ใช้ทดลองมีค่า pH ค่อนข้างเป็นด่าง ดังนั้นเมื่อผ่านแปลงทดลองจึงทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น พิจารณาค่า Conductivity พบว่ามีแนวโน้มไม่ต่างจากเดิม พิจารณาค่า Organic Matter พบว่าทุกแปลงมีค่า Organic Matter เพิ่มขึ้น เนื่องจากในน้ำทิ้งที่ใช้ทดลองมีธาตุอาหารที่จำเป็นทั้งต่อพืชและจุลินทรีย์ในดิน ทำให้จุลินทรีย์นำสารอาหารไปใช้แล้วเกิดเป็นคาร์บอนอยู่ในดิน ซึ่งเป็นการเพิ่ม Organic Matter ให้กับดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น พิจารณาค่า TN พบว่าบางแปลงมีค่า TN เพิ่มขึ้น เนื่องจากในน้ำทิ้งที่ใช้รดมีค่าไนโตรเจนค่อนข้างสูง แต่มีบางแปลงที่ ค่า TN ลดลง อาจเกิดจากการที่ต้นปาล์มน้ำมันนำไปใช้

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำท่า

ตัวแปรคุณภาพน้ำ	หน่วย	ก่อนการทดลอง	ระหว่างการทดลอง*	ตัวแปรคุณภาพน้ำ	หน่วย	ก่อนการทดลอง	ระหว่างการทดลอง*
pH	-	7.6	7.5	TKN	mg/L	1.12	1.7
Temperature	°C	28	27.6	NH_3-N	mg/L	0.28	0.28
Conductivity	µS/cm	105.9	99.5	NO_2-N	mg/L	0.007	0.004
TDS	mg/L	280	45.0	NO_3-N	mg/L	0.008	0.011
TS	mg/L	326.7	76.5	Org-N	mg/L	0.84	1.45
SS	mg/L	90	5.9	TP	mg/L	0.2	0.48
BOD_5	mg/L	11.4	3.4	SO_4^{2-}	mg/L	22.11	28.5
COD	mg/L	20	27	Zn	mg/L	ไม่พบ	ไม่พบ

* ค่าเฉลี่ย

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำท่าก่อนการทดลองกับระหว่างการทดลอง พบว่าคุณภาพน้ำท่าที่ทดลองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน เมื่อพิจารณาลักษณะของน้ำท่า พบว่าไม่มีผลกระทบที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นโดยใช้การบำบัดโดยดินในสวนปาล์มน้ำมันที่ทำให้ลักษณะของน้ำท่ามีคุณภาพด้อยกว่าเดิม

ตารางที่ 6 ผลผลิตปาล์มน้ำมัน (kg/ไร่/เดือน)

แปลง	D_1	D_2	D_3	D_4	W_1	W_2	W_3	W_4	แปลงควบคุม	รดน้ำบ่อ
น้ำหนักเฉลี่ย (kg/ไร่/เดือน)	131.2	211.8	154.3	121.6	120.6	166.1	120.9	154.5	31.7	112.7

ผลการศึกษาพบว่าการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันแปลงที่รดด้วยน้ำทิ้งมีปริมาณมากกว่าแปลงควบคุมที่มีอายุปาล์มน้ำมันเท่ากันแต่ไม่มีการรดด้วยน้ำเสีย และยังมากกว่าที่แปลงรดน้ำบ่อ จากการทดลองแสดงถึงความเป็นไปได้ในการนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นมาใช้รดสวนปาล์มน้ำมัน เนื่องจากในน้ำทิ้งมีธาตุอาหารที่มีความจำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชอยู่ เมื่อพิจารณาแปลงที่รดน้ำบ่อกับแปลงควบคุม พบว่าแปลงที่รดน้ำบ่อให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันมากกว่าแปลงควบคุม เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่มีการคายระเหยน้ำประมาณ 5-6 มม./วัน ดังนั้นจึงมีความต้องการน้ำในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อการจะเจริญเติบโตที่เป็นปกติ และยังช่วยในการสร้างผลและพัฒนาผลในช่วงใกล้สุกอีกด้วย อย่างไรก็ตามการให้ผลผลิตที่เหมาะสมของปาล์มน้ำมันจะอยู่ในช่วง 184-750 kg/ไร่/เดือน ซึ่งเมื่อพิจารณาพบว่า ผลผลิตที่ได้จากการทดลองมีค่าไม่

อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เนื่องจากปาล์มน้ำมันที่ทำการทดลองมีอายุมากทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง โดยการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันจะลดลงตั้งแต่อายุ 15 ปีขึ้นไป [5]

สรุป

การนำน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้นมารดสวนปาล์มน้ำมันมีผลทำให้ค่า pH ของดินเปลี่ยนจากค่อนข้างต่ำมีค่าเพิ่มขึ้น และเป็นการเพิ่มสารอินทรีย์ให้กับดินทำให้ดินมีคุณสมบัติดีขึ้น และมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น สำหรับลักษณะของน้ำท่าไม่พบการปนเปื้อนของธาตุบางตัวที่เป็นอันตรายที่มีอยู่ในน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยางข้น และคุณภาพของน้ำท่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งจัดอยู่ในประเภทที่ 4 สำหรับผลกระทบที่เกิดจากการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน พบว่าการใช้น้ำทิ้งมารดสวนปาล์มน้ำมันทำให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมันมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นมีความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งมารดสวนปาล์มน้ำมัน เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายแทนการใส่ปุ๋ยและยังเป็นการลดต้นทุนในการสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาการอัตราการรดที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดมลพิษในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ ENG530039S และทุนบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และขอขอบคุณบริษัทวงศ์บัณฑิต จำกัด ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

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

[2] APHA, AWWA and WEF. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Maryland: American Public Health Association.

[3] จำเป็น ทองอ่อน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. คณะทัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[4] ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. ฉบับที่ 8. 2537. กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน.ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 111. ตอนที่ 16 ง. ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.

[5] ชัยรัตน์ นิลนนท์ และธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2551. สถาบันวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์