



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม

อนุรักษ์วิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของพื้นที่ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull.) ต่อคุณภาพน้ำ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง

Effect of Para Rubber (*Hevea brasiliensis* Mull.) Area on Water Quality in
Trang Watershed

นามผู้วิจัย นายปริญญา จำวารี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์สิทธิชัย ตันชนะสถิตย์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์พัฒนา อนุรักษ์พงษ์พร, D.Tech.Sc.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ชนันท์ เอ็มพันธุ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มทวีสยามเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของพื้นที่ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull.)

ต่อคุณภาพน้ำ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง

Effect of Para Rubber (*Hevea brasiliensis* Mull.) Area
on Water Quality in Trang Watershed

โดย

นายปริญญา ขำวารี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริญา ขำวารี 2555: ผลของพื้นที่ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull.) ต่อคุณภาพน้ำ บริเวณพื้นที่
ลุ่มน้ำตรัง ปริญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาการจัดการ
ลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์
สิทธิชัย ดันธนะสฤษฎี, วท.ค. 183 หน้า

การศึกษาผลของพื้นที่ปลูกยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull.) ต่อคุณภาพน้ำ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง
มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา และเพื่อ
ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ประเมินคุณภาพน้ำและสร้างภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การปลูก
ยางพาราต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟต โดยเลือกพื้นที่ตัวแทนคือ พื้นที่ลุ่มน้ำป่าไม้และยางพารา ทำการเก็บ
ตัวอย่างน้ำในช่วงแล้ง (มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พ.ศ. 2554) และช่วงหลาก (พฤษภาคม มิถุนายน และ
กรกฎาคม พ.ศ. 2554) พร้อมทั้งสร้างภาพเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์ คือ ภาพเหตุการณ์ที่ 1 คือ การเปลี่ยนแปลง
พื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดเป็นพื้นที่ปลูกยางพาราใหม่ ภาพเหตุการณ์ที่ 2 คือ การเปลี่ยนพื้นที่ปลูกยางพาราที่อยู่ใน
พื้นที่อนุรักษ์เป็นพื้นที่ป่าไม้ และภาพเหตุการณ์ที่ 3 คือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมอื่นเป็นพื้นที่การปลูก
ยางพาราใหม่

ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารามีค่า
ของแข็งทั้งหมดในน้ำ ของแข็งแขวนลอย ของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ การนำไฟฟ้า ความขุ่น ความเป็นกรด
ด่าง ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ไนโตรเจน และฟอสเฟต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับ อุณหภูมิ และออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความ
เชื่อมั่นร้อยละ 99 และเมื่อพิจารณาช่วงแล้งและหลากพบว่าคุณภาพน้ำทุกพารามิเตอร์ ไม่มีความแตกต่างกันทาง
สถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และยางพารา นอกจากนี้พบว่า ค่าเฉลี่ย
คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

ผลจากการใช้แบบจำลอง SWAT ประเมินปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟต พบว่าผลของการเพิ่มขึ้นของ
พื้นที่ปลูกยางพาราส่งผลต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟตในแหล่งน้ำแต่อยู่ในช่วงเกณฑ์
มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

Parinya Kamwaree 2012: Effect of Para Rubber (*Hevea brasiliensis* Mull.) Area on Water Quality in Trang Watershed. Master of Science (Watershed and Environmental Management), Major Field: Watershed and Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Associate Professor Sittichai Tantanasarit, Ph.D. 183 pages.

This study the effect of para rubber (*Hevea brasiliensis* Mull.) area on water quality in Trang watershed, aimed to estimate and compare surface water quality in forest and rubber catchment areas. Furthermore, application of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to evaluate water quality and to created scenarios in land use change of para rubber area on nitrate and phosphate. Determination of selected sampling areas by dividing to 2 land use types were forest areas and para rubber areas. Water collected sampling in dry period (January, February and March 2011) and wet period (May, June and July 2011). Additionally, this study was created 3 scenarios, including scenario 1 was the change of forest area to para rubber area, scenario 2 was the change of para rubber area in conservation zone to forest area and scenario 3 was the change of agricultural area to para rubber area.

This study found that the average total solids, suspended solids, total dissolved solids, electrical conductivity, turbidity, potential of hydrogen ion, biochemical oxygen demand, nitrate and phosphate were non significant defferent at the 95% confidence level between sites. And the water temperature and dissolved oxygen were significant defferent at the 99% confidence level between sites. This study showed that the water quality was non significant defferent at the 95% confidence level between periods in both sites. The average of water quality were categorize within the standard value of surface water quality and natural water quality.

In addition, the SWAT model showed that the increase of para rubber area effected an increase rate of nitrate and phosphate, and categorized within the standard value of surface water quality and natural water quality.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณในความเมตตากรุณาของ รศ.ดร. สิทธิชัย ตันธนะสฤษฎ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาหลัก รศ.ดร.พัฒนา อนุรักษ์พงศธร ประธานกรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่ถ่ายทอดอบรมสั่งสอนองค์ความรู้ทางด้านวิชาการ การวิจัย การวางตัวในสังคม การใช้ชีวิต และเป็นแบบอย่างแก่ข้าพเจ้า รวมทั้งให้คำชี้แนะและตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์สาขาวิชาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ถ่ายทอดความรู้วิชาแขนงต่างๆ อาจารย์วินัส ต่วนเครือ พิวิสุทธิพันธ์ มหาอาษา พิอุทัยวรรณ คันโท พี น้อย และเพื่อน ๆ นิสิตปริญญาโท เอก สาขาการจัดการลุ่มน้ำทุกคน รวมทั้งผู้มีพระคุณทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้แก่นั่นเสมอมา

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าน้อมกราบรำลึกพระคุณของบิดา มารดา คุณพ่อพี่ระ ขำวาริ คุณแม่ ลำดวน ขำวาริ ผู้ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ให้ข้าพเจ้ามีสติปัญญาและศีลธรรม รวมทั้งให้การสนับสนุนด้านการเรียนการศึกษามาตลอดมา และขอขอบพระคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ข้าพเจ้าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คุณประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้วิจัยขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ปริญญา ขำวาริ

ตุลาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	56
อุปกรณ์	56
วิธีการ	58
ผลและวิจารณ์	89
สรุปและข้อเสนอแนะ	153
สรุป	153
ข้อเสนอแนะ	154
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	155
ภาคผนวก	169
ภาคผนวก ก ลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และยางพารา	170
ภาคผนวก ข คำสัมภาษณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง	177
ภาคผนวก ค ลักษณะชุดดิน	181
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	183

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของอุณหภูมิต่อสรีรวิทยาและผลผลิตของต้นยางพารา	42
2	ปริมาณธาตุอาหารหลักที่ยางพาราต้องการ	43
3	สูตรและอัตราปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) ที่แนะนำให้ใช้กับต้นยางพารา	44
4	พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551	45
5	การใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำตรัง พ.ศ. 2552	53
6	กลุ่มชุดดินที่พบบริเวณลุ่มน้ำตรัง	55
7	ลุ่มน้ำตัวแทนและจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	63
8	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 1	64
9	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 2	65
10	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 3	66
11	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 1	67
12	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 2	68
13	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 3	69
14	การกำหนดรหัสเชื่อมโยงกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลอง SWAT	78
15	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำท่า สถานีตรวจวัดตะกอน และสถานีตรวจวัด คุณภาพน้ำในลุ่มน้ำตรัง	82
16	อัตราการใส่ปุ๋ยของพื้นที่เริ่มปลูกยางพาราใหม่	84
17	หน่วยข้อมูลสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง	86
18	อุณหภูมิของน้ำในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทน ยางพารา บริเวณลุ่มน้ำตรัง	90
19	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทน ยางพารา	91
20	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ความขุ่นของน้ำในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทน ของพาราบบริเวณลุ่มน้ำตรัง	94
22	ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทน ของพารา	94
23	ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และกลุ่มน้ำตัวแทนของพารา	96
24	ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำ ตัวแทนของพาราบบริเวณลุ่มน้ำตรัง	97
25	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำ ตัวแทนของพารา	98
26	ค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดในน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำ ตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนของพารา	99
27	ปริมาณของแข็งแขวนลอยในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำ ตัวแทนของพาราบบริเวณลุ่มน้ำตรัง	101
28	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำ ตัวแทนของพารา	101
29	ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่า ไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนของพารา	103
30	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำ ตัวแทนของพาราบบริเวณลุ่มน้ำตรัง	104
31	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำ ตัวแทนของพารา	104
32	ค่าเฉลี่ยของแข็งที่ละลายน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทน ป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนของพารา	106
33	ค่าการนำไฟฟ้าในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทน ของพาราบบริเวณลุ่มน้ำตรัง	107

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
34	ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	108
35	ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	109
36	ค่าความเป็นกรดต่างในแต่ละเดือนของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง	110
37	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่างระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	111
38	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่างระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	113
39	ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำในแต่ละเดือนของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง	114
40	ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	115
41	ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	117
42	ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในแต่ละเดือนของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง	118
43	ค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	118
44	ค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	120
45	ค่าไนเตรทในแต่ละเดือนของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง	121
46	ค่าเฉลี่ยไนเตรทระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	122
47	ค่าเฉลี่ยไนเตรทระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	124

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
48	ค่าฟอสเฟตในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง	125
49	ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	125
50	ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	127
51	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำแต่ละดัชนีระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง	128
52	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท ในแต่ละภาพเหตุการณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553	148
53	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยไนเตรทในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน	149
54	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟต ในแต่ละภาพเหตุการณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553	150
55	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยฟอสเฟตในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน	151
 ตารางผนวกที่		
ก1	ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนป่า 1	171
ก2	ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนป่า 2	172
ก3	ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนป่า 3	173
ก4	ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 1	174
ก5	ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 2	175
ก6	ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 3	176
ข1	หมายเลขโค้งน้ำทำ (curve number, CN)	178

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข2	การจำแนกกลุ่มดินทางอุทกศาสตร์ (hydrologic soil group, HSG) ตามลักษณะเนื้อดิน	179
ข3	การจำแนกกลุ่มดินทางอุทกศาสตร์ (hydrologic soil group, HSG) ตามกลุ่มชุดดิน	180
ข4	เกณฑ์การแบ่งชนิดของค่าความชื้นก่อนหน้า (AMC)	180
ข5	เกณฑ์สัมประสิทธิ์ในการสอบเทียบแบบจำลอง	180

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง	60
2	ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนและจุดเก็บตัวอย่างน้ำ บริเวณลุ่มน้ำตรัง	62
3	ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 1 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	64
4	ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 2 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	65
5	ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 3 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	66
6	ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 1 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	67
7	ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 2 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	68
8	ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 3 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	69
9	การแบ่งช่วงหลาก (wet period) และช่วงแล้ง (dry period) ของลุ่มน้ำตรัง	70
10	แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ของลุ่มน้ำตรัง	76
11	การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำตรังในแบบจำลอง SWAT	77
12	การใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบกริดไฟล์	79
13	การจำแนกกลุ่มชุดดินบริเวณลุ่มน้ำตรังในแบบจำลอง SWAT	80
14	ชุดดินในรูปแบบกริดไฟล์	81
15	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดในลุ่มน้ำตรัง	82
16	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	91
17	ค่าเฉลี่ยความชื้นของน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	95
18	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	98
19	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	102
20	ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	105
21	ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	108
22	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่างในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	111

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทน ยางพารา	115
24	ค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำ ตัวแทนยางพารา	119
25	ค่าเฉลี่ยไนเตรทระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	122
26	ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา	126
27	แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ เส้นลำน้ำและจุดน้ำ ออก	129
28	การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำตรง โดยแบบจำลอง SWAT	130
29	ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน และความลาดชันของพื้นที่ ที่ใช้ใน การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำตรง	131
30	หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำตรง	132
31	ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของ สถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 115	134
32	ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณ น้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 115	134
33	ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของ สถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 119	135
34	ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณ น้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 119	135
35	ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของ สถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 124	136
36	ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณ น้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 124	136
37	ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของ สถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125	137

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
38	ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125	137
39	ปริมาณตะกอนจากแบบจำลองกับปริมาณตะกอนจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 119	139
40	ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณตะกอนจากแบบจำลองกับปริมาณตะกอนจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 119	139
41	ปริมาณไนเตรทจากแบบจำลองกับปริมาณไนเตรทจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 118	141
42	ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณไนเตรทจากแบบจำลองกับปริมาณไนเตรทจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 118	141
43	ปริมาณไนเตรทจากแบบจำลองกับปริมาณไนเตรทจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125	142
44	ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณไนเตรทจากแบบจำลองกับปริมาณไนเตรทจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125	142
45	ปริมาณฟอสเฟตจากแบบจำลองกับปริมาณฟอสเฟตจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 118	143
46	ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณฟอสเฟตจากแบบจำลองกับปริมาณฟอสเฟตจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 118	143
47	ปริมาณฟอสเฟตจากแบบจำลองกับปริมาณฟอสเฟตจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125	144
48	ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณฟอสเฟตจากแบบจำลองกับปริมาณฟอสเฟตจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125	144
49	การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภาพเหตุการณ์ที่ 1 ของลุ่มน้ำตรัง	145
50	การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภาพเหตุการณ์ที่ 2 ของลุ่มน้ำตรัง	146

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
51	การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภาพเหตุการณ์ที่ 3 ของกลุ่มน้ำตรัง	147
52	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในแต่ละภาพเหตุการณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553	149
53	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตในแต่ละภาพเหตุการณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553	151

ผลของพื้นที่ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull.)

ต่อคุณภาพน้ำ บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง

Effect of Para Rubber (*Hevea brasiliensis* Mull.) Area on Water Quality in Trang Watershed

คำนำ

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยและภูมิภาคอาเซียน ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกอันดับหนึ่งของโลก ในปี 2552 มูลค่าส่งออกยางดิบผลิตภัณฑ์ยาง รวมทั้งอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ไม้ยางพารา ทำรายได้ให้ประเทศถึง 402,563 ล้านบาท ก่อให้เกิดกิจกรรมอย่างต่อเนื่องทั้งภาคการผลิต ภาคอุตสาหกรรม ภาคการตลาด เกี่ยวข้องกับทุกภาคส่วนทั้งเกษตรกร ผู้ประกอบการ และภาครัฐกระจายอยู่ทั่วประเทศ จากสถิติที่ผ่านมา พบว่าพื้นที่การปลูกยางพาราของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2551 มีอัตราเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 15.11 และในปี พ.ศ. 2553 พบว่าพื้นที่ปลูกยางพาราในประเทศไทยเท่ากับ 16.89 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2553) เนื่องจากการขยายตัวทางด้านประชากร และเศรษฐกิจ ประกอบกับนโยบายของภาครัฐที่ส่งเสริมให้มีการปลูกเพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับความต้องการผลิตภัณฑ์ยางของผู้บริโภคที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงมีการขยายพื้นที่การปลูกยางพารา โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคใต้ที่มีความเหมาะสม และมีศักยภาพในการปลูกให้เพิ่มมากขึ้น โดยจากรายงานของสถาบันวิจัยยางปี พ.ศ. 2553 พบว่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด รองลงมาเป็นจังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา และจังหวัดตรัง ตามลำดับ นอกจากนี้การจัดการพื้นที่ปลูกยางพารา เพื่อเร่งการเติบโตและเพิ่มผลผลิตมีความจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ย รวมทั้งการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช จึงส่งผลกระทบต่อการปนเปื้อน และตกค้างอยู่ในดิน เมื่อถูชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญและเป็นปัจจัยในการดำรงชีวิตของสรรพสิ่งทั้งมวลในโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ ในการจัดการลุ่มน้ำ น้ำถือว่าเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภายในระบบลุ่มน้ำ หากมีการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพแล้วจะส่งผลให้ดัชนีทางน้ำ ได้แก่ ปริมาณ ระยะเวลาการไหลของน้ำ และคุณภาพน้ำ

ติดตามไปด้วย ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละลุ่มน้ำ เนื่องจากลุ่มน้ำมีลักษณะแตกต่างกันออกไปทั้ง ลักษณะภูมิประเทศ ดิน หินแร่ สภาพภูมิอากาศ พืชพรรณ และกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่างๆ ทำให้ผลผลิตทางด้านน้ำแตกต่างกันตามแต่ละพื้นที่ โดยเฉพาะด้านคุณภาพน้ำ ถือว่าเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญประการหนึ่ง ปริมาณสิ่งต่างๆ ที่ปนเปื้อนจากการชะล้างในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรมจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพน้ำ ทำให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรมลงและหากมีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณที่สูง จะทวีความรุนแรงเป็นมลพิษทางน้ำได้ ซึ่งการศึกษาทำให้ทราบถึงผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแต่ละดัชนีที่สำคัญจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทการปลูกยางพารา

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาแบบหนึ่งที่จำลองลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเป็นการกระจายพารามิเตอร์ตามสภาพทางกายภาพของพื้นที่จริง สามารถใช้ในการทำนายปริมาณน้ำท่า ผลผลิตตะกอน และคุณภาพน้ำ ในอนาคตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการจัดการ โดยมีกระบวนการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ กระบวนการจัดการไม่ซับซ้อน การนำพารามิเตอร์มาใช้ในแบบจำลองมีความเหมาะสมผล นอกจากนั้นยังเป็นแบบจำลองสาธารณะสิทธิ แบบจำลอง SWAT จึงมีความเหมาะสมในการจำลองภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกยางพารา เพื่อคาดการณ์ถึงผลของคุณภาพน้ำที่เกิดขึ้น

ลุ่มน้ำตรงเป็นลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะพื้นที่การปลูกยางพารามีสัดส่วนพื้นที่มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 62.37 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ซึ่งถือได้ว่าการปลูกยางพาราเป็นอาชีพหลัก และเป็นรากฐานของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำ จากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทปลูกยางพารา และกิจกรรมในพื้นที่เหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำได้

ดังนั้นการศึกษาถึงผลของพื้นที่ยางพาราต่อคุณภาพน้ำ จึงนำไปสู่การวางแผนการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาด้านคุณภาพน้ำ รวมถึงการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างถูกต้องเหมาะสมในระบบลุ่มน้ำ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการวางแผนการจัดการลุ่มน้ำอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา บริเวณลุ่มน้ำ
ตรัง
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา บริเวณ
ลุ่มน้ำตรัง
3. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ประเมินคุณภาพน้ำและสร้างภาพเหตุการณ์การ
เปลี่ยนแปลงพื้นที่การปลูกยางพาราต่อปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟตบริเวณลุ่มน้ำตรัง

การตรวจเอกสาร

1. คุณภาพน้ำ

1.1 นิยามและความหมาย

เกษม (2536) กล่าวว่า คุณภาพน้ำ หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำ เพื่อใช้ในการกิจกรรมของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ ลำธาร ทะเล ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำตลอดจนแหล่งน้ำใต้ดิน โดยมีสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ

ฉัตรไชย (2539) กล่าวว่า คุณภาพน้ำ หมายถึง คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำซึ่งอาจเป็นแม่น้ำ ลำธาร อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ ทะเล ตลอดจนแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งแหล่งน้ำมีคุณค่าต่อมนุษย์ คือ 1 คุณค่าทางด้านสังคม ได้แก่ คุณค่าของแหล่งน้ำเมื่อมนุษย์นำเอามาใช้ประโยชน์ 2 คุณค่าทางด้านนิเวศ ได้แก่ คุณค่าของแหล่งน้ำในฐานะที่เป็นองค์ประกอบของระบบนิเวศและ 3 คุณค่าในการเป็นแหล่งรองรับของเสีย ได้แก่ คุณค่าของแหล่งน้ำในอันที่จะถูกนำมาใช้เป็นแหล่งรองรับของเสียอันเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์

Novotny (2003) กล่าวว่า คุณภาพน้ำ หมายถึง ส่วนประกอบของน้ำที่สะท้อนถึงกิจกรรมของมนุษย์หรือธรรมชาติซึ่งสามารถตรวจวัดได้เพื่อบอกปริมาณและแสดงให้เห็นถึงคุณภาพ นอกจากนี้คุณภาพน้ำแต่ละพารามิเตอร์ที่จะนำไปบ่งชี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของน้ำที่จะนำไปใช้

ดังนั้น คุณภาพน้ำ หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำในแหล่งน้ำต่างๆ ที่มนุษย์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ตามแต่ละกิจกรรม เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ รวมถึงความเหมาะสมของน้ำทางระบบนิเวศ และคุณค่าการเป็นแหล่งรองรับของเสียอันเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ซึ่งส่วนประกอบของน้ำในแหล่งน้ำต้องสามารถตรวจวัดได้เพื่อบ่งชี้ถึงกิจกรรมของมนุษย์หรือธรรมชาติที่เกิดขึ้น

1.2 ลักษณะทางคุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ 1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ 2 คุณภาพน้ำทางเคมี 3 คุณภาพน้ำทางชีววิทยา (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528; สิทธิชัย, 2549)

1.2.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ

1) อุณหภูมิของน้ำ (water temperature)

อุณหภูมิของน้ำ หมายถึง ระดับความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำเกิดจากการที่มีแสงส่องผ่านลงในแหล่งน้ำ ทำให้มีการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน (เปี่ยมศักดิ์, 2538) การวัดอุณหภูมิของน้ำวัดด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งมีหน่วยสเกลเป็นองศาเซลเซียส หรือองศาฟาเรนไฮต์ (สิทธิชัย, 2549)

อุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติในแหล่งน้ำจะผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งเส้นรุ้ง ระดับความสูง ฤดูกาล และสภาพภูมิประเทศ อุณหภูมิน้ำยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ต้นกำเนิดของแหล่งน้ำ การระบายน้ำ ความเข้มของแสง ปริมาณน้ำ ความลึก เวลา ปริมาณตะกอนแขวนลอยหรือความขุ่น และสภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งน้ำ เป็นต้น (EPA, 1973) นอกจากนี้ เกษม (2526) กล่าวว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกันและมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จะทำให้อุณหภูมิของน้ำผันแปรต่างกัน ได้ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำในลำธารในพื้นที่ที่ประกอบกิจกรรมอื่นๆ เช่น เกษตรกรรม ชุมชน จะมีความผันแปรของอุณหภูมิมากกว่าพื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติ ถึงแม้จะมีการตัดไม้ ออกอย่างถูกวิธีก็ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิของน้ำในลำธารสูงกว่าป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวน 1 – 2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำลำคลอง แหล่งน้ำธรรมชาติของประเทศไทย มีค่าระหว่าง 20 – 35 องศาเซลเซียส ภาคตะวันออกเฉียงเหนืออาจมีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำทำให้เกิดปัญหาหลายประการต่อการประมง การเพาะปลูก และที่สำคัญยิ่ง คือ ระบบนิเวศแหล่งน้ำ (สิทธิชัย, 2549) โดยอุณหภูมิจะมีผลต่อกระบวนการต่างๆ ทั้งในเชิงกายภาพ ชีวภาพและเคมี อุณหภูมิจะยังมีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต ของความหนาแน่นของน้ำ และการละลายของธาตุและก๊าซในน้ำ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่

ควบคุมปฏิกิริยาเคมีในน้ำ รวมทั้งควบคุมอัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการหายใจ อัตราการย่อยสลาย และมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (ศิริเพ็ญ, 2543) โดย Sawyer and Mccarthy (1967) ได้ศึกษาปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า อุณหภูมิที่ต่างกัน 2 องศาเซลเซียส จะส่งผลต่อค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่างกัน ระหว่าง 0.3 – 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับการรายงานของ EPA (1973) ที่รายงานว่าผลกระทบที่สำคัญเนื่องจากน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะลดลง กล่าวคือ ออกซิเจนในน้ำจะผูกพันกับอุณหภูมิของน้ำ แต่ขบวนการ metabolism จะผันแปรตามอุณหภูมิ โดยจะเพิ่มขึ้น 2 – 3 เท่า ทุกๆ 10 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น ทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนเร็วขึ้นเป็นเหตุให้เกิดน้ำเน่าเสียในที่สุด นอกจากนี้ยังส่งผลต่อระบบนิเวศน์ โดยอุณหภูมิที่ผันแปรเพียง 1 – 2 องศาเซลเซียส จะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำในขบวนการทางชีวภาพ การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ การย้ายถิ่น และการออกไปเป็นต้น

นอกจากนี้อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ ถ้า น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความหนาแน่นมากขึ้นและจะมีความหนืดมากขึ้นด้วย ดังนั้นพวกอนุภาคแขวนลอยในน้ำจึงตกตะกอนได้ยากซึ่งจะทำให้ น้ำมีความขุ่น แต่ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงจะทำให้ความหนาแน่นของน้ำน้อยลงส่งผลให้สารต่างๆ ในน้ำละลายได้มากเนื่องจากน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี (สิทธิชัย, 2549)

2) ความขุ่นของน้ำ (turbidity)

ความขุ่นของน้ำ หมายถึง น้ำที่มีสารแขวนลอย ซึ่งขัดขวางทางเดินของแสงที่ผ่านเข้าไปในน้ำ (กรรณิการ์, 2544) ความขุ่นเป็นผลของอนุภาคแขวนลอยพวกสารอนินทรีย์ และของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์ ทำให้แสงที่ส่องลงในน้ำเกิดการกระจายออกจากน้ำ และดูดซึมแสงบางส่วนเอาไว้ ทำให้แสงส่องลงไปใต้น้ำที่ระดับความลึกมากขึ้นมีปริมาณลดลง (นันทนา, 2539)

สิ่งที่ทำให้น้ำเกิดความขุ่น คือ อนินทรีย์สาร อินทรีย์สาร และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน (ปรากฏในรูปของคอลลอยด์) จนถึง 10 ไมครอน ปรากฏในลักษณะของสารแขวนลอย ได้แก่ อนุภาคของดินทราย หรือสารอื่นๆ แพลงก์ตอน แบคทีเรีย ตลอดจนแร่ธาตุ หรือสารบางอย่างที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ทั้งจากภายนอกและภายในแหล่งน้ำเอง (กรรณิการ์, 2522) และกัทธรี (2541) ได้กล่าวว่า เมื่อน้ำมี

สารแขวนลอยต่างๆ เพิ่มขึ้น เช่น ดินเหนียว ดินตะกอน สาหร่ายเซลล์เดียว แพลงก์ตอน และ ไดอะตอม จะทำให้ความใสของน้ำจะลดลง โดยสารนี้อาจหักเหแสงหรือดูดกลืนแสงไว้ไม่ให้ผ่านทะลุลงไป จึงมองเห็นน้ำขุ่น อีกทั้งปริมาณคอลลอยด์ (colloidal solids) ซึ่งเป็นอนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ไม่ตกตะกอนลงมา แต่ยังคงแขวนลอยอยู่ในน้ำ หากมีมากก็จะกระจายแสงทำให้น้ำมีลักษณะขุ่นได้ด้วย นอกจากนี้ น้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม ปริมาณจุลินทรีย์ ตลอดจนการเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันล้วนมีผลต่อความขุ่นของน้ำทั้งสิ้น นอกจากนี้ สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า กิจกรรมของมนุษย์ที่อาศัยอยู่บริเวณแหล่งน้ำหรือลุ่มน้ำนั้นๆ จะทำให้มีความขุ่นเพิ่มมากขึ้น ความขุ่นของน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของปริมาณตะกอน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ ปริมาณและความหนักเบาของฝน ปริมาณน้ำในลำธาร ความยากง่ายในการพังทลายของดิน พืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ ความลาดชัน และความยาวของด้านลาด ปกติความเข้มข้นของปริมาณตะกอนจะผันแปรตามปริมาณน้ำในลำธาร สาเหตุที่ทำให้น้ำในแหล่งน้ำ หรือลุ่มน้ำเกิดความขุ่นมากน้อยนั้น คือ การใช้ที่ดินและ กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น กิจกรรมการทำเหมืองแร่ การคมนาคม ลักษณะการใช้ที่ดินบนภูเขา การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร และกิจกรรมของประชากรที่อาศัยอยู่ในลุ่มน้ำ เป็นต้น ความขุ่นของน้ำในลำธารในพื้นที่ไร่ร้าง และพื้นที่ที่เกษตรกรรมผสมที่อยู่อาศัยมีค่าสูงกว่าความขุ่นของน้ำในลำธารในพื้นที่ป่าผสมการเกษตร สำหรับความขุ่นของน้ำในลำธารในพื้นที่ป่าธรรมชาตินั้นนั้นมีค่าต่ำสุด และโดยทั่วไปความขุ่นจะเพิ่มขึ้นในฤดูฝนและลดลงในฤดูแล้ง และณรงค์ (2525) ได้กล่าวว่า ความขุ่นของน้ำจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับสิ่งใดต่อไปนี้

(1) พื้นที่ท้องน้ำ (bed stream) พื้นที่ท้องน้ำของแหล่งน้ำแต่ละแห่งอาจเป็นพวกทราย โคลน กรวด ดินเหนียว แตกต่างกันไป ซึ่งพื้นที่ท้องน้ำแต่ละชนิดจะทำให้เกิดความขุ่นได้มาก น้อยต่างกัน เช่น แหล่งน้ำที่มีพื้นที่ท้องน้ำที่เป็นดินเหนียว และโคลน จะมีความขุ่นมากกว่าน้ำที่มีพื้นที่ท้องน้ำเป็นกรวด และทราย

(2) ความเร็วในการไหลของน้ำ (velocity of flow) น้ำที่ไหลแรง และเร็ว จะทำให้อนุภาคแขวนลอย ซึ่งเป็นสาเหตุของความขุ่นนั้นสามารถลอยแขวนอยู่ในน้ำได้ตลอดเวลา ส่วนที่มีการไหลช้าๆ และไหลอย่างสงบ จะทำให้อนุภาคแขวนลอยเหล่านั้นเกิดการตกตะกอนโดยธรรมชาติจึงทำให้ความขุ่นของน้ำลดลง

(3) ลักษณะชายฝั่ง (shore) ชายฝั่งของแหล่งน้ำที่เป็นเลน จะทำให้มีความขุ่นมากกว่าแหล่งน้ำที่มีชายฝั่งเป็นกรวดและทราย

(4) การใช้พื้นที่ต้นน้ำลำธาร (use of land upstream) เช่น น้ำที่ไหลผ่านทุ่งนาป่าเขาตามธรรมชาติจะมีความขุ่นพอสมควรแต่ถ้าน้ำไหลผ่านแหล่งเกษตรกรรม เหมืองแร่ โรงงาน อุตสาหกรรมหรือชุมชนหนาแน่นแล้ว น้ำก็จะยิ่งขุ่นมากขึ้น เป็นต้น

(5) การย่อยสลายของพืช (decomposed vegetation) ความขุ่นของน้ำอาจเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชผักต่างๆ ในน้ำ จึงทำให้น้ำมีความขุ่นเพิ่มมากขึ้นกว่าธรรมดา

(6) อุณหภูมิ (temperature) น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความหนาแน่น (density) และความหนืด (viscosity) สูงจึงทำให้อนุภาคแขวนลอยที่อยู๋ในน้ำตกตะกอนได้ยาก น้ำจึงมีความขุ่นสูง

น้ำที่มีความขุ่นมากจะใช้ประโยชน์ได้ในวงจำกัด และมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และต่อการใช้ประโยชน์หลายประการ ทั้งในด้านการใช้บริโภคการเกษตร และอุตสาหกรรม ความขุ่นจะมีความสำคัญอย่างมากกับสารแขวนลอยในน้ำ นอกจากนั้นยังส่งผลทำให้อุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะน้ำผิวบนจะดูดซับความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำบางชนิด รวมทั้งยังมีผลต่อการละลายออกซิเจนในน้ำด้วย น้ำที่มีสารแขวนลอยอยู่มากจะสามารถรับออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำที่ใส นอกจากนี้ น้ำที่มีความขุ่นมากจะขัดขวางปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงของพืช โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชซึ่งจะทำให้อาหารของสัตว์น้ำลดลง และสารแขวนลอยที่ทำให้เกิดความขุ่นสามารถทำอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยตรง เพราะฉะนั้นความขุ่นมีผลกระทบต่อ ชนิด ปริมาณ สัตว์ส่วน การกระจายของประชากรสัตว์น้ำ แพลงก์ตอน ธาตุอาหาร คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนในน้ำ อาจกล่าวได้ว่าความขุ่นเป็นปัจจัยจำกัดกำลังผลิตของแหล่งน้ำและสามารถใช้ค่าความขุ่นบอกความอุดมสมบูรณ์และกำลังผลิตของแหล่งน้ำได้เช่นกัน (สิทธิชัย, 2549) และเกษม (2530) ได้รายงานว่าความขุ่นของแหล่งน้ำตามธรรมชาติของประเทศไทยมีพิสัยอยู่ระหว่าง 25 – 75 เจทียู ยกเว้นในบางแหล่งน้ำที่มีการกักเซาะพังทลายของดิน

ความขุ่นในน้ำอาจมีหน่วยเป็น NTU หรือ JTU ก็ได้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้วัดความขุ่น NTU (Nephelometric Turbidity Unit) เป็นหน่วยความขุ่นที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Nephelometer ส่วน JTU (Jackson Turbidity Unit) เป็นหน่วยความขุ่นที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Jackson Turbidimeter (มันสิน, 2543)

3) การนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity of water; EC)

การนำไฟฟ้าของน้ำเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของไอออนที่มีอยู่ในน้ำ รวมถึงอุณหภูมิขณะทำการวัดด้วย โดยทั่วไปแล้วน้ำทุกๆ แห่งจะมีการละลายของสารชนิดต่างๆ ทำให้น้ำนั้นเป็นสารละลายอ่อนๆ สามารถให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ (กรรณิการ์, 2525) และสิทธิชัย (2549) ได้กล่าวว่าคุณสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น และชนิดของไอออนที่อยู่ในน้ำ ตลอดจนอุณหภูมิขณะทำการวัด น้ำที่มีไอออนของสารต่างๆ สามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น ในสนามไฟฟ้ากระแสไอออนบวกจะเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรดขั้วลบ และไอออนลบจะเคลื่อนที่ไปยังอิเล็กโทรดขั้วบวก กรด ต่าง และเกลืออนินทรีย์ เช่น HCl , Na_2CO_3 และ NaCl เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี เพราะแตกตัวให้อิออนบวกและลบ ในทางตรงข้ามโมเลกุลของสารอินทรีย์ เช่น ซูโครส และเบนซิน ไม่แตกตัวในน้ำจึงไม่นำไฟฟ้า การนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นค่าเฉพาะ ไอออนตัวใดตัวหนึ่งแต่เป็นค่ารวมของไอออนในน้ำ ฉะนั้นค่าการนำไฟฟ้าจึงไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำแต่บอกเพียงว่ามีการเพิ่มหรือลดลงของไอออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น กล่าวคือ ถ้าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แสดงว่าสารที่แตกตัวในน้ำเพิ่มขึ้น หรือถ้าการนำไฟฟ้าลดลง แสดงว่าสารที่แตกตัวในน้ำลดลง เป็นต้น เช่นเดียวกับ ฌรงค์ (2525) กล่าวว่า การนำไฟฟ้าเป็นเครื่องชี้บอกปริมาณเกลือแร่ต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำโดยเฉพาะสารที่ละลายในน้ำทั้งหมด (total dissolved solids) ซึ่งสารสำคัญที่ละลายอยู่ในน้ำผิวดินตามธรรมชาติ ได้แก่ แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม เหล็ก แมงกานีส ในรูปสารประกอบคาร์บอเนต ซัลเฟต และไนเตรท เป็นต้น Reid (1961) กล่าวว่าค่าการนำไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (microsiemens/cm) หรือ ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร (micromhos/cm)

ศรีชัย (2531) รายงานว่า ค่าการนำไฟฟ้าของแม่น้ำจะแตกต่างกันตามระยะทางของน้ำ สภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน ขบวนการทางชีวเคมีในแหล่งน้ำ และกรรณิการ์ (2525) กล่าวว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการนำไฟฟ้า ดังนี้

(1) ของแข็งละลายน้ำ (dissolved solid) ถ้าสารเหล่านี้ละลายได้มากเพียงใดค่าการนำไฟฟ้าก็จะยิ่งสูง เพราะเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของไอออนในน้ำ (ionic mobility)

(2) พีเอชของน้ำ (pH) น้ำที่มี pH มากกว่า 9 หรือน้อยกว่า 5 จะมีผลต่อการนำไฟฟ้ามาก Gorham (1976) รายงานว่าน้ำฝนที่มี pH ต่ำ จะมีส่วนช่วยละลายอนินทรีย์ในดินและหินลงแหล่งน้ำทำให้เพิ่มประจุบวก (cation) ในระบบนิเวศแหล่งน้ำมากขึ้น มีผลให้การนำไฟฟ้าสูงขึ้น

(3) อุณหภูมิ (temperature) ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นเท่าใดค่า ionic mobility ก็จะมากขึ้นทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย (สุริย์, 2524) นอกจากนี้สุกวัตร (2520) กล่าวว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในช่วงอุณหภูมิ 15 – 30 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก 1 องศาเซลเซียส จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ประมาณร้อยละ 2 เสมอ

(4) อิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ เช่น เคมีของดิน กิจกรรมของมนุษย์ (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528) นอกจากนี้ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2530) ได้รายงานไว้ว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำแปรผันโดยตรงกับค่าความเค็มและค่าอนุโมลคลอไรด์ของน้ำในแม่น้ำ

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 150 – 300 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร แต่ในบางแห่งอาจมีค่าสูงกว่านี้จนถึง 5,000 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528) ขณะที่สิทธิชัย (2549) รายงานว่าค่าการนำไฟฟ้าของแม่น้ำที่สำคัญในภาคเหนือมีค่าระหว่าง 140 – 320 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าระหว่าง 150 – 1,070 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร ภาคกลางมีค่าระหว่าง 150 – 5,510 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร ภาคตะวันออกมีค่าระหว่าง 200 – 54,330 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร และภาคใต้มีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 50 – 20,440 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร นอกจากนี้ จำเนียร และนิวัติ (2524) รายงานว่าน้ำในลำธารในพื้นที่ป่าดิบเขาธรรมชาติ และพื้นที่ป่าดิบแล้งธรรมชาติ มีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 20 – 50 และ 110 – 180 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และน้อยกว่าน้ำในลำธารในพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่เกษตรกรรมผสมหมู่บ้าน ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 110 – 200, 50 – 670 และ 210 – 600 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และมีแนวโน้มสูงขึ้นในฤดูฝน และลดลงในฤดูแล้ง นอกจากนี้ สุริย์ (2521) กล่าวว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีความสำคัญมากสำหรับน้ำเพื่อการชลประทาน ควรมีการตรวจวัดเป็นอันดับแรก เพื่อประเมินคุณภาพน้ำเสมอ โดย EPA (1973) รายงานว่า น้ำทางด้านชลประทานควรมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 750 – 1,500 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร จึงสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย

ซึ่ง Ayer and Bronson (1977) รายงานว่า น้ำชลประทานที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 750 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 3,000 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร จะมีปัญหาอย่างมากสำหรับการซึมของน้ำในดิน เช่นเดียวกับ EPA (1973) รายงานว่า ถ้าใช้น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 3,000 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร หรือสูงกว่านี้เป็นประจำ จะทำให้การใช้ประโยชน์จากดินถูกจำกัดลง

4) ของแข็งทั้งหมด (total solids; TS)

ของแข็งทั้งหมดในน้ำ หมายถึง ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย เช่น ตะกอนแขวนลอย และของแข็งที่ละลายน้ำได้ ส่วนใหญ่เป็นเกลืออนินทรีย์ มีอินทรีย์สาร และก๊าซเล็กน้อย ของแข็งทั้งหมดในน้ำวิเคราะห์ได้จากการนำน้ำที่มีสิ่งเจือปนมาระเหยด้วยไอน้ำ และนำตะกอนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส ส่วนที่ไม่ระเหยเรียกว่า ของแข็งทั้งหมดในน้ำ ซึ่งของแข็งทั้งหมดในน้ำจะแบ่งเป็นสองส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนแรกเป็นส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble solid) ซึ่งประกอบด้วย ของแข็งที่สามารถตกตะกอนได้ (settleable solids) และของแข็งแขวนลอย (suspended solids) ส่วนที่สองเป็นของแข็งที่ละลายในน้ำ (dissolved solids) ได้แก่ เกลืออนินทรีย์ต่างๆ เช่น NaCl และ Na_2CO_3 เป็นต้น ส่วนที่เป็นอินทรีย์สาร เช่น แป้ง น้ำตาล กรดอะมิโน วิตามินบางชนิด และผงซักฟอก เป็นต้น ซึ่งรวมเรียกว่า ของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (total dissolved solids) (สิทธิชัย, 2549) และ วินัย (2524) กล่าวว่าของแข็งเป็นสิ่งเจือปนในน้ำที่ทำให้สมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไป ถ้าสารที่เจือปนในน้ำเป็นสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ จะทำให้การละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำมีผลต่อความกระด้างของน้ำคือถ้าของแข็งทั้งหมดในน้ำมีค่าสูงความกระด้างของน้ำก็จะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

สัทธา (2529) กล่าวว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำเกิดจากปัจจัยที่มีอิทธิพลหลายประการ คือ ลักษณะ และช่วงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ ปริมาณน้ำฝน และอิทธิพลของน้ำทะเล และกรณีการ (2525) ระบุไว้ว่า น้ำที่จะนำมาใช้เป็นน้ำประปา ควรจะมีค่าของแข็งทั้งหมดน้อยกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ U.S. Public Health Service อนุญาตให้มีได้มากที่สุด ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้เกษม (2530) กล่าวว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำอยู่ระหว่าง 100 – 500 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่แหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่มีกิจกรรมของมนุษย์ เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำตาปี แม่น้ำบางปะกง อาจมีค่าสูงระหว่าง

3,000 – 20,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และสิทธิชัย (2549) กล่าวว่าของแข็งทั้งหมดในน้ำบริโภคควรมีค่าอยู่ระหว่าง 20 – 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

5) ของแข็งที่ละลายน้ำ (total dissolved solids; TDS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ หมายถึง ปริมาณของไอออนทั้งหมดที่ละลายน้ำ ของแข็งประเภทสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ เมื่อลงไปอยู่ในน้ำจะเกิดเป็นสารละลายอยู่ในกลุ่มของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ของแข็งที่ละลายน้ำได้แยกออกจากของแข็งแขวนลอยได้โดยการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว ของแข็งแขวนลอยจะตกค้างอยู่บนกระดาษกรองใยแก้ว แต่ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ซึ่งรวมทั้งอนุภาคคอลลอยด์ และอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็ก ๆ) จะผ่านการกรองลงมาได้ (กัณฑ์ชัย, 2541) และมันสิน (2540) กล่าวว่า ตัวอย่างน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ในด้วยระเหยหรือน้ำหนักจะถูกนำไประเหยด้วยไอน้ำจนแห้งแล้วนำไปอบที่ 103 – 105 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คือ น้ำหนักของของแข็งละลายน้ำทั้งหมด หรือหาได้จากน้ำหนักของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมาหักออกจากค่าของแข็งทั้งหมด

สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า ส่วนที่ละลายในน้ำส่วนมาก ได้แก่ เกลืออนินทรีย์ เช่น NaCl และ Na_2CO_3 เป็นต้น และส่วนที่เป็นอินทรีย์สารบางอย่าง เช่น แป้ง น้ำตาล เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปสารที่ละลายในน้ำเหล่านี้มีขนาดประมาณ $10^{-6} - 10^{-3}$ ไมครอน และสารที่สำคัญที่อยู่ในรูปสารประกอบ ที่ละลายในน้ำพืดินตามธรรมชาติ นั้น ได้แก่ Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} และ Fe^{3+}

ความเข้มข้นของ TDS ในน้ำที่มาจากเกลือแร่ต่างๆ ในดินนั้น มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพธรณีวิทยาของดิน และความรุนแรงของกระบวนการชะล้างหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งนิวัติ (2511) รายงานว่า การเกิดกระบวนการชะล้างพังทลาย อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ในการเปิดหน้าดิน เช่น การก่อสร้างสิ่งต่างๆ การกลีกรรรม การเลี้ยงสัตว์ และการทำไม้ เป็นต้น มักก่อให้เกิดการพังทลายของดินเสียหายรุนแรงกว่าการพังทลายของดินที่เกิดตามธรรมชาติ จึงมีผลให้ความเข้มข้นของ TDS สูงขึ้น เช่นเดียวกับ อนันตศักดิ์ (2525) รายงานว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าธรรมชาติ มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ TDS เท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าปลูกผสมป่าธรรมชาติ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่

ที่ตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ โดยมีค่าความเข้มข้นของ TDS เท่ากับ 36, 28 และ 42 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเข้มข้นมีแนวโน้มสูงขึ้นในฤดูฝน และลดลงในฤดูแล้ง

EPA (1973) รายงานว่า ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีผลต่อโครงสร้าง รวมทั้งหน้าที่ของระบบนิเวศแหล่งน้ำ และ Reid (1961) อธิบายว่า ชนิดและปริมาณของความเข้มข้นของสารละลายในน้ำธรรมชาติเป็นตัวชี้บอคุณภาพทางเคมี ความสัมพันธ์ระหว่างดินกับน้ำ ซึ่งมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของพืช และสัตว์ในแหล่งน้ำ รวมทั้งมีผลต่อกำล้างผลผลิตของแหล่งน้ำ โดย TDS มีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ 2 ประการ คือ ควบคุมขบวนการขับถ่ายน้ำ (osmoregulation) และความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในน้ำกับแพลงก์ตอนพืช และไมตรีและจารุวรรณ (2528) รายงานว่าค่าสูงสุดของ TDS ที่เป็นขีดจำกัดของขบวนการขับถ่ายน้ำของปลาน้ำจืดอยู่ในช่วงระหว่าง 5,000 – 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด และความสามารถในการปรับตัวตลอดจนความเค็มของปลา

Tubbutt (1977) ได้รายงานมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก ว่าค่า TDS ระดับที่เหมาะสม คือ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าสูงสุด คือ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร และสิทธิชัย (2549) กล่าวว่า น้ำที่มีค่า TDS อยู่ระหว่าง 500 – 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้ EPA (1973) รายงานว่า น้ำที่มีค่า TDS สูงไม่สมควรนำมาใช้ เพราะอาจทำให้เกิดอาการบางอย่างขึ้นได้ เนื่องจากสารบางชนิดในน้ำ เช่น คลอไรด์ และ ซัลเฟต เป็นต้น น้ำที่ค่า TDS เท่ากับ 2,300 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองอย่างผิดปกติได้ในบางครั้ง และ ณรงค์ (2525) รายงานว่าในแหล่งน้ำมาตรฐานต้องมีค่าของแข็งที่ละลายน้ำไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร

6) แข็งแขวนลอย (suspended solids; SS)

ของแข็งแขวนลอย หมายถึง ส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่มีขนาดเล็กพอที่จะสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ หาได้โดยการกรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรองชนิดพิเศษ เรียกว่า Glass Fiber Paper แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักที่เพิ่มบนกระดาษกรอง (สิทธิชัย, 2549)

การเปลี่ยนแปลงของตะกอนแขวนลอยในแหล่งน้ำ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน การพังทลายของดิน ความลาดชัน และการเพิ่มปริมาณน้ำทิ้งจากชุมชน เนื่องจากการเพิ่มของประชากร (รัชนิกุล, 2527) และ เกษมและคณะ (2524) กล่าวว่า โรงงานอุตสาหกรรมก่อให้เกิดน้ำเสียจากอุณหภูมิต่ำ และน้ำทิ้งที่มีสารแขวนลอยอินทรีย์จะเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในน้ำ ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เกิดความร้อน ซึ่งอัตราของปฏิกิริยาออกซิเดชันทางชีวเคมีเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ ซึ่งตรงกับ จำเนียร (2530) พบว่า ปริมาณของแข็งแขวนลอย มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับอุณหภูมิของน้ำ ถ้าของแข็งแขวนลอยมีมากอุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้น จากการศึกษาของ ธิดาพร (2540) พบว่า ปริมาณสารแขวนลอยมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และระดับความลึก โดยในช่วงต้นฤดูฝน ปริมาณสารแขวนลอยจะมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากมวลน้ำจืดได้พัดพาเอาตะกอนอินทรีย์สาร ซึ่งมีธาตุอาหารอยู่สูงสู่มแม่น้ำทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอน รวมทั้งตะกอนของสารอินทรีย์ที่ถูกพัดพามามีผลทำให้ค่าปริมาณสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น

ของแข็งแขวนลอยนี้มีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากสารแขวนลอยนี้จะกั้นแสงแดดที่ส่องลงไปในน้ำ ส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำจืดลงได้ รวมทั้งทำให้น้ำมีสีขุ่น แหล่งน้ำที่มีตะกอนแขวนลอยจะมีความสามารถในการดูดซับออกซิเจนได้น้อยกว่าน้ำใสด้วย (สิทธิชัย, 2549) และ ไมตรีและจารุวรรณ (2528) ได้กล่าวว่า สารแขวนลอยที่ทำให้เกิดความขุ่นจะสามารถทำอันตรายต่อสัตว์น้ำโดยตรง โดยตะกอนและสารแขวนลอยจะเข้าไปอุดช่องเหงือกหายใจติดขัด การเจริญเติบโต การฟักตัวของไข่ชาลง และความต้านทานโรคต่างๆ ลดลงด้วย และโดยทางอ้อม คือ สารแขวนลอยจะไปขัดขวางปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงของพืชน้ำโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืช ทำให้กำลังผลิตขั้นต้น (primary productivity) ของแหล่งน้ำนั้นลดลง ซึ่งจะทำให้ปริมาณอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำลดลงด้วย ปริมาณสารแขวนลอย นิยมวัดเป็นน้ำหนักในรูปของมิลลิกรัมต่อลิตร แหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงควรมีค่าปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 25 – 80 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 80 – 400 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ผลผลิตลดลง และถ้ามากเกินไป 400 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไปจะมีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

1.2.2 คุณภาพน้ำทางเคมี

1) ความเป็นกรดด่างของน้ำ (potential of hydrogenion activity; pH)

พีเอช (pH) เป็นค่าแสดงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในน้ำ มาจากคำว่า positive potential of hydrogenions ค่า pH ของสารละลาย คือ ค่าลบของ logarithm ของความเข้มข้นของ H^+ หรือ $pH = -\text{Log} (H^+)$ สิ่งที่ยกความเป็นกรด คือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) และสิ่งที่ยกความเป็นเบส คือความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) (กรรณิการ์, 2544) ค่า pH ไม่ได้บอกถึงความเป็นกรดหรือด่างรวมของสารละลายนั้นๆ แต่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ณ เวลานั้น สารละลายที่มี pH เท่ากันอาจมีความเป็นกรด และความเป็นด่างต่างกัน นอกจากนี้สารละลายกรดต่างชนิดกัน ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากัน อาจมีค่าพีเอชต่างกัน (กรรณิการ์, 2525)

ไอออนต่างๆ ในสารละลายมีความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้า แม้แต่น้ำบริสุทธิ์ก็ยังสามารถนำกระแสไฟฟ้าได้เล็กน้อยเพราะว่าโมเลกุลของน้ำมีการแตกตัวอยู่ในรูปไอออนได้ ในกรณีที่ H^+ และ OH^- มีอยู่ ในปริมาณที่เท่ากัน น้ำนั้นจะเป็นกลาง (neutral) ดังนั้น น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ $25^\circ C$ จะมี H^+ อยู่ 0.0000001 ในน้ำ 1 ลิตร หรือมีค่าเท่ากับ 1×10^{-7} ซึ่งสามารถอธิบายในรูปของ negative logarithmic scale คือ 7 โดยที่ pH scale จะเป็นเลขลำดับของ negative logarithmic scale ตั้งแต่ 0 – 14 ซึ่งจะบอกระดับของความเป็นกรดหรือเบส โดยค่าที่ต่ำกว่า 7 เข้าสู่ 0 จะแสดงความเป็นกรด และค่าที่มากกว่า 7 เข้าสู่ 14 จะแสดงความเป็นเบส (นันทนา, 2539)

นอกจากนี้สารละลายกรดต่างชนิดกัน ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากันอาจมีค่า pH ต่างกัน ระดับ pH บอกอย่างคร่าวๆ ถึงสัดส่วนระหว่างคาร์บอนเนต และไบคาร์บอนเนต กล่าวคือ pH ยิ่งสูงปริมาณคาร์บอนเนตยิ่งมาก ทำให้โอกาสสร้างตะกอนยิ่งเพิ่มขึ้น เพราะเกลือคาร์บอนเนตละลายน้ำได้น้อยมาก น้ำที่มี pH ในสภาพที่เป็นกรดมักกัดกร่อนโลหะแต่ถ้า pH ในสภาพที่เป็นด่างมักจะสร้างตะกอนแร่บางชนิด เช่น แคลเซียมคาร์บอนเนต แมกนีเซียมคาร์บอนเนต เมื่อละลายน้ำที่ pH ต่ำจะแตกตัวให้ Ca^{2+} และ Mg^{2+} มีผลทำให้ pH ของน้ำสูงขึ้นได้อีก นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศและดินยังทำให้ pH ของน้ำลดลงได้อีกด้วย และกรดอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินของจุลินทรีย์ก็มีส่วนช่วยให้ระดับของ pH ลดลงได้เช่นเดียวกัน (สิทธิชัย, 2549)

EPA (1973) รายงานไว้ว่า pH ของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติที่แสดงความเป็นปกติโดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 5.0 – 9.0 โดย Henriksen and Seip (1980) กล่าวว่า ถ้า pH ระหว่าง 4.8 – 5.5 เป็นระดับที่มีความเป็นกรดสูง ถ้าสูงกว่า 5.5 เป็นระดับที่แสดงความเป็นกรดอ่อน และพบว่า ธาตุคาร์บอนในอินทรีย์สาร และอูมิเนียมในดินทำให้ระดับ pH ของน้ำสูงขึ้น เนื่องจากการชะล้างของอูมิเนียมจากดินเพิ่มขึ้น และมีการสะสมของสารที่มีความเป็นกรดจากบรรยากาศ นอกจากนี้ สิทธิชัย (2549) น้ำที่ซึม หรือ ไหลผ่านบริเวณที่มีหินปูนจะมีระดับ pH ของน้ำมากกว่า 9.0 สังเกตเห็นได้จากน้ำที่ผ่านเขาหินปูนในภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ ไทย มีค่าเป็นเบส (มีค่า 8.0 – 9.0) สอดคล้องกับ Reid (1961) ได้กล่าวว่า น้ำที่ซึม หรือ ไหลผ่าน บริเวณที่มีหินปูนจะมี pH สูง ยิ่งถ้าเป็นแหล่งน้ำปิดมีแต่การระเหยออกอย่างเดียว ระดับ pH ของน้ำ อาจสูงถึง 12.0 แต่ถ้าแหล่งน้ำนั้นอยู่ใกล้ หรือเกิดจากภูเขาไฟ ระดับ pH ของน้ำอาจต่ำจนถึง 1.7 ซึ่ง จะเห็นได้ว่า pH ของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจะแตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะของสภาพแวดล้อม หลายประการ เช่น ลักษณะดินและหิน ระดับ pH ของน้ำฝน ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณแหล่งน้ำ หรือลุ่มน้ำ เป็นต้น สิทธิชัย (2549) กล่าวว่าน้ำฝนมีค่า pH เป็นกรดอ่อน ซึ่งเกิดจากก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศ ทำให้น้ำฝนมี pH ประมาณ 6.5 และน้ำในลำธารที่ผ่านการ หมักจากใบไม้จะมีค่า pH เป็นกรดอ่อนเกิดขึ้นจากกรดอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลาย สารอินทรีย์ในน้ำ ถ้ามีการหมัก และย่อยสารอินทรีย์ในปริมาณมาก เช่น ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัด นราธิวาสจะทำให้ค่า pH ต่ำมาก โดยเฉลี่ยมีค่า 4.0 – 6.0

น้ำธรรมชาติส่วนมากมักมีค่า pH มากกว่า 7.0 ซึ่งเกิดขึ้น เนื่องจากในน้ำมี ปริมาณไอออน พวกไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (นันทนา, 2539) และ สิทธิชัย (2549) ยังกล่าวว่าค่า pH ของน้ำยังขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์และสารประกอบพวกกรดต่างๆ โดยที่น้ำจะได้รับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากในดินที่มีอากาศผสมอยู่ และเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินซึ่งมากกว่าได้รับจาก บรรยากาศ (ประมาณ, 2531) นอกจากนี้ไมตรี (2522) กล่าวว่า การสังเคราะห์แสงและการหายใจ ของพืชสีเขียวในน้ำทำให้ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ซึ่งมีผล ให้ pH ของน้ำสูงขึ้นในตอนกลางวันและลดต่ำลงในตอนกลางคืน

สภาพแวดล้อมและการใช้ที่ดินบริเวณแหล่งน้ำหรือลุ่มน้ำที่เปลี่ยนแปลง หรือแตกต่างกันมีผลทำให้ระดับ pH ของน้ำในแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป การทำลายป่ามีผลต่อการ เปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของน้ำอย่างชัดเจน แต่ถ้าการตัดไม้อย่างถูกต้องเหมาะสมแล้ว คุณภาพ

ของน้ำจะไม่แตกต่างกันเลย ในพื้นที่ไร่ร้างค่าเฉลี่ย pH ของน้ำในลำธารมีค่าประมาณ 6.0 พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าผสมเกษตรกรรมประมาณ 7.0 และพื้นที่ป่าธรรมชาติ ประมาณ 6.8 และพบว่า ระดับ pH ของน้ำผันแปรไปตามฤดูกาล โดย pH จะสูงขึ้นในฤดูฝน และลดลงในฤดูแล้ง เนื่องจากฝนชะล้างพวก basic cation จากดินลงสู่แหล่งน้ำ (สิทธิชัย, 2549) สำหรับการศึกษาของ ธิดาพร (2540) พบว่า ค่า pH ในแม่น้ำบางปะกงได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำจืด และปริมาณน้ำเค็ม โดยในช่วงที่มีปริมาณน้ำมาก มีค่า pH 6.7 – 7.6 ส่วนในช่วงที่มีปริมาณฝนน้อยและมีน้ำเค็มหนุนเข้ามามาก มีค่า pH 6.9 – 8.4 ทั้งนี้เนื่องจากในฤดูฝนมีผลมาจากปริมาณน้ำฝนที่ไหลลงสู่แม่น้ำได้พัดพาเอาอินทรีย์สารลงสู่แม่น้ำ และเกิดการเน่าสลายของอินทรีย์สารเหล่านั้น ทำให้ค่า pH ของน้ำในช่วงหน้าฝนมีค่าค่อนข้างต่ำ ส่วนในช่วงฤดูแล้งได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลหนุน ทำให้ค่า pH ของน้ำสูงขึ้นกว่าในฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องจากในทะเลมีสารพวกคลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต แมกนีเซียม แคลเซียม โปตัสเซียม และเหล็ก เป็นจำนวนมาก ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์เป็นด่าง (Barnes, 1974)

สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า pH ของน้ำขึ้นอยู่กับสิ่งมีชีวิตทั้งบนบก และในน้ำ แต่ในขณะเดียวกันกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายก็ขึ้นอยู่กับระดับ pH ของน้ำด้วยเช่นกัน pH ของน้ำจึงมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำ การเกษตร และสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก จากการศึกษาของ Pinkayan (1978) พบว่า pH ของน้ำทั่วไป 7.0 – 8.3 ทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำเจริญเติบโตเป็นอย่างดี Verry (1975) ก็พบว่า พืชน้ำจะสามารถใช้ธาตุอาหารในน้ำได้ดี หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับระดับพีเอชของน้ำ สำหรับ Stocker and Seager (1976) นั้นกล่าวไว้ว่า น้ำที่มีระดับ pH ต่ำกว่า 4.0 จะทำให้สัตว์น้ำที่มีกระดูกสันหลังถูกทำลายได้ แต่จะไม่ใช่อันตรายต่อสาหร่ายบางชนิด และแบคทีเรีย ถ้ามี pH ต่ำกว่า 6.0 จะมีสมบัติกัดกร่อนได้ดี ถ้าต่ำกว่า 4.5 จะทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร นอกจากนี้ Reid (1961) ยังกล่าวไว้อีกว่า pH ที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาควรเป็นค่าเล็กน้อย ช่วงที่เหมาะสมที่สุด คือ 6.5 – 8.5 ถ้า pH ของน้ำอยู่ในช่วง 5.0 – 9.0 ถือว่ายังไม่เป็นอันตราย ปลายังอยู่ได้ แต่ถ้าระดับ pH ของน้ำที่ 4.0 หรือ 11.0 ปลาจะอยู่ไม่ได้ (death point) ระดับ pH ของน้ำที่สูงหรือต่ำกว่าระดับ pH ของน้ำตามธรรมชาติ อาจเนื่องมาจากถูกปะปนโดยกรดหรือด่างในน้ำทิ้งจากชุมชน หรือโรงงานอุตสาหกรรม ระดับ pH ของน้ำในลำธารของพื้นที่ป่าธรรมชาติมีค่าใกล้เคียงความเป็นกลางใช้บริโภคได้อย่างปลอดภัย ซึ่ง EPA (1973) ได้แนะนำว่า แหล่งน้ำเพื่อการประปาควรมีระดับอยู่ในช่วง 5.0 – 9.0 ซึ่ง Tebbutt (1977) และกรณีการ์ (2522) ก็ได้รายงานมาตรฐานน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก และการประปานครหลวง ไว้ว่า ระดับ pH ของน้ำดื่มที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 7.0 – 8.0 และ 6.8 – 8.2 ตามลำดับ

นอกจากนี้ ยนต์ (2539) กล่าวว่า เมื่อ pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงไม่เพียงแต่ปริมาณไฮโดรเจนไอออน และไฮดรอกซิลไอออน จะเปลี่ยนแปลงเท่านั้น สารต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับไอออนทั้งสองชนิดนี้ในน้ำก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยสารบางชนิดจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแบบที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำสูงขึ้นเมื่อ pH สูงขึ้น เช่น แอมโมเนีย แต่สารบางชนิดจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง เมื่อ pH เพิ่มขึ้น เช่น ซัลไฟด์

2) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen; DO)

ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ หมายถึง ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ เป็นลักษณะสำคัญที่จะบอกให้ทราบว่า น้ำมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตในแหล่งน้ำ ซึ่งออกซิเจนเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ ไม่ว่าจะเป็นพืชหรือสัตว์ต้องการออกซิเจนในการหายใจ นอกจากนี้ปริมาณการละลายของออกซิเจนยังใช้เป็นเครื่องชี้คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำได้อีกด้วย ปริมาณออกซิเจนในระยะเวลาใดเวลาหนึ่งนั้นขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศ และความเค็ม ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง และการที่น้ำมีความเค็มสูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายออกซิเจนลดลงเช่นกัน (สิทธิชัย, 2549) และกรรณิการ์ (2525) ได้กล่าวว่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะอยู่ในช่วง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 0 องศาเซลเซียส และ 7 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมาจากหลายแหล่ง เช่น ออกซิเจนในอากาศ โดยในอากาศมีออกซิเจนอยู่ร้อยละ 21 โดยปริมาตร หรือ 210 มิลลิกรัมต่ออากาศ 1 ลิตร จำนวนนี้เป็นปริมาณ 25 เท่าของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน คุณสมบัติบางประการของน้ำก็จะเป็นสิ่งสำคัญในการที่จะควบคุมการละลายของออกซิเจนในน้ำ เช่น คลื่น ถ้ามีคลื่นมากออกซิเจนก็จะซึม และผสมลงสู่水下ได้มาก ถ้าบรรยากาศมีความชื้นน้อยก็จะทำให้ออกซิเจนมีโอกาสละลายน้ำได้มากขึ้น ปริมาณออกซิเจนจะมีอยู่บริเวณผิวน้ำซึ่งลึกลงไปปริมาณออกซิเจนยิ่งน้อยลง การไหลของน้ำที่มีการไหลเร็ว และมีการม้วนตัวเกิดขึ้นมากจะส่งผลให้มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่มากกว่าน้ำนิ่งๆ หรือไหลช้ากว่า ออกซิเจนละลายในน้ำจากอากาศที่สัมผัสกับผิวน้ำจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว ณ อุณหภูมินั้น ถ้าน้ำมีปริมาณออกซิเจนลดลงต่ำกว่า ณ จุดอิ่มตัว ออกซิเจนจากอากาศจะละลายในน้ำเพิ่มขึ้น ถ้าน้ำไหลเร็วอัตราการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น ซึ่งอัตราการละลายของออกซิเจน เรียกว่า รีแอเรชัน (reaeration) (สิทธิชัย, 2549) เช่นเดียวกับยนต์ (2539) กล่าวว่า การ

แพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำจะเกิดขึ้นได้ก็เพียงในสภาวะที่ปริมาณออกซิเจนในน้ำอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าจุดอิ่มตัวเท่านั้น ถ้าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำกว่าจุดอิ่มตัวมาก ก็จะมีการแพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำในอัตราสูง นอกจากนี้ บัญญัติ (2525) กล่าวว่าปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำจะแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับระดับของน้ำ โดยปริมาณออกซิเจนจะมีอยู่มากบริเวณผิวน้ำ ยิ่งลึกลงไปปริมาณออกซิเจนยิ่งน้อยลง

ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอีกส่วนหนึ่งได้มาจากการสังเคราะห์แสงของพืช โดยปกติแล้วการสังเคราะห์แสงของพืชนั้นอยู่ในระดับความลึกที่เรียกว่า euphotic zone หรือบริเวณแสงสว่างส่องลงไปได้ถึง ระดับดังกล่าวในทะเลสาบ เรียกว่า limnetic zone ในบริเวณชายฝั่งที่ไม่ลึก หรือ littoral zone นั้น พืชรากพืชและแพลงก์ตอน เป็นตัวให้ออกซิเจนแก่น้ำ ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติในวันที่มีท้องฟ้าโปร่งอากาศเย็นบริเวณ euphotic zone จะมีปริมาณออกซิเจนสูงสุดในเวลาบ่าย และต่ำสุดในเวลาใกล้รุ่ง อันเกิดจากการหายใจของพืชจะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงไปเช่นกัน (สิทธิชัย, 2549)

โกมล และคณะ (2527) กล่าวว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ยังมีความสัมพันธ์กับความสกปรกของน้ำอีกด้วย คือ ถ้าน้ำสกปรกมาก ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำก็ถูกใช้ไปทำลายสารสกปรกเหล่านั้นมาก และถ้าน้ำสกปรกมีจำนวนแบคทีเรียมาก แบคทีเรียเหล่านั้นจะใช้ออกซิเจนเหล่านั้นในการดำรงชีวิตมาก ทำให้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำถูกใช้ไปมากหรือเกือบหมด ดังนั้นปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำ จึงเป็นเครื่องชี้บ่งคุณภาพของน้ำได้ และสิทธิชัย (2549) กล่าวว่าสาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงนั้นมาจากการหายใจของสัตว์น้ำ และพืชน้ำ จากการเน่าสลายของอินทรีย์วัตถุต่างๆ โดยพวกแบคทีเรีย จากขบวนการทางชีวเคมีของการ oxidized สารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำ จากปฏิกิริยาคาร์บอนในน้ำ จากปฏิกิริยาชีวเคมีในการ oxidized สารอินทรีย์ในโตรเจนในน้ำ จากขบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำ และจากสารเคมีที่ต้องการออกซิเจนอย่างฉับพลัน เช่น ชัลไฟด์ เป็นต้น

ความแตกต่างของค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จากการศึกษาของ อาระยา (2523) รายงานไว้ว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในฤดูกาลต่างๆ แล้ว พบว่าในทุกสภาพการใช้ที่ดินบนภูเขา บริเวณคอกบยุ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำจะมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และมีค่าต่ำสุดในฤดูร้อน สำหรับการศึกษาของสุรจิต (2530) ที่บริเวณลุ่มน้ำชี พบว่า การผัน

แปรของค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำในฤดูกาลต่างๆ ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ มีค่าสูงสุดในฤดูหนาว ต่ำลงในฤดูร้อน และต่ำสุดในฤดูฝน

ออกซิเจนมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพน้ำ เพราะช่วยให้สิ่งมีชีวิตอยู่ได้ในน้ำ นอกจากนั้นผลการปล่อยของเสียลงไปในแม่น้ำลำคลอง ยังพิจารณาได้จากปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำอีกด้วย น้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีมักมีออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ประมาณ 5 – 7 มิลลิกรัมต่อลิตร (พิมลและชัยวัฒน์, 2525) นอกจากนี้ Swingle (1969) รายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนกับปลาที่เลี้ยงในบ่อ และปลาที่อาศัยในลำธาร พบว่าปลาที่เลี้ยงในบ่อต้องการออกซิเจนประมาณ 3 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ส่วนปลาที่อาศัยในลำธารหรือแหล่งน้ำไหลจะต้องการออกซิเจนตั้งแต่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ถ้ามีออกซิเจนเพียง 3 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเป็นภาวะอันตรายต่อปลาหลายชนิดในน้ำไหล และไมตรี (2530) กล่าวว่า น้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลาควรมีก๊าซออกซิเจนละลายไม่น้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดีมักมีออกซิเจนที่ละลายในน้ำประมาณ 5 – 7 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเป็นตัวช่วยกำจัดมลภาวะในน้ำได้โดยการออกซิเดชัน ทำให้ลดปริมาณสารอินทรีย์และแบคทีเรียบางชนิดในน้ำได้ (สุรภิ, 2530) นอกจากนี้ ปลาน้ำจืดเติบโตได้ดีเมื่อมีค่าออกซิเจนละลายในน้ำ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีผลต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ระยะเวลาในการฟักเป็นตัวของไข่ปลาช้าลงกว่าปกติ และขนาดของตัวอ่อนและความแข็งแรงของตัวอ่อนจะลดน้อยลงกว่าเดิม และยังมีผลทำให้เกิดตัวอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติอีกด้วย ออกซิเจนยังมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารลดลง ซึ่งมีผลต่อเนื่องมาจากการเจริญเติบโตหรือทำให้ความสามารถในการว่ายน้ำลดลง ลดความต้านทานต่อสารพิษ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวนี้ทำให้ปลาเกิดความอ่อนแอ และสามารถติดเชื้อโรคน้ำขึ้น (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528) กรมควบคุมมลพิษ (2538) ได้กำหนดคุณภาพเฉลี่ยของแหล่งน้ำในประเทศไทยว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีค่าอยู่ในช่วง 4 – 6 มิลลิกรัมต่อลิตร

3) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (biochemical oxygen demand; BOD)

กรรณิการ์ (2522) และ Holden (1970) กล่าวว่า ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี หรือบีโอดี (BOD) คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในเวลา 5 วัน ซึ่งค่า BOD นี้แสดงให้เห็นทราบถึงปริมาณการเจือปนของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ และเป็นการวัดความสามารถของ

แหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ และยังมีรายงานว่าค่า BOD จะบอกถึงกำลังความสกปรกของน้ำในรูปของออกซิเจนซึ่งแบคทีเรียต้องการใช้ ถ้ามีสารอินทรีย์ในน้ำมากออกซิเจนจะถูกใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีมากขึ้นทำให้ค่า BOD สูง แต่ถ้าสารอินทรีย์น้อยกระบวนการย่อยสลายก็จะมีน้อยทำให้ค่า BOD ต่ำ และ Hammer (1975) กล่าวว่า อัตราของปฏิกิริยาออกซิเจนทางชีวเคมีเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิโดยมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงในช่วงอุณหภูมิ 10 – 30 องศาเซลเซียส และปฏิกิริยาชีวเคมีจะเท่ากับศูนย์ เมื่ออุณหภูมิเท่ากับ 4 องศาเซลเซียส

ไมตรีและจารุวรรณ (2528) กล่าวว่า BOD ใช้เป็นดัชนีในการแสดงว่าน้ำแห่งนั้นมีความเน่าเสียมากน้อยเพียงใด ถ้าปริมาณความต้องการออกซิเจนมีสูงมาก แสดงว่าในน้ำมีอินทรีย์วัตถุที่เน่าสลายอยู่มาก และถูกแบคทีเรียมาทำการย่อยสลาย ซึ่งจะใช้ออกซิเจนในการนี้เป็นจำนวนมาก จึงอาจทำให้ออกซิเจนในน้ำขาดแคลนได้ ซึ่งธงชัยและวิบูลย์ลักษณ์ (2540) กล่าวว่า การวิเคราะห์หาค่า BOD เป็นการวิเคราะห์เพื่อที่จะทราบถึงปริมาณความสกปรกของน้ำ เช่น น้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น เพื่อประโยชน์ในการออกแบบ ระบบบำบัดควบคุมคุณภาพน้ำทิ้ง และประสิทธิภาพของระบบนั้นๆ โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และโดยทั่วไปการวิเคราะห์หาค่าบีโอดี (BOD_5) เป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปในเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส สาเหตุที่ใช้อุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าว เพราะเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของน้ำทั่วไป และ nitrifying bacteria เจริญเติบโตได้ช้าที่อุณหภูมินี้ (กรมอนามัย, 2537)

กรมควบคุมมลพิษ (2538) กล่าวว่า BOD สามารถบอกให้ทราบถึงความสกปรกของแหล่งน้ำได้ ดังนั้นค่า BOD จึงมีความสำคัญในการประเมินสถานภาพของแหล่งน้ำว่าได้รับการปนเปื้อนมากน้อยเพียงใด และได้กำหนดค่า BOD ในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 มีค่าไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 มีค่าไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

สารอินทรีย์ที่สามารถเป็นอาหารของแบคทีเรียจากการออกซิเดชันนี้จะได้พลังงาน ซึ่งแบคทีเรียจะนำไปใช้ในการเติบโต และแบ่งตัวต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิเดชันสารอาหารเหล่านี้อาจเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือ แอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร (กรรณิการ์, 2544) สารอินทรีย์ประกอบด้วย ธาตุอาหารที่สำคัญ คือ คาร์บอนร้อยละ 58

ออกซิเจนร้อยละ 20 ไฮโดรเจนร้อยละ 10 ไนโตรเจนร้อยละ 5 ฟอสฟอรัสร้อยละ 1 กำมะถันร้อยละ 1 และยังมีสารอื่นอีกเล็กน้อย (Black *et al.*, 1965) สารอินทรีย์ในน้ำแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ กลุ่มที่ 1 คือ non humic substances หมายถึง สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน สำหรับกลุ่มที่ 2 คือ humic substances หมายถึง สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ยาก และใช้เวลานาน ได้แก่ เศษซากพืช ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีรูปร่างและขนาดโมเลกุลไม่แน่นอน และยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของดินและน้ำที่ทำให้ดินและน้ำมีสีเข้ม ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีสารอินทรีย์กลุ่มนี้มากที่สุด โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 6 – 30 ของสารอินทรีย์ในน้ำทั้งหมด (Telang *et al.*, 1981; Werner and Morgan, 1981)

สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า สารอินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณมาก และน้อยแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิดซึ่งจำแนกเป็น 2 แหล่ง ดังนี้

(1) แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

(1.1) การพังทลายของดิน โดยสารอินทรีย์ในดินจะถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ และสารอินทรีย์ในดินตะกอนบริเวณพื้นที่ป่าไม่มีปริมาณสูง โดยเฉพาะ humic acid ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบในดิน (ส่วนใหญ่มาจากซากสัตว์) ถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณมาก จะทำให้น้ำมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาลเข้ม (Steelink, 1977)

(1.2) พืชน้ำ สาหร่าย และแพลงตอนพืช จะจับถ่ายของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก นอกจากนี้ยังได้จากการย่อยสลายพืชน้ำที่ตายแล้ว เศษพืชใบไม้ที่ร่วงลงสู่แหล่งน้ำ ก็มีส่วนในการเพิ่มปริมาณของสารอินทรีย์เช่นกัน (Steelink, 1977)

(1.3) สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่แขวนลอยในน้ำ ได้แก่ พวกไมโครแพลงตอน (microplankton) ซึ่งพบมากตามบริเวณผิวน้ำประมาณร้อยละ 10 ของสารอินทรีย์ทั้งหมด ตามผิวน้ำส่วนในน้ำระดับลึกพบน้อยประมาณร้อยละ 2 เท่านั้น

(1.4) การย่อยสลายซากสัตว์น้ำที่ตายแล้ว และการจับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำ เช่น ปลาฉลาม ปลาเก๋า และปลาเค็ม จะปล่อยสารอินทรีย์ลงในแหล่งน้ำ คิดเป็น BOD_5 เฉลี่ย 0.0022 กิโลกรัมต่อวันต่อน้ำหนักของปลา 0.45 กิโลกรัม

(2) แหล่งกำเนิดจากชุมชน

(2.1) น้ำทิ้งจากบ้านเรือนและชุมชน ได้แก่ น้ำทิ้งจากการชำระล้าง หรือสิ่งปฏิกูลต่างๆ ที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ

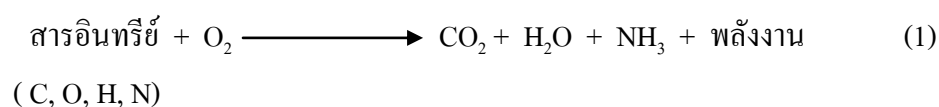
(2.2) น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นน้ำทิ้งจากขบวนการผลิตต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะพบปริมาณสารอินทรีย์ที่แตกต่างกันของโรงงานอุตสาหกรรมและลักษณะการใช้น้ำ

(2.3) น้ำไหลบ่าจากพื้นที่เกษตรกรรม การเกษตรกรรมที่ปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์เป็นจำนวนมาก ได้แก่ การเลี้ยงเป็ด เลี้ยงหมู บ่อเลี้ยงปลา-เลี้ยงกุ้ง

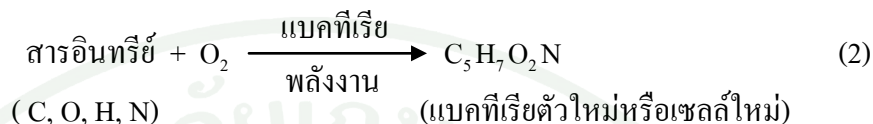
สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า การสลายตัวของสารอินทรีย์ แบ่งเป็น กระบวนการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน (aerobic processes) และกระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic processes) ดังนี้

(1) กระบวนการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน (aerobic processes)

กระบวนการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียใช้ออกซิเจน ซึ่งส่วนมากเป็นออกซิเจนที่มีละลายอยู่ในน้ำ (dissolved oxygen) ช่วยในการย่อยสลายเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำมาใช้ในการเจริญเติบโต สร้างเซลล์ใหม่ และทำให้เกิดพลังงาน แบคทีเรียพวกนี้เป็นแอโรบิกแบคทีเรีย (aerobic bacteria) และแฟคัลเตทีฟแบคทีเรีย (facultative bacteria) ปฏิกริยาการย่อยสลายที่เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่ต้องอาศัยออกซิเจนจะย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ (H_2O) แอมโมเนีย (NH_3) และพลังงาน ดังสมการ



พลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายขั้นแรกนั้น แบคทีเรียจะใช้เพื่อกิจกรรมต่างๆ ส่วนหนึ่ง เช่น เพื่อการเคลื่อนไหว และพลังงานอีกส่วนหนึ่งจะช่วยให้เกิดการสร้างแบคทีเรียตัวใหม่หรือนำไปใช้สร้างเซลล์ใหม่ ดังสมการ

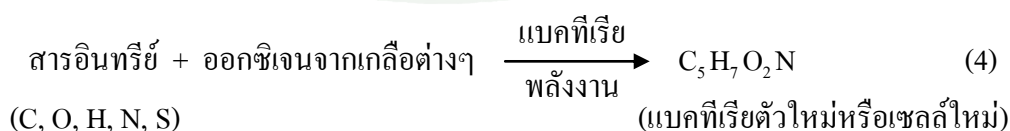


(2) กระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic processes)

กระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน เป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำโดยไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (free oxygen) แต่จะใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในสารประกอบต่างๆ ในของเสีย เช่น เกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) เกลือไนเตรต (NO_3^-) เป็นต้น เพื่อเป็นแหล่งพลังงานแทนออกซิเจนอิสระ สำหรับการเจริญเติบโตและการสร้างเซลล์ใหม่ จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียพวกนี้จะเป็น แอนแอโรบิกแบคทีเรีย (anaerobic bacteria) และแฟคัลเตติฟแบคทีเรีย (facultative bacteria) ผลจากปฏิกิริยาการย่อยสลายจะเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) น้ำ (H_2O) และพลังงาน ดังสมการ



เช่นเดียวกันกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการย่อยสลายโดยอาศัยออกซิเจนพลังงานที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะถูกแบคทีเรียใช้ในการเคลื่อนไหว และอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ ดังสมการ



ลีทวิช (1949) กล่าวว่า แหล่งน้ำใดมีปริมาณสารอินทรีย์น้อยเกินไป ทำให้แหล่งน้ำนั้นขาดความอุดมสมบูรณ์ส่งผลกระทบต่อ การดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตในน้ำ เพราะสิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดใช้สารอินทรีย์ในการดำรงชีพ ถ้าแหล่งน้ำใดมีปริมาณสารอินทรีย์มาก

เกินไป อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้อง ทำให้การสะสมสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำเป็นปริมาณมากเกินกว่าที่น้ำจะสามารถปรับสภาพตัวเองได้ จะก่อให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ 3 ประการ คือ

(1) การลดปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดแอโรบิก แบคทีเรีย (aerobic bacteria) และแฟคัลเตดตีฟ แบคทีเรีย (facultative bacteria) จะใช้ออกซิเจนในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้ปริมาณการเติมออกซิเจนลงในแหล่งน้ำน้อยกว่าปริมาณที่จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนในแหล่งน้ำ ในที่สุดจะไม่มีปริมาณออกซิเจนอยู่ในน้ำ ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำโดยเกิดอาการเครียดหรือตายได้ ทั้งนี้เพราะสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำทุกชนิดต้องการใช้ออกซิเจนในการหายใจ

(2) การเพิ่มปริมาณของเสียในน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และแอมโมเนีย (NH_3) โดยไฮโดรเจนซัลไฟด์จะไปรวมตัวกับโลหะหนักในแหล่งน้ำ ทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็น ส่วนแอมโมเนียที่ได้จะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียไนโตรโซโมแนส กลายเป็นไนไตรต์และถูกออกซิไดซ์ต่อโดยแบคทีเรียไนโตรแบคเตอร์กลายเป็นไนเตรต แอมโมเนียที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำต่อเมื่ออยู่ในรูปไม่แตกตัว (un-ionized form) ความทนทานของสัตว์น้ำต่อปริมาณแอมโมเนียขึ้นกับชนิด สภาพทางสรีรวิทยาของสัตว์น้ำและปัจจัยทางสภาพแวดล้อม

(3) เป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคและสารพิษอื่นๆ เช่น จุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นพิษ (เชื้อโรคต่าง ๆ) และอาจเกิดแพลงตอนพวกไดโนแฟลกเจลเลต (dinoflagellate) ขึ้นอย่างมากมาย ทำให้น้ำแดงขีปนาวาฬ หรือ red tide อันจะมีผลเสียต่อสัตว์น้ำเป็นจำนวนมาก

4) ธาตุอาหารพืชในน้ำ (plant nutrient)

สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า ธาตุอาหารในน้ำส่วนใหญ่จะพิจารณาธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำมาก เพราะเป็นส่วนประกอบของอินทรียสารบางชนิดที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของพืชและสัตว์ เช่น ส่วนประกอบของโปรตีน และไขมันบางชนิด สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรต ซึ่งสารประกอบเหล่านี้สามารถใช้เป็นเครื่องชี้ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ เพราะพืชสามารถใช้สารประกอบเหล่านี้ในการปรุงอาหาร ที่ได้กล่าวว่า

แหล่งน้ำจะมีธาตุอาหารพืชเจือปนอยู่และเป็นปัจจัยเบื้องต้นในการเจริญเติบโตของพืชน้ำ และแพลงก์ตอนอันเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น (primary producer) ในห่วงโซ่อาหาร ธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน แอมโมเนีย และฟอสเฟต โดยทั่วไปไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจะจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของพืช ธาตุอาหารทั้งสองนี้มีศักยภาพต่อการเจริญเติบโต และเป็นปัจจัยที่สนับสนุนการสังเคราะห์แสงของพืช และการที่ให้ผลผลิตมาก จากการมีปริมาณธาตุอาหารพืชเนื่องมาจากการมีสารอาหาร จะทำให้แหล่งน้ำเกิดการตื้นเขิน เนื่องจากการทับถมของสิ่งมีชีวิตได้ ในแหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารมากเกินไปทำให้เกิดพืชน้ำเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ เรียกว่า eutrophication ธาตุอาหารพืชที่มีความสำคัญต่อกระบวนการ eutrophication นี้ได้แก่ ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปฟอสเฟต และไนเตรท ผลเสียอันไม่พึงปรารถนาของกระบวนการ eutrophication ไว้ดังนี้ 1) เป็นการพัฒนาของสาหร่ายชนิดไม่พึงปรารถนา โดยขัดขวางการส่องผ่านของแสงลงสู่ก้นน้ำ ลดความสวยงามของแหล่งน้ำและทำให้เกิดความรำคาญแก่กิจกรรมของมนุษย์ 2) ทำให้แหล่งน้ำมีสี รส ที่ไม่พึงปรารถนา เนื่องจากการผลิตสารบางอย่างของสาหร่ายแอกติโนมัซีส และแบคทีเรีย 3) ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ลดลง และทำให้ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส และฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น 4) เพิ่มโคลนตมในอ่างเก็บน้ำ ลดปริมาณการใช้ประโยชน์จากน้ำ เพิ่มการคายระเหยและการสูญเสีย

Jackson (1977) รายงานว่า ธาตุอาหารที่เจือปนมากับน้ำ จะเป็นอาหารที่สำคัญต่อพืชน้ำ ซึ่งเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น (primary producer) ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ธาตุอาหารที่พืชจำเป็นต้องใช้มีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คาร์บอนต คลอไรด์ ซัลเฟต ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ธาตุบางชนิดพืชต้องการใช้ในปริมาณมาก (macronutrient) สำหรับการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น การขยาย การยึดของส่วนต่างๆ ใบ และการขยายพันธุ์ ซึ่งแบ่งเป็นธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารรอง คือ แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) สามารถใช้ไนโตรเจนได้ทั้งในรูปไนเตรท แอมโมเนีย ยูเรีย และกรดอะมิโน แต่จะใช้มากน้อยในรูปใดนั้น ขึ้นอยู่กับภาวะธาตุอาหารในขณะนั้นและชนิดของแพลงก์ตอนพืชนั้นๆ สำหรับฟอสฟอรัสจะถูกใช้ในรูปของฟอสเฟต โพแทสเซียมจะถูกใช้ในรูปไอออน สำหรับธาตุอาหารพืชอื่นๆ นั้น พืชต้องการแต่ในปริมาณที่ไม่มากนัก

สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำ คือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ เป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยขาดหลักการอนุรักษ์แล้วจะเป็นสาเหตุให้ดินพังทลาย โดยกระบวนการกัดเซาะจากน้ำและลมได้ง่าย ซึ่งดินจากการพังทลายนี้ จะถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ อันเป็นสาเหตุให้ธาตุอาหารพืชลงสู่แม่น้ำได้ น้ำไหลบ่ามีผลต่อการสูญเสียไนโตรเจน และสารประกอบไนโตรเจน โดยที่น้ำไหลบ่าหน้าดินจะมากขึ้นเพียงใดขึ้นกับ โครงสร้างของดิน ความลาดชัน ความชื้น และลักษณะกายภาพของผิวดิน การปฏิบัติด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกพืชคลุมดิน ซึ่งมีผลต่อการซึมของน้ำลงสู่ดิน ถ้าน้ำซึมได้น้อยจะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมาก และชะล้างธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำได้ ในเขตรตออ่อนสูญเสียไปจากดิน เนื่องจากดินถูกกัดเซาะพังทลายมักเกิดกับดินที่ไม่มีพืชหรือสิ่งปกคลุม พื้นที่ลาดชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน เช่นเดียวกับฟอสฟอรัสจะสูญเสียจากพื้นที่เกษตรกรรม โดยขึ้นกับการกัดเซาะจากน้ำและน้ำไหลบ่าหน้าดิน สำหรับฟอสเฟตจะถูกดูดซับมา กับตะกอนในน้ำไหลบ่าหน้าดิน มากกว่าจะถูกชะล้างผ่านชั้นดินลงสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากฟอสเฟตเคลื่อนผ่านชั้นดินลงไปได้ยาก

5) ไนโตรเจน (nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญในด้านการสังเคราะห์ (synthesis) และการคงรูป (maintenance) ของโปรตีน ซึ่งทั้งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต (ประมาณ, 2531) สารประกอบไนโตรเจนในน้ำจำแนกได้เป็น 4 ชนิด คือ สารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไนเตรต และไนไตรต์ (สิทธิชัย, 2549) โดยสารประกอบไนโตรเจนมีกระบวนการชีวเคมีของพืชและสัตว์ค่อนข้างจะสลับซับซ้อน เนื่องจากมีวาเลนซ์ที่แตกต่างกันถึง 7 ค่า สารพวกนี้อาจจะอยู่ในรูปปุ๋ยหรือรูปของเกลือในปัสสาวะ ส่วนอีกชนิด คือ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก สารพวกนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกายพืชและสัตว์ ในอุจจาระ ในปุ๋ยคอก เป็นต้น (กรรณิการ์, 2544) ซึ่งแบคทีเรียเป็นตัวการสำคัญในการเปลี่ยนจากรูปสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำให้เป็นสารอนินทรีย์ในรูปละลายน้ำ โดยเรียกกระบวนการนี้ว่า mineralization (เปี่ยมศักดิ์, 2538)

ไนโตรเจนจะเข้าสู่แหล่งน้ำทางอากาศและจากนั้นก็จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปสารประกอบหลายรูปการเปลี่ยนแปลงรูปของสารประกอบไนโตรเจนนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับพวกพืชและสัตว์น้ำที่อาศัยในน้ำไม่มากนักน้อย (เปี่ยมศักดิ์, 2539) สำหรับน้ำเสียจากชุมชนนั้น

(Symons, 1970) สรุปว่า ไนโตรเจนในเขตชุมชนเมืองมาจากสิ่งปฏิกูลของคน น้ำฝนและของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับในเขตชนบท มาจากทุ่งนา ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ น้ำฝน การเน่าเปื่อยของซากพืช อินทรีย์สารในดินและการใช้ปุ๋ย (ประมาณ, 2531) สามารถสรุปแหล่งที่มาได้ ดังนี้

(1) บรรยากาศ (atmosphere) ซึ่งเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ฟ้าผ่า ได้ในธรรมชาติ ไนโตรเจน การสลายตัวของวัสดุสารบนพื้นโลก และจากการระเบิดของภูเขาไฟ

(2) จุลินทรีย์หรือสาหร่ายขนาดเล็ก (microorganism) ที่สามารถตรึงไนโตรเจน เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมตาโบลิซึม

(3) น้ำใต้ดินและน้ำพุ (ground and spring water) สำหรับในแหล่งน้ำ สารประกอบไนโตรเจนจะได้อาจจากการตกตะกอนของน้ำผิวดินที่ไหลเข้ามา ซึ่งจะนำสารประกอบไนโตรเจนมาด้วยและจากน้ำใต้ดิน เช่น น้ำพุ

นอกจากนี้ ฌักกานต์ (2537) กล่าวว่า ไนโตรเจนอาจได้มาจากภายในแหล่งน้ำเองซึ่งเกิดจากขบวนการตรึงไนโตรเจนของจุลินทรีย์ และสาหร่ายบางชนิด สำหรับการสูญเสียสารประกอบไนโตรเจนจากแหล่งน้ำ ไนโตรเจนบางส่วนถูกใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช และเน่าสลายของอินทรีย์วัตถุ และบางส่วนสูญเสียไปกับน้ำที่ไหลออกโดยรวมกับธาตุอื่นๆ เป็นตะกอน

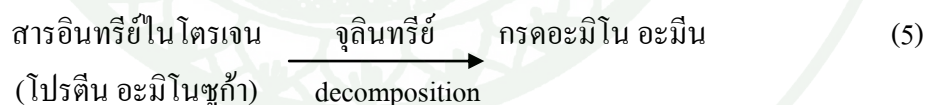
พิทักษ์ (2534) กล่าวว่า นอกจากจะได้อาจมาจากธรรมชาติแล้ว ยังได้มาจากกิจกรรมของมนุษย์ คือ

(1) ชุมชน โดยทั่วไปสารประกอบไนโตรเจนจากแหล่งชุมชนจะอยู่ในรูปของแอมโมเนีย อินทรีย์สารไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่ มีไนเตรทไนโตรเจนบ้างเล็กน้อย และเกือบจะไม่มีไนไตรท์อยู่เลย แต่อย่างไรก็ตามแอมโมเนีย ไนโตรเจนและอินทรีย์สารไนโตรเจนสามารถถูกออกซิไดส์ให้อยู่ในรูปไนไตรท์ และไนเตรท

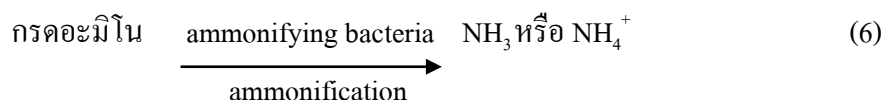
(2) ปุ๋ยที่ไถ่ลงในดิน ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสารเคมีที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากก๊าซไนโตรเจนในอากาศถือว่าเป็นแหล่งที่สำคัญแหล่งหนึ่ง นอกจากนี้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยอินทรีย์ในโตรเจนอื่นๆ ก็เป็นแหล่งสำคัญเช่นกัน

เปี่ยมศักดิ์ (2539) กล่าวว่า เมื่อสารประกอบไนโตรเจนจากแหล่งต่างๆ ได้เข้ามาในระบบนิเวศแล้ว ก็จะมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพจากสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์ และจากสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ กระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นได้ โดยปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่มีหรือ มีสิ่งมีชีวิตเป็นผู้ดำเนินการ สารประกอบไนโตรเจนที่ถูกสังเคราะห์แล้วจะถูกใช้ไปโดยพืชหรือสัตว์ และบางตัวจะอยู่ในรูปสารอินทรีย์ซึ่งอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์ แต่บางส่วนจะถูกถ่ายเทออกมาสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนเหล่านี้ ได้แก่ โปรตีน ยูเรีย และไขมันบางชนิดที่มีสารประกอบไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ โดยปกติแล้วสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนจะมีอยู่ประมาณมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด และจะถูกแปรสภาพไปโดยการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ตามลำดับ มีขั้นตอนดังนี้

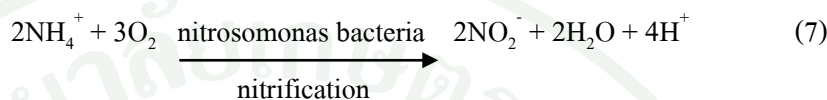
(1) aminization เป็นกระบวนการที่สารประกอบโปรตีนถูกย่อยทำลายโดยจุลินทรีย์พวก heterotrophic bacteria ไปเป็นสารประกอบไนโตรเจนพวก amino compound ซึ่งได้ดังสมการ



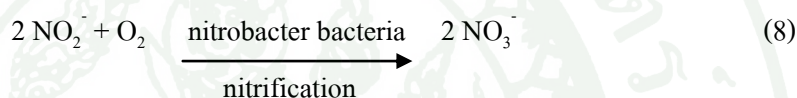
(2) ammonification เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารประกอบพวกอะมีน หรือกรดอะมิโนให้เป็น NH_3 หรือ NH_4^+ โดยจุลินทรีย์พวก heterotrophic bacteria ดังสมการ



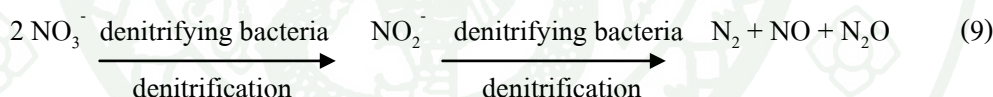
(3) nitrification เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดย nitrifying bacteria ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน ขบวนการนี้ประกอบด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันสองขั้น กล่าวคือ NH_3 หรือ NH_4^+ จะถูกออกซิไดซ์ให้เป็นไนไตรท์ (NO_2^-) ก่อนโดยแบคทีเรียพวก nitrosomonas และ nitrosococcus ดังสมการ



ต่อมาไนไตรท์ที่เกิดขึ้นจะถูกออกซิไดส์อีกครั้งให้เป็นไนเตรทโดยแบคทีเรียพวก Nitrobacter ดังสมการ



(4) denitrification เป็นกระบวนการแปรสภาพของ NO_3^- ไปเป็นก๊าซไนโตรเจนกลับเข้าสู่บรรยากาศ ดังสมการดังนี้



ไนเตรทนอกจากเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้วยังมาจากปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรม และน้ำเสียอีกด้วย (มันสิน, 2540) สารประกอบไนโตรเจนในน้ำที่มีมากเกินไปก่อปัญหามลพิษทางน้ำได้ 2 ประการ คือ ทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียเนื่องจากสารประกอบไนโตรเจนส่วนมากมีความต้องการออกซิเจน (เช่นเดียวกับ BOD) และทำให้เกิดยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) หรือ ปรากฏการณ์ที่มีแพลงก์ตอนเจริญเติบโตมากเกินไปในน้ำ ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรทในปริมาณน้อยซึ่งมักต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และอย่างสูงไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่สำหรับน้ำใต้ดินอาจมีไนเตรทสูงตั้งแต่ 0 – 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นกับสภาวะภูมิประเทศ (สิทธิชัย, 2549) นอกจากนี้ มันสิน (2540) กล่าวว่า น้ำที่มีปริมาณไนเตรทสูงเกินไปอาจทำให้เกิดโรค methemoglobinemia ดังนั้นจึงกำหนดให้น้ำดื่มไม่ควรมีไนเตรทเกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร และสิทธิชัย (2549) กล่าวว่า ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีไนเตรทละลายอยู่โดยเฉลี่ยประมาณ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งน้ำที่เป็นน้ำกระด้างจะมีความเข้มข้นของไนเตรทน้อยกว่าร้อยละ 1 ของ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ แต่ในน้ำอ่อนความเข้มข้นของไนเตรท จะมีค่าความเข้มข้นน้อยลงไปอีก ส่วนในน้ำเสียจะมีปริมาณของไนเตรทมากเป็นพิเศษ ซึ่งความเข้มข้นของไนเตรทในแหล่งน้ำผิวดิน กรมควบคุมมลพิษ(2538) กำหนดไว้ไม่ควรมีค่าเกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตได้หลายทาง

6) ฟอสฟอรัส (phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเติบโตของจุลินทรีย์ นอกเหนือจากไนโตรเจน ซึ่งพบได้ทั้งในดินและน้ำ โดยเกิดจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ หินแร่ และปะปนมากับหยาดน้ำฝนแต่ก็มีปริมาณน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับที่ได้รับจากน้ำผิวดินแหล่งอื่นๆ (ฉัฐกานต์, 2537) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิต และมักพบในรูปของฟอสเฟต (PO_4^{3-}) สารประกอบฟอสเฟตเป็นสารอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ สัตว์ พืช และจุลินทรีย์ พบได้ในยีน ฟัน กระดูก และกล้ามเนื้อ นอกจากนี้สารฟอสเฟตเป็นสารประกอบสำคัญในปุ๋ย ผงซักฟอก ยาสีฟัน นมข้น อาหาร เครื่องดื่ม และสารลดความกระด้างของน้ำ สารโซเดียมไตรฟอสเฟตนิยมใช้กันมากในผงซักฟอกโดยทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพให้สารลดแรงตึงผิว ทำให้สิ่งสกปรกในเนื้อผ้าหลุดออกได้ง่าย กระบวนการผลิตน้ำประปาต้องมีการเติมพอลิฟอสเฟต (polyphosphate) ปริมาณเล็กน้อย เพื่อใช้ปรับสภาพของน้ำประปามีให้กักกรอง หรือ ตกตะกอนในเส้นท่อ โดยปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในน้ำเสียชุมชนเกิดขึ้นจากการใช้ผงซักฟอกในครัวเรือน ความเข้มข้นของฟอสเฟตที่พบในน้ำเสียชุมชนไทยมีค่าอยู่ในช่วง 2 – 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพไม่สามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้หมด น้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียจึงเติมปริมาณฟอสฟอรัสให้กับแหล่งน้ำธรรมชาติตลอดเวลา (สิทธิชัย, 2549) และ เสริมพลและไชยยุทธ (2524) กล่าวว่าปกติในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีปริมาณฟอสฟอรัสมากเกินไป ส่วนใหญ่เกิดจากผงซักฟอกในน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน ซึ่งมีฟอสฟอรัสในรูปของ poly-phosphate เป็นจำนวนมาก เช่นเดียวกับ ชีระ (2535) กล่าวว่า แหล่งของฟอสเฟตใหญ่ในแหล่งน้ำ คือ บริเวณชุมชนที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ เนื่องจากผงซักฟอกเป็นสารประกอบที่มีฟอสเฟตอยู่มาก นอกจากนี้กัณฑ์รัย (2541) กล่าวว่าฟอสฟอรัส ยังมีแหล่งกำเนิดที่สำคัญ คือ หินฟอสเฟต และ สิทธิชัย (2549) ฟอสฟอรัสเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมทางการเกษตรเนื่องจากเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยที่มีฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิต ปุ๋ยฟอสเฟตที่ใช้มีทั้งประเภทปุ๋ยเคมีและปุ๋ยธรรมชาติ และจากมูลสัตว์ต่างๆ ดังนั้นพื้นที่ดินที่ใช้ปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์จะมีปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างสูงกว่าบริเวณอื่น และฟอสฟอรัสจากแหล่งเกษตรกรรมดังกล่าวอาจถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำต่อไป นอกจากนี้ในพื้นที่

อุตสาหกรรม เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โลหะขัดเงา โรงงานผลิตโลหะสำเร็จรูป โรงงานผลิตผงซักฟอก และโรงงานผลิตปุ๋ยฟอสฟอรัส เป็นต้น ก็เป็นแหล่งกำเนิดฟอสฟอรัสที่สำคัญ

สิทธิชัย (2549) กล่าวว่าแหล่งน้ำธรรมชาติพบฟอสฟอรัสในปริมาณน้อย และพบในน้ำได้ดิน น้ำไหลบ่าหน้าดิน สูงกว่าแหล่งน้ำอื่นๆ นอกจากนั้นพบฟอสฟอรัสบางส่วนในรูปของสารฟอสฟอรัสอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้และในรูปอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำ แต่ส่วนใหญ่จะพบฟอสฟอรัสทั้งประเภทสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ในรูปที่เดิมออกซิเจนแล้ว คือ สารฟอสเฟตอินทรีย์ และสารฟอสเฟตอนินทรีย์ ซึ่งเป็นรูปที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำเป็นอย่างมาก และในแหล่งน้ำ ฟอสเฟตจะอยู่ร่วมกับธาตุที่มีประจุบวกต่างๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม และโซเดียม และบางส่วนจะถูกดูดซับอยู่กับดินเหนียวใต้ท้องน้ำได้ด้วย ธาตุอาหารพืชพวกฟอสเฟตนี้มีความสำคัญต่อพืชน้ำและต่อขบวนการ eutrophication อย่างไรก็ตาม eutrophication นั้นถ้าเกิดขึ้นในแหล่งน้ำโดยมีขอบเขตหรือปริมาณที่พอเหมาะก็จะช่วยให้แหล่งน้ำนั้นมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น เหมาะกับสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่เพราะเป็นการเพิ่มอาหารให้กับแหล่งน้ำ แต่ถ้ามีปริมาณมากเกินไป จะมีผลเสียต่อแหล่งน้ำ เพราะจะทำให้ ออกซิเจนลดลงในขณะเดียวกันก็จะเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น และทำให้เกิดการบังแสงของพืชน้ำ ทำให้พืชน้ำสังเคราะห์แสงไม่ได้ และตายลง เช่นเดียวกับ เสริมพลและไชยยุทธ (2524) ที่กล่าวว่า ถ้าฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำธรรมชาติมากเกินไป จะทำให้พวกสาหร่ายสีเขียวเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (algal bloom) และเมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายไปจะไปเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ ทำให้แหล่งน้ำนั้นสกปรกเน่าเสีย นอกจากนี้ สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า ฟอสเฟตเป็นดัชนีสำหรับจำแนกประเภทของแหล่งน้ำโดยแหล่งน้ำที่มีปริมาณฟอสเฟตน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรจัดว่าเป็น oligotrophic lake หรือ แหล่งน้ำที่ธาตุอาหารน้อยเกินไป แต่ถ้าแหล่งน้ำมีปริมาณฟอสเฟตมากกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าเป็น eutrophic lake หรือ แหล่งน้ำที่มีธาตุอาหารมาก และในแม่น้ำที่เกิดมลพิษจะมีฟอสเฟตอยู่ระหว่าง 9 – 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปในพื้นที่ ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้คุณภาพน้ำเสีย โดยสามัคคี และคณะ (2527) กล่าวว่าไว้ พอสรุปได้ดังนี้

1.3.1 การป่าไม้ เช่น การทำไม้ที่ใช้เครื่องจักร การตัดไม้ ตลอดจนอุตสาหกรรมต่อเนื่องของการทำไม้ เป็นต้น

1.3.2 การเกษตร เช่น การใช้สารเคมีการเกษตรที่ไม่เหมาะสม การเปิดพื้นที่ทำให้เกิดการชะล้างหน้าดิน เป็นต้น

1.3.3 การทำเหมือง เช่น การละลายของแร่ธาตุทำให้น้ำมีความขุ่น เป็นต้น

1.3.4 การอุตสาหกรรม เช่น การเปลี่ยนคุณภาพน้ำ โดยกระบวนการผลิต และของเสียที่ทำให้น้ำมีการปนเปื้อนสารพิษ โลหะหนัก ตลอดจนอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นจากการใช้น้ำในกระบวนการผลิต เป็นต้น

1.3.5 การก่อสร้าง เช่น เศษวัสดุก่อสร้างที่เหลือ เศษหิน ดิน ปูน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ความขุ่นมากขึ้น และยังมีผลต่อความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำด้วย

1.3.6 การเลี้ยงสัตว์ เช่น น้ำเสียจากการชะล้างทำความสะอาด สถานที่เลี้ยงสัตว์จะเป็นการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำมากจนก่อให้เกิดการขาดออกซิเจนในน้ำ เป็นต้น

1.3.7 อื่นๆ ได้แก่ การคมนาคม คราบน้ำมัน จะทำให้เกิดการปิดกั้นการถ่ายเทอากาศน้ำและโลหะหนักที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

2. การใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.1 นิยามและความหมาย

ขรรค์ชัย (2547) กล่าวว่า การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมายถึง การนำที่ดินมาใช้ให้เกิดประโยชน์ตามวัตถุประสงค์และความต้องการในด้านต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับ สถิตย์ (2521) และ บรรเจิด (2523) กล่าวว่า การใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) หมายถึง การนำที่ดินมาใช้บำบัดความต้องการของมนุษย์ในด้านต่างๆ เช่น เกษตรกรรม พาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย การใช้ประโยชน์ที่ดินยังรวมถึง กิจกรรมของมนุษย์บนพื้นดินและสิ่งที่เกิดขึ้น โดยธรรมชาติบนผืนแผ่นดิน

ในที่นี้จะรวมเอาสิ่งครอบคลุมดินเข้าไปด้วย (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2538)

ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมายถึง การใช้ที่ดินเพื่อกระทำการกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ รวมถึงกิจกรรมมนุษย์ที่เกิดขึ้นบนพื้นดิน และสิ่งครอบคลุมดินในพื้นที่นั้น

2.2 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

วิโรจ (2531) ได้จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินตามวัตถุประสงค์ ซึ่งสอดคล้องกับ สถิตย์ (2521) ได้จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพิจารณาถึงสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบัน สภาพภูมิประเทศ ความสูงของพื้นที่ สมรรถนะของที่ดิน ความเหมาะสมของที่ดิน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาวะทางเศรษฐกิจสังคม โดยจำแนกออกเป็น 5 ประเภท คือ เมือง และสิ่งก่อสร้าง (urban land) ได้แก่ ที่อยู่อาศัย ย่านการค้า ย่านอุตสาหกรรม เส้นทางคมนาคม และสถานที่ราชการอื่นๆ พื้นที่ทำการเกษตร (agriculture land) ได้แก่ พื้นที่ปลูกพืชล้มลุก และพืชถาวร เช่น สวนผักสวนผลไม้ นาข้าว พืชสัสด์ และไร่เลื่อนลอย ป่าไม้ (forest land) ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ทั่วไป และจัดแยกย่อยไปตามประเภทของป่าไม้ เช่น ป่าเต็งรัง ป่าเต็งรังผสมสน ป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณผสมสัก ป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา ป่าชายเลน ป่าไผ่ พืชธรรมชาติ และสวนป่า เป็นต้น แหล่งน้ำ (water bodies) ได้แก่ พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำลำธาร หนอง คลอง บึง และทะเลสาบ และแหล่งเก็บกักน้ำที่สร้างขึ้น พื้นที่ว่างเปล่า (idle land) ได้แก่ พื้นที่ที่ปราศจากสิ่งปกคลุม และรวมถึงพื้นที่ไร่ร้าง

3. ยางพารา

ไม้ยางพารามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* Mull. อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อสามัญว่า ยางพารา (para rubber) ยางพารามีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบลุ่มน้ำอเมซอน ประเทศบราซิล ซึ่งตั้งอยู่ทางตอนบนของทวีปอเมริกาใต้ (นันทชัย, 2540) ประเทศไทยมีการนำยางพารามาปลูกเป็นครั้งแรกโดย พระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิมบี๊ ณ ระนอง) เจ้าเมืองตรังได้นำเอามาจากรัฐเปร์ตประเทศมาเลเซีย มาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ในราวปี พ.ศ. 2442 – 2444 เป็นต้นมา ในปี พ.ศ. 2454 นายปุม ปุณศรี (ต่อมาได้เป็นหลวงราชไมตรี) ได้ซื้อเมล็ดยางพาราจากประเทศมาเลเซีย แล้วนำมาปลูกที่หมู่ 6 ตำบล คมบาง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี นับว่าเป็นการกระจาย

ของยางพาราเข้าสู่ภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็นครั้งแรก ในปี พ.ศ. 2521 กรมวิชาการเกษตร โดยสถาบันวิจัยยางได้ร่วมกับนิคมสร้างตัวเอง กรมประชาสัมพันธ์ ทดลองปลูกยางพาราขึ้นใน จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดหนองคาย การทดลองนี้จึงถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการ ขยายเขตปลูกยางสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กลุ่มยางพารา, 2533) ในส่วนของภาคเหนือพบที่ จังหวัดอุดรดิตถ์ ภาคกลางพบที่ จังหวัดอุทัยธานี ในปัจจุบันการปลูกยางพาราได้มีการกระจายการ ปลูกไปยังทุกภาคแล้ว แต่แหล่งใหญ่ที่สุดยังคงเป็นภาคใต้ (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2540)

3.1 ลักษณะทั่วไป

กลุ่มยางพารา (2533) กล่าวว่า ไม้ยางพาราเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่และเป็นพืชใบเลี้ยง คู่ประเทผลัดใบ จึงมีลักษณะต่างๆคล้ายคลึงกับพืชยืนต้นที่มีใบเลี้ยงคู่ทั่วไป จะแตกต่างกันเฉพาะ ลักษณะประจำพันธุ์เท่านั้น ต้นยางพาราประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ คือ ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล เมล็ด น้ำยาง ซึ่งแต่ละส่วนมีลักษณะดังนี้

3.1.1 ราก (root) เป็นระบบรากแก้ว (tap root system) คือ มีรากแก้ว (tap root) ไม้ยาว มากนัก ประมาณ 1.5 – 2.5 เมตร ทำหน้าที่ยึดลำต้นเป็นส่วนใหญ่ รากแขนง (lateral root) เป็นรากที่ แดกออกจากรากแก้ว แผลออกไปไกลรอบทรงพุ่มของยาง ทำหน้าที่ยึดลำต้นและดูดซึมธาตุอาหาร และน้ำ และรากฝอย (fibrous root) เป็นรากที่แตกออกจากรากแขนงแผ่กระจายทั่วไปบริเวณทรง พุ่ม อยู่หนาแน่นมากบริเวณผิวดิน ถึงลึกจากผิวดินไม่เกิน 30 เซนติเมตรทำหน้าที่ดูดซึมธาตุอาหาร และน้ำไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของต้นยาง โดยในระยะแรกของการเติบโต รากยางพาราจะแผ่ขยายออก รอบต้นยางอย่างช้าๆ เป็นบริเวณไม่กว้างนัก แต่หลังจากต้นยางอายุ 3 ปีไปแล้ว รากของยางจะแผ่ ออกไปกว้างเต็มตลอดแถวยาง

3.1.2 ลำต้น (stem) เป็นส่วนสำคัญเนื่องจากเป็นส่วนที่ต้องกรีดเพื่อเอาน้ำยาง ต้น ยางพาราเป็นไม้เนื้ออ่อน เนื้อไม้สีขาวปนเหลือง ลำต้นของยางพาราประกอบด้วยส่วนสำคัญๆ 3 ส่วน คือ

(1) เนื้อไม้ (wood) แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อไม้แข็ง (pith) และส่วนที่ เป็นเนื้อไม้ (wood) ส่วนที่เป็นเนื้อไม้แข็ง จะอยู่ด้านในกลางลำต้นโดยที่ส่วนที่เป็นเนื้อไม้จะอยู่ถัด ออกมา

(2) เยื่อเจริญ (cambium) เป็นเยื่อบางๆ อยู่โดยรอบเนื้อไม้ มีหน้าที่สร้างความเจริญเติบโตให้กับต้นยาง

(3) เปลือกไม้ (bark) อยู่ถัดจากเยื่อเจริญออกมาด้านนอกสุดเป็นส่วนที่มีความสำคัญมาก เพราะท่อน้ำยางจะอยู่ในส่วนนี้ เปลือกยางพาราแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนในหรือส่วนที่เป็นเปลือกอ่อนอยู่ติดกับเยื่อเจริญเป็นส่วนที่มีท่อน้ำยางเรียงตัวกันอยู่มาก ส่วนกลางหรือส่วนที่เป็นเปลือกแข็งอยู่ถัดออกมาท่อน้ำยางอยู่บ้างประปราย และส่วนนอก หรือส่วนที่เป็นเปลือกแห้งอยู่ด้านนอกสุด มีสีน้ำตาลส่วนนี้ไม่มีท่อน้ำยางอยู่เลย

การเติบโตของต้นยางในระยะแรกจะเติบโตในทางสูงก่อน เมื่อเติบโตในทางสูงได้ระยะหนึ่งแล้วจึงจะเติบโตออกทางด้านข้าง ยางพาราที่มีการเติบโตตามปกติจะมีเส้นรอบวงของลำต้นขยายออกเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 8 เซนติเมตร (วัดตรงบริเวณที่สูงจากพื้นดิน 150 เซนติเมตร)

3.1.3 ใบ (leaf) ยางเป็นใบประกอบ (compound leaf) โดยทั่วไป 1 ก้านใบ (petiole) จะมีใบย่อย (leaf let) 3 ใบ แต่บางพันธุ์ใบยางบางส่วน 1 ก้านใบจะมีใบย่อย 4 – 5 ใบ ใบมีสีเขียวเข้มเป็นมัน แต่สีจะเขียวเข้มหรือเป็นมันมากขึ้นหรือน้อยเท่านั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ยาง ใบมีหน้าที่หลักในการสังเคราะห์แสง หายใจและคายน้ำ ใบยางจะแตกออกมาเป็นชั้นๆ เรียกว่า “ฉัตร” ระยะเวลาเริ่มแตกฉัตรจนถึงใบในฉัตรแก่เต็มที่ประมาณ 2 – 3 เดือน โดยปกติแล้วยางจะผลัดใบในฤดูแล้งทุกปี ยกเว้นยางเล็กที่ยังไม่แตกกิ่งก้านสาขาหรือยางเล็กที่มีอายุไม่ถึง 3 ปีจะไม่ผลัดใบ ช่วงระยะเวลาที่ยางผลัดใบนับตั้งแต่ใบร่วงจนถึงใบใหม่แตกออกมาและแก่เต็มที่ประมาณ 2 – 3 เดือนเช่นเดียวกัน

3.1.4 ดอก (flower) ดอกยางทำหน้าที่ผสมพันธุ์ ดอกยางจะออกตามปลายกิ่งของยางหลังจากที่ต้นยางผลัดใบ โดยออกพร้อมๆ กับใบอ่อนที่แตกออกมาใหม่ ดอกมีลักษณะเป็นช่อ แบบ compound raceme หรือ panicle แต่ละช่อมีหลายกิ่ง ซึ่งจะมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในช่อเดียวกัน โดยมีดอกตัวผู้มากกว่าดอกตัวเมีย ปกติยางจะออกดอกปีละ 2 ครั้ง โดยจะออกในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายนครั้งหนึ่ง และจะออกดอกคราวเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคมอีกครั้งหนึ่ง การออกดอกครั้งแรกเป็นการออกดอกตามฤดูกาล ซึ่งจะได้ผลและเมล็ดมากกว่าการออกดอกครั้งที่สอง

3.1.5 ผล (fruit) ผลยางเกิดจากการผสมเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ยางพาราเป็นพืชที่มีการผสมแบบเปิด พันธุ์ไหนจะผสมกับพันธุ์ไหนก็ได้ ทำให้เมล็ดที่ได้มีโอกาสเป็นลูกผสมมาก จึงไม่นิยมเอาเมล็ดยางไปเพาะแล้วปลูกโดยตรง เพราะมีโอกาสกลายพันธุ์ง่าย ผลยางมีลักษณะเป็นพวง โดยปกติจะมี 3 พวง ในแต่ละพวงจะมีเมล็ดอยู่ภายใน ผลอ่อนจะมีสีเขียว ถ้าแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และแข็ง ผลยางจะโตเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 2 เดือนครึ่งถึง 3 เดือน เมื่อแก่จัดผลจะแตกและร่วงหล่นมาเอง

3.1.6 เมล็ด (seed) เมล็ดยางมีสีน้ำตาลลายขาว คล้ายสีของเมล็ดละหุ่งมีขนาดยาวประมาณ 2 – 2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5 – 2.5 เซนติเมตร หนักประมาณ 3 – 6 กรัม เมล็ดประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ เปลือกเมล็ด (seed coat) เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) และต้นอ่อน (embryo) เปลือกมีหน้าที่ป้องกันไม่ให้เอ็นโดสเปิร์มและต้นอ่อนไม่ได้รับอันตรายจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เอ็นโดสเปิร์มทำหน้าที่สะสมอาหารให้ต้นอ่อนในระยะแรก ส่วนต้นอ่อนซึ่งประกอบด้วยใบเลี้ยงปลายราก และยอดอ่อนนั้นทำหน้าที่เติบโตเป็นยางต่อไป เมล็ดยางเมื่อหล่นใหม่ๆ จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงมาก แต่เปอร์เซ็นต์ความงอกนั้นลดลงอย่างรวดเร็ววันละประมาณร้อยละ 5 ฉะนั้นในสภาพปกติเมล็ดยางจะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วันเท่านั้น เมล็ดยางที่หล่นใหม่ๆ และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง จะหนักกว่าเมล็ดยางที่หล่นนานแล้ว เมล็ดยางที่ดี และมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงหนัก 1 กิโลกรัม จะมีเมล็ดยางประมาณ 200 – 400 เมล็ด ถึงแม้เมล็ดยางจะไม่นิยมใช้สำหรับปลูกสร้างสวนยางโดยตรง แต่เมล็ดยางก็มีความสำคัญสำหรับการใช้ในการสร้างแปลงกล้ายาง เพื่อใช้ทำเป็นต้นตอในการขยายพันธุ์โดยวิธีการติดตาเป็นอย่างดี

3.1.7 น้ำยาง (latex) เป็นส่วนของเหลวสีขาวถึงขาวปนเหลืองข้นขึ้นอยู่กับน้ำยาง ซึ่งเรียงตัวกันอยู่ในเปลือกของต้นยาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเปลือกด้านในซึ่งติดกับเยื่อเจริญ การจะเอาน้ำยางออกจากต้นยางจะต้องใช้มีดกรีดยางเพื่อตัดท่อน้ำยางให้ออกจากกัน ในน้ำยางจะมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง และส่วนที่ไม่ใช่ยาง ปกติน้ำยางจะมีเนื้อยางแห้งประมาณร้อยละ 25 – 45 เนื้อยางแห้งนี้เองเป็นวัสดุที่มนุษย์นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีพ จนกลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับชีวิตประจำวันของสังคมมนุษย์ในปัจจุบัน น้ำยางมีความหนาแน่น 0.98 มีค่า pH ประมาณ 6.8 เมื่อตรวจดูในห้องปฏิบัติการจะพบว่ามีอนุภาคขนาดต่างๆ กัน แขนงลอยอยู่ในของเหลว อนุภาคเหล่านี้จะมีประจุเป็นลบ ผลักกันอยู่ตลอดเวลา ทำให้อนุภาคเหล่านั้นแขวนลอยและคงสภาพเป็นน้ำยางอยู่ได้ จนกว่าจะมีสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ มารบกวนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะทำให้น้ำยางเสียเสถียรและจับตัวกันเป็นก้อน

3.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา

สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง (2540) กล่าวว่า สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกยางพารา มีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อการเติบโตของต้นยาง เช่น สภาพพื้นที่ สภาพดินฟ้าอากาศ องค์ประกอบอุณหภูมิต้องเหมาะสม และดินและลักษณะของดิน และองค์ประกอบในการจัดการในเรื่องการดูแลรักษา เป็นต้น สภาพแวดล้อมที่มีความเหมาะสมในการปลูกสวนยางพารา มีดังนี้

3.2.1 เขตปลูกยาง ยางพารามีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบลุ่มน้ำอเมซอน บริเวณประเทศบราซิล ซึ่งตั้งอยู่ทางตอนบนของทวีปอเมริกาใต้ ยางพาราเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่อยู่ในเขตระหว่างละติจูด 15 องศาเหนือ และได้ของเส้นศูนย์สูตร แต่เขตปลูกยางพาราที่สำคัญ มีปริมาณผลผลิตมากมักจะอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 6 องศาเหนือ และได้ของเส้นศูนย์สูตร อย่างไรก็ตามในเขตระหว่างเส้นรุ้งที่ 28 องศาเหนือ และได้ของเส้นศูนย์สูตรของโลกเท่านั้นที่มียางพาราขึ้นอยู่ แต่ยางพาราที่ปลูกห่างจากเส้นศูนย์สูตรมากจะประสบปัญหาในเรื่องของอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีต่ำ ซึ่งยังผลให้ต้นยางเติบโตช้าและเปิดกรีดช้าลง ซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 20 องศาเหนือ ถึง 5 องศาใต้ ถือว่าอยู่ในเขตที่ปลูกยางพาราได้ทั่วประเทศ ถ้ามีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

3.2.2 ความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยทั่วไปแล้วสวนยางพาราควรจะอยู่ในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 800 เมตร แต่พื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกยางพารามากที่สุดควรอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่า 200 เมตร ต้นยางพาราที่ปลูกในพื้นที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลเกินกว่า 200 เมตรขึ้นไป มีแนวโน้มว่าจะมีการเจริญเติบโตช้าลงเรื่อยๆ เนื่องจากระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 100 เมตร อุณหภูมิลดลง 0.5 องศาเซลเซียส มีผลต่อระยะเวลาในการเปิดกรีดยางออกไป แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องอีกหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ปริมาณฝน ซึ่งเป็นตัวกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ ตลอดจนพันธุ์ไม้ยางพาราที่นำมาปลูกในแต่ละพื้นที่ด้วย

3.2.3 ความลาดชันของพื้นที่ โดยทั่วไปการปลูกยางพาราจะปลูกกันในที่ราบหรือมีความลาดชันน้อยกว่า 12 องศา แต่เนื่องจากมีความต้องการพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจอื่นๆ เพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราออกไปในพื้นที่ที่มีความลาดชันเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันพบว่าพื้นที่ที่เป็นภูเขาในภาคใต้ที่มีความลาดชัน 40 – 60 องศา ก็สามารถปลูกยางพาราให้เติบโตได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตามความลาดชันของพื้นที่มีผลต่อการเติบโตและผลผลิตของต้นยาง ต้นยางที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก จะมีการเติบโตต่ำกว่าต้นยางที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยมาก ทั้งนี้เพราะพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก ดินจะเก็บความชื้นได้น้อยลง และมีการชะล้างสูง ดังนั้นการปลูกยางในพื้นที่ที่มีความลาดเทเกิน 15 องศา จึงต้องปลูกแบบขั้นบันได เพื่อเป็นการอนุรักษ์ดินและน้ำ

3.2.4 ดิน แต่ละชุดดิน (series) มีผลต่อการเติบโตและให้ผลผลิตยางไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน ที่จะส่งเสริมหรือเป็นอุปสรรคต่อการปลูกยาง ในสภาพเขตร้อนทั่วไป ดินปลูกยางอยู่ในอันดับอัลติซอลส์ (ultisols) และ ออกซิซอลส์ (oxisols) ตามอนุกรมวิชาดิน (soil taxonomy) (สุทัศน์ และสมยศ, 2542) โดยทั่วไปสมบัติของดินต้องพิจารณาจากทั้งสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี ดังนี้

(1) สมบัติทางกายภาพ

ยางพาราเป็นพืชยืนต้นมีรากแก้วที่ยังลึกลงไปดินเพื่อพวงลำต้น ดังนั้นจึงต้องการพื้นที่ที่มีหน้าตัดดินไม่น้อยกว่า 1 เมตร โดยไม่มีชั้นของหินแข็ง ดินดานหรือหินลูกรังอัดแน่นขัดขวางการเจริญเติบโตของราก (กลุ่มยางพารา, 2533) ดินที่เหมาะสมกับการปลูกยางพาราควรมีการยึดตัวของดินพอเหมาะ เนื้อดินที่ใช้ปลูกยางพาราได้มีพิสัยตั้งแต่เป็นดินเหนียวถึงดินร่วนปนทราย แต่เนื้อดินที่เหมาะสมที่สุดต่อการปลูกยางพารา คือ ดินร่วน เนื้อดินควรเป็นดินร่วนถึงดินร่วนเหนียว หรือร่วนเหนียวปนทราย โดยต้องมีอนุภาคดินเหนียวประมาณร้อยละ 35 และอนุภาคดินทรายร้อยละ 30 มีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ทำให้ดินสามารถระบายน้ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก ยางพาราชอบดินที่มีการระบายน้ำดี ถึงค่อนข้างดี ไม่ชอบน้ำท่วมขัง มีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 1 เมตร และมีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินได้ดี เพราะรากยางพาราดูดธาตุอาหารต่างในรูปสารละลาย ดังนั้นถ้าดินอุ้มน้ำได้ดีจะทำให้รากยางพาราสามารถดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น (สุทัศน์ และสมยศ, 2542)

(2) สมบัติทางเคมี

ดินปลูกยางพาราเป็นดินที่มีการชะละลายสูง มีอายุมาก ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวประเภทเคโอลิไนต์และกิบบ์ไซต์ เป็นแร่ดินเหนียวที่มีความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกในระดับต่ำ ประมาณ 10 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (นุชนารถ, 2542) ซึ่งมีผลทำให้ปฏิกิริยา

ดินปลูกยางพาราส่วนใหญ่เป็นกรด เป็นดินที่มีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นทั้งประจุบวกและลบ อยู่ในระดับที่ต่ำมาก ยางพาราเป็นพืชที่ชอบดินที่ค่อนข้างเป็นกรด (สุทัศน์ และสมยศ, 2542) โดยมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 4.0 – 5.5 (กลุ่มยางพารา, 2533)

3.2.5 ปริมาณธาตุอาหารในดิน

(1) ธาตุไนโตรเจน (nitrogen) เป็นธาตุที่ยางพาราต้องการมาก มีอยู่ประมาณร้อยละ 3 – 4 ของน้ำหนักแห้ง ถ้ายางพาราขาดไนโตรเจนจะทำให้ใบเหลืองและมีขนาดเล็ก ต้นยางอ่อนจะมีทรงพุ่มเล็ก แคระแกรน ถ้าเป็นต้นยางที่กรีดได้แล้วจะให้น้ำยางน้อย (นุชนารถ, 2544) ยางพาราต้องการอินทรีย์วัตถุประมาณ 7.5 – 15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Shehuraj and Mathew, 1992)

(2) ธาตุฟอสฟอรัส (phosphorus) มีความสำคัญในการสร้างโปรตีนและสารให้พลังงาน ถ้าหากขาดฟอสฟอรัสจะทำให้การหายใจของยางพาราลดลง พลังงานที่จะได้และนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ก็ลดน้อยลงด้วย เป็นผลให้ยางพาราชะงักการเจริญเติบโต ใบน้อย ให้น้ำยางน้อย (นุชนารถ, 2544) ยางพาราต้องการฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ประมาณ 10 – 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในใบยางต้องการประมาณ 20 – 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Shehuraj and Mathew, 1992)

(3) ธาตุโพแทสเซียม (potassium) เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร และสารบางชนิด ความสามารถในการเปิดของปากใบ และทำให้เกิดความสมดุลเกี่ยวกับระดับธาตุแมกนีเซียมที่มีมากเกินไปในต้นยางโดยที่โพแทสเซียมจะป้องกันไม่ให้อาหารธาตุแมกนีเซียมมากเกินไป ยางพาราต้องการโพแทสเซียมมากและเป็นส่วนประกอบอยู่ในใบยางในปริมาณสูงมาก รองจากไนโตรเจน ถ้าให้โพแทสเซียมอย่างเพียงพอจะทำให้เกิดการสร้างเปลือกงอกให้ได้เร็ว และให้น้ำยางเพิ่มขึ้น (นุชนารถ, 2544) ยางพาราต้องการปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในช่วง 5.0 – 12.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Shehuraj and Mathew, 1992)

(4) ธาตุแมกนีเซียม (magnesium) มีหน้าที่สำคัญในการสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ ถ้ายางพาราขาดแมกนีเซียม จะทำให้ชะงักการเติบโต และมีผลต่อการให้น้ำยาง ในน้ำยางที่มีแมกนีเซียมในปริมาณสูง จะทำให้น้ำยางไม่คงตัว น้ำยางบางส่วนจะจับตัวก่อนกำหนด (precoagulation) (นุชนารถ, 2544)

(5) แคลเซียม (calcium) แคลเซียมเป็นส่วนประกอบในการสร้างเนื้อเยื่อของเซลล์พืชกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ การขาดแคลเซียมจึงมีผลทำให้พืชแคระแกรน นอกจากนี้ แคลเซียมยังมีความสำคัญในการสร้างรากของยางพารา (นุชนารถ, 2544)

(6) กำมะถัน (sulfur) เป็นส่วนสำคัญของกรดอะมิโน กระบวนการสร้างโปรตีน และโคเอนไซม์การขาดกำมะถันจึงมีผลต่อการเติบโตของพืช พืชโตช้า ใบและต้นมีสีเหลืองหรือเขียวซีด อาการนี้มักจะเกิดกับใบอ่อน (นุชนารถ, 2544)

3.2.6 อุณหภูมิ อุณหภูมิในเขตร้อนชื้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพาราอยู่ระหว่าง 23 – 35 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นยาง แต่ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีไม่แตกต่างกันมากนัก คือ อยู่ระหว่าง 24 – 27 องศาเซลเซียส จะเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับยางพารา (เวท และ สมยศ, 2533) กลุ่มยางพารา (2533) กล่าวว่า ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสรีรวิทยา และผลผลิตของต้นยางในสภาพที่ต้นยางได้รับอุณหภูมิโดยตรง บริเวณรอบต้นยาง มีส่วนทำให้ต้นยางพาราเกิดอาการต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

3.2.7 ปริมาณฝน เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นยางในเขตภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทยที่มีการปลูกยางพารากันมากนั้น มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยประมาณ 2,500 มิลลิเมตรต่อปี และมีฝนตกเฉลี่ยประมาณ 174 วันต่อปี ซึ่งเป็นปริมาณน้ำฝนและการกระจายของฝนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นยาง (กลุ่มยางพารา, 2533) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในพื้นที่ปลูกยางมีฝนตกเฉลี่ย 1,280 มิลลิเมตรต่อปี และจำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 121 วันต่อปี และปริมาณฝนที่น้อยกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปีไม่เหมาะสมในการปลูกยางพารา (สุทัศน์ และ สมยศ, 2542) อย่างไรก็ตาม พื้นที่ที่จะปลูกยางพาราให้ประสบผลสำเร็จนั้น ควรมีน้ำฝนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 1,350 มิลลิเมตรต่อปี และมีปริมาณฝนตกเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 120 วันต่อปี (กลุ่มยางพารา, 2533)

ตารางที่ 1 ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสรีรวิทยาและผลผลิตของต้นยางพารา

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ผลที่เกิดกับต้นยางพารา
> 40	- อัตราการหายใจมากกว่าอัตราการสังเคราะห์แสง ต้นยางชะงักการเติบโต และทำให้ใบอ่อนเหี่ยวเฉา ไหม้เกรียมได้
27 – 30	- ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการสังเคราะห์แสง
22 – 28	- อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการไหลของน้ำยาง
> 28	- ผลผลิตจะลดลง
< 18	- ผลผลิตจะลดลง น้ำยางไหลช้า
< 10	- ต้นยางชะงักการเจริญเติบโต การสังเคราะห์แสงไม่ต่อเนื่อง จะเริ่มมีผลต่อใบ ยางอ่อน หากได้รับอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส นาน 1 สัปดาห์
< 6	- เกิดความเสียหาย ใบอ่อนเริ่มแห้งตายและหลุดจากกิ่ง
< 3	- ถ้านาน 5 – 6 วัน ใบแก่เปลี่ยนเป็นสีเทาแห้งติดต้น ถ้านานถึงสัปดาห์ ลำต้น และกิ่งก้านเกิดความเสียหาย
< 0	- เกิดความเสียหายต่อเนื่องจากความหนาวอย่างรุนแรง

ที่มา: กลุ่มยางพารา (2533)

3.2.8 ความชื้นสัมพัทธ์ ช่วงความชื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา คือ อยู่ระหว่างร้อยละ 65 – 90 ในพื้นที่ที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงสามารถปลูกยางพาราได้ดีและให้ผลผลิตสูง แต่ในท้องที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะมีผลกระทบต่อต้นยางที่ปลูกใหม่หากกระทบแล้ง หรือสภาพความชื้นในบรรยากาศต่ำเป็นระยะเวลานานจะมีอัตราการตายสูงมาก (กลุ่มยางพารา, 2533)

3.3 การใช้ปุ๋ยในสวนยางพารา

การใช้ปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จำเป็นต่อการเติบโต และการให้ผลผลิตยางพารา เนื่องจากดินที่ใช้ปลูกยางส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำและธาตุอาหารบางส่วนถูกนำออกจากดินในรูปของน้ำยาง โดยน้ำยาง 1 ตัน สูญเสียธาตุไนโตรเจน 20 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 5 กิโลกรัม โพแทสเซียม 20 กิโลกรัม แมกนีเซียม 5 กิโลกรัม รวมทั้งธาตุอาหารอื่นๆ เช่น แคลเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง หากไม่มีการใส่ปุ๋ยเพื่อชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียไปจากดิน จะทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร ประกอบกับการชะล้างพังทลายของดิน และการ

สลายตัวของอินทรีย์วัตถุตามธรรมชาติ ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงดินและเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน ทั้งในรูปของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ในการให้ปุ๋ยเคมีให้ได้ผลดีและเกิดประสิทธิภาพสูงนั้น เกษตรกรต้องรู้จักสมบัติของดิน ความต้องการธาตุอาหารของยางพารา รู้จักปุ๋ย และวิธีการใส่ปุ๋ย โดยการใส่ปุ๋ยให้ถูกสูตรและอัตราที่เหมาะสม หรือใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ใส่ถูกเวลา และถูกวิธี และควรใส่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (สถาบันวิจัยยาง, 2553)

ความต้องการธาตุอาหารของยางพารา จะผันแปรตามอายุของต้นยาง ชนิดของเนื้อดิน และแหล่งปลูก (ตารางที่ 2) ธาตุอาหารที่ยางพาราต้องการมาก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งส่วนใหญ่มาจากปุ๋ยเคมี ธาตุอาหารที่ยางพาราต้องการรองลงมา ได้แก่ แคลเซียม และแมกนีเซียม ธาตุอาหารเสริมหรือจุลธาตุที่ยางพาราต้องการปริมาณน้อยแต่ขาดไม่ได้ ได้แก่ แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม และคลอรีน ซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากปุ๋ยอินทรีย์

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่ยางพาราต้องการ

เขตปลูกยาง	เนื้อดิน	ปริมาณธาตุอาหาร (กิโลกรัม/ไร่/ปี)			
		ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	รวม
ยางก่อนเปิดกรีด					
เขตปลูกยางเดิม	ดินร่วนเหนียว	7.0	2.8	7.0	16.8
	ดินร่วนทราย	9.6	3.9	9.6	23.1
เขตปลูกยางใหม่	ดินร่วนเหนียว	5.5	2.7	3.3	11.5
	ดินร่วนทราย	7.7	2.7	6.6	17.0
ยางหลังเปิดกรีด					
ทุกเขตปลูกยาง	ยางทุกชนิด	22.8	3.8	13.7	40.3

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง (2553)

3.3.1 การใช้ปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยช่วยให้ยางการเติบโตเร็ว สามารถเปิดกรีดได้เร็วขึ้น และช่วยให้ผลผลิตของยางสูงขึ้น แต่เนื่องจากความต้องการปุ๋ยของต้นยางมีความแตกต่างกันตามเนื้อดินที่ปลูกยางและอายุของต้นยาง ดังนั้น สูตรปุ๋ยที่ใช้จึงต้องแตกต่างกัน โดยสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมกับเนื้อดินและอายุของต้นยาง สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3 สูตรปุ๋ย และอัตราปุ๋ยที่แนะนำตามความต้องการของยางพาราเป็นสูตรปุ๋ยทั่วไปเหมาะสมสำหรับดินที่เป็นตัวแทนส่วนใหญ่ของประเทศ

เพื่อเกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้ง่าย โดยใส่ปุ๋ยละ 2 – 3 ครั้ง เมื่อดินมีความชื้น ใส่แถบ 2 ข้าง หรือจุดหลุม 2 – 4 จุดต่อดัน บริเวณทรงพุ่มของใบยาง แล้วเกลี่ยดินกลบ

ตารางที่ 3 สูตรและอัตราปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) ที่แนะนำให้กับต้นยางพารา

สูตร/ อัตราปุ๋ย	ยางก่อนเปิดกรีด/ เขตปลูกยางเดิม		ยางก่อนเปิดกรีด/ เขตปลูกยางใหม่		ยางหลังเปิดกรีด
	ดินร่วนเหนียว	ดินร่วน ทราย	ดินร่วน เหนียว	ดินร่วน ทราย	ดินทุกชนิด
สูตรปุ๋ย	20-8-20	20-8-20	20-10-12	20-10-17	29-5-18
อัตราปุ๋ย					
ปีที่ 1	23	31	18	23	76
ปีที่ 2	34	47	26	31	76
ปีที่ 3	35	49	27	32	76
ปีที่ 4	37	50	27	37	76
ปีที่ 5	40	55	31	43	76
ปีที่ 6	41	56	31	50	76

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง (2553)

3.3.2 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ดินปลูกยางพาราส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับต่ำ ทำให้มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและชีวภาพดิน ปริมาณดินอินทรีย์วัตถุในดินมีแนวโน้มลดลงในอนาคต และเนื่องจากการจัดการสวนยางที่ไม่ถูกต้องประกอบกับสภาวะอุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ทำให้อัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินให้เพียงพอเพื่อเพิ่มจุลินทรีย์ ส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ รักษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน และยังเป็นการเพิ่มธาตุอาหารรอง และจุลธาตุในดิน ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้เป็นปุ๋ยที่เกิดจากการย่อยสลายของเศษซากพืช และสัตว์ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยมูลสัตว์ ปุ๋ยคอก โดยใช้อัตรา 2 – 3 กิโลกรัมต่อดันต่อปีร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่แนะนำ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ร้อยละ 25 ขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้และปริมาณธาตุอาหารที่มี

อยู่ในดิน แต่ไม่ได้หมายความว่าทุกพื้นที่จะสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึง
ผลตอบแทนและความคุ้มค่า

3.4 พื้นที่ปลูกยางพาราในประเทศไทย

พื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมดของโลกมีประมาณ 69.91 ล้านไร่ ส่วนใหญ่หรือประมาณร้อยละ 76.67 เป็นพื้นที่ปลูกในประเทศกลุ่มอาเซียน โดยประเทศอินโดนีเซียเป็นประเทศที่มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุดจำนวน 21.47 ล้านไร่ รองลงมาไทยจำนวน 16.89 ล้านไร่ ทั้งนี้ประเทศในกลุ่มอาเซียนยังมีศักยภาพในการขยายพื้นที่ได้อีก เนื่องจากมีสภาพพื้นที่ที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาการขยายตัวของประชากรและเศรษฐกิจโลก คาดว่าพื้นที่ปลูกยางของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพื่อรองรับความต้องการผลิตภัณฑ์ยางของผู้บริโภค นอกจากนี้นโยบายของประเทศก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มหรือลดพื้นที่ปลูกยางเช่นกัน (สถาบันวิจัยยาง, 2553)

สำหรับพื้นที่ปลูกยางพาราในประเทศไทยในปี 2551 มีพื้นที่ทั้งหมด 16,889,686 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 ซึ่งมีพื้นที่ 14,338,046 ไร่คิดเป็นร้อยละ 15.11 โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด 11,339,658 ไร่ (คิดเป็นร้อยละ 80.81) รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2,845,542 ไร่ ภาคตะวันออกรวมภาคกลาง 2,103,908 ไร่ และภาคเหนือ 600,578 ไร่ รวมทั้งสิ้น 64 จังหวัด โดยจังหวัดในภาคใต้ที่มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี รองลงมา คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา จังหวัดตรัง และจังหวัดยะลา ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 พื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551

ลำดับ	จังหวัด	พื้นที่ปลูกยางพารา (ไร่)
1	สุราษฎร์ธานี	1,871,907
2	นครศรีธรรมราช	1,447,643
3	สงขลา	1,444,302
4	ตรัง	1,310,188
5	ยะลา	1,046,872

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง (2553)

4. แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

แบบจำลอง SWAT ได้พัฒนาขึ้นโดย Blackland Research Center, TAES และ United States Department of Agriculture–Agricultural Research Service (USDA–ARS) ประเทศสหรัฐอเมริกา (Neitsch *et al.*, 2005) กิตติพงษ์ (2546) และ โอฬาร (2548) รายงานว่า แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยา (hydrologic model) ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ โดย SWAT เป็นแบบจำลองประเภท continuous-time basin-scale ซึ่งใช้ในแบบจำลองอุทกวิทยา มีความสามารถในการจำลองแบบที่มีความซับซ้อน ทั้งทางด้านอุทกวิทยา ยาฆ่าแมลง (pesticide) วงจรสารอาหาร (nutrient cycling) การกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายตะกอน (erosion and sediment transport) หรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นประเภท river basin scale model โดยสามารถจำลองกระบวนการทางกายภาพต่างๆ ที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำ โดยแบ่งลุ่มน้ำที่ศึกษาเป็นลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ โดยข้อมูลที่ใช้ต้องกำหนดให้แต่ละลุ่มน้ำย่อยประกอบด้วย ภูมิอากาศ หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Unit; HRUs) หนอง บึง น้ำใต้ดิน ลำน้ำสายหลัก ลำน้ำสาขา ซึ่งแบบจำลอง SWAT ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาผลกระทบในเชิงปริมาณของการจัดการพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ พื้นที่ลุ่มน้ำที่ซับซ้อน โดยเป็นแบบจำลองที่เป็น public domain model

4.1 ส่วนประกอบของแบบจำลอง (model component)

Arnold *et al.* (1995) กล่าวถึงแบบจำลอง SWAT ว่าประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

4.1.1 ส่วนพื้นดิน หรือส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (land phase or subbasin component) เป็นการศึกษากระบวนการอุทกวิทยาเพื่อประเมินหาปริมาณน้ำท่า ตะกอน ธาตุอาหารและสารเคมีจากการเกษตรที่จะไหลลงสู่ลำน้ำหลักของแต่ละลุ่มน้ำย่อยโดยส่วนควบคุมพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของแบบจำลอง SWAT ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 8 ส่วน คือ อุทกวิทยา (hydrology) สภาพอากาศ (weather conditions) การตกตะกอน (sedimentation) อุณหภูมิของดิน (soil temperature) การเติบโตของพืช (crop growth) สารอาหาร (nutrients) ยาฆ่าแมลง (pesticides) และการจัดการทางการเกษตร (agricultural management)

4.1.2 ส่วนการเคลื่อนตัวของน้ำ (routing component) เป็นการคำนวณการเคลื่อนที่ของน้ำตลอดจนโครงข่ายระบบลำน้ำของลุ่มน้ำที่ศึกษา โดยเป็นส่วนของการเคลื่อนตัวของน้ำใน

แบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำ (channel routing) และการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำ (reservoir routing) โดยที่การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านทางน้ำ ประกอบด้วย การเคลื่อนตัวของน้ำท่วมผ่านทางน้ำ การเคลื่อนตัวของน้ำผ่านแหล่งกักน้ำ (impoundment routing) การเคลื่อนตัวของตะกอนในทางน้ำ (channel sediment routing) และการเคลื่อนตัวของสารอาหารและยาฆ่าแมลงผ่านทางน้ำ สำหรับการเคลื่อนตัวของน้ำผ่านอ่างเก็บน้ำ ประกอบด้วย สมดุลของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ การเคลื่อนตัวผ่านอ่างเก็บน้ำ การเคลื่อนตัวของตะกอนผ่านอ่างเก็บน้ำ และการเคลื่อนตัวของสารอาหารและยาฆ่าแมลง

4.2 การปรับเทียบแบบจำลอง (calibration)

การปรับเทียบแบบจำลองในโปรแกรม SWAT มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดความแตกต่างระหว่างข้อมูลจากการตรวจวัดกับข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งจำเป็นจะต้องปรับเทียบทุกพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษา โดยการปรับเทียบจะต้องทำจากลุ่มน้ำย่อยที่อยู่เหนือน้ำก่อน แล้วถดถอยไปตามลำดับจนถึงจุดปลายสุดของลุ่มน้ำหลัก (Neitsch *et al.*, 2005)

นิพนธ์ (2549) กล่าวว่า การสอบเทียบหรือการปรับเทียบ (calibration) คือการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลสารสนเทศที่มีการตรวจวัดไว้แล้วทั้งส่วนที่เป็นข้อมูลสารสนเทศนำเข้า (input information) และข้อมูลสารสนเทศที่เป็นผลลัพธ์ (output information) เพื่อเป็นการปรับ (adjust) หรือประมาณค่าปัจจัยในกรณีที่ยังไม่มีข้อมูลปรากฏ ส่วนการทดสอบเพื่อความมั่นใจ (validation) เป็นการเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่ตรวจวัดจากระบบสิ่งแวดล้อมจริง

4.3 การทดสอบแบบจำลอง

นิพนธ์ (2549) กล่าวว่าวิธีการที่ควรใช้วัดความถูกต้องของการสอบเทียบและความถูกต้องของแบบจำลอง ประกอบด้วย

4.3.1 การสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับการตรวจวัดจริง (graphical comparisons) ซึ่งสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีต่างๆ เช่น

1) พล็อตกราฟเปลี่ยนแปลงตามเวลา (time series plots) ของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับค่าตรวจวัดจริงของพารามิเตอร์เดียวกันในช่วงเวลาเดียวกัน

2) ใช้กราฟเส้นทแยงมุมสี่เหลี่ยมจัตุรัส 45 องศา (45° linear regression line displayed) ตัดสินความสอดคล้องระหว่างค่าตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง

3) ใช้กราฟค่าแจกแจงความถี่สะสม (cumulative frequency distribution) ของค่าตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองตามอนุกรมเวลาที่กำหนดเป็นตัวเปรียบเทียบ

4.3.2 วิธีการทดสอบทางสถิติ (statistical tests) ซึ่งสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีต่างๆ เช่น

1) หาความคลาดเคลื่อนทางสถิติ เช่น หาค่าสัมประสิทธิ์ความผันผวน (coefficient of variance; CV) หาค่าดัชนีการลดความคลาดเคลื่อนของค่าประมาณ (reduced error estimate; REE) หรือหาค่าโมเมนต์ที่สอง (second moment; M^2)

2) การทดสอบแบบจำลองด้วยเทคนิคความเหมาะสมที่สุด เช่นการหาค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ (coefficient of determination; R^2)

3) ทดสอบด้วยค่าความแตกต่างของค่าแจกแจงความถี่สะสม

4.4 การใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแบบจำลอง

แบบจำลองที่สร้างขึ้น ไม่สามารถแทนความเป็นจริงของธรรมชาติได้อย่างถูกต้องร้อยเปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจำเป็นต้องกำหนดหลักเกณฑ์ในการยอมรับสัมประสิทธิ์ภาพในการทำนาย (predict) ค่าแบบจำลองที่สร้างขึ้น (นิพนธ์, 2549) ซึ่ง Santhi *et al.*, (2001) ได้กำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจสำหรับค่าที่ยอมรับได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลองทางอุทกวิทยา โดยมีค่าความแตกต่างน้อยกว่าร้อยละ 15, R^2 มากกว่า 0.6 และ Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) มากกว่า 0.5 จะนับเป็นค่าสถิติที่เพียงพอสำหรับการสอบเทียบที่ยอมรับได้

5. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

5.1 ลักษณะภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำตรังมีต้นน้ำอยู่ในเขตเทือกเขาหลวง ที่เป็นเทือกเขายาวของภาคใต้ตอนล่าง ลุ่มน้ำตรังมีพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมด 9 อำเภอ คือ อำเภอกันตัง อำเภอวังวิเศษ อำเภอห้วยยอด อำเภอเมือง อำเภอสิเกา และอำเภอนาโยง จังหวัดตรัง อำเภอรษฎา อำเภอทุ่งสง และบางส่วนของอำเภอนาบอน จังหวัดนครศรีธรรมราช มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด 3,435.57 ตารางกิโลเมตร

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปของลุ่มน้ำตรัง ประกอบด้วยลักษณะภูมิประเทศหลายลักษณะมีทั้งที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล ที่เนินและภูเขา ด้านทิศตะวันออกเป็นแนวเทือกเขาบรรทัดทอดตัวตามแนวเหนือใต้กั้นระหว่างจังหวัดตรังและพัทลุง ด้านทิศเหนือและด้านทิศตะวันตกเป็นแนวเขาเดี่ยวทอดตัวรอบพื้นที่ลุ่มน้ำ และด้านทิศใต้เป็นชายฝั่งทะเลอันดามัน ลักษณะภายในพื้นที่บริเวณริมแม่น้ำเป็นที่ราบและเป็นลูกคลื่น ส่วนบริเวณขอบของลุ่มน้ำเป็นที่ลาดเชิงเขาลาดเอียงจากแนวเขาโดยรอบลงสู่แม่น้ำตรัง ลำน้ำสายหลักของลุ่มน้ำตรังไหลลงมาจากทางตอนเหนือบริเวณอำเภอทุ่งสงผ่านอำเภอห้วยยอด อำเภอเมืองตรัง และลงสู่ทะเลที่อำเภอกันตัง ความยาวทั้งสิ้น 130 กิโลเมตร

5.2 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปในลุ่มน้ำตรังจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมที่พัดประจำฤดูกาลคือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งอยู่ในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม เป็นลมที่พัดมาจากมหาสมุทรอินเดียได้พัดพาเอาไอน้ำและความชื้นขึ้นมาสู่ประเทศไทย และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งอยู่ในช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เป็นลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลมเย็นแห้งจากประเทศจีนพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้ประเทศไทยตอนบนตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไปอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป ส่วนภาคใต้ตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ลงมามีฝนตกชุก เนื่องจากลมมรสุมนี้พัดผ่านอ่าวไทยได้พัดพาเอาไอน้ำไปตกเป็นฝน อากาศโดยทั่วไปจึงไม่หนาวเย็นดังเช่นภาคอื่นๆ

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง ประกอบด้วย อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปี ทั้งนี้นำมาเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้อง และจำเป็น ซึ่งรวบรวมไว้ในรายงานสถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2524 – 2553 ข้อมูลภูมิอากาศของกลุ่มน้ำตรังนี้ ตรวจวัดด้วยสถานีตรวจอากาศตั้งอยู่ที่ถนนรัชฎา ตำบลโคกหล่อ อำเภอเมือง จังหวัดตรัง ใกล้เคียงท่าอากาศยานตรัง หรือที่ละติจูด 7 องศา 31 ลิปดาเหนือ ลองจิจูด 99 องศา 38 ลิปดาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 14 เมตร

5.2.1 ฤดูกาล

ฤดูกาลในกลุ่มน้ำตรังพิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศของประเทศไทยออกได้เป็น 3 ฤดูคือ

- 1) ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ระยะเวลาเป็นช่วงว่างของฤดูมรสุม หลังจากสิ้นสุดฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือหรือฤดูหนาว อากาศจะเริ่มร้อนและอากาศจะร้อนจัดที่สุดในเดือนมีนาคมและเมษายน แต่ไม่ร้อนมากนัก เนื่องจากภูมิประเทศเป็นคาบสมุทรอยู่ใกล้ทะเล กระแสลมและไอน้ำจากทะเลทำให้อากาศคลายความร้อนลงไปมาก
- 2) ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมร้อนและชื้นมากจากมหาสมุทรอินเดียพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้มีฝนตกทั่วไป และในช่วงฤดูฝนยังมีร่องความกดอากาศต่ำปกคลุมภาคใต้เป็นระยะ ๆ อีกด้วย จึงทำให้มีฝนตกมาก
- 3) ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระยะนี้จะมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเย็นและแห้งจากประเทศจีนพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้อุณหภูมิลดลงทั่วไปและมีอากาศเย็น อุณหภูมิจึงลดลงเล็กน้อยเป็นครั้งคราว อากาศจึงไม่หนาวเย็นมากนัก และตามชายฝั่งมีฝนตกทั่วไป

5.2.2 อุณหภูมิ

เนื่องจากกลุ่มน้ำต้งตั้งอยู่ในคาบสมุทรที่มีแหลมยื่นออกไปในทะเล จึงได้รับมรสุมอย่างเต็มที่ คือมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดียและมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจากทะเลจีนใต้ และอ่าวไทย ทำให้ได้รับไอน้ำและความชุ่มชื้นมากอุณหภูมิโดยเฉลี่ยจึงไม่สูงมาก และอากาศไม่ร้อนจัดในฤดูร้อน อากาศจะอบอุ่นในช่วงฤดูฝน ส่วนฤดูหนาวอากาศจะเย็นในบางครั้ง อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 26.64 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.71 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.61 องศาเซลเซียส

5.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์สัมพันธ์กับมวลอากาศและอิทธิพลของลมมรสุมเป็นสำคัญตลอดทั้งปี กลุ่มน้ำต้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์สูง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมรสุมทั้งสองฤดูอย่างเต็มที่ มรสุมทั้งสองนี้ก่อนจะพัดเข้าสู่บริเวณจังหวัดได้ผ่านทะเลและมหาสมุทรจึงได้พัดเอาไอน้ำและความชุ่มชื้นมาด้วย ทำให้มีความชุ่มชื้นและความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นเวลานาน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีประมาณร้อยละ 82 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยร้อยละ 96 ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ยร้อยละ 62

5.2.4 ปริมาณฝน

กลุ่มน้ำต้งมีฝนอยู่ในเกณฑ์ดีถ้าเทียบทั่วประเทศ แต่ถ้าเทียบตามภาคอยู่ในเกณฑ์ฝนแล้ง เพราะตั้งอยู่ด้านฝั่งตะวันตกของภาคใต้จึงได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เต็มที่ ปริมาณฝนในฤดูนี้จึงมีมากและได้รับมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเล็กน้อย เนื่องจากด้านตะวันออกถูกปิดกั้นด้วยภูเขา ปริมาณฝนในมรสุมนี้จึงน้อย ฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 2,309.39 มิลลิเมตร และเดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนพฤศจิกายน มีฝนเฉลี่ย 393.43 มิลลิเมตร

5.2.5 ลม

ระบบหมุนเวียนของลมในกลุ่มน้ำตังมีความชัดเจนดี โดยในฤดูมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือหรือฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม ลมจะพัดจากทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ ความเร็วลมเฉลี่ย 7 – 13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เดือนมกราคมถึงเมษายนพัดจาก ทิศตะวันตกก่อนไปทางเหนือเล็กน้อย ความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 7 – 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ ในฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ลมจะเปลี่ยนเป็นทิศตะวันตกความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 6 – 7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

5.3 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ในพื้นที่ลุ่มน้ำตัง โดยรวมแล้ว พื้นที่ป่าไม้ส่วนใหญ่อยู่บนพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงชันที่เป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์โดยจะอยู่ตอนบน ตะวันตก และตะวันออก ของพื้นที่ลุ่มน้ำตัง สำหรับพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งส่วนใหญ่อยู่บนที่ราบนั้น มีความหลากหลายของ ชนิดพืชเกษตร เช่น การปลูกยางพารา การปลูกปาล์ม และการทำสวนผลไม้ แต่โดยส่วนใหญ่ใน พื้นที่ลุ่มน้ำตังนั้นจะมีการปลูกยางพารา สำหรับพื้นที่ชุมชนนั้นจะมีการกระจุกตัวอยู่อย่าง หนาแน่นใน 2 บริเวณ คือในเขตเทศบาลทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช และเขตเทศบาลนครตัง จังหวัดตัง จากการศึกษาเนื้อที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทที่ทำการจำแนก พบว่า ประมาณร้อยละ 73.05 ของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นส่วนยางพารา ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว และทำสวนผลไม้ ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ที่เป็นป่าธรรมชาติ ประกอบด้วย ป่าดงดิบสมบูรณ์ ซึ่งมีเนื้อที่รวมกันประมาณ ร้อยละ 18.36 ของพื้นที่ หรือประมาณ 1 ใน 5 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ชุมชนมีประมาณร้อยละ 4.88 ของพื้นที่ พื้นที่แหล่งน้ำประมาณร้อยละ 0.60 ของพื้นที่ และพื้นที่อื่นๆ ประมาณร้อยละ 3.11 ของ พื้นที่ แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำตราง พ.ศ. 2552

ประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดิน	เนื้อที่		
	ตารางกิโลเมตร	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่ป่าไม้	630.88	394,300.00	18.36
พื้นที่เกษตรกรรม	2,509.68	1,568,550.00	73.05
พื้นที่ชุมชน	167.72	104,825.00	4.88
พื้นที่แหล่งน้ำ	20.48	12,800.00	0.60
พื้นที่อื่นๆ	106.81	66,756.25	3.11
รวม	3,435.57	2,147,231.25	100.00

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2552)

5.4 ลักษณะทางธรณีวิทยา

ลักษณะทางธรณีสัณฐานของกลุ่มน้ำ ประกอบด้วยเทือกเขาสูงยาวทอดแนวทางด้านตะวันออกของกลุ่มน้ำ ส่วนมากเป็นหินแกรนิตมีทั้งไบโอไทต์แกรนิต และหินทิวมาลีนแกรนิตอายุ 180 ± 5 ล้านปี หินแกรนิตยุคนี้แทรกดินหินที่เก่ากว่าขึ้นมาอีก 2 ยุค คือ หินปูนยุคออร์โดวิเชียน หรือ หินปูนชุดทุ่งสง เป็นหินปูนที่มีเนื้อหินดินดานแทรกปนอยู่ด้วยเป็นแถบหรือเป็นชั้นบาง จัดเป็นหินปูนที่มีอายุมากประมาณ 450 ล้านปี หินอีกชนิดหนึ่งเป็นหินแปรเกรดต่ำพวกหิน ควอร์ตไซต์ หินชนวน และหินฮอร์นเฟลส์ จัดอยู่ในยุคไซลูเวียนดีโวเนียนถึงคาร์บอนิเฟอรัส หรือ ประมาณ 400 – 250 ล้านปี จากระดับน้ำทะเล เขาหินปูนออร์โดวิเชียนที่มีขนาดใหญ่ เช่น เขาน้ำพราย เขาหน้าแดง เป็นต้น ภูเขาทางด้านตะวันออกเหล่านี้เป็นต้นกำเนิดทางน้ำหลายสายที่ไหลในแนวตะวันออก ถึงแนวตะวันตกลงมาสู่พื้นที่ลอนคลื่นที่ถูกทางน้ำกัดเซาะจนมีลักษณะสูงต่ำ มีภูเขาหินปูนลูกโดดยุคเพอร์เมียน ในระดับความสูงตั้งแต่ 90 – 200 เมตร จากระดับน้ำทะเล เกิดอยู่บนพื้นที่ลอนคลื่นด้วย ตะกอนในพื้นที่ส่วนมากเป็นเศษหินกรวดทราย เป็นต้น ทางด้านตะวันตกและตะวันตกเฉียงเหนือของกลุ่มน้ำตราง มีธรณีสัณฐานเป็นเทือกเขาเช่นเดียวกับทางตะวันออกแต่เป็นเทือกเขาหินตะกอนจำพวกหินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน โดยยอดเขาเหล่านี้เป็นทั้งสันปันน้ำ และเขตแดนจังหวัดกระบี่กับตรัง ทางน้ำที่ไหลจากภูเขาลงมาตามความลาดชันทางทิศใต้หลายสายไหลมารวมกันเป็นคลองชี คลองชีเป็นทางน้ำที่ไหลในแนวเหนือใต้ ตามแกนการคดโค้งของ

ชั้นหินรูปประทุนหงาย (syncline) คลองซึ่งเป็นทางน้ำที่ไหลคู่ขนานกับแม่น้ำตรง โดยที่คลองซื่ออยู่ทางด้านตะวันตกของกลุ่มน้ำส่วนแม่น้ำตรงอยู่ทางทิศตะวันออกของกลุ่มน้ำ ซึ่งเป็นทางน้ำสายหลักของกลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำตรง แม่น้ำตรงไหลกัดเซาะชั้นหินในทางลึกลงไปเรื่อย ๆ จนเกิดเป็นตะพักลำนํ้าตั้งแต่ระดับความสูง 20 เมตรลงมา และเมื่อไหลลงไปได้ ขนาดของแม่น้ำกว้างขึ้นจึงมีที่ราบน้ำท่วมถึง (flood plain) กว้าง มีทะเลสาบรูปแอก (oxbow lake) มีรอยโค้งตัว (meander scar) และหนองน้ำ (swamp) ภูมิลักษณะเหล่านี้เป็นร่องรอยการเคลื่อนที่ของแม่น้ำตรงในอดีต ซึ่งเห็นได้ชัดเจนตามริมแม่น้ำตรงตั้งแต่ช่วงที่ไหลผ่านเขตอำเภอห้วยยอด ลงมาจนถึงเขตอำเภอเมืองตรัง

5.5 ลักษณะทางปฐพีวิทยา

จากการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน (2552) พบว่า กลุ่มน้ำตรงประกอบไปด้วยชุดดินทั้งหมด 22 ชุด โดยชุดดินที่พบส่วนใหญ่ คือชุดดินที่ 62 34 และ 26 ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 24.04 23.35 และ 13.02 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 กลุ่มชุดดินที่พบบริเวณลุ่มน้ำตรัง

กลุ่มชุดดิน	เนื้อที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
กลุ่มชุดดินที่ 5	29.13	0.85
กลุ่มชุดดินที่ 6	238.92	6.95
กลุ่มชุดดินที่ 7	33.30	0.97
กลุ่มชุดดินที่ 13	6.15	0.18
กลุ่มชุดดินที่ 14	12.62	0.37
กลุ่มชุดดินที่ 17	115.45	3.36
กลุ่มชุดดินที่ 18	1.13	0.03
กลุ่มชุดดินที่ 22	11.93	0.35
กลุ่มชุดดินที่ 25	119.55	3.48
กลุ่มชุดดินที่ 26	447.25	13.02
กลุ่มชุดดินที่ 32	109.57	3.19
กลุ่มชุดดินที่ 34	802.29	23.35
กลุ่มชุดดินที่ 39	102.16	2.97
กลุ่มชุดดินที่ 42	0.20	0.01
กลุ่มชุดดินที่ 43	8.82	0.26
กลุ่มชุดดินที่ 45	225.84	6.57
กลุ่มชุดดินที่ 50	58.76	1.71
กลุ่มชุดดินที่ 51	20.51	0.61
กลุ่มชุดดินที่ 53	201.94	5.88
กลุ่มชุดดินที่ 59	5.32	0.15
กลุ่มชุดดินที่ 60	6.98	0.20
กลุ่มชุดดินที่ 62	825.83	24.04
พื้นที่ลุ่มชื้นแฉะ (M)	20.81	0.61
พื้นที่ชุมชน ที่อยู่อาศัย (U)	21.21	0.62
พื้นที่แหล่งน้ำ (W)	9.90	0.27
รวม	3435.57	100.00

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (personal computer) สำหรับใช้ในการจัดเก็บรวบรวมประมวลผล และนำเสนอข้อมูล
2. โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Arc GIS 9.3) สำหรับใช้ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลได้ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยายไปจนถึงการผลิตจัดทำแผนที่
3. โปรแกรมแบบจำลอง SWAT (soil and water assessment tool) เวอร์ชัน 2005 ใช้ระบบปฏิบัติการ Window XP รองรับ โดยใช้ MapWindow GIS ในการ Interface SWAT
4. แผนที่สำหรับการวางแผนการทดลอง เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับประมวลผลแปลลักษณะของพื้นที่ศึกษาวิจัย แผนที่ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย
 - 4.1 แผนที่สภาพภูมิประเทศ ลำดับชุด L7018 UTM (universal transverse mercator) Datum WGS 1984 Zone 47N มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร
 - 4.2 แผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 จากกรมพัฒนาที่ดิน
 - 4.3 แผนที่ชุดดิน พ.ศ. 2552 จากกรมพัฒนาที่ดิน
 - 4.4 แผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำหลัก และลุ่มน้ำย่อย
 - 4.5 แผนที่พื้นที่อนุรักษ์ พ.ศ. 2553 จากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

5. เครื่องกำหนดพิกัดด้วยดาวเทียม (global positioning system; GPS) สำหรับใช้ในการกำหนดและหาค่าพิกัดของสถานี

6. เครื่องมือและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำและ วิเคราะห์คุณภาพน้ำภาคสนาม

6.1 ขวดพลาสติกที่ทำจาก polyethylene ขนาด 1 ลิตรใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำ

6.2 กล่องโฟมทึบแสงและเก็บอุณหภูมิได้ดีใช้ในการบรรจุรักษาตัวอย่างน้ำจากภาคสนามมายังห้องปฏิบัติการ

6.3 ฟอยล์กันความร้อน

6.4 เครื่องตรวจวัดในภาคสนาม

6.4.1 thermometer ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำและอุณหภูมิอากาศ

6.4.2 pH meter (YSI 60) ใช้วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

6.4.3 conductivity meter (YSI EC 300) ใช้สำหรับวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำของแข็งที่ละลายน้ำได้และความเค็ม

6.4.4 DO meter (YSI 550 A) ใช้สำหรับวัดค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

วิธีการ

1. การศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพน้ำของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

1.1 การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษามีข้อมูลที่ใช้ในการรวบรวม มีหลายด้านประกอบไปด้วย

1.1.1 การรวบรวมข้อมูลด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

1) รวบรวมข้อมูลแผนที่สภาพภูมิประเทศลำดับชุด L7018 UTM (universal transverse mercator), Datum WGS 1984 Zone 47N มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร จำนวนระวางทั้งหมด 13 ระวาง ได้แก่ ระวาง 4823I, 4824I, 4824II, 4825II, 4923IV, 4924I, 4924II, 4924III, 4924IV, 4925I, 4925II, 4925III และ 4925IV

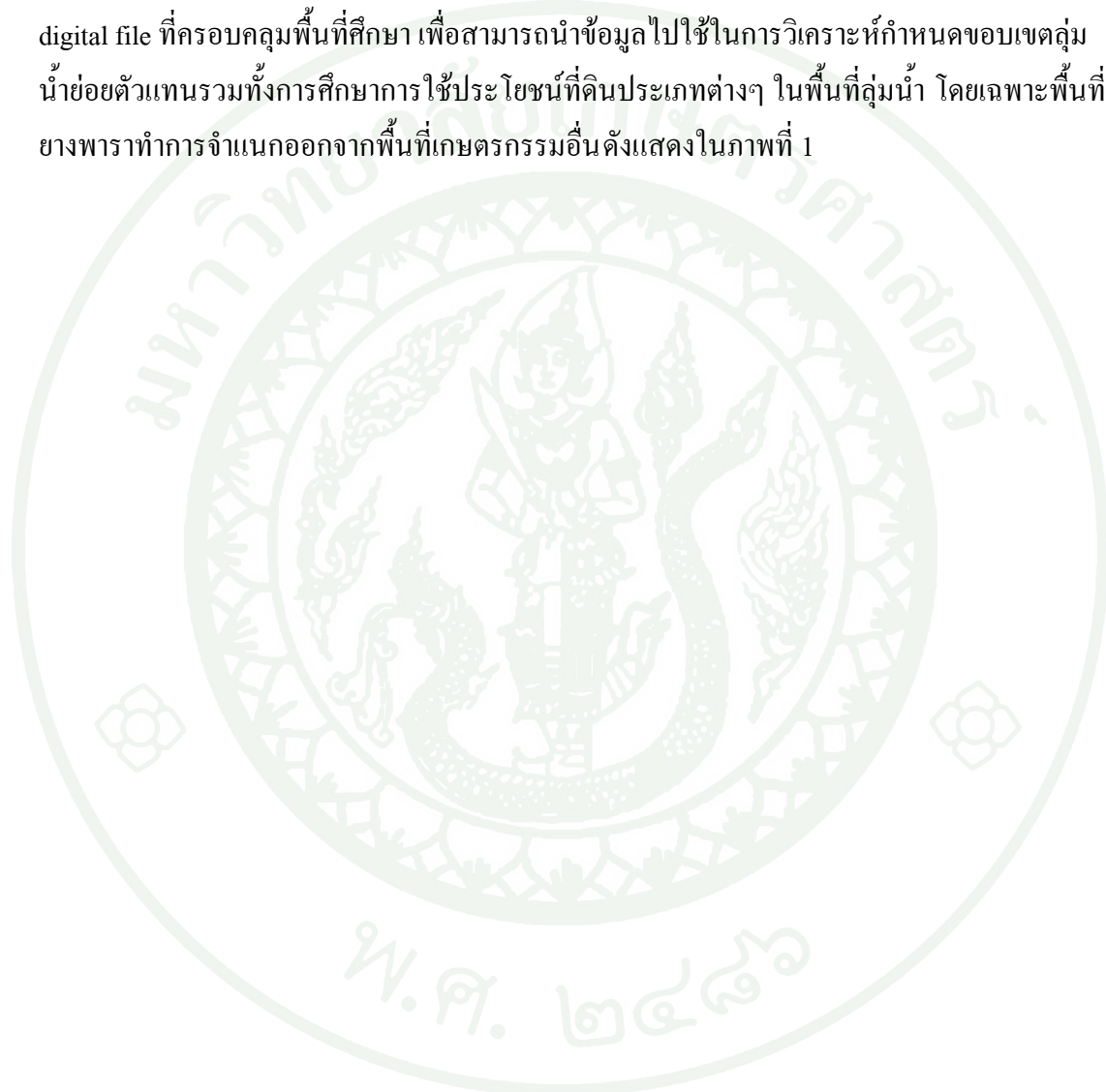
2) รวบรวมข้อมูลสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (digital file) ในเขตลุ่มน้ำตรัง ซึ่งครอบคลุมในพื้นที่จังหวัด นครศรีธรรมราช กระบี่ และตรัง จากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2552

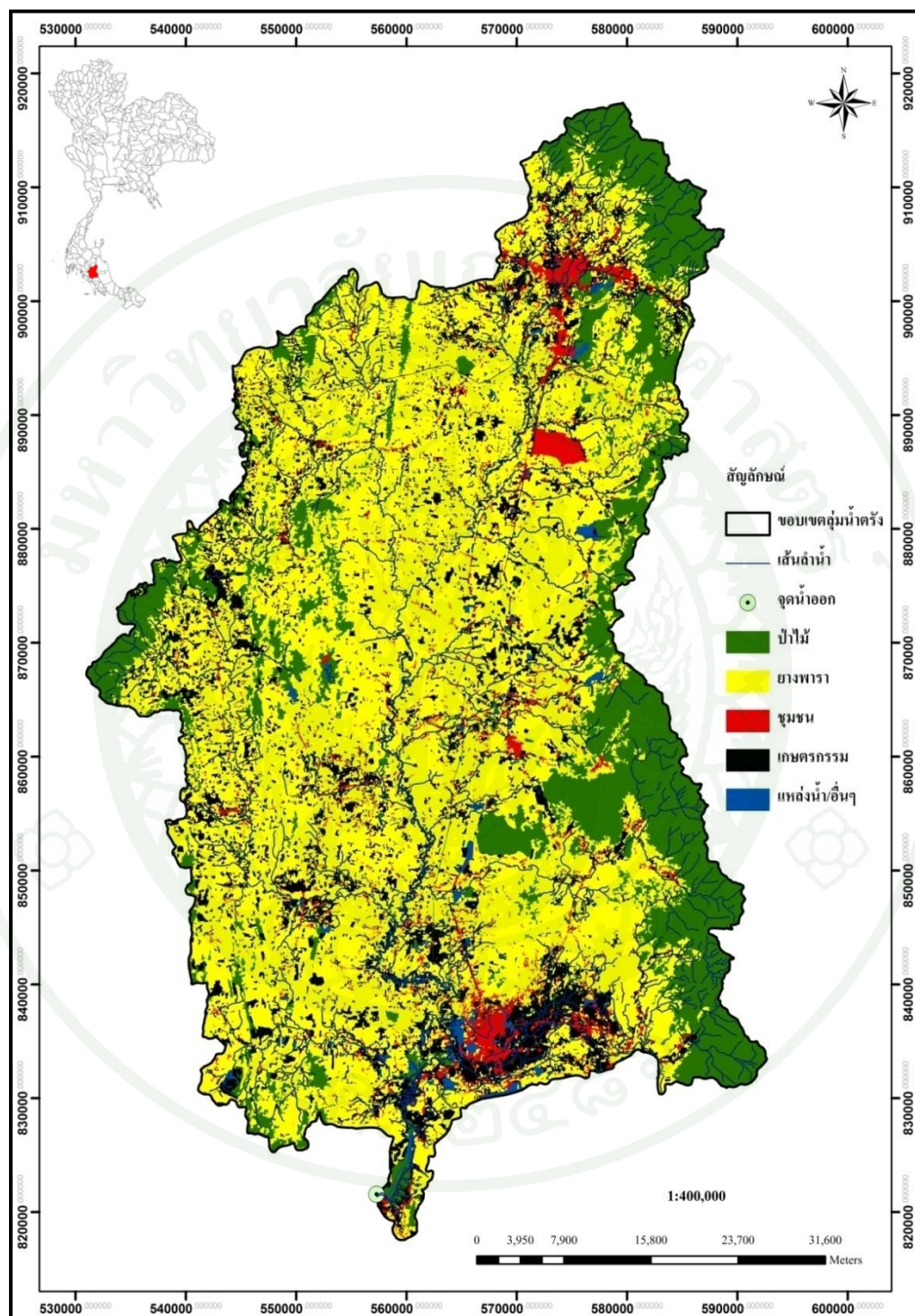
3) รวบรวมข้อมูลชุดดิน (digital file) ในเขตลุ่มน้ำตรัง ซึ่งครอบคลุมในพื้นที่จังหวัด นครศรีธรรมราช กระบี่ และตรัง จากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2552

1.1.2 รวบรวมข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณฝนทั้งหมด จำนวนวันที่ฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (ร้อยละ) และการระเหยน้ำเฉลี่ย (มิลลิเมตร) เป็นข้อมูลรายเดือน รายปี ในคาบ 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 – 2553 จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งทำการรวบรวมจากสถานีตรวจวัดอากาศของท่าอากาศยานตรัง รหัสสถานี 567201

1.2 การจัดทำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จัดทำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใช้ข้อมูลแผนที่สภาพภูมิประเทศและแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในรูปของข้อมูล digital file ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์กำหนดขอบเขตลุ่มน้ำย่อยตัวแทนรวมทั้งการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเฉพาะพื้นที่ขางพาราทำการจำแนกออกจากพื้นที่เกษตรกรรมอื่นดังแสดงในภาพที่ 1





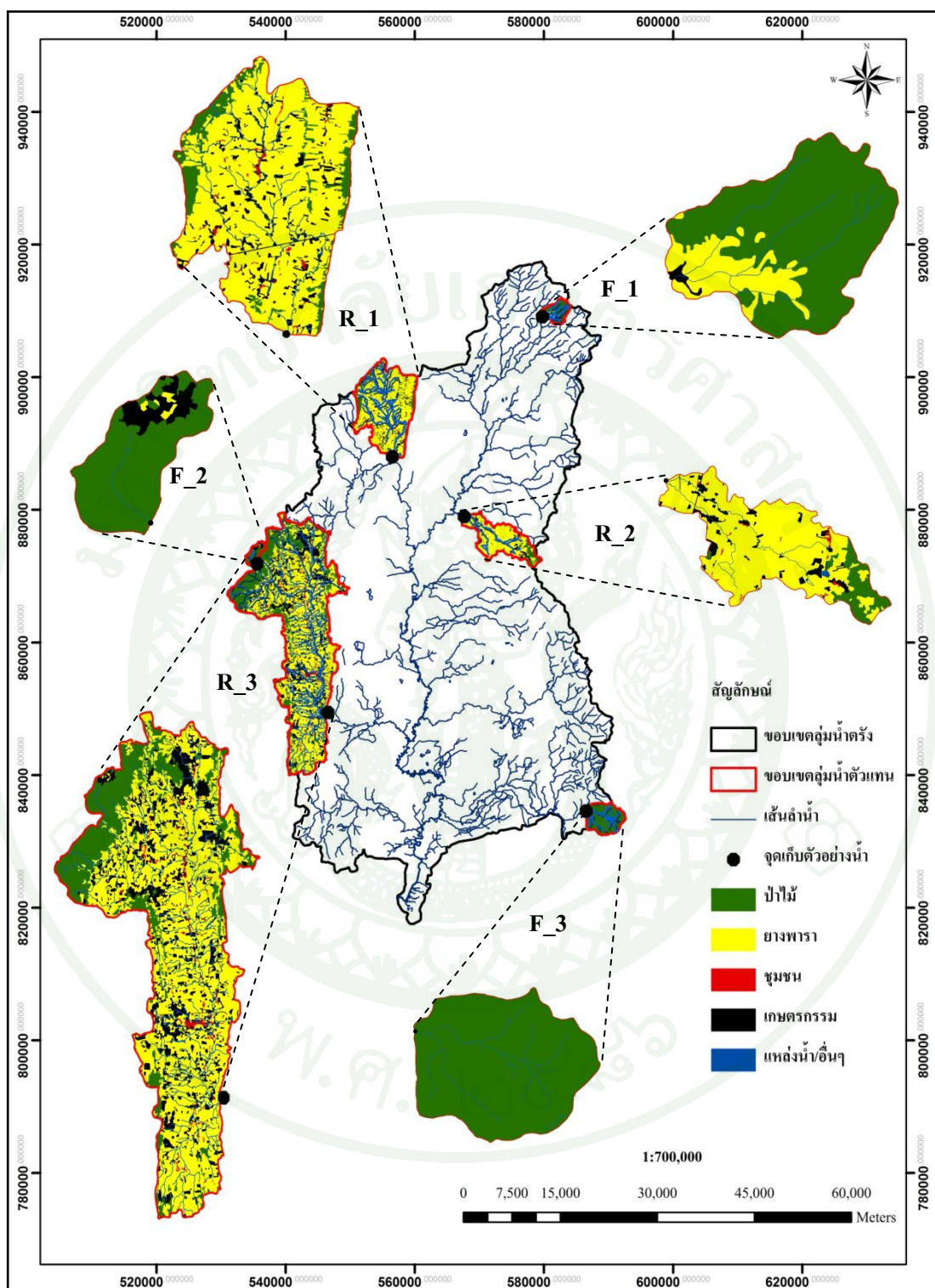
ภาพที่ 1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2552)

1.3 การเลือกพื้นที่ตัวแทนและกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่ลุ่มน้ำตรง เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านคุณภาพน้ำ ตั้งแต่ เดือนมกราคม – กรกฎาคม พ.ศ. 2554 การเลือกพื้นที่ตัวแทนและการกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง น้ำบริเวณลุ่มน้ำตรง ได้ทำการเลือกจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้ลักษณะของพื้นที่และการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา จุดเก็บตัวอย่างน้ำที่กำหนดแต่ละจุดจะเป็นตัวแทนของกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่คือ ตัวแทนพื้นที่ป่าไม้ และตัวแทนพื้นที่การปลูกยางพารา ซึ่งแต่ในละพื้นที่นั้นมีการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทมากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไป (สิทธิชัย, 2549) และหลังจากทำการสำรวจพื้นที่ศึกษาแล้วได้มีการกำหนดลุ่มน้ำตัวแทนศึกษา จำนวนทั้งหมด 6 ลุ่มน้ำย่อย คือ ลุ่มน้ำย่อยตัวแทนป่าไม้ จำนวน 3 ลุ่มน้ำย่อย และลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราจำนวน 3 ลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงในภาพที่ 2 พร้อมทั้งกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ทั้งหมด 6 สถานีดังแสดงในตารางที่ 7 และสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละลุ่มน้ำย่อยดังแสดงในภาพที่ 3 – 8 และตารางที่

8 – 13

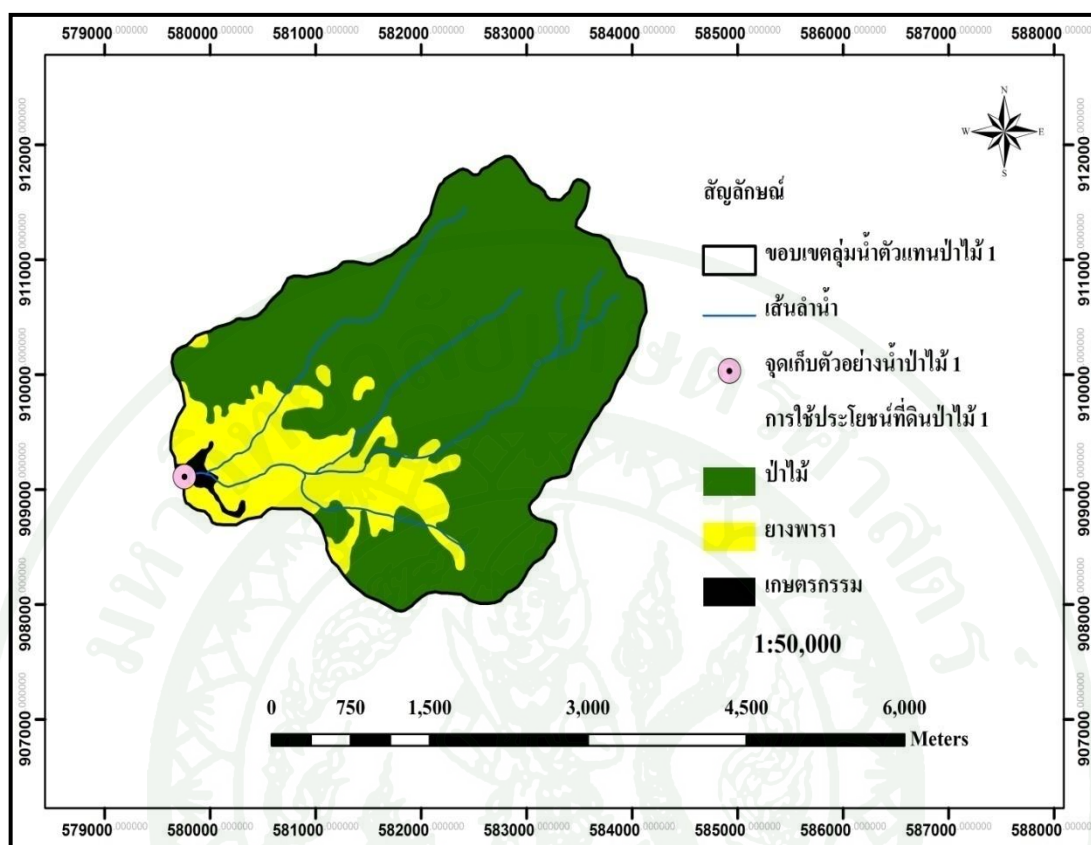


ภาพที่ 2 ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนและจุดเก็บตัวอย่างน้ำ บริเวณลุ่มน้ำตรัง

ตารางที่ 7 กลุ่มน้ำตัวแทนและจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำ ตัวแทน	รหัส จุดเก็บ	รายละเอียดจุดเก็บ	พิกัดภูมิศาสตร์*	
			X	Y
ป่าไม้	F_1	คลองท่าโจน อำเภอร่องาง จังหวัดนครศรีธรรมราช	579710 E	909099 N
	F_2	น้ำตกร้อยชั้นพันวัง หน่วยพิทักษ์ป่าร้อยชั้น พันวัง อำเภอร่องาง จังหวัดตรัง	535563 E	871867 N
	F_3	น้ำตกโตนใหญ่ สวนพฤกษศาสตร์ภาคใต้(เขา ช่อง) อำเภอร่องาง จังหวัดตรัง	586555 E	834536 N
ยางพารา	R_1	บ้านลำนา อำเภอร่องาง จังหวัดนครศรีธรรมราช	556567 E	887981 N
	R_2	คลองไผ่ม่วง บ้านกลางเหนือ อำเภอร่องาง จังหวัดตรัง	567662 E	878975 N
	R_3	บ้านบางโฝะ อำเภอร่องาง จังหวัดตรัง	546565 E	849427 N

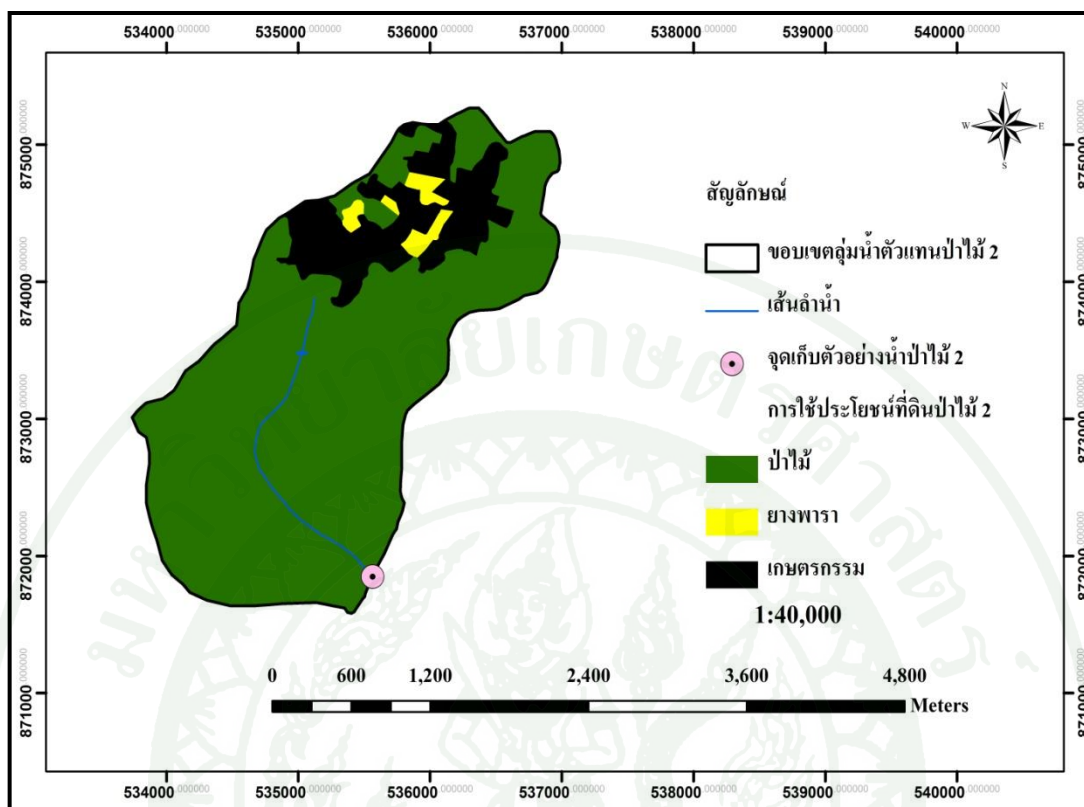
หมายเหตุ * คือ ระบบพิกัด UTM (universal transverse mercator), Datum WGS 1984 Zone 47N



ภาพที่ 3 ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 1 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 8 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 1

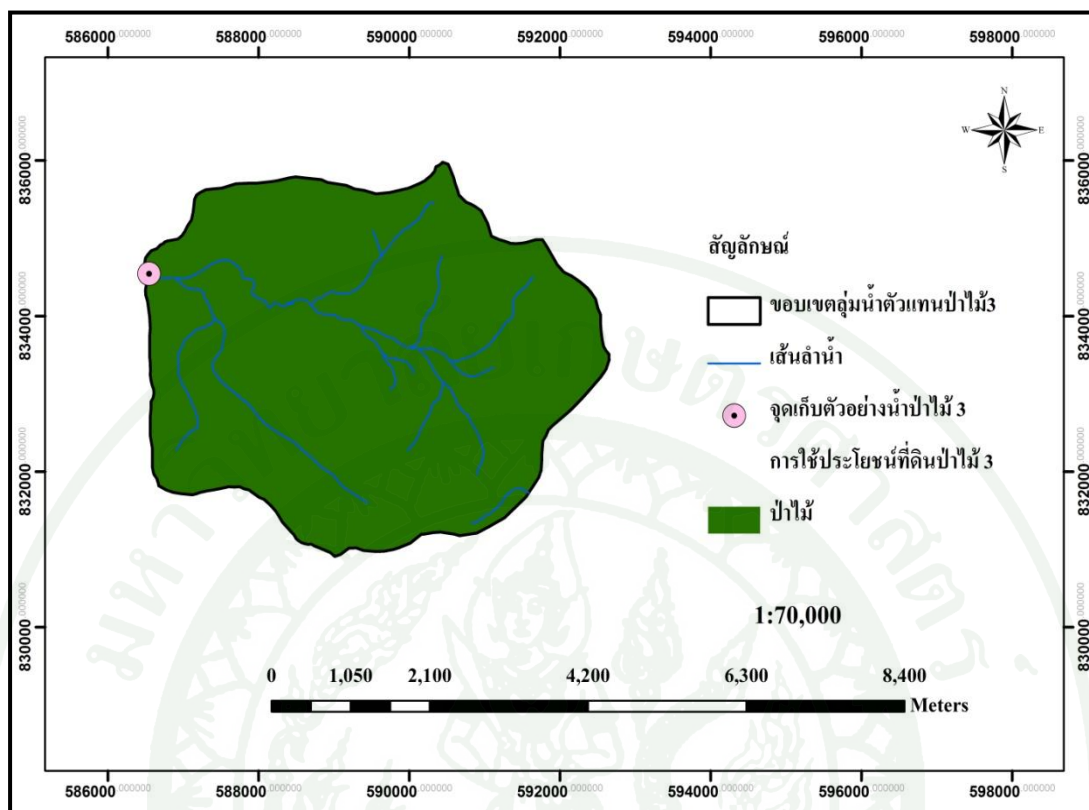
พื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทน	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	สัดส่วนพื้นที่	
		ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ
F_1	ป่าไม้	8.67	79.54
	ยางพารา	2.13	19.54
	เกษตรกรรม	0.10	0.92
รวม		10.90	100.00



ภาพที่ 4 ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 2 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 9 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 2

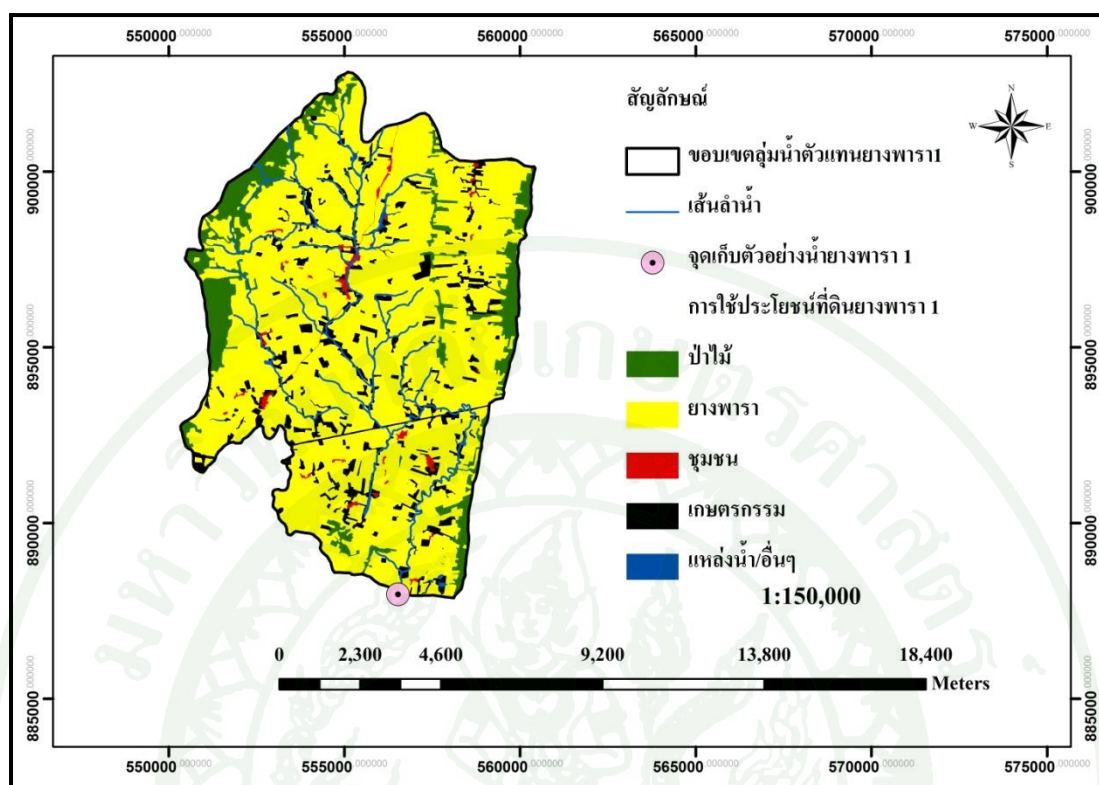
พื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทน	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	สัดส่วนพื้นที่	
		ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ
F_2	ป่าไม้	5.34	83.57
	ยางพารา	0.13	2.03
	เกษตรกรรม	0.92	14.40
รวม		6.39	100.00



ภาพที่ 5 ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 3 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 10 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ 3

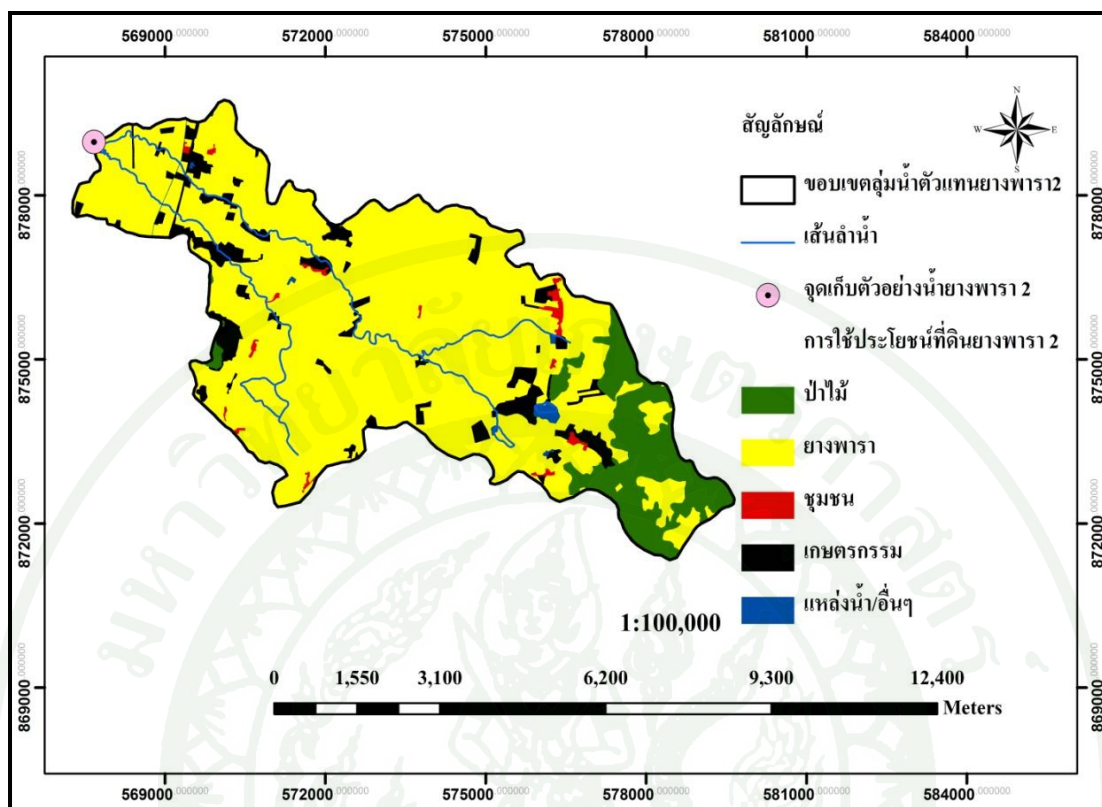
พื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทน	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	สัดส่วนพื้นที่	
		ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ
F_3	ป่าไม้	22.82	100.00
รวม		22.82	100.00



ภาพที่ 6 ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 1 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 11 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 1

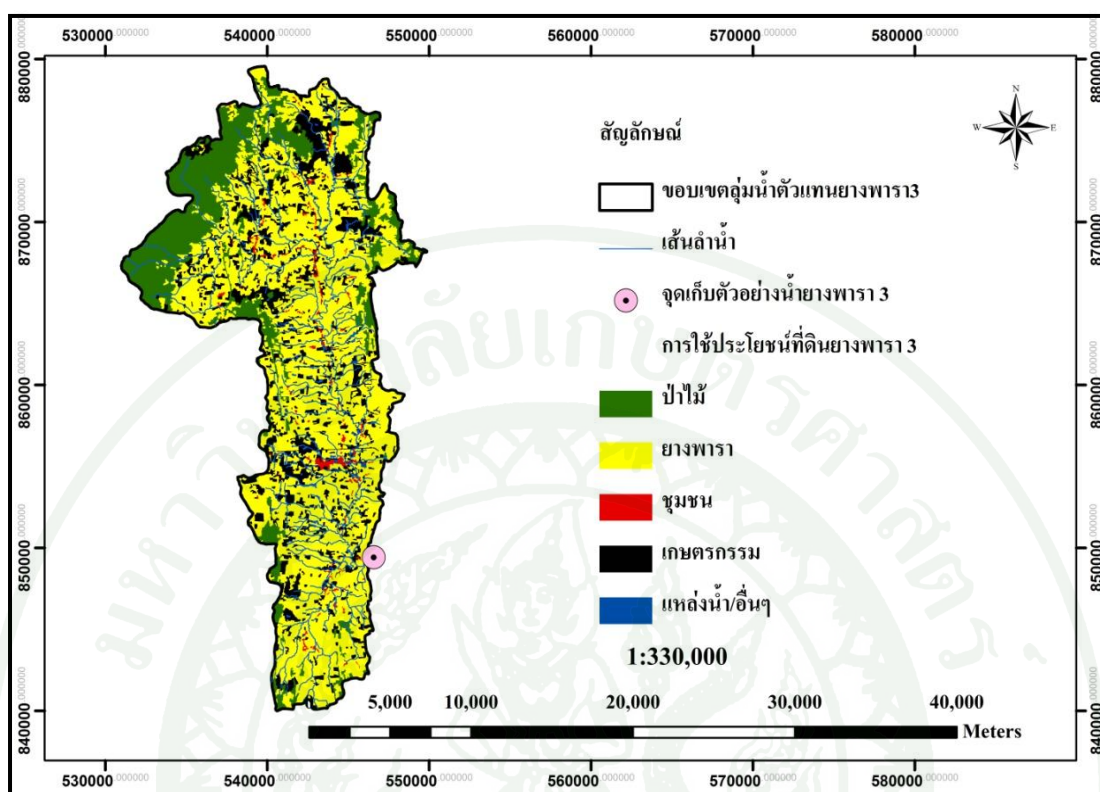
พื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทน	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	สัดส่วนพื้นที่	
		ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ
R_1	ป่าไม้	10.84	11.14
	ยางพารา	76.41	78.50
	เกษตรกรรม	8.53	8.76
	ชุมชน	1.00	1.03
	แหล่งน้ำอื่นๆ	0.56	0.58
รวม		97.34	100.00



ภาพที่ 7 ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 2 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 12 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 2

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทน	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	สัดส่วนพื้นที่	
		ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ
R_2	ป่าไม้	4.72	10.77
	ยางพารา	35.22	80.37
	เกษตรกรรม	3.24	7.39
	ชุมชน	0.41	0.94
	แหล่งน้ำ/อื่นๆ	0.23	0.52
รวม		43.82	100.00



ภาพที่ 8 ขอบเขตลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 3 และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ 13 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 3

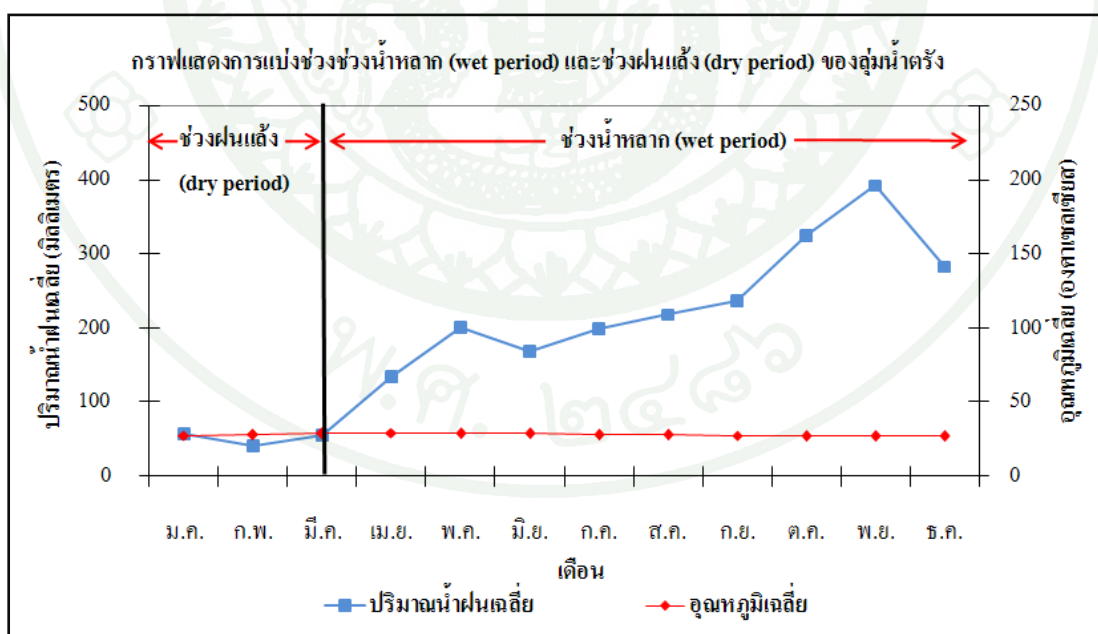
พื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทน	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	สัดส่วนพื้นที่	
		ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ
R_3	ป่าไม้	64.33	18.82
	ยางพารา	212.87	62.29
	เกษตรกรรม	58.72	17.18
	ชุมชน	4.54	1.33
	แหล่งน้ำ/อื่นๆ	1.27	0.37
รวม		341.73	100.00

1.4 กำหนดดัชนีตรวจวัดคุณภาพน้ำ

ดัชนีในการตรวจวัดคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำศึกษาจะประกอบด้วย อุณหภูมิของน้ำ (temperature) การนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ความขุ่นของน้ำ (turbidity) ของแข็งทั้งหมด (total solids) ของแข็งที่ละลายน้ำ (total dissolved solids) ของแข็งแขวนลอย (suspended solids) ความเป็นกรดด่าง (pH) ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) บีโอดี (biochemical oxygen demand) ไนเตรท (nitrate) และฟอสเฟต (phosphate)

1.5 ระยะเวลาและช่วงการเก็บตัวอย่างน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราได้ กำหนดความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำ ทั้งหมด 6 ครั้ง โดยแบ่งตัวแทนในช่วงแล้ง (dry period) จำนวน 3 ครั้ง คือ เดือน มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม พ.ศ. 2554 สำหรับช่วงหลาก (wet period) จำนวน 3 ครั้ง คือ เดือน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม พ.ศ. 2554 ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การแบ่งช่วงหลาก (wet period) และช่วงแล้ง (dry period) ของลุ่มน้ำตรัง

1.6 การเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณความขุ่นของน้ำ (turbidity) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solids) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (suspended solids) บีโอดี (biochemical oxygen demand) ไนเตรท (nitrate) และฟอสเฟต (phosphate) ในห้องปฏิบัติการ จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำโดยวิธีเก็บแบบจ้วง (grab sampling) โดยจะเก็บตัวอย่าง ณ สถานที่ และเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งตัวอย่างน้ำที่ได้จะใช้เป็นตัวแทนคุณภาพน้ำเฉพาะเวลาและสถานที่เก็บ ในแม่น้ำและลำธาร ตามจุดต่างๆ ที่กำหนด ทั้ง 6 จุด โดยเก็บตัวอย่างน้ำแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีลำธารที่มีความลึกไม่มาก จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำโดยขวดโพลีเอธิลีน (ผ่านการทำความสะอาดแล้ว) ขนาด 1 ลิตร โดยตรงที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแหล่งน้ำ และที่ระดับกึ่งกลางความลึก จำนวน 2 ขวด สำหรับกรณีลำน้ำลึกจะใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ (water sampler) ในการเก็บแทนโดยการเก็บที่ระดับความลึก 0.50 เมตรจากระดับผิวน้ำแล้วจึงนำมาเทใส่ขวดโพลีเอธิลีนขนาด 1 ลิตร จำนวน 2 ขวด การเก็บตัวอย่างน้ำนั้นทำการเก็บสถานีละ 1 ชั่วโมง ติดต่อกัน ชื่อสถานที่เก็บตัวอย่าง วันที่เก็บพร้อมทั้งห่อกระดาษฟอยด์ และนำไปบรรจุในกล่องโฟมหุ้มแสงพร้อมทั้งแช่น้ำแข็งเกล็ดที่สะอาด จากนั้นนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545; สิริชัย, 2549)

1.7 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในภาคสนาม

ในการเก็บตัวอย่างน้ำจะทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำบางดัชนีในภาคสนามพร้อมกันด้วย โดยทำการวัดค่าวัดอุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) ตรวจวัดโดยเครื่อง thermometer ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตรวจวัดโดยเครื่อง pH meter (YSI 60) วัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) วัดโดยเครื่อง DO meter (YSI 550 A) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (ไมโครโมลต่อเซนติเมตร) ของแข็งที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) และความเค็ม (กรัมต่อลิตร) วัดโดย conductivity meter (YSI EC 300)

1.8 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการ

1.8.1 ของแข็งทั้งหมด

ของแข็งทั้งหมด (total solids; TS) สามารถวิเคราะห์ได้โดย นำถ้วยกระเบื้องที่มีน้ำหนักคงที่แล้วจาก dessicator มาชั่ง บันทึกน้ำหนัก (A) กรัม คนตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดีแล้วตวง โดยใช้กระบอกตวง 100 – 200 มิลลิลิตร ใส่ในถ้วยกระเบื้องที่เตรียมไว้ แล้วนำไปประเหบนอ่างไอน้ำจนแห้ง จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องที่ระเหบน้ำแห้งแล้วไปใส่ในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นนานประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้เย็นใน dessicator และเมื่อเย็นแล้วจึงนำมาชั่ง ทำการบันทึกน้ำหนัก (B) กรัม ซึ่งปริมาณของแข็งทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถคำนวณได้จาก

$$TS = (B - A) \times 10^6 / \text{ml sample} \quad (10)$$

1.8.2 ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอย (suspended solids; SS) สามารถวิเคราะห์ได้โดยการนำกระดาษกรอง GF/C มาชั่งโดยเครื่องชั่งละเอียด ทำการบันทึกน้ำหนัก (A) กรัม นำไปวางบน evaporating dish จากนั้นวางกระดาษกรองลงบน Buchner's funnel ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ โดยใช้ปากคิบบีที่สะอาดและใช้น้ำกลั่นฉีดบนกระดาษกรองให้ทั่ว แล้วเปิดปั๊มดูดอากาศเพื่อให้กระดาษกรองแนบสนิทกับกรวย ปิดเปิดตัวอย่างน้ำ 50–100 มิลลิลิตร (ปริมาตรที่ใช้ขึ้นกับของแข็งแขวนลอยในน้ำ) ไล่ไปบนกระดาษกรองที่ละน้อยพร้อมกับเปิดปั๊มดูดอากาศ พยายามให้ของแข็งกระจายไปทั่วๆกระดาษกรองแล้วใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรองจนกว่าจะแห้ง แล้วใช้ปากคิบบีค่อยๆหยิบกระดาษกรองออกไปวางบนภาชนะที่ใส่เดิม นำไปอบให้แห้งในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 103–105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน dessicator แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก สมมติได้ (B) กรัม ซึ่งปริมาณของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถคำนวณได้จาก

$$SS = (B - A) \times 10^6 / \text{ml sample} \quad (11)$$

1.8.3 ความขุ่นของน้ำ

ความขุ่นของน้ำ (turbidity) สามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้หลักการให้แสงผ่านขวดแก้วใสที่บรรจุตัวอย่างน้ำ โดยถ้ามีความขุ่นมากแสงก็จะผ่านได้ยากหรือได้น้อยลง การวัดความขุ่นของน้ำจะต้องมีค่าความขุ่นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นมาโดยใช้สาร silica เป็นตัวแสดงความขุ่นมาตรฐานซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ เครื่องวัดวัดความขุ่น (turbidity meter) วัดในห้องปฏิบัติการ

1.8.4 บีโอดี

บีโอดี (biochemical oxygen demand; BOD) การวิเคราะห์ใช้วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ ด้วยวิธี 5 days incubation และ azide modification ตามวิธีมาตรฐานของ APHA – AWWA – WEF 1995

1) การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี

นำตัวอย่างมาปรับอุณหภูมิให้ได้ประมาณ 20 องศาเซลเซียส และนำตัวอย่างน้ำมาเติมออกซิเจนละลายให้อิ่มตัว โดยใช้เครื่องเติมอากาศประมาณ 10 นาที จากนั้นเติมตัวอย่างน้ำใส่ลงในขวดบีโอดีจนเต็ม 2 ขวด ปิดจุกให้สนิทและมีน้ำหล่อที่ปากขวด นำขวดหนึ่งมาหาค่าออกซิเจนละลาย (DO) ถือว่าเป็นค่าออกซิเจนที่เริ่มต้นกำหนดให้เป็น DO_0 และนำอีกขวดหนึ่งใส่ตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันแล้วนำตัวอย่างนั้นมาหาค่าออกซิเจนละลายที่เหลืออยู่ สมมุติเป็น DO_5

2) ขั้นตอนการหาออกซิเจนละลายในน้ำ (azide modification)

เทน้ำที่หล่อจุกขวดตัวอย่างออกแล้วเปิดจุก เติมสารละลาย Manganese sulfate 1 มิลลิลิตร โดยขณะเติมให้ปลายปิเปต (pipet) อยู่ใต้ผิวน้ำ เติมสารละลาย alkali-iodide-azide 1 มิลลิลิตร โดยให้ปลาย ปิเปต (pipet) อยู่ใต้ผิวน้ำขณะเติม ปิดจุกโดยอย่าให้มีฟองอากาศภายในขวด คว่ำขวดไปมาหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้สารผสมกัน และตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจนได้ปริมาณน้ำใส เกินครึ่งหนึ่งของขวด จากนั้นเติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1 มิลลิลิตร โดยให้กรดค่อย ๆ ไหลลงไปข้าง ๆ กอขวด ปิดจุกคว่ำขวดขึ้นลงหลายครั้งจนกระทั่งตะกอนละลายหมด ตวงปริมาตร 201

มิลลิลิตร นำไป ไตรเตรต (titrate) กับสารละลายมาตรฐาน sodium thiosulfate (0.025 นอร์มัล) จนได้สีเหลืองอ่อน เติมน้ำแข็ง 2-3 หยดจะได้สีน้ำเงินเข้มทำการไตรเตรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไปปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน sodium thiosulfate ที่ใช้จะเทียบเท่ากับปริมาณของออกซิเจน (DO) ของน้ำตัวอย่าง โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

$$\text{BOD} = \text{DO}_0 - \text{DO}_5 \quad (12)$$

เมื่อ DO_0 = ค่าออกซิเจนที่ไตรเตรตได้ในวันแรก
 DO_5 = ค่าออกซิเจนที่ไตรเตรตได้ในวันที่ 5

1.8.5 ไนเตรท

ไนเตรท (nitrate; NO_3^-) สามารถวิเคราะห์โดยดูน้ำตัวอย่างที่กรองแล้วด้วยกระดาษกรอง Whatman GF/C ปริมาตร 50 มิลลิลิตรลงในขวดแก้วมีจุลขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำ buffer solution 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน แล้วนำสารละลายนี้ไปผ่าน column ที่มี cadmium บรรจุอยู่ จนสารละลายผ่าน column แล้ว 25 มิลลิลิตร ถ่ายสารละลายลงในขวดแก้วมีจุลขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำ sulphanilamide solution ลงไป 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำ NEED solution 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ โดยสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงหรือสีบานเย็น แล้วนำไปหาค่า absorbance โดยใช้ spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร โดยใช้เซลล์ขนาด 1 เซนติเมตร วัดค่า absorbance ของน้ำตัวอย่างเทียบกับ blank ใช้สารละลาย KNO_3 ที่มีความเข้มข้น 50, 100, 200, 300 และ 500 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับในการเตรียมกราฟมาตรฐาน เพื่อหาค่าความเข้มข้นของไนเตรท ในน้ำตัวอย่าง โดยหาค่าความเข้มข้นของไนเตรทที่ทำได้เสียก่อน จึงจะได้ความเข้มข้นสุทธิของไนเตรท

1.8.6 ฟอสเฟต

ฟอสเฟต (phosphate; PO_4^{3-}) สามารถวิเคราะห์โดยดูน้ำตัวอย่างที่กรองแล้วด้วยกระดาษกรอง Whatman GF/C 25 มิลลิลิตร ลงใน flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำ mixed molybdate 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 5 นาที แต่ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์ หลังจาก

นั้นนำไปวัดค่า absorbance โดยใช้ spectrophotometer ที่มีความยาวคลื่น 885 นาโนเมตร และใช้เซลล์ขนาด 5 เซนติเมตร วัดค่า absorbance ของน้ำตัวอย่างเทียบกับ blank ใช้สารละลายของ KH_2PO_4 ที่มีความเข้มข้น 5, 25, 50, 100, 150 และ 250 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เพื่อหาความเข้มข้นของฟอสเฟตในการเตรียมกราฟมาตรฐานในน้ำตัวอย่าง

1.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1.9.1 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำแต่ละดัชนีในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา บริเวณลุ่มน้ำตรัง ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบ Student's *t*-test analysis ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

1.9.2 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำแต่ละดัชนีระหว่างช่วงหลาก (wet period) และช่วงแล้ง (dry period) ในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา บริเวณลุ่มน้ำตรัง ด้วยการวิเคราะห์สถิติแบบ Student's *t*-test analysis ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

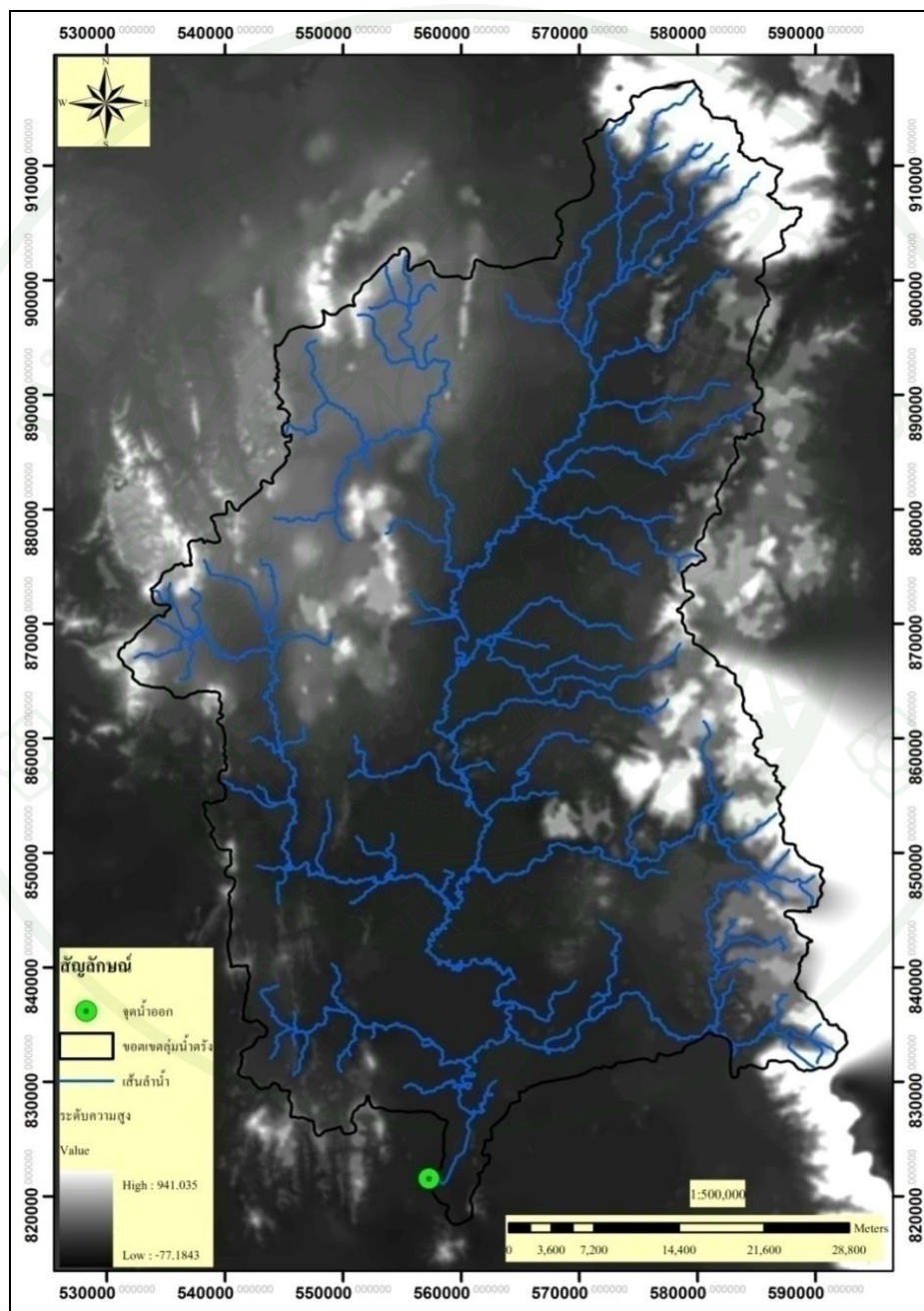
2. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินคุณภาพน้ำ

2.1 การรวบรวมข้อมูล

ตรวจสอบข้อมูลและเอกสาร งานวิจัยจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ลุ่มน้ำตรังโดยทำการรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการศึกษาดังต่อไปนี้

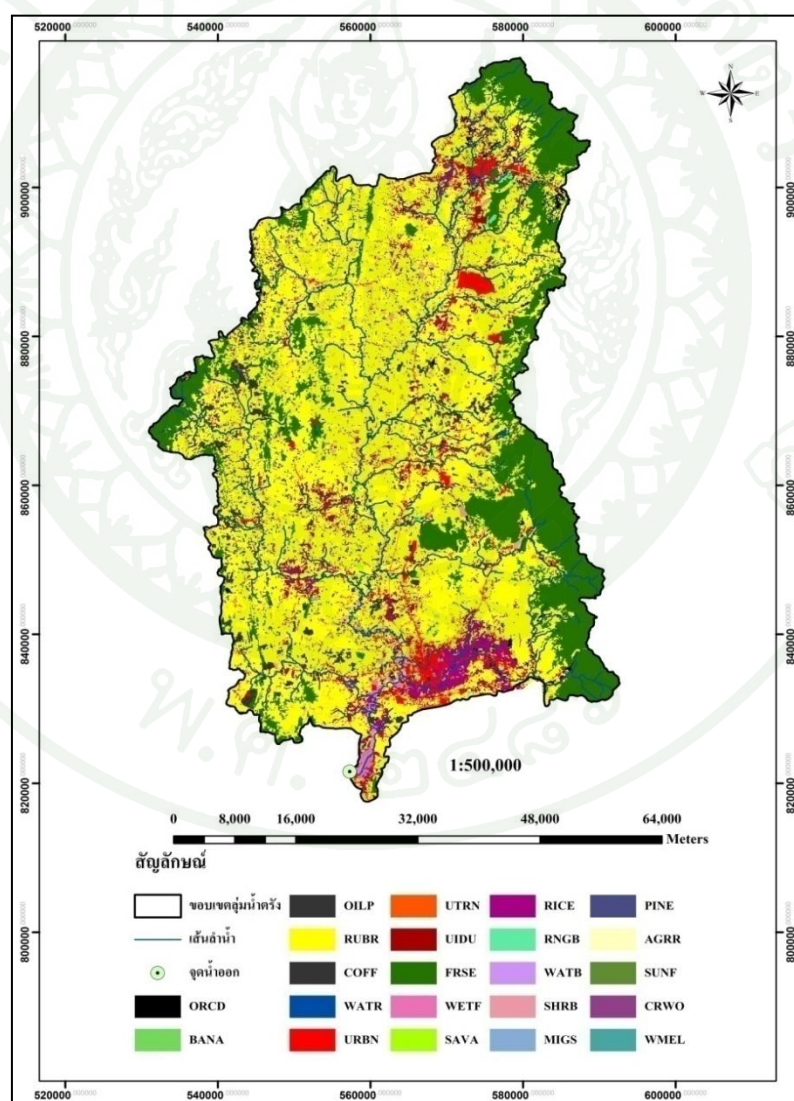
2.1.1 ข้อมูลเส้นชั้นความสูง (contour map) ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ (boundary map) ลำน้ำ (stream map) จากแผนที่ลักษณะภูมิประเทศลำดับชุด L7018 ระวัง จำนวน 13 ระวัง ได้แก่ ระวัง 4823I, 4824I, 4824II, 4825II, 4923IV, 4924I, 4924II, 4924III, 4924IV, 4925I, 4925II, 4925III และ 4925IV มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร โดยนำข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ได้แก่ เส้นชั้นระดับความสูงที่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง ประกอบไปด้วย จังหวัด ตรัง นครศรีธรรมราช และกระบี่ ที่มีความห่างของเส้นระดับชั้นความสูง 20 เมตร มาสร้างแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (digital elevation model; DEM) ที่มีความละเอียด (resolution) ขนาด 100 x 100

เมตร โดยใช้คำสั่ง topo to raster ของโปรแกรม Arc GIS 9.3 หลังจากนั้นใช้คำสั่ง fill เพื่อปรับแก้ลักษณะทางอุทกวิทยา พร้อมทั้งจัดทำแผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำ เส้นลำน้ำ และจุด outlet ของลุ่มน้ำตรงดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ของลุ่มน้ำตรง

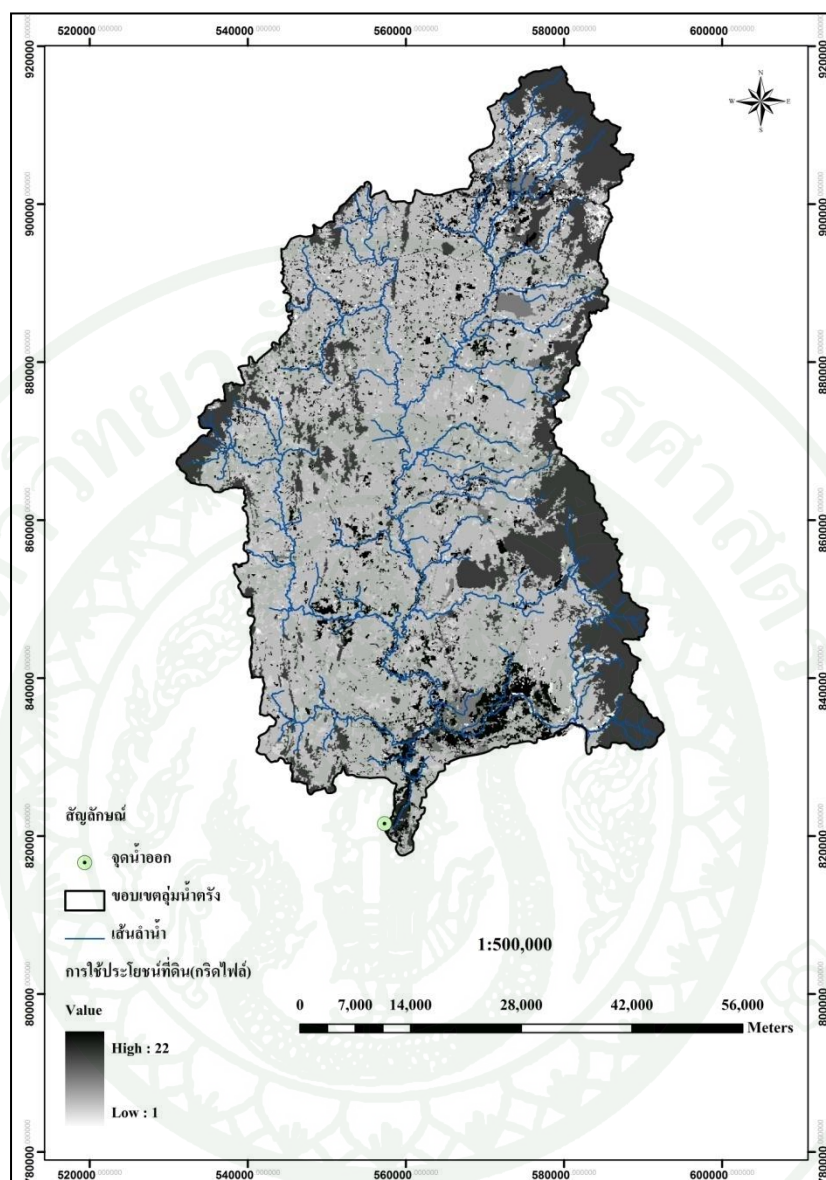
2.1.2 ข้อมูลแผนที่รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินมาตราส่วน 1:50,000 เชิงพื้นที่และตารางจากการแปลและประมวลผลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำตรงจัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2552 โดยการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำการจัดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ โดยพิจารณาลักษณะการปกคลุมและกิจกรรมในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถจัดแบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำตรงได้ทั้งหมด 22 ประเภท ดังภาพที่ 11 พร้อมทั้งกำหนดรหัสอักษรภาษาอังกฤษให้กับการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทเพื่อเชื่อมโยงฐานข้อมูลในแบบจำลอง SWAT ดังตารางที่ 14 และทำการจัดทำแผนที่รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในรูปแบบกริดไฟล์ ดังภาพที่ 12 เพื่อนำเข้าวิเคราะห์ในแบบจำลอง SWAT ในลำดับถัดไป



ภาพที่ 11 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำตรงในแบบจำลอง SWAT

ตารางที่ 14 การกำหนดรหัสเชื่อมโยงกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลอง SWAT

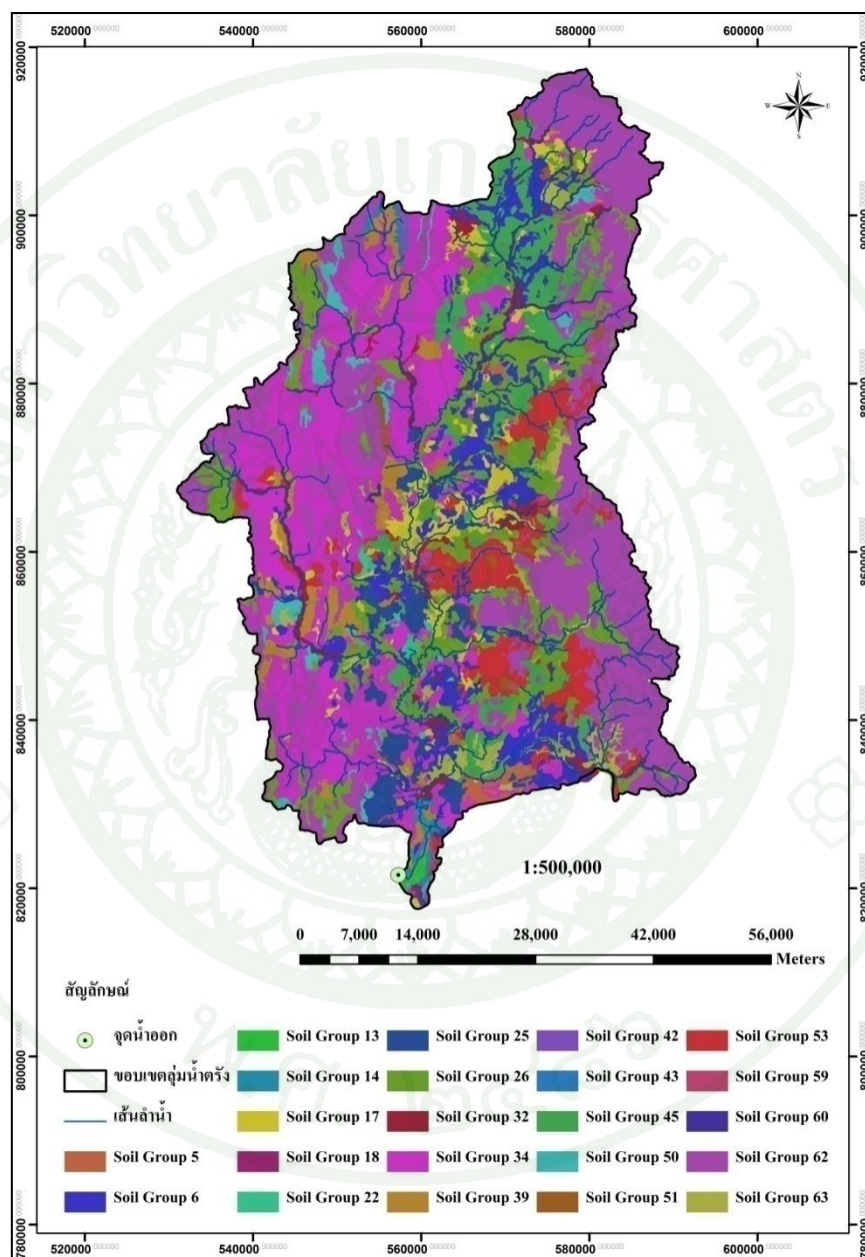
รหัส	การใช้ประโยชน์ที่ดิน
ORCD	ไม้ผล
BANA	กล้วย
OILP	ปาล์มน้ำมัน
RUBR	ยางพารา
COFF	กาแฟ
WATR	แหล่งน้ำ
URBN	ที่อยู่อาศัย
UTRN	สนามบิน
UIDU	อุตสาหกรรม
FRSE	ป่าดิบไม่ผลัดใบ
WETF	ป่าชายเลน
SAVA	ทุ่งหญ้า
RICE	นาข้าว
RNGB	พื้นที่รกร้าง
WATB	แม่น้ำ
SHRB	ไม้พุ่ม ไม้ละเมาะ
MIGS	สนามกอล์ฟ
PINE	สน
AGRR	พืชผัก
SUNF	ไม้ดอก
CRWO	ไม้ยืนต้น
WMEL	แดงโม



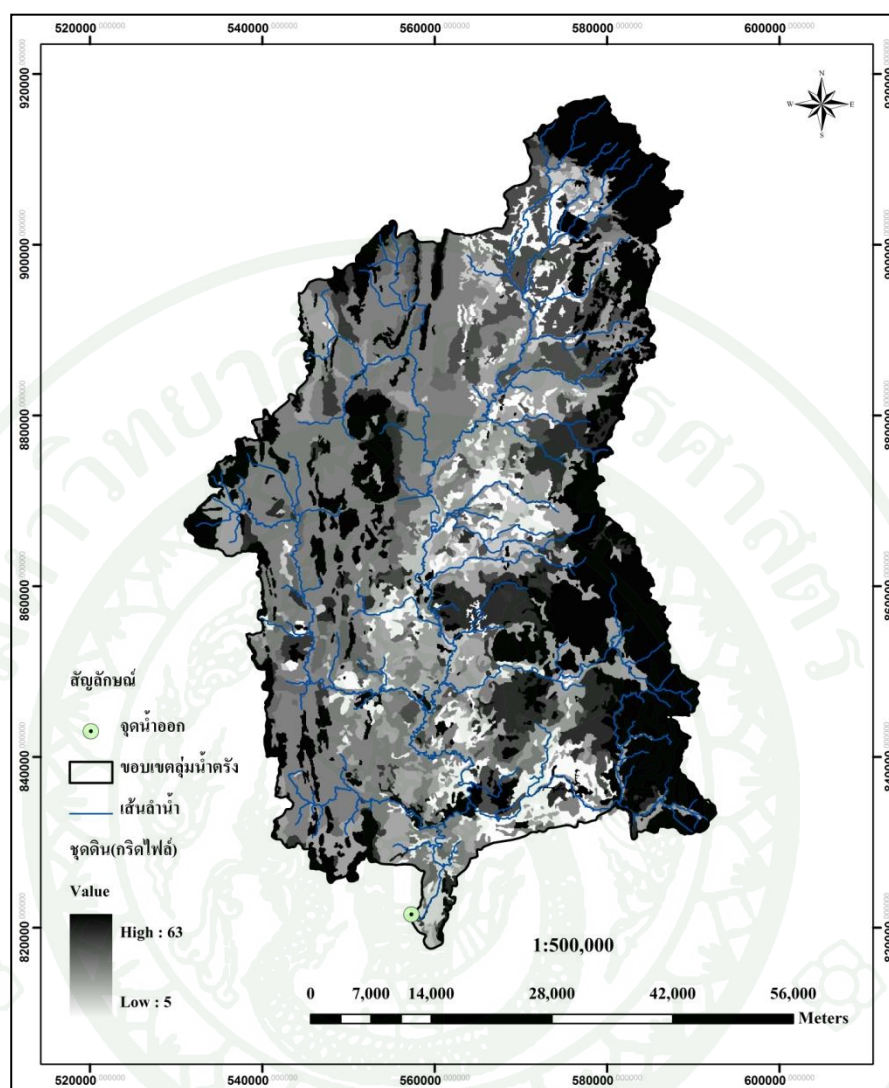
ภาพที่ 12 การใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบกริดไฟล์

2.1.3 ข้อมูลแผนที่ชุดดิน มาตรฐาน 1:50,000 ในรูปแบบเชิงพื้นที่และตารางจากการแปลและประมวลผลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำตรง จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2552 โดยการนำข้อมูลชุดดิน (soil series group) พิจารณาจากข้อมูลในเอกสารที่มีอยู่ในตารางคุณลักษณะ (attribute) ซึ่งสามารถจัดแบ่งข้อมูลชุดดินในลุ่มน้ำตรงได้ทั้งหมด 22 กลุ่มชุดดิน ดังภาพที่ 13 พร้อมทั้งกำหนดรหัสตัวเลขให้ตรงกับชุดดินแต่ละประเภทเพื่อเชื่อมโยง

ฐานข้อมูลในแบบจำลอง SWAT และทำการจัดทำแผนที่ชุดดิน ในรูปแบบกริดไฟล์ ดังภาพที่ 14 เพื่อนำเข้าวิเคราะห์ในแบบจำลอง SWAT ในลำดับถัดไป



ภาพที่ 13 การจำแนกกลุ่มชุดดินบริเวณลุ่มน้ำตรงในแบบจำลอง SWAT

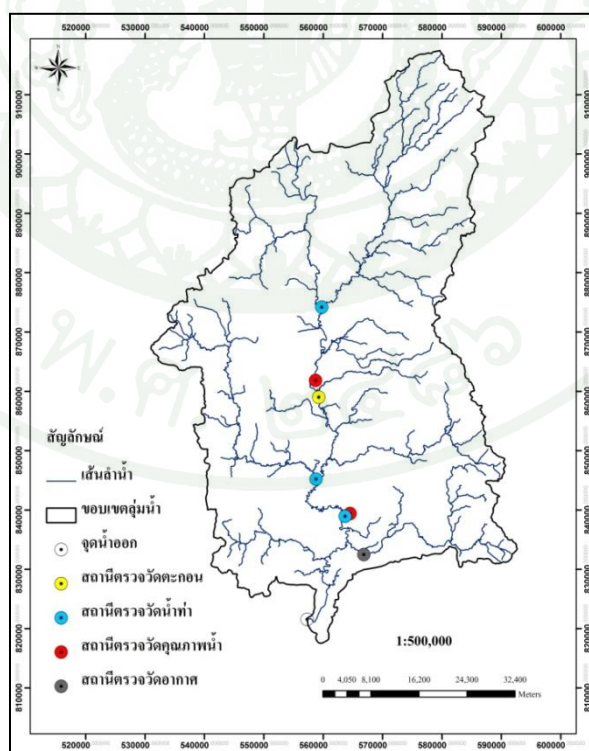


ภาพที่ 14 ชุดดินในรูปแบบกริดไฟล์

2.1.4 ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดตรวจวัดอากาศ จำนวน 1 สถานี โดยใช้สถานีตรวจวัดอากาศของท่าอากาศยานตรัง รหัสสถานี 567201จากกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีตรวจวัดน้ำท่าจำนวน 4 สถานี รหัสสถานี X.56, X.233, X.234 และ X.288 จากกรมชลประทาน สถานีตรวจวัดตะกอน 1 สถานี รหัสสถานี X.56 จากกรมชลประทาน และสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำจำนวน 2 สถานี รหัสสถานี TG03 และ TG04 จากกรมควบคุมมลพิษดังตารางที่ 15 และนำตำแหน่งที่ได้เข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม Arc GIS 9.3 ดังภาพที่ 15

ตารางที่ 15 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำท่า สถานีตรวจวัดตะกอน และสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำใน
ลุ่มน้ำตรัง

สถานี	พิกัด	
	x	y
สถานีตรวจวัดน้ำท่า		
X.56	559235	859001
X.233	559767	874172
X.234	563703	838922
X.288	558793	845181
สถานีตรวจวัดตะกอน		
X.56	559235	859001
สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำ		
TG 03	564541	839388
TG 04	558705	861822



ภาพที่ 15 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดในลุ่มน้ำตรัง

2.1.5 ข้อมูลการตรวจวัด ซึ่งข้อมูลทางด้านอุตุนิยมิวิทยา (กรมอุตุนิยมิวิทยา, 2553)เพื่อใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง SWAT ได้แก่ ข้อมูลปริมาณฝน ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุด ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ข้อมูลการระเหยของน้ำ และข้อมูลความเร็วลม โดยใช้ข้อมูลรายวัน ในช่วงปีพ.ศ. 2524 – 2553 ระยะเวลา 30 ปี ทำการจัดเตรียมในรูปแบบตาราง ข้อมูลปริมาณน้ำ (กรมชลประทาน, 2553) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2553 ระยะเวลา 6 ปี ข้อมูลปริมาณตะกอน (กรมชลประทาน, 2553) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลรายเดือนในช่วง พ.ศ. 2550 – 2553 ระยะเวลา 4 ปี ข้อมูลคุณภาพน้ำในส่วนไนเตรทและฟอสเฟต (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลรายวันในช่วง พ.ศ. 2545 – 2553 ระยะเวลา 9 ปี

2.1.6 ข้อมูลการใส่ปุ๋ยในพื้นที่ปลูกยางพาราของกลุ่มน้ำตรัง (ในเขตปลูกยางพาราปัจจุบัน) จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เพื่อใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง SWAT ในส่วนของการจัดการพื้นที่การปลูกยางพาราในสภาพปัจจุบัน โดยเฉลี่ยในพื้นที่ปลูกยางพารามีการใส่ปุ๋ยสูตร 30-5-18 อัตรา 38 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวน 2 ครั้งต่อปี ในช่วงเดือนเมษายนและธันวาคม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552)

2.1.7 ข้อมูลการใส่ปุ๋ยในพื้นที่ปลูกยางพาราของกลุ่มน้ำตรัง (ในเขตปลูกยางพาราที่เริ่มปลูกใหม่) จากสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร เพื่อใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง SWAT ในส่วนของการจัดการพื้นที่การปลูกยางพาราที่เริ่มปลูกใหม่ของแต่ละภาพเหตุการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 อัตราการใส่ปุ๋ยของพื้นที่เริ่มปลูกยางพาราใหม่

ปีที่	อายุต้นยางพารา (เดือน)	อัตราปุ๋ยสูตร 20-8-20 (กรัม/ต้น)
1	2	100
	5	130
	11	170
2	14	200
	16	210
	23	210
3	28	320
	36	320
4	40	330
	48	330
5	52	360
	60	360
6	64	370
	72	370
7	76	370
	84	370

ที่มา: สถาบันวิจัยยาง (2553)

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลอง SWAT

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed delineate) (2) การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (hydrological respond units: HRUs) (3) การตั้งค่าและคำนวณแบบจำลอง (SWAT setup and run) (4) แสดงผลลัพธ์ ดังนี้

2.2.1 การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed delineate)

การกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โดยการใช้ข้อมูลความสูงเชิงเลข (DEM) ขอบเขตพื้นที่ศึกษา (watershed boundary) เส้นแนวลำน้ำ (stream network) จุด outlet เพื่อให้โปรแกรมทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษา

2.2.2 การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (hydrological respond units; HRUs)

การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาโดยใช้ข้อมูลลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและชุดดินในรูปของกริดไฟล์ และรูปตาราง พร้อมทั้งกำหนดความชันของพื้นที่ โดยกำหนดให้แบ่งความชันออกเป็น 5 กลุ่ม คือ ความชัน 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20, มากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ โปรแกรมของแบบจำลอง SWAT จะทำการคำนวณหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษา

2.2.3 การตั้งค่าและคำนวณแบบจำลอง (SWAT setup and run)

กำหนดช่วงเวลาในการคำนวณแบบจำลอง ตั้งแต่ 1 มกราคม 2524 ถึง 31 มีนาคม 2553 โดยนำเข้าข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดอากาศท่าอากาศยานตรัง และข้อมูลสภาพภูมิอากาศซึ่งข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน อุณหภูมิสูงสุดรายวัน อุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ความชื้นสัมพัทธ์รายวัน การระเหยน้ำรายวัน ความเร็วลมรายวัน ดังตารางที่ 17 ในรูปแบบตารางในช่วงเวลา 1 มกราคม 2524 ถึง 31 มีนาคม 2553 พร้อมทั้งนำเข้าข้อมูลการใส่ปุ๋ยในส่วนการจัดการพื้นที่การปลูกยางพาราในสภาพปัจจุบัน โดยกำหนดการใส่ปุ๋ยสูตร 30 – 5 – 18 อัตรา 38 กิโลกรัมต่อไร่ จำนวน 2 ครั้งต่อปี ช่วงเดือนเมษายนและธันวาคม ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2544 – 2553 ในพื้นที่ปลูกยางพารา สำหรับในแต่ละภาพเหตุการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นมาเป็นการปลูกยางพารา ในส่วนของการจัดการพื้นที่ปลูกยางพาราจะนำเข้าปุ๋ยสูตร 20 – 8 – 20 (ตารางที่ 16) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553 หลังจากนั้นโปรแกรมทำการประมวลผลลัพธ์

ตารางที่ 17 หน่วยข้อมูลสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง

ข้อมูล	หน่วย	ลักษณะข้อมูล
1. ปริมาณน้ำฝน	มิลลิเมตร	รายวัน
2. อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุด	องศาเซลเซียส	รายวัน
3. ความชื้นสัมพัทธ์	ร้อยละ	รายวัน
4. ความเร็วลม	เมตรต่อวินาที	รายวัน
5. การระเหยน้ำ	มิลลิเมตร	รายวัน

2.2.4 การแสดงผลลัพธ์ (visualise)

เมื่อทำการจำลองสภาพลุ่มน้ำและนำเข้าข้อมูลครบถ้วนตามที่แบบจำลอง SWAT ต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการประเมินปริมาณน้ำท่า ผลผลิตตะกอน และคุณภาพน้ำ (ไนเตรทและฟอสเฟต) โดยแบบจำลองจะคำนวณปริมาณน้ำท่า ผลผลิตตะกอน และคุณภาพน้ำ (ไนเตรทและฟอสเฟต) ที่เกิดขึ้นแบบรายวัน รายเดือน และรายปี ในช่วงเวลาที่กำหนดได้

2.3 การปรับเทียบแบบจำลอง

การปรับเทียบแบบจำลอง (model calibration) เป็นขั้นตอนที่ได้จากการปรับเทียบข้อมูลจากการประเมินของแบบจำลองกับข้อมูลที่ตรวจวัดในพื้นที่ ณ สถานีวัดน้ำท่า ตะกอนและคุณภาพน้ำ โดยการปรับแก้สัมประสิทธิ์ตัวที่อ่อนไหวให้มีค่าตรงกันกับคุณลักษณะจริงของพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดความแตกต่างระหว่างข้อมูลทั้งสองชุดให้เหลือน้อยที่สุด โดยการปรับเทียบแบบจำลองจะต้องทำจากลุ่มน้ำย่อยที่อยู่เหนือน้ำก่อนแล้วถัดลงมาตามลำดับจนถึงจุดออก (outlet) ของลุ่มน้ำ ซึ่งการปรับเทียบแบบจำลองจะต้องมีการปรับเทียบปริมาณน้ำท่าและผลผลิตตะกอน โดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์ให้เหมาะสม จึงจะทำการปรับเทียบในส่วนของคุณภาพน้ำ (ไนเตรทและฟอสเฟต) โดยการปรับค่าสัมประสิทธิ์ให้เหมาะสมเช่นกัน เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆที่เหมาะสมของแบบจำลอง จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประเมินและวิเคราะห์ข้อมูลในลำดับต่อไป สำหรับวิธีการที่นำมาใช้ตรวจวัดความถูกต้องของการปรับเทียบข้อมูลระหว่างของมูลที่ได้จากแบบจำลองและข้อมูลจากการตรวจวัดจริงในพื้นที่ ณ จุดต่างๆ ตามสถานีตรวจวัดซึ่งมีวิธีการที่นำมาใช้ประกอบไปด้วย

2.3.1 การใช้กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าตรวจวัดจริง (น้ำท่า ตะกอน ไนเตรทและฟอสเฟต) ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งจะพิจารณาการเข้ากันได้ดีของรูปร่างกราฟ ในแต่ละช่วงเวลา

2.3.2 การพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของ ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน ตะกอนรายเดือน ไนเตรทและฟอสเฟตรายวัน จากข้อมูลสถานี ตรวจวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง (q_f) กับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง (q_m) โดยใช้วิธีกำลังสองสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient) ซึ่งค่าที่ได้จะอยู่ ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยค่าที่เหมาะสมควรจะเข้าใกล้ 1 ดังสมการที่ (10) ดังนี้

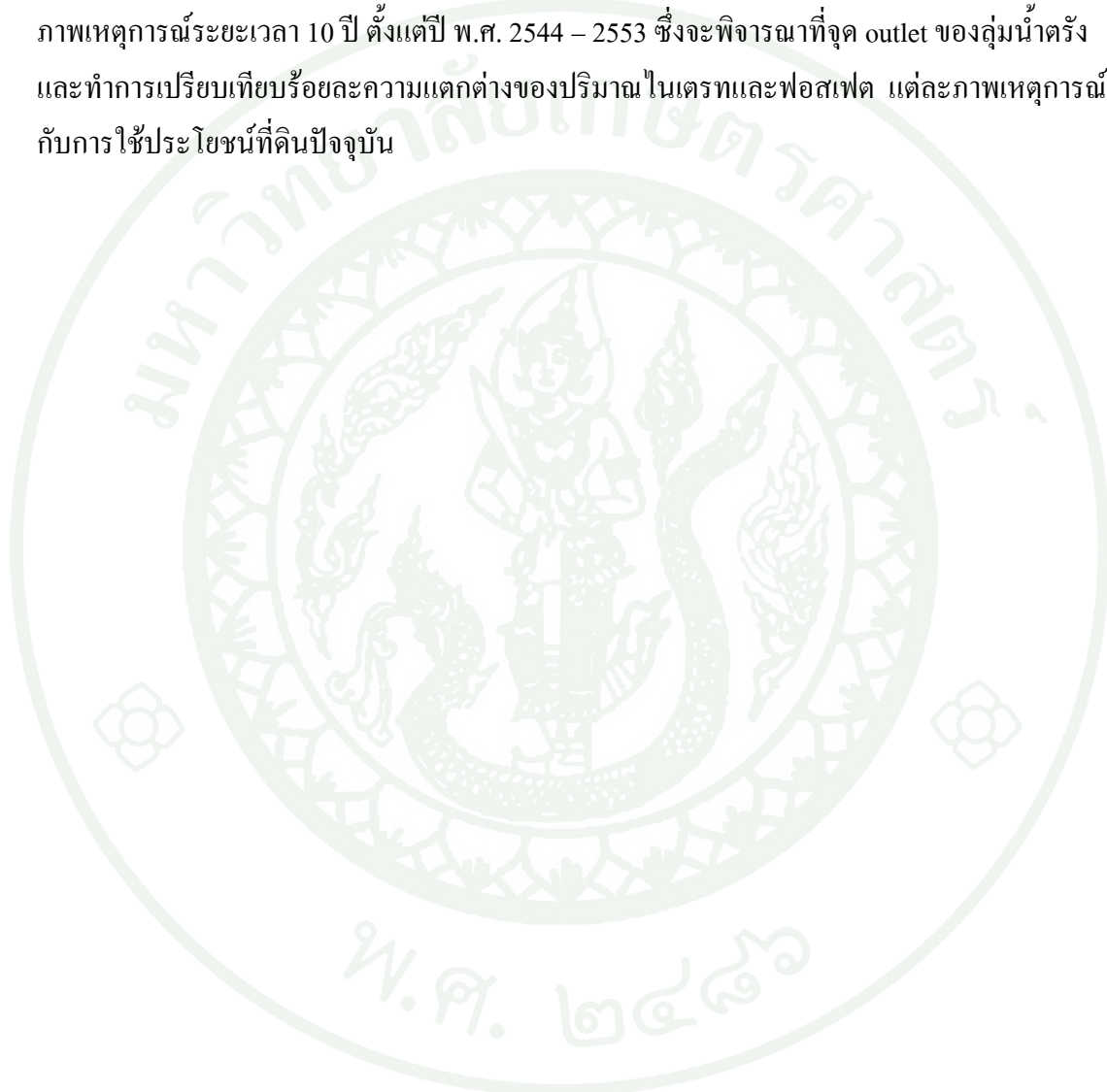
$$R = \frac{n(\sum q_f q_m) - (\sum q_f)(\sum q_m)}{\sqrt{[n\sum q_f^2 - (\sum q_f)^2][n\sum q_m^2 - (\sum q_m)^2]}} \quad (13)$$

2.4 การจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อคุณภาพน้ำ (ไนเตรท และฟอสเฟต)

การสร้างภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อคุณภาพน้ำใน ส่วนของไนเตรทและฟอสเฟต การศึกษาในครั้งนี้จะจำลองภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ ประโยชน์ที่ดินจำนวน 3 ภาพเหตุการณ์ คือ ภาพเหตุการณ์ที่ 1 คือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ ทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 18.36 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง เป็นพื้นที่ปลูกยางพาราใหม่ โดยพื้นที่ยางพารา ทั้งหมดมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 62.37 เป็น 80.73 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง ภาพเหตุการณ์ที่ 2 คือ การเปลี่ยนพื้นที่ปลูกยางพาราที่อยู่ในพื้นที่อนุรักษ์ (เขตห้ามล่าสัตว์ป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า อุทยานแห่งชาติ ป่าสงวนแห่งชาติและชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 23.37 ของพื้นที่ลุ่ม น้ำตรัง เป็นพื้นที่ป่าไม้ทำให้พื้นที่ป่าไม้มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 18.36 เป็น 41.73 ของพื้นที่ลุ่ม น้ำตรัง และภาพเหตุการณ์ที่ 3 คือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (ไม้ผล ปาล์มน้ำมัน กาแฟ) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 9.54 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง เป็นพื้นที่การปลูกยางพาราใหม่ โดยพื้นที่ยางพารา ทั้งหมดมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 62.37 เป็น 71.91 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง

2.5 การประเมินและเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากแบบจำลอง SWAT

การประเมินคุณภาพน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันและจากภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทยางพาราทั้ง 3 ภาพเหตุการณ์ โดยทำการศึกษาจำลองภาพเหตุการณ์ระยะเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553 ซึ่งจะพิจารณาที่จุด outlet ของลุ่มน้ำตรัง และทำการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของปริมาณไนเตรทและฟอสเฟต แต่ละภาพเหตุการณ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน



ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาและเปรียบเทียบคุณภาพน้ำของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

การศึกษาศึกษาการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในพื้นที่กลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และพื้นที่กลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราในกลุ่มน้ำตรง ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ ความขุ่น ของแข็งทั้งหมดคในน้ำ ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายน้ำ การนำไฟฟ้า ความเป็นกรดด่าง ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ในเตรท และฟอสเฟต โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 6 ครั้ง โดยแบ่งตัวแทนในช่วงแล้ง (dry period) 3 ครั้ง คือ เดือนมกราคม กุมภาพันธ์ มีนาคม พ.ศ. 2554 และตัวแทนในช่วงหลาก (wet period) 3 ครั้ง คือเดือน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม พ.ศ. 2554 ได้เลือกจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้ลักษณะของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นเกณฑ์ในการพิจารณากลุ่มน้ำตัวแทน โดยกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้แบ่งออกเป็นจำนวน 3 กลุ่มน้ำ (F_1, F_2, F_3) และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราแบ่งออกเป็นจำนวน 3 กลุ่มน้ำ (R_1, R_2, R_3) มีรายละเอียดผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1.1 คุณภาพน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และยางพารา

1) อุณหภูมิของน้ำ (water temperature)

จากการศึกษาอุณหภูมิของน้ำ พบว่า กลุ่มน้ำป่าไม้มีค่าอุณหภูมิ อยู่ระหว่าง 22.60 – 26.30 องศาเซลเซียส โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 23.85, 24.48 และ 24.82 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนยางพารา มีค่าอุณหภูมิ อยู่ระหว่าง 24.10 – 28.50 องศาเซลเซียส โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.33, 26.87 และ 26.80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังตารางที่ 18 ซึ่งค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในพื้นที่กลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในพื้นที่ตัวแทนยางพารา คือ 24.38 ± 0.91 และ 26.67 ± 1.09 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังตารางที่ 19 และภาพที่ 16 เนื่องจากลักษณะในพื้นที่ป่าไม้มีลักษณะเป็นป่าดิบชื้น เรือนยอดหนาแน่น แสงแดดส่องผ่านได้น้อยจึงทำให้อุณหภูมิกอากาศเหนือผิวน้ำมีอุณหภูมิต่ำส่งผลทำให้อุณหภูมิน้ำต่ำลงเพราะอุณหภูมิกอากาศตามธรรมชาติจะผันแปรตามอุณหภูมิกอากาศ (EPA, 1973) ในขณะที่ปริมาณแสงที่ส่องผ่านเรือนยอดในพื้นที่ยางพาราสามารถส่องผ่านได้มากกว่าพื้นที่ป่าไม้ อีกทั้งในช่วงฤดูแล้งในพื้นที่ยางพาราก็จะมีการผลัดใบ

ในปริมาณมากจึงส่งผลในปริมาณแสงแดดส่องลงมายังพื้นผิวน้ำได้มากจึงทำให้อุณหภูมิใน
พื้นที่ยางพาราสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งสอดคล้องกับอนันตศักดิ์ (2525) พบว่าในพื้นที่ป่าไม้หรือ
พื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมลำธาร แสงอาทิตย์จะส่องลงสู่ลำธารได้น้อย และพลังงานจากรังสีของ
ดวงอาทิตย์ถูกใช้ไปในกระบวนการคายระเหย (evapotranspiration) มาก อุณหภูมิของอากาศและน้ำ
ในลำธารในพื้นที่ป่าไม้จึงต่ำและเย็น ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก

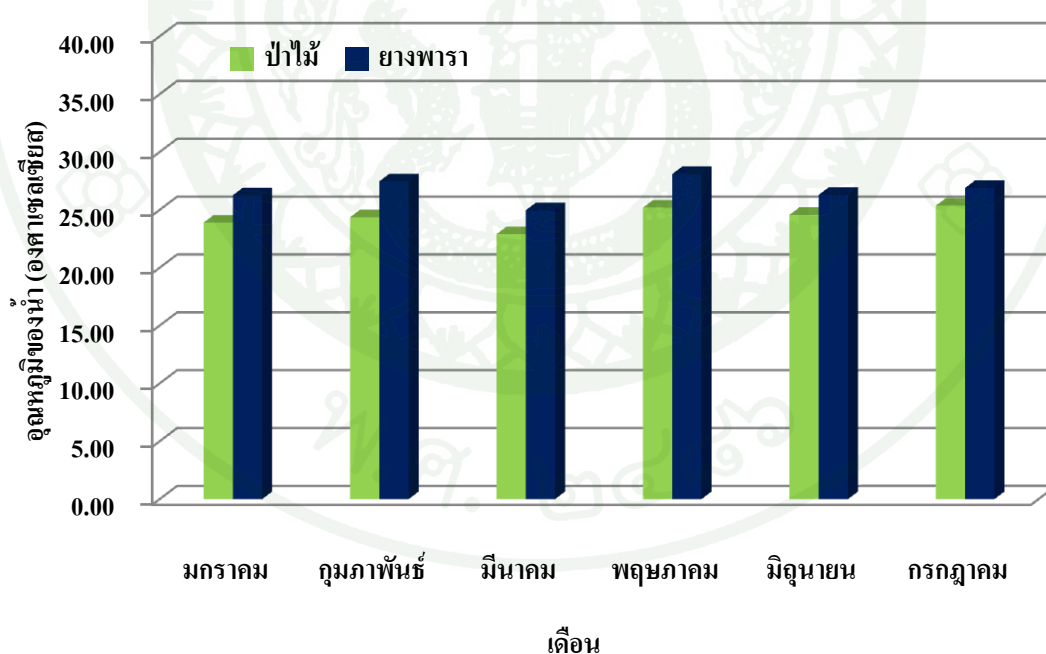
ตารางที่ 18 อุณหภูมิของน้ำในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา
บริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	อุณหภูมิ ^{น้ำ} (องศาเซลเซียส)					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	23.00	24.30	24.40	25.90	26.50	26.40
กุมภาพันธ์	23.90	24.90	24.30	26.70	28.00	27.70
มีนาคม	23.10	23.00	22.60	25.40	25.40	24.10
พฤษภาคม	24.40	25.50	25.70	27.70	28.50	28.10
มิถุนายน	24.00	24.10	25.60	25.70	26.50	26.70
กรกฎาคม	24.70	25.10	26.30	26.60	26.30	27.80
ค่าเฉลี่ย	23.85	24.48	24.82	26.33	26.87	26.80

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

เดือน	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)		P-value
	ป่าไม้	ยางพารา	
มกราคม	23.90	26.27	-
กุมภาพันธ์	24.37	27.47	-
มีนาคม	22.90	24.97	-
พฤษภาคม	25.20	28.10	-
มิถุนายน	24.57	26.30	-
กรกฎาคม	25.37	26.90	-
ค่าเฉลี่ย	24.38 ± 0.91	26.67 ± 1.09	0.0027**

หมายเหตุ ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99



ภาพที่ 16 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลากพบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ในช่วงแล้งและช่วงหลากมีค่าเท่ากับ 23.72 ± 0.75 และ 25.04 ± 0.42 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราในช่วงแล้งและช่วงหลากมีค่าเท่ากับ 26.23 ± 1.25 และ 27.10 ± 0.92 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลของแต่ละพื้นที่ที่ลุ่มน้ำตัวแทน พบว่าทั้งพื้นที่ตัวแทนป่าไม้และยางพารา ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำในช่วงแล้งมีค่าต่ำกว่าในช่วงหลากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 20 เนื่องจากในช่วงฤดูแล้งคือเดือน มกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยค่อนข้างต่ำกว่าทุกเดือนจึงทำให้อุณหภูมิของน้ำลดต่ำลงไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของสัทธา (2529) ดวงจิตต์ (2532) และพัชรา (2536) พบว่าค่าอุณหภูมิของน้ำจะผันแปรตามอุณหภูมิอากาศและฤดูกาล โดยในฤดูร้อนและฤดูฝนใกล้เคียงกันและอุณหภูมิลดลงอย่างเด่นชัดในฤดูหนาว นอกจากนี้ในช่วงหลากคือเดือน พฤษภาคม มิถุนายน และกรกฎาคม น้ำในลำธารมีตะกอนแขวนลอย และความชุ่มชื้นสูงจึงช่วยดูดซับความร้อนที่ส่งมายังผิวน้ำด้วยจึงทำให้อุณหภูมิน้ำในช่วงหลากสูงกว่าในช่วงแล้งเพียงเล็กน้อย

จากผลการศึกษาอุณหภูมิของน้ำทั้งลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีพิสัยอยู่ระหว่าง 20 – 35 องศาเซลเซียส (เกษม, 2530) พบว่าในพื้นที่ศึกษาค่าอุณหภูมิของน้ำอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของลุ่มน้ำ ตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	อุณหภูมิน้ำ (องศาเซลเซียส)	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแล้ง	23.72 ± 0.75	26.23 ± 1.25
ช่วงหลาก	25.04 ± 0.42	27.10 ± 0.92
P-value	0.0562 ^{ns}	0.3877 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2) ความขุ่นของน้ำ (turbidity)

จากการศึกษาความขุ่นของน้ำ พบว่า กลุ่มน้ำป่าไม่มีค่าความขุ่นอยู่ระหว่าง 1.06 – 315.00 เอ็นทียู โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีค่าความขุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 4.23, 58.26 และ 12.07 เอ็นทียู ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนยางพารามีค่าความขุ่นอยู่ระหว่าง 7.61 – 198.00 เอ็นทียู โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีค่าความขุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 40.30, 17.07 และ 63.70 เอ็นทียู ตามลำดับ ดังตารางที่ 21 ซึ่งค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา คือ 24.85 ± 41.90 และ 40.35 ± 32.99 เอ็นทียู ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 22 และภาพที่ 17 เนื่องจากในพื้นที่ยางพารามีลักษณะเปิดโล่งมากกว่าพื้นที่ป่าไม้ตามธรรมชาติ เมื่อฝนตกเม็ดฝนจะตกกระทบผิวดินโดยตรง ทำให้เกิดการชะล้างพังทลาย พัดพาตะกอนดิน เศษซากเหลือ อินทรีย์วัตถุต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำได้ง่ายกว่าพื้นที่ป่าไม้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ อนันตศักดิ์ (2525) พบว่าความหนักเบาและการกระจายตัวของฝนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อความขุ่นของน้ำในลำธาร สิ่งปกคลุมดิน ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกิจกรรมของมนุษย์ ก็เป็นปัจจัยที่ทำให้ความขุ่นของน้ำในแหล่งน้ำแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน เช่น เดียวกับการศึกษาของสุรจิต (2530) พบว่า ความขุ่นของน้ำในลำธารบริเวณพื้นที่ธรรมชาติมีค่าความขุ่นเฉลี่ยต่ำกว่าบริเวณอื่น และ วรางค์ลักษณ์ และชัยวัฒน์ (2548) พบว่าความขุ่นของน้ำจากพื้นที่เกษตรจะผันแปรตามปริมาณน้ำฝน และฤดูกาล และปริมาณความขุ่นในพื้นที่เกษตรมีค่าสูงกว่าในพื้นที่ป่าไม้ตามธรรมชาติ

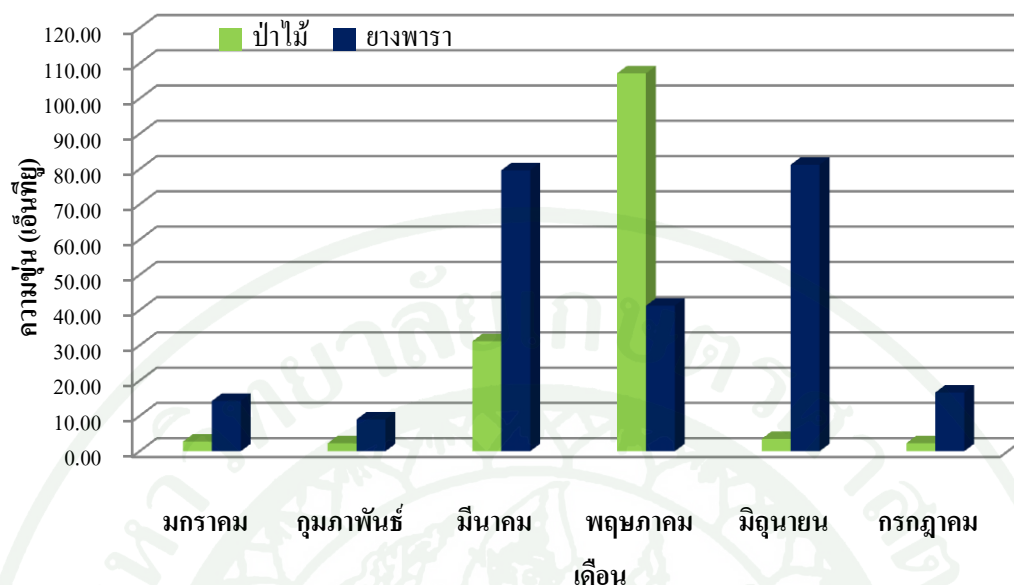
ตารางที่ 21 ความชุ่มชื้นของน้ำในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา บริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	ความชุ่ม (เอ็นทียู)					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	4.02	1.71	2.46	12.90	10.60	19.30
กุมภาพันธ์	3.37	1.06	2.31	9.17	10.30	7.61
มีนาคม	10.10	23.60	59.80	12.70	28.30	198.00
พฤษภาคม	3.08	315.00	3.39	14.60	15.10	94.10
มิถุนายน	2.92	4.80	2.85	175.00	25.50	43.20
กรกฎาคม	1.86	3.40	1.61	17.40	12.60	20.00
ค่าเฉลี่ย	4.23	58.26	12.07	40.30	17.07	63.70

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยความชุ่มชื้นของน้ำระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำ ตัวแทนยางพารา

เดือน	ความชุ่ม (เอ็นทียู)		
	ป่าไม้	ยางพารา	P-value
มกราคม	2.73	14.27	-
กุมภาพันธ์	2.25	9.03	-
มีนาคม	31.17	79.67	-
พฤษภาคม	107.16	41.27	-
มิถุนายน	3.52	81.23	-
กรกฎาคม	2.29	16.67	-
ค่าเฉลี่ย	24.85 ± 41.90	40.35 ± 32.99	0.4927 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 17 ค่าเฉลี่ยความชื้นของน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลาก พบว่าค่าเฉลี่ยความชื้นของน้ำกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ในช่วงแล้งและช่วงหลากมีค่าเท่ากับ 12.05 ± 16.56 และ 37.66 ± 60.19 เอนทิยู ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความชื้นของน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราในช่วงแล้งและช่วงหลากมีค่าเท่ากับ 34.32 ± 39.36 และ 46.39 ± 32.59 เอนทิยู ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลของแต่ละพื้นที่กลุ่มน้ำตัวแทน พบว่าทั้งพื้นที่ตัวแทนป่าไม้และยางพารา ค่าเฉลี่ยความชื้นของน้ำในช่วงแล้งมีค่าต่ำกว่าในช่วงหลากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 23 เนื่องจากทั้งสองพื้นที่ในช่วงหลากได้รับอิทธิพลของฝน สอดคล้องกับ วีรศักดิ์ (2526) และ พงษ์ศักดิ์ (2535) ที่กล่าวว่าความชื้นของน้ำจะแปรผันตามปริมาณที่ฝนตก ความหนักเบา และการกระจายตัวของฝน เช่นเดียวกับ พันธ์ (2528) ที่กล่าวว่าความชื้นของน้ำมีค่ามากที่สุดในฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงฤดูฝนปริมาณน้ำในลำธารของกลุ่มน้ำมาจากฝนที่ไหลบ่าตามหน้าดิน ฝนทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินทำให้ค่าความชื้นของน้ำมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ วัชรพร (2540) ที่พบว่าทั้งในพื้นที่ทำไร่เลื่อนลอย พื้นที่ป่าธรรมชาติ และพื้นที่เลี้ยงสัตว์ ค่าเฉลี่ยความชื้นสูงสุดในฤดูฝน

จากผลการศึกษาความขุ่นของน้ำทั้งลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทน
ยางพาราเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีพิสัยอยู่
ระหว่าง 25 – 75 NTU (เกษม, 2530) พบว่าค่าความขุ่นของน้ำในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของลุ่มน้ำ ตัวแทนป่าไม้และลุ่ม
น้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	ความขุ่น (เอ็นทียู)	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแล้ง	12.05 ± 16.56	34.32 ± 39.36
ช่วงหลาก	37.66 ± 60.19	46.39 ± 32.59
P-value	0.5166 ^{ns}	0.7034 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3) ของแข็งทั้งหมดในน้ำ (total solids)

จากการศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำ พบว่า ลุ่มน้ำป่าไม้มีปริมาณ
ของแข็งทั้งหมดในน้ำอยู่ระหว่าง 23.00 – 386.00 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มี
ปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 36.50, 242.50 และ 36.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับ
ในพื้นที่ตัวแทนยางพารา มีปริมาณของแข็งทั้งหมดอยู่ระหว่าง 66.00 – 233.00 มิลลิกรัมต่อลิตร
โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 103.33, 144.17 และ 116.33
มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 24 ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดในลุ่มน้ำตัวแทนป่า
ไม้มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดในลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา คือ 105.06 ± 28.64 และ
 121.28 ± 27.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าไม่
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 25 และภาพที่ 18
เนื่องจากในพื้นที่ยางพารา มีกิจกรรมทางการเกษตร เช่น การไถพรวนเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูก การใส่
ปุ๋ยในพื้นที่ เป็นต้น จึงส่งผลทำให้มีการชะล้างตะกอนดิน เศษซากใบ รวมทั้งปุ๋ยจากพื้นที่ลงสู่
แหล่งน้ำ ซึ่งในพื้นที่ป่ามีสิ่งปกคลุมดินที่ดีกว่า ช่วยลดแรงกระแทกของเม็ดฝนที่มีต่อผิวดิน รวมทั้ง
ช่วยลดการชะล้างของหน้าดินโดยน้ำไหลบ่าหน้าดินก็มีน้อย และมีการรบกวนจากกิจกรรมมนุษย์

น้อยมาก สอดคล้องกับผลการศึกษาของ วิบูลย์ (2539) พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงทั้งหมดในน้ำในพื้นที่เกษตรสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ สาเหตุเนื่องจากการชะล้างพังทลายในพื้นที่เกษตรที่สูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ เช่นเดียวกับ สัทธา (2529) พบว่าของแรงทั้งหมดในน้ำจะมีค่าต่ำสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าไม้ และสูงขึ้นในพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชน และสอดคล้องกับการศึกษาของ นภาพร (2551) พบว่าค่าของแรงทั้งหมดในน้ำลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้มีค่าน้อยกว่าลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ผสมเกษตรกรรมและลุ่มน้ำตัวแทนเกษตรกรรม ซึ่งดวงจิตต์ (2532) กล่าวว่าปริมาณของแรงทั้งหมดในน้ำเกิดจากปัจจัยที่มีอิทธิพลหลายประการด้วยกัน คือ ลักษณะและช่วงการใช้ที่ดิน ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำ และปริมาณฝน

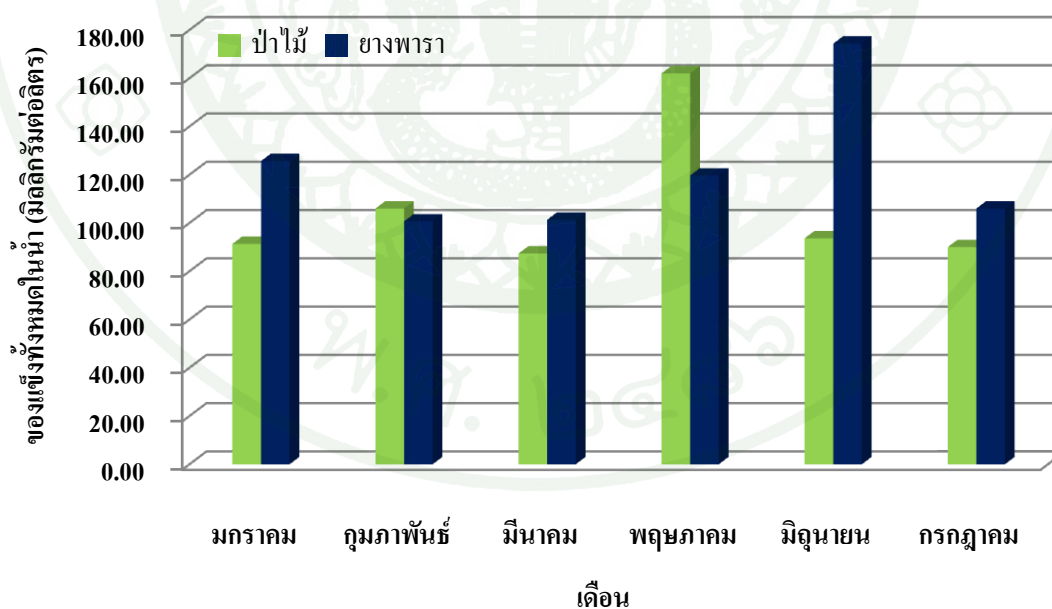
ตารางที่ 24 ปริมาณของแรงทั้งหมดในน้ำแต่ละเดือนของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทน
ยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	ของแรงทั้งหมดในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	27.00	216.00	31.00	97.00	179.00	101.00
กุมภาพันธ์	51.00	222.00	45.00	74.00	120.00	108.00
มีนาคม	24.00	215.00	23.00	70.00	141.00	93.00
พฤษภาคม	53.00	386.00	47.00	66.00	125.00	168.00
มิถุนายน	36.00	202.00	43.00	233.00	160.00	130.00
กรกฎาคม	28.00	214.00	28.00	80.00	140.00	98.00
ค่าเฉลี่ย	36.50	242.50	36.17	103.33	144.17	116.33

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดคือน้ำในระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และกลุ่มน้ำตัวแทน
ยางพารา

เดือน	ของแข็งทั้งหมดคือน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)		P-value
	ป่าไม้	ยางพารา	
มกราคม	91.33	125.67	-
กุมภาพันธ์	106.00	100.67	-
มีนาคม	87.33	101.33	-
พฤษภาคม	162.00	119.67	-
มิถุนายน	93.67	174.33	-
กรกฎาคม	90.00	106.00	-
ค่าเฉลี่ย	105.06 ± 28.64	121.28 ± 27.90	0.3438 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดคือน้ำในน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลาก พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ในช่วงแล้งและช่วงหลากมีค่าเท่ากับ 94.89 ± 9.83 และ 115.22 ± 40.55 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราในช่วงแล้งและช่วงหลากมีค่าเท่ากับ 109.22 ± 14.25 และ 133.33 ± 36.16 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลของแต่ละพื้นที่กลุ่มน้ำตัวแทน พบว่าทั้งพื้นที่ตัวแทนป่าไม้และยางพารา ค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดในน้ำในช่วงแล้งมีค่าต่ำกว่าในช่วงหลากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 26 เนื่องจากในช่วงหลากมีปริมาณฝนตกในพื้นที่มาก เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมากก่อให้เกิดกระบวนการชะล้างมากด้วยส่งผลในค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดในน้ำในช่วงฤดูหลากมีค่าสูงกว่าในฤดูแล้ง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ อนุชา (2534) ที่พบว่าค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำผันแปรตามฤดูกาล คือ ค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำจะมีค่ามากที่สุดในการฝนรองลงมาคือฤดูแล้งและต่ำสุดในฤดูหนาว

จากผลการศึกษาของแข็งทั้งหมดในน้ำทั้งกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีพิสัยอยู่ระหว่าง 100 – 500 มิลลิกรัมต่อลิตร (เกษม, 2530) พบว่าค่าของแข็งทั้งหมดในน้ำในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดในน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	ของแข็งทั้งหมดในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแล้ง	94.89 ± 9.83	109.22 ± 14.25
ช่วงหลาก	115.22 ± 40.55	133.33 ± 36.16
P-value	0.4462 ^{ns}	0.3431 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4) ของแข็งแขวนลอย (suspended solids)

จากการศึกษาปริมาณของแข็งแขวนลอย พบว่า กลุ่มน้ำป่าไม่มีปริมาณของแข็งแขวนลอย อยู่ระหว่าง 3.10 – 199.20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 16.22, 46.97 และ 12.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนยางพารา มีปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ระหว่าง 7.20 – 185.30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีปริมาณของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยเท่ากับ 52.20, 38.07 และ 36.70 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 27 ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา คือ 25.17 ± 29.72 และ 42.32 ± 26.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 28 และ ภาพที่ 19 เนื่องจากในพื้นที่ป่าไม่มีสิ่งปกคลุมดินที่ดี มีความหลากหลายของพืชพรรณ มีจำนวนชั้นเรือนยอดหลายชั้น ทำให้ป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งจะลดแรงกระแทกของเม็ดฝนได้ดีกว่าพื้นที่ยางพารา ที่มีจำนวนชั้นเรือนยอดเพียงชั้นเดียว ถึงแม้มีความลาดชันของพื้นที่ป่าไม่มีมากกว่าในพื้นที่ยางพารา โดยพื้นที่ตัวแทนป่าไม่มี สถานี F_1, F_2 และ F_3 มีความชันเฉลี่ย 28.1, 13.26 และ 35.26 ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ตัวแทนยางพารา สถานี R_1, R_2 และ R_3 มีความชันเฉลี่ย 3.36, 5.61 และ 7.04 ตามลำดับ สอดคล้องกับ อภิชาติ (2536) พบว่าการสูญเสียดินในแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอิทธิพลของพืชพรรณในแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นๆ เช่นเดียวกับการศึกษาของ พงษ์ศักดิ์ และ พิณทิพย์ (2552) พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนพื้นที่ป่าไม้เป็นสวนยางพารา ส่งผลให้ความสามารถสูงสุดของเรือนยอดในการรองรับน้ำฝนลดลงจาก 13 มม. เป็น 8 มม. ซึ่ง ส่งผลทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาที่ผิวดินมีจำนวนมากขึ้น ในขณะที่ความรุนแรงในการตกจะมีมากขึ้นด้วย โดยเป็นผลมาจากเม็ดฝนที่รวมตัวกันบนเรือนยอดของต้นยางพารา กลายเป็นหยดน้ำฝนขนาดใหญ่ เมื่อตกลงสู่พื้นดินโดยตรงเพราะมีเรือนยอดเพียงชั้นเดียว จะทำให้พลังงานจลน์ (kinetic energy) ในการตกของเม็ดฝนมีค่าที่สูงมาก แรงตกกระทบของเม็ดฝนทำให้ผิวดินถูกอัดแน่นและดูดซับน้ำฝนได้น้อยลง นอกจากนี้ระบบรากที่เหลืออยู่เพียงชั้นเดียวของสวนยางพารา ทำให้ชั้นดินเกิดความแน่นทึบ การเก็บกักและระบายน้ำลดลงเช่นกัน เมื่อดินดูดซับน้ำฝนได้น้อยลง น้ำฝนที่ตกไหลลงสู่ที่ต่ำอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดการกัดชะผิวดินออกไปจากพื้นที่มากกว่าพื้นที่ป่าไม้

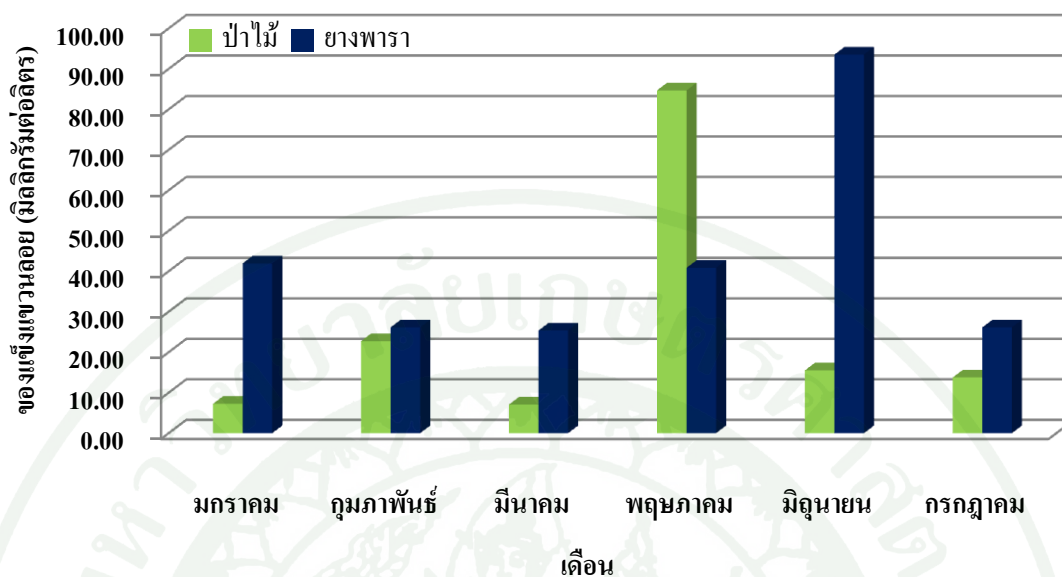
ตารางที่ 27 ปริมาณของแข็งแขวนลอยในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทน
ยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	7.80	8.20	5.80	39.00	79.30	7.50
กุมภาพันธ์	30.50	17.60	20.10	19.70	37.80	20.90
มีนาคม	4.40	13.70	3.10	21.70	29.10	25.30
พฤษภาคม	32.70	199.20	22.10	20.70	7.20	94.60
มิถุนายน	14.80	13.80	17.90	185.30	48.80	46.50
กรกฎาคม	7.10	29.30	4.90	26.80	26.20	25.40
ค่าเฉลี่ย	16.22	46.97	12.32	52.20	38.07	36.70

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทน
ยางพารา

เดือน	ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ป่าไม้	ยางพารา	P-value
มกราคม	7.27	41.93	-
กุมภาพันธ์	22.73	26.13	-
มีนาคม	7.07	25.37	-
พฤษภาคม	84.67	40.83	-
มิถุนายน	15.50	93.53	-
กรกฎาคม	13.77	26.13	-
ค่าเฉลี่ย	25.17 ± 29.72	42.32 ± 26.22	0.3140 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลากพบว่า โดยค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ในช่วงแล้งและช่วงหลากมีค่าเท่ากับ 12.36 ± 8.99 และ 37.98 ± 40.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราในช่วงแล้งและช่วงหลากมีค่าเท่ากับ 31.14 ± 9.35 และ 53.50 ± 35.44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลของแต่ละพื้นที่กลุ่มน้ำตัวแทนพบว่าทั้งพื้นที่ตัวแทนป่าไม้และยางพารา ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยในช่วงแล้งมีค่าต่ำกว่าในช่วงหลากและไม่มีมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 29 เนื่องจาก ในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำในลำธารน้อย น้ำไหลช้าจึงทำให้สารแขวนลอยเกิดการตกตะกอน และในช่วงหลากได้รับอิทธิพลของฝน ซึ่งสอดคล้องกับ วัชรินทร์ (2540) และ ธิดาพร (2540) พบว่าปริมาณของแข็งแขวนลอยจะมีค่าสูงสุดในฤดูฝน รองลงมาคือฤดูร้อน และต่ำสุดในฤดูหนาว เพราะในฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำช่วยชะล้างดิน ตะกอนแขวนลอยต่างๆลงสู่ลำน้ำมาก

จากผลการศึกษาของแข็งแขวนลอยทั้งกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งแขวนลอยในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีพิสัยอยู่ระหว่าง 25 – 80 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528) พบว่า ค่าของแข็งแขวนลอยในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และ
กลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแล้ง	12.36 ± 8.99	31.14 ± 9.35
ช่วงหลาก	37.98 ± 40.44	53.50 ± 35.44
P-value	0.3444 ^{ns}	0.3504 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5) ของแข็งที่ละลายน้ำ (total dissolved solids)

จากการศึกษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ พบว่า กลุ่มน้ำป่าไม้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ อยู่ระหว่าง 19.20 – 207.80 มิลลิกรัมต่อลิตรโดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ เฉลี่ยเท่ากับ 20.28, 195.53 และ 23.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนยางพารามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำอยู่ระหว่าง 45.30 – 117.80 โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 51.13, 106.10 และ 79.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ตารางที่ 30 ซึ่งค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเพียงเล็กน้อยคือ 79.89 ± 3.22 และ 78.96 ± 3.33 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 31 และภาพที่ 20 เนื่องจากในพื้นที่ป่าไม้ ลักษณะทางธรณีวิทยาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นภูเขาหินปูน เมื่อฝนซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน พีเอชประมาณ 6.5 (สิทธิชัย, 2549) ตกลงมาจะชะล้างธาตุ แคลเซียม และแมกนีเซียมคาร์บอเนตที่เป็นองค์ประกอบหลักของภูเขาหินปูนแตกตัวเป็นไอออนลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและใต้ดิน ประกอบกับเป็นพื้นที่ลาดชันเชิงชันซึ่งง่ายต่อการชะล้างจึงส่งผลให้ค่าของแข็งที่ละลายน้ำมีค่าสูงกว่าพื้นที่ตัวแทนยางพาราเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับการศึกษาของ รัชนิกุล (2527) พบว่าในพื้นที่ที่มีโครงสร้างทางธรณีประกอบด้วยภูเขาหินปูน (limestone) จะตรวจพบความเข้มข้นของแข็งที่ละลายน้ำสูงกว่าจุดอื่น

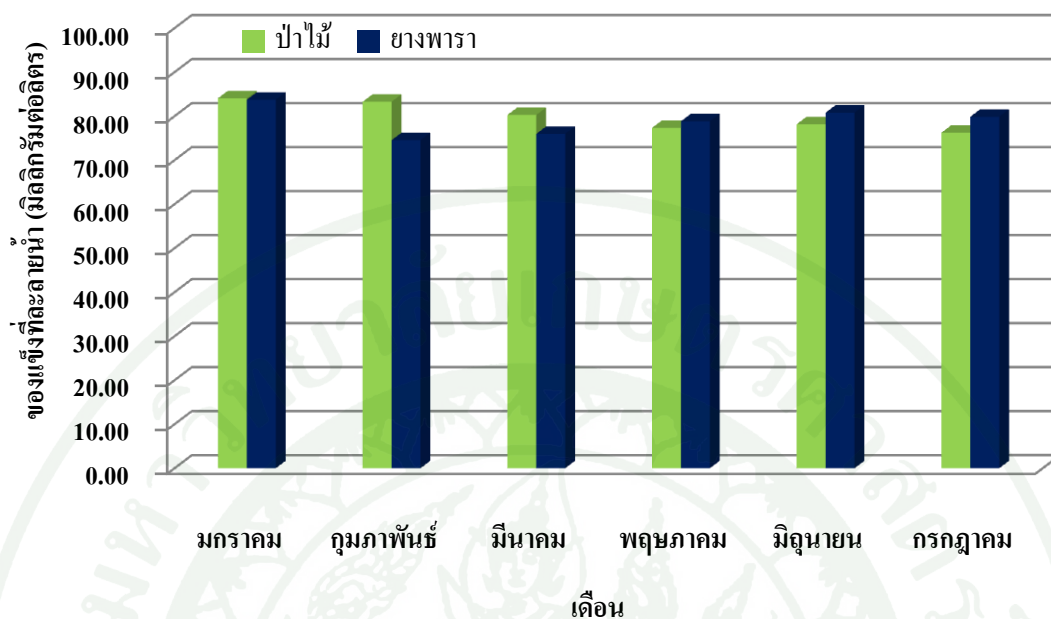
ตารางที่ 30 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทน
ยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	ของแข็งที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	19.20	207.80	25.20	58.00	99.70	93.50
กุมภาพันธ์	20.50	204.40	24.90	54.30	82.20	87.10
มีนาคม	19.60	201.30	19.90	48.30	111.90	67.70
พฤษภาคม	20.30	186.80	24.90	45.30	117.80	73.40
มิถุนายน	21.20	188.20	25.10	47.70	111.20	83.50
กรกฎาคม	20.90	184.70	23.10	53.20	113.80	72.60
ค่าเฉลี่ย	20.28	195.53	23.85	51.13	106.10	79.63

ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทน
ยางพารา

เดือน	ของแข็งที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ป่าไม้	ยางพารา	P-value
มกราคม	84.07	83.73	-
กุมภาพันธ์	83.27	74.53	-
มีนาคม	80.27	75.97	-
พฤษภาคม	77.33	78.83	-
มิถุนายน	78.17	80.80	-
กรกฎาคม	76.23	79.87	-
ค่าเฉลี่ย	79.89 ± 3.22	78.96 ± 3.33	0.6325 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนขางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลาก ดังตารางที่ 32 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ ในช่วงแล้งสูงกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 82.53 ± 2.00 และ 77.24 ± 0.97 44 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจาก ในช่วงแล้งนั้นลำธารจะได้ น้ำหล่อเลี้ยงจากน้ำใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ น้ำใต้ดินจะนำสารละลายจากการสลายตัวของหินสู่น้ำผิวดิน ในปริมาณปกติ แต่น้ำผิวดินมีปริมาณน้อย ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำมีความเข้มข้นสูง ในขณะที่ในช่วงน้ำหลากมีฝนตกชุกทำให้น้ำผิวดินมีมาก ความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายน้ำจึงเจือจางลง ถึงแม้จะมีการชะล้างสารละลายจากพื้นดินสู่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับ รัชนิกุล (2527) พบว่าของแข็งที่ละลายน้ำในช่วงหน้าแล้งจะมากกว่าในช่วงหลากประมาณสอง เท่า เช่นเดียวกับ นราธิป (2543) พบว่าค่าเฉลี่ยของแข็งที่ละลายน้ำจะต่ำสุดในช่วงฤดูฝน และจะ สูงสุดในช่วงฤดูร้อน เนื่องจากในช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิของน้ำในแม่น้ำสูงจึงมีส่วนทำให้การ ละลาย อินทรีย์สารและอนินทรีย์สารต่างในน้ำเป็นไปได้ดียิ่งขึ้น ส่วนลุ่มน้ำตัวแทนขางพารา ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในช่วงแล้งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในช่วง หลาก มีค่าเท่ากับ 78.08 ± 5.00 และ 79.83 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจาก ในพื้นที่ขางพารา มีกิจกรรมในพื้นที่

เช่นการเปิดหน้าดิน การไถพรวน ซึ่งจะง่ายต่อการชะล้างพังทลาย อีกทั้งมีการใส่ปุ๋ยในพื้นที่ ช่วงหลากจะมีปริมาณฝนตกมาก ปุ๋ยที่อยู่บนผิวน้ำดินจะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำและแตกตัว ส่งผลให้ในพื้นที่บางพาราปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในช่วงหลากมีค่าสูงกว่าในช่วงแล้ง สอดคล้องกับไพพรรณ (2525) กล่าวว่า ความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายน้ำจะแปรผันตามปัจจัยหลายอย่าง ซึ่งปัจจัยที่สำคัญคือกระบวนการพังทลายชะหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำ โดยเฉพาะช่วงหลาก เมื่อดำน้ำผ่านแหล่งชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมมาก จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารละลายในแหล่งน้ำตามไปด้วย

จากผลการศึกษาของแข็งที่ละลายน้ำทั้งลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนบางพาราเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีค่าไม่เกิน 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร (ณรงค์, 2525) พบว่าของแข็งที่ละลายน้ำในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ยของแข็งที่ละลายน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนบางพารา

ฤดูกาล	ของแข็งที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ป่าไม้	บางพารา
ช่วงแล้ง	82.53 ± 2.00	78.08 ± 5.00
ช่วงหลาก	77.24 ± 0.97	79.83 ± 0.98
P-value	0.1105 ^{ns}	0.5793 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6) การนำไฟฟ้า (electrical conductivity)

จากการศึกษาค่าการนำไฟฟ้า พบว่า ลุ่มน้ำป่าไม้มีค่าการนำไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 28.40 – 373.60 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 30.72, 339.13 และ 37.25 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนบางพารา มีค่าการนำไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 72.50 – 258.90 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 80.33, 192.88 และ 132.75 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร

ตามลำดับ ตารางที่ 33 ซึ่งค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเพียงเล็กน้อยคือ 135.70 ± 12.52 และ 135.32 ± 14.91 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของการนำไฟฟ้ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 34 และภาพที่ 21 เนื่องจากในพื้นที่ป่าไม้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสูงจึงส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงด้วย สอดคล้องกับ โมตรีและจารุวรรณ (2528) กล่าวว่า ค่าการนำไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนหรือปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ซึ่งในพื้นที่ป่าไม้มีลักษณะธรณีเป็นภูเขาหินปูน จะสามารถละลายแตกตัวให้ Ca^{2+} Mg^{2+} และ HCO_3^- ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีให้กับแหล่งน้ำ (ณรงค์, 2525) สำหรับพงษ์ศักดิ์ (2535) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีค่าแปรผันกับอนินทรีย์วัตถุ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำ ความเร็วของน้ำในลำธาร

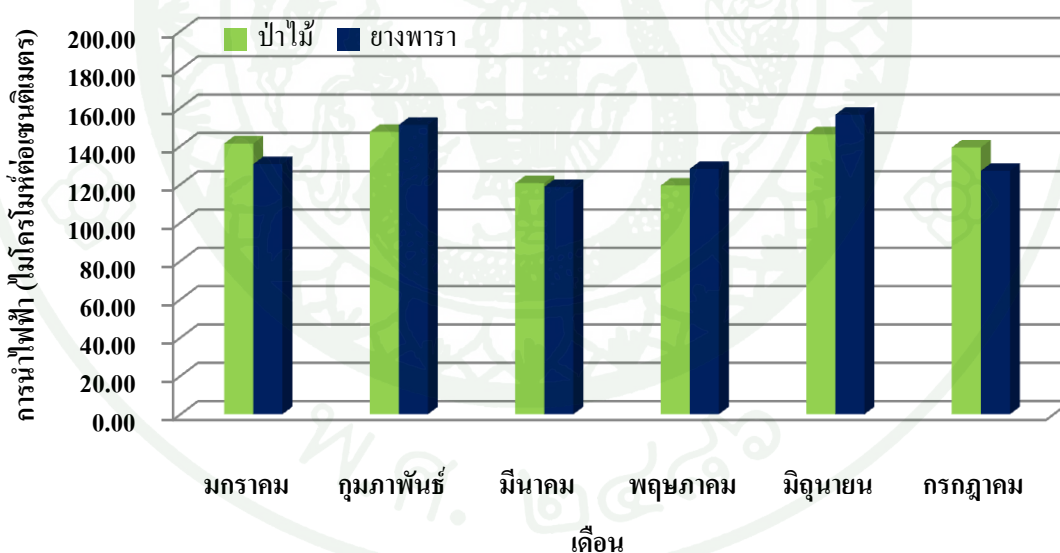
ตารางที่ 33 ค่าการนำไฟฟ้าในแต่ละเดือนของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา บริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	การนำไฟฟ้า (ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร)					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	28.40	357.30	38.30	88.90	155.20	147.60
กุมภาพันธ์	30.80	373.60	37.80	84.40	195.80	173.00
มีนาคม	29.60	302.50	29.80	76.10	176.00	104.00
พฤษภาคม	31.00	288.30	38.90	72.50	192.40	119.50
มิถุนายน	32.50	366.70	39.20	75.60	258.90	134.70
กรกฎาคม	32.00	346.40	39.50	84.50	179.00	117.70
ค่าเฉลี่ย	30.72	339.13	37.25	80.33	192.88	132.75

ตารางที่ 34 ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

เดือน	การนำไฟฟ้า (ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร)		
	ป่าไม้	ยางพารา	P-value
มกราคม	141.33	130.57	-
กุมภาพันธ์	147.40	151.07	-
มีนาคม	120.63	118.70	-
พฤษภาคม	119.40	128.13	-
มิถุนายน	146.13	156.40	-
กรกฎาคม	139.30	127.07	-
ค่าเฉลี่ย	135.70 $\pm$ 12.52	135.32 $\pm$ 14.91	0.9630 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 21 ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลาก ดังตารางที่ 35 พบว่าค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ในช่วงแล้งมีค่าสูงกว่า ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในช่วงหลากเพียงเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 136.46 ± 14.03 และ 134.94 ± 13.89 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจาก ในฤดูแล้งปริมาณน้ำในลำน้ำ

จะมีปริมาณลดน้อยลงกว่าฤดูหนาว ทำให้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์มีค่าเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ อรพินท์ (2535) กล่าวว่าในฤดูฝน ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากปริมาณน้ำในลำน้ำมีมาก ความเข้มข้นของสารต่างๆจะมีค่าน้อยลง ส่วนในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราในช่วงแล้งค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในช่วงแล้งน้อยกว่าในช่วงหลาก เพียงเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 133.44 ± 16.37 และ 137.20 ± 16.64 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ และ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจาก ในพื้นที่ยางพารา มีกิจกรรมการใช้น้ำ และสารเคมี เมื่อฝนตกลงในพื้นที่จะชะล้างไหลบ่าพัดพา ตะกอนธาตุอาหารพืช เกลือแร่ ยาฆ่าแมลง และสารอื่นๆ ลงสู่แหล่งน้ำ จึงส่งผลให้ในพื้นที่ยางพาราในช่วงหลากมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าในช่วงแล้ง ซึ่งกรณีการ (2522) กล่าวว่าสารประกอบอินทรีย์เบส และเกลือ เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีเพราะเมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวให้อิออนที่นำไฟฟ้าได้ เช่นเดียวกับ วัชรพร (2540) พบว่าในพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดในช่วงฤดูฝน เนื่องจากในฤดูฝนจะเกิดกระบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดินทำให้เกิดการชะล้างธาตุอาหาร และอิออนต่างๆ จากพื้นที่ลงสู่แหล่งน้ำ

จากผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าทั้งกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีพิสัยอยู่ระหว่าง 150 – 300 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528) พบว่าการนำไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	การนำไฟฟ้า (ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร)	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแล้ง	136.46 ± 14.03	133.44 ± 16.37
ช่วงหลาก	134.94 ± 13.89	137.20 ± 16.64
P-value	0.9009 ^{ns}	0.7943 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

7) ความเป็นกรดค้างของน้ำ (potential of hydrogen activity)

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดค้าง พบว่า กลุ่มน้ำป่าไม่มีค่าความเป็นกรดค้าง อยู่ระหว่าง 6.43 – 8.40 โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีค่าความเป็นกรดค้างเฉลี่ยเท่ากับ 7.38, 8.14 และ 7.27 ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนยางพารา มีค่าความเป็นกรดค้าง อยู่ระหว่าง 6.96 – 8.80 โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีค่าความเป็นกรดค้างเฉลี่ยเท่ากับ 7.47, 7.55 และ 7.30 ตามลำดับ ดังตารางที่ 36 ซึ่งค่าเฉลี่ยความเป็นกรดค้างในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม่มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย ความเป็นกรดค้างในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเพียงเล็กน้อยคือ 7.60 ± 0.33 และ 7.44 ± 0.25 ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดค้างมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตารางที่ 37 และภาพที่ 22 เนื่องจากในพื้นที่ป่าไม่มีลักษณะทางธรณีเป็นภูเขาหินปูน ซึ่งมีแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนตที่เป็นองค์ประกอบจะสามารถแตกตัวเป็นคาร์บอเนตส่งผลให้น้ำค่อนข้างด่างเล็กน้อย จึงส่งผลให้ความเป็นกรดค้างของน้ำในพื้นที่ป่าไม่มีสูงกว่าในพื้นที่ยางพาราเพียงเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับ อนันตศักดิ์ (2525) กล่าวว่าน้ำที่ซึมผ่านบริเวณที่มีหินปูน ระดับความเป็นกรดค้างจะสูงขึ้น เช่นเดียวกับ สิทธิชัย (2549) กล่าวว่าระดับ ความเป็นกรดค้างของน้ำจะผันแปรตามระดับความเป็นกรดค้างของดิน

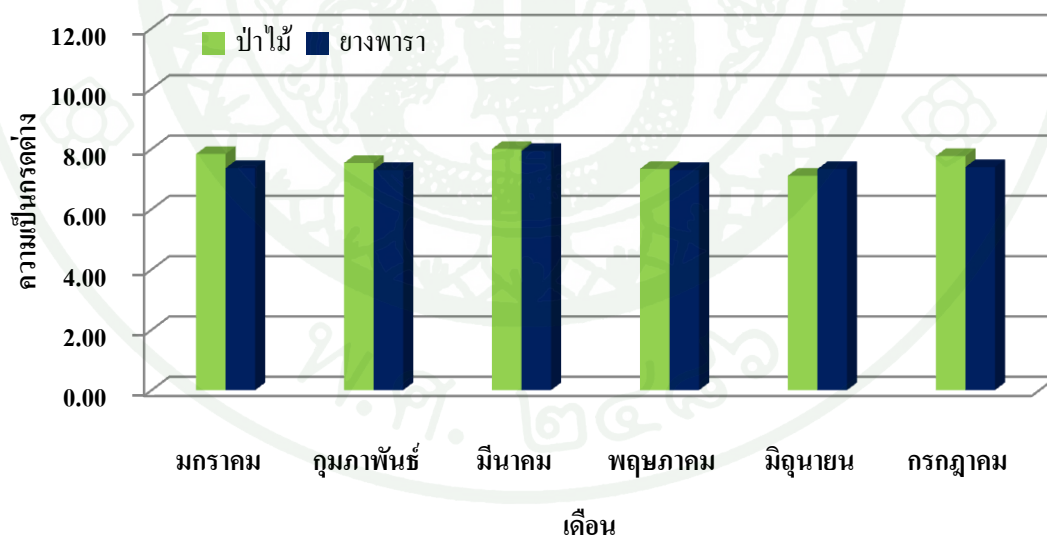
ตารางที่ 36 ค่าความเป็นกรดค้างในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม่มีและกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	ความเป็นกรดค้าง					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	7.90	8.00	7.60	7.14	7.71	7.24
กุมภาพันธ์	6.80	8.10	7.70	6.96	7.58	7.36
มีนาคม	8.40	8.30	7.30	8.80	7.80	7.20
พฤษภาคม	7.23	8.08	6.70	7.30	7.30	7.30
มิถุนายน	6.43	8.08	6.82	7.30	7.40	7.30
กรกฎาคม	7.50	8.30	7.50	7.30	7.50	7.40
ค่าเฉลี่ย	7.38	8.14	7.27	7.47	7.55	7.30

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่างระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

เดือน	ความเป็นกรดต่าง		
	ป่าไม้	ยางพารา	P-value
มกราคม	7.83	7.36	-
กุมภาพันธ์	7.53	7.30	-
มีนาคม	8.00	7.93	-
พฤษภาคม	7.34	7.30	-
มิถุนายน	7.11	7.33	-
กรกฎาคม	7.77	7.40	-
ค่าเฉลี่ย	7.60 ± 0.33	7.44 ± 0.25	0.3711 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่างในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลาก พบว่า ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดค้างของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ ในช่วงแล้งและช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 7.79 ± 0.24 และ 7.40 ± 0.33 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความเป็นกรดค้างของกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราในช่วงแล้งและช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 7.53 ± 0.35 และ 7.34 ± 0.05 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลของแต่ละพื้นที่กลุ่มน้ำตัวแทนพบว่าทั้งพื้นที่ตัวแทนป่าไม้และยางพารา ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดค้างในช่วงแล้งมีค่าสูงกว่าในช่วงหลากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 38 เนื่องจากในช่วงหลากมีปริมาณฝนตกชุก น้ำฝนที่ตกลงมาจะละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศได้กรดคาร์บอนิกทำให้พีเอชของน้ำมีค่าต่ำลงในช่วงหน้าหลาก สอดคล้องกับ พันธ์ (2528) พบว่าพีเอชของน้ำจะสูงที่สุดในฤดูร้อน รองลงมาคือฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูฝน สาเหตุที่พีเอชของน้ำมีค่าสูงในฤดูร้อนและหนาวเนื่องจากในช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำในลำธารน้อย และน้ำที่ไหลลงสู่ลำธารเป็นน้ำใต้ดิน ซึ่งขณะซึมลงไปดินจะละลายพวกคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมในดิน ได้พวกไบคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมจึงทำให้พีเอชสูงขึ้น นอกจากนี้ในช่วงหลาก ปริมาณฝนที่ไหลลงสู่แม่น้ำ ได้พัดเอาสารอินทรีย์ต่างๆ ลงสู่แม่น้ำและเกิดการเน่าสลายของสารอินทรีย์ ส่งผลให้พีเอชมีค่าต่ำลง สอดคล้องกับ หัตถยา (2530) พบว่า การเน่าสลายของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำส่งผลให้ค่าพีเอชมีค่าต่ำลง เช่นเดียวกับ อนันตศักดิ์ (2525) เมื่อฝนตก คาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากที่เกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินและจากจุลินทรีย์ในน้ำ ทำให้พีเอชของน้ำลดต่ำลงกว่าเดิม

จากผลการศึกษาค่าความเป็นกรดค้างของน้ำทั้งกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรดค้างของน้ำในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีพิสัยอยู่ระหว่าง 5 – 9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) พบว่า ความเป็นกรดค้างในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 38 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดต่างระหว่างช่วงแสงกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และ
กลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	ความเป็นกรดต่าง	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแสง	7.79 ± 0.24	7.53 ± 0.35
ช่วงหลาก	7.40 ± 0.33	7.34 ± 0.05
P-value	0.1787 ^{ns}	0.4084 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

8) ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen)

จากการศึกษาค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พบว่า กลุ่มน้ำป่าไม้มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อยู่ระหว่าง 6.05 – 8.79 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 7.53, 7.33 และ 7.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนยางพารา มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อยู่ระหว่าง 4.02 – 6.98 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 6.06, 4.91 และ 5.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 39 ซึ่งค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราคือ 7.41 ± 0.62 และ 5.63 ± 0.58 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังตารางที่ 40 และภาพที่ 23 เนื่องจาก ในพื้นที่ยางพารามีปริมาณสารอินทรีย์ เศษซากพืช ที่ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของคำมิ โอดิที่พบว่าในพื้นที่ยางพารามีค่าสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ จึงส่งผลให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในแหล่งน้ำใช้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เป็นสาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง สอดคล้องการศึกษานพมาศ (2547) พบว่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะลดลงจากพื้นที่ป่าไม้ เมื่อผ่านการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร ประกอบกับในพื้นที่ยางพารามีปริมาณตะกอนแขวนลอยที่สูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ส่งผลต่อการละลายออกซิเจนจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำ สอดคล้องกับ นภาพร (2551) กล่าวว่าของแข็งแขวนลอยในน้ำจะเป็นตัวขัดขวางการละลายออกซิเจนจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำ อีกทั้งในพื้นที่ตัวแทนป่าไม้มีความลาดชันของพื้นที่สูง จึงทำให้

การไหลของน้ำในลำธารมีลักษณะการไหลไม่ราบเรียบ อัตราเดิมออกซิเจนจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำจึงสูงกว่า เช่นเดียวกับ สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า การไหลของน้ำที่มีการไหลเร็วและมีการม้วนตัวเกิดขึ้นมากจะมีออกซิเจนละลายอยู่มากกว่าน้ำที่อยู่นิ่งหรือไหลช้ากว่า นอกจากนี้ ไมตรีและ จารุวรรณ (2528) กล่าวว่า ในลำธารของพื้นที่ป่าไม้ มีอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำสูงจึงส่งผลให้ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูงขึ้น เช่นเดียวกับ ผลการวรรณ (2534) พบว่าพืชน้ำมีอิทธิพลทำให้ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้นจากการสังเคราะห์แสง ซึ่ง นิธิ (2532) กล่าวว่าออกซิเจนที่ละลายน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อัตราการไหลของน้ำ ความลึกของน้ำ อุณหภูมิของน้ำ ความขุ่นของน้ำ ปริมาณพืชน้ำ และการใช้ที่ดิน

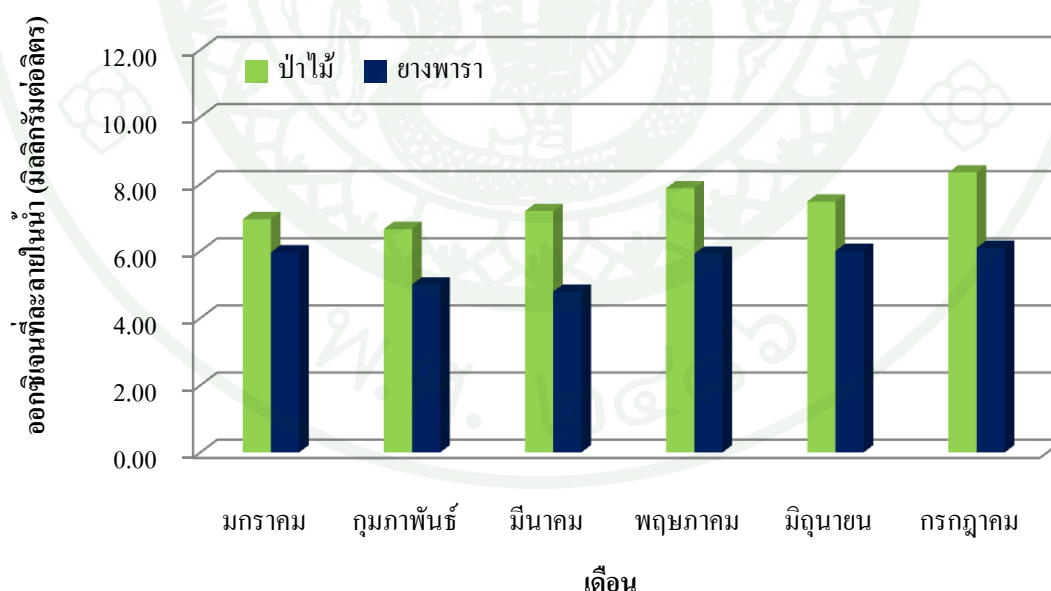
ตารางที่ 39 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	7.26	6.57	7.02	6.17	5.90	5.81
กุมภาพันธ์	6.95	6.05	6.97	5.65	4.02	5.34
มีนาคม	7.47	7.24	6.86	4.83	4.24	5.30
พฤษภาคม	8.02	7.33	8.27	6.60	4.81	6.35
มิถุนายน	7.34	7.98	7.10	6.12	5.53	6.45
กรกฎาคม	8.15	8.79	8.09	6.98	4.96	6.35
ค่าเฉลี่ย	7.53	7.33	7.39	6.06	4.91	5.93

ตารางที่ 40 ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทน
ยางพารา

เดือน	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)		P-value
	ป่าไม้	ยางพารา	
มกราคม	6.95	5.96	-
กุมภาพันธ์	6.66	5.00	-
มีนาคม	7.19	4.79	-
พฤษภาคม	7.87	5.92	-
มิถุนายน	7.47	6.00	-
กรกฎาคม	8.34	6.10	-
ค่าเฉลี่ย	7.41 ± 0.62	5.63 ± 0.58	0.0004**

หมายเหตุ ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99



ภาพที่ 23 ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำในลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลาก พบว่า ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ในช่วงและช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 6.93 ± 0.27 และ 7.90 ± 0.44 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำของกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราในช่วงแล้งและช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 5.25 ± 0.62 และ 6.02 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลของแต่ละพื้นที่กลุ่มน้ำตัวแทน พบว่าทั้งพื้นที่ตัวแทนป่าไม้และยางพารา ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำในช่วงแล้งมีค่าต่ำกว่าในช่วงหลากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 41 เนื่องจาก ในหน้าแล้ง มีปริมาณน้ำน้อย เกิดการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำจึงถูกนำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลาย และลักษณะการไหลราบเรียบ อัตราแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างอากาศกับผิวน้ำเกิดขึ้นน้อย ในขณะที่ในช่วงหน้าหลาก ถึงแม้มีปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดจากการชะล้างของพื้นที่ในปริมาณมากแต่ในช่วงฤดูกาลนี้จะมีน้ำในลำธารปริมาณมากเช่นกัน จึงเกิดการเจือจางของปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ และลักษณะการไหลของน้ำในลำธารมีอัตราการไหลที่ไม่ราบเรียบ ทำให้มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างน้ำกับอากาศได้ดีจึงทำให้ค่าออกซิเจนในช่วงน้ำหลากมีค่าสูงกว่าในช่วงแล้ง สอดคล้องกับพงษ์ศักดิ์ (2535) พบว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะเพิ่มมากขึ้นตามปัจจัยของ ความเร็วของน้ำ ปริมาณน้ำ และการไหลบ่าของน้ำ เช่นเดียวกับ วิบูลย์ (2539) พบว่าค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูฝน

จากผลการศึกษาออกซิเจนที่ละลายในน้ำทั้งกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ (มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3) ซึ่งกำหนดไม่น้อยกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) พบว่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 41 ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแล้ง	6.93 ± 0.27	5.25 ± 0.62
ช่วงหลาก	7.90 ± 0.44	6.02 ± 0.09
P-value	0.1308 ^{ns}	0.1029 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

9) ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (biochemical oxygen demand)

จากการศึกษาค่าบีโอดี พบว่า กลุ่มน้ำป่าไม้มีค่าบีโอดี อยู่ระหว่าง 0.18 – 2.30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 0.69, 0.71 และ 0.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนยางพารา มีค่าบีโอดีอยู่ระหว่าง 0.30 – 3.10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 0.76, 0.61 และ 1.31 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ดังตารางที่ 42 ซึ่งค่าเฉลี่ยบีโอดีในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยบีโอดีในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา คือ 0.72 ± 0.46 และ 0.89 ± 0.41 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของบีโอดีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 43 และ ภาพที่ 24 เนื่องจากในพื้นที่ยางพารามีเศษซากใบที่เกิดจากการผลัดใบของต้นยางพาราในรอบปีทับถมกันปริมาณมาก และมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่ เมื่อชะล้างลงสู่แหล่งน้ำส่งผลให้ค่าบีโอดีในพื้นที่ยางพาราสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ สอดคล้องกับ นภาพร (2551) พบว่าในพื้นที่การเกษตรมีการชะล้างดิน ตะกอนดิน ซากพืชผลทางการเกษตร รวมทั้งปุ๋ยจากการเกษตร ลงสู่แหล่งน้ำส่งผลให้ค่าบีโอดีในพื้นที่เกษตรสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งพื้นที่ป่าไม้มีสิ่งปกคลุมที่ดีกว่าจึงทำให้สามารถป้องกันการชะล้างหน้าดินได้ดีเช่นเดียวกับ สิทธิชัย (2548) และ อูราสี (2549) พบว่า พบว่าปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในพื้นที่การเกษตรสูงกว่าในพื้นที่ป่าไม้

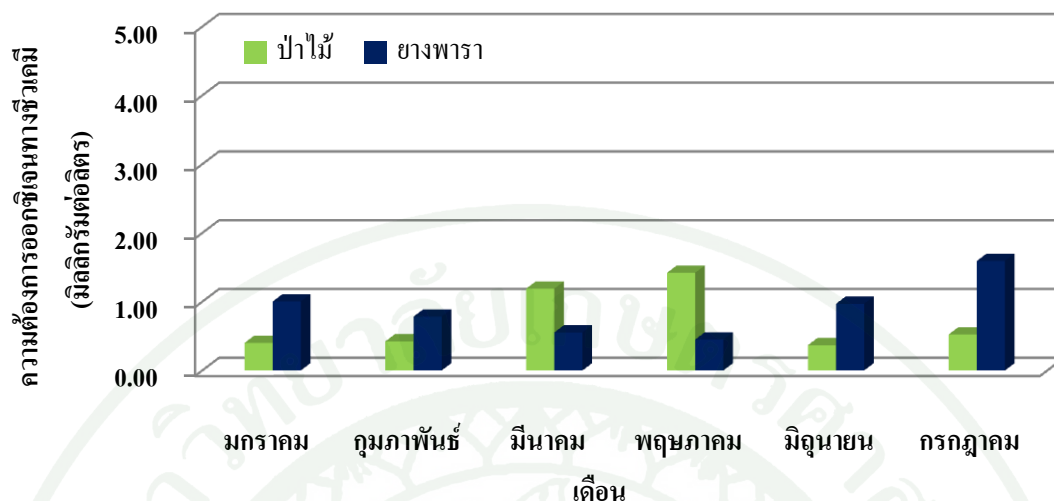
ตารางที่ 42 ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราบริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	0.30	0.45	0.45	0.40	0.61	2.00
กุมภาพันธ์	0.49	0.42	0.36	1.30	0.61	0.44
มีนาคม	1.50	0.57	1.50	0.60	0.48	0.58
พฤษภาคม	0.86	2.30	1.10	0.45	0.30	0.60
มิถุนายน	0.40	0.32	0.38	1.20	0.57	1.14
กรกฎาคม	0.60	0.18	0.79	0.58	1.10	3.10
ค่าเฉลี่ย	0.69	0.71	0.76	0.76	0.61	1.31

ตารางที่ 43 ค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

เดือน	ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ป่าไม้	ยางพารา	P-value
มกราคม	0.40	1.00	-
กุมภาพันธ์	0.42	0.78	-
มีนาคม	1.19	0.55	-
พฤษภาคม	1.42	0.45	-
มิถุนายน	0.37	0.97	-
กรกฎาคม	0.52	1.59	-
ค่าเฉลี่ย	0.72 ± 0.46	0.89 ± 0.41	0.5106 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 24 ค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลาก พบว่า ค่าเฉลี่ยบีโอดีของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ ในช่วงแล้งและช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 0.67 ± 0.45 และ 0.77 ± 0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราค่าเฉลี่ยบีโอดีในช่วงแล้งและช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 0.78 ± 0.23 และ 1.01 ± 0.57 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลของแต่ละพื้นที่กลุ่มน้ำตัวแทน พบว่า ทั้งพื้นที่ตัวแทนป่าไม้และยางพารา ค่าเฉลี่ยบีโอดีในช่วงแล้งมีค่าต่ำกว่าในช่วงหลากและไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 44 เนื่องจากในช่วงหลากจะมีปริมาณฝนตกมาก เกิดกระบวนการน้ำไหลบ่าหน้าดินจึงพัดพาชะล้างสารอินทรีย์ในพื้นที่ลงสู่แหล่งน้ำ สอดคล้องกับ นราธิป (2543) พบว่าค่าเฉลี่ยบีโอดีในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูหนาวและฤดูแล้ง

จากผลการศึกษาค่าบีโอดีทั้งกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยบีโอดีในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ (มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3) ซึ่งกำหนดไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) พบว่าค่าบีโอดีในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 44 ค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำ
ตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแล้ง	0.67 ± 0.45	0.78 ± 0.23
ช่วงหลาก	0.77 ± 0.57	1.01 ± 0.57
P-value	0.8243 ^{ns}	0.5617 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

10) ไนเตรท (nitrate)

จากการศึกษาค่าไนเตรท พบว่า กลุ่มน้ำป่าไม้มีค่าไนเตรทอยู่ระหว่าง 0.57 – 1.30 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีค่าไนเตรทเฉลี่ยเท่ากับ 0.79, 0.99 และ 0.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนยางพารา ได้แก่ สถานี Y_1, มีค่าไนเตรทอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.19 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีค่าไนเตรทเฉลี่ยเท่ากับ 0.93, 0.86 และ 0.85 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 45 ซึ่งค่าเฉลี่ยไนเตรทในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้มีค่าน้อยกว่าในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเพียงเล็กน้อย คือ 0.86 ± 0.15 และ 0.88 ± 0.16 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของไนเตรทมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 46 และภาพที่ 25 เนื่องจาก ในพื้นที่ยางพารามีกิจกรรมการใช้ปุ๋ยซึ่งมีองค์ประกอบของไนโตรเจน เมื่อถูกชะล้างจะปนเปื้อนมากับน้ำไหลบ่าหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำ แต่ลักษณะเรือนยอดของยางพารามีความหนาแน่นมากกว่าพืชเกษตรกรรมชนิดอื่นๆ จึงทำให้การชะล้างมีความรุนแรงระดับน้อย อีกทั้งอัตราการใส่ปุ๋ยยังน้อยกว่าพืชเกษตรกรรมอื่น อย่างไรก็ตามค่าไนเตรทในพื้นที่ยางพารามีค่าสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้เพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับ สุกานดา (2534) กล่าวว่า ความสัมพันธ์ของสภาพการใช้ที่ดินจะมีแนวโน้มที่มีผลต่อความเข้มข้นของไนเตรท โดยพบว่าเมื่อพื้นที่ป่าไม้ลดลง ความเข้มข้นของไนเตรทเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อพื้นที่เกษตรเพิ่มมากขึ้นความเข้มข้นของไนเตรทจะเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ สุกานธรณ์ (2524) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินจากป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และที่อยู่อาศัยจะมีผลทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนไป โดยมีปริมาณธาตุอาหารสูงขึ้นได้เนื่องจากต้นไม้มี

บทบาทในการลดการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน และการชะล้างพังทลายของดิน ดังนั้นปริมาณธาตุอาหารที่ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำจึงน้อยลงแสดงให้เห็นว่าเมื่อพื้นที่ป่าไม้ลดลงจะมีผลทำให้ธาตุอาหารในน้ำสูงขึ้น นอกจากนี้ พันธุ์ทิพย์ (2540) กล่าวว่า พื้นที่ป่าธรรมชาติจะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำน้อยที่สุดเพราะสภาพป่าสมบูรณ์ มีพืชขึ้นหนาแน่น พรรณไม้ต่างๆ เหล่านี้จะนำไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี จึงมีการปลดปล่อยออกสู่แหล่งน้ำในปริมาณน้อย และป่าไม้โดยทั่วไปจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำและสะสมอาหารได้ ดังนั้นป่าเขตร้อนจึงมีการหมุนเวียนธาตุอาหารได้จนเกือบเป็นระบบที่สมบูรณ์ ทำให้สูญเสียธาตุอาหารออกจากระบบน้อย

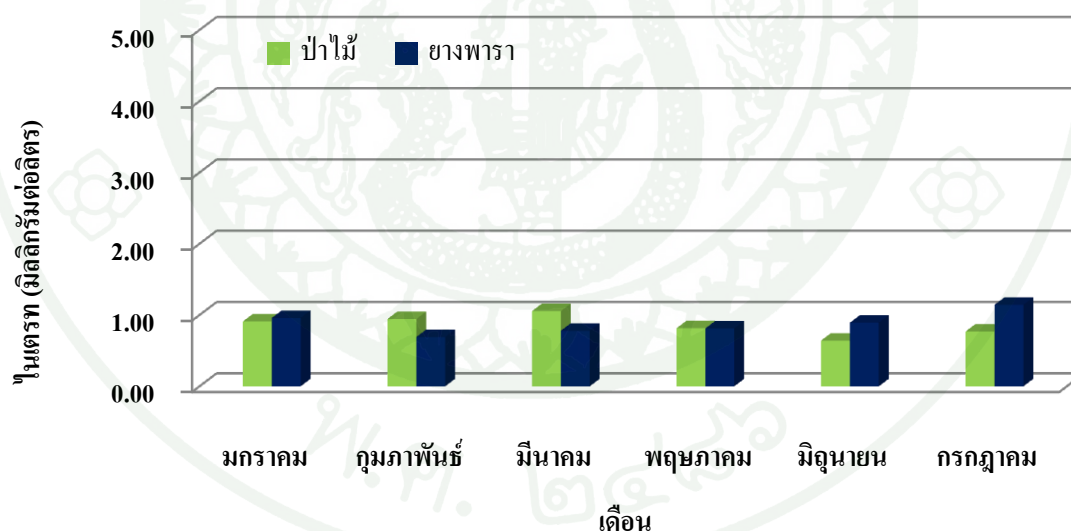
ตารางที่ 45 ค่าไนเตรทในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนขางพารา บริเวณลุ่มน้ำตรัง

เดือน	ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	ป่าไม้			ขางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	0.93	1.01	0.79	1.10	0.89	0.89
กุมภาพันธ์	0.92	1.00	0.92	0.72	0.67	0.69
มีนาคม	0.93	1.30	0.93	0.81	0.75	0.78
พฤษภาคม	0.66	1.10	0.69	0.86	0.82	0.76
มิถุนายน	0.57	0.72	0.64	0.92	0.92	0.84
กรกฎาคม	0.72	0.84	0.75	1.19	1.10	1.14
ค่าเฉลี่ย	0.79	0.99	0.79	0.93	0.86	0.85

ตารางที่ 46 ค่าเฉลี่ยไนเตรทระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

เดือน	ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)		P-value
	ป่าไม้	ยางพารา	
มกราคม	0.91	0.96	-
กุมภาพันธ์	0.94	0.69	-
มีนาคม	1.06	0.78	-
พฤษภาคม	0.82	0.81	-
มิถุนายน	0.64	0.89	-
กรกฎาคม	0.77	1.14	-
ค่าเฉลี่ย	0.86 ± 0.15	0.88 ± 0.16	0.7870 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 25 ค่าเฉลี่ยไนเตรทระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลาก ดังตารางที่ 47 พบว่า ค่าเฉลี่ยไนเตรทลุ่มน้ำของตัวแทนป่าไม้ ในช่วงแล้งสูงกว่าค่าเฉลี่ยไนเตรทในช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 0.97 ± 0.08 และ 0.74 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจาก ได้รับอิทธิพลจากน้ำใต้ดินที่มีปริมาณไนเตรทเจือปนอยู่

โดยในพื้นที่ป่ามีลักษณะเป็นป่าดิบชื้นมีปริมาณเศษซากพืชทับถมปริมาณสูง ซึ่งเมื่อย่อยสลายจะเกิดไนเตรทซึ่งเป็นธาตุอาหารพืช ในช่วงแล้งน้ำในลำธารจะเป็นน้ำใต้ดินที่ไหลมาหล่อเลี้ยงลำธารเนื่องจากขาดแคลนฝน น้ำใต้ดินจะมีปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจนสูง (Keeney, 1970) เพราะไนเตรทจะถูกชะล้างลงไปในดินชั้นล่างได้ง่าย เนื่องจากไนเตรทเคลื่อนที่ได้เร็วในดินและมีประจุเป็นลบจึงไม่ถูกยึดเกาะด้วยอนุภาคดิน (Armitage, 1974) แล้วจะเคลื่อนย้ายลงสู่แหล่งน้ำในที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาของ พันธุ์ทิพย์ (2540) พบว่าปริมาณไนเตรทมีค่าสูงสุดในฤดูแล้งและต่ำสุดในฤดูฝน

ส่วนในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราค่าเฉลี่ยไนเตรทในช่วงแล้งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยไนเตรทในช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 0.81 ± 0.14 และ 0.95 ± 0.17 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เนื่องจาก ในพื้นที่ยางพารามีกิจกรรมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี ซึ่งมีองค์ประกอบของไนโตรเจน และในช่วงหลากได้รับอิทธิพลจากฝนที่ตกมาก จึงเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินชะล้างหน้าดิน สารอินทรีย์ และปุ๋ยที่ตกค้างอยู่ที่ผิวหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้ปริมาณไนเตรทในช่วงหน้าหลากสูงกว่าในช่วงแล้ง สอดคล้องกับ Armitage (1974) กล่าวว่า น้ำไหลบ่าหน้าดินมีผลต่อการสูญเสียไนเตรทและสารประกอบไนโตรเจน โดยน้ำไหลบ่าหน้าดินขึ้นอยู่กับปัจจัยของ โครงสร้างของดิน ความลาดชัน ลักษณะกายภาพของดิน สิ่งปกคลุมดิน ซึ่ง ขงยุทธ (2527) พบว่า ไนเตรทที่ออกจะสูญหายไปจากดินเนื่องจากถูกกักเก็บชะล้างหลายครั้งเกิดกับดินที่ไม่มีพืชปกคลุมโดยเฉพาะฤดูฝน สอดคล้องกับ ผลการศึกษาของ สุกานดา (2534) พบว่าปริมาณไนเตรทจะมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูฝน เช่นเดียวกับ ณัฐการ์ต (2537) พบว่าความเข้มข้นของไนเตรทในช่วงต้นฤดูฝนถึงกลางฤดูฝนสูงกว่าในช่วงฤดูแล้ง

จากผลการศึกษาค่าไนเตรททั้งกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยไนเตรทในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำธรรมชาติ (มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3) ซึ่งกำหนดไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) พบว่าค่าไนเตรทในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 47 ค่าเฉลี่ยไนเตรทระหว่างช่วงแล้งกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	ไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแล้ง	0.97 ± 0.08	0.81 ± 0.14
ช่วงหลาก	0.74 ± 0.09	0.95 ± 0.17
P-value	0.2871 ^{ns}	0.3342 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

11) ฟอสเฟต (phosphate)

จากการศึกษาค่าฟอสเฟต พบว่า กลุ่มน้ำป่าไม้มีค่าฟอสเฟตอยู่ระหว่าง 0.04 – 6.20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี F_1, F_2 และ F_3 มีค่าเฉลี่ยฟอสเฟตเท่ากับ 1.23, 0.76 และ 1.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ตัวแทนยางพารา มีค่าฟอสเฟตอยู่ระหว่าง 0.06 – 5.70 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยสถานี R_1, R_2 และ R_3 มีค่าฟอสเฟตเฉลี่ยเท่ากับ 0.72, 1.22 และ 1.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 48 ซึ่งค่าเฉลี่ยฟอสเฟตในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยฟอสเฟตในกลุ่มน้ำตัวแทนยางพาราเพียงเล็กน้อยคือ 1.03 ± 1.90 และ 1.10 ± 1.72 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และ พบว่าค่าเฉลี่ยของฟอสเฟตมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 49 และภาพที่ 26 เนื่องจาก ในพื้นที่ยางพาราที่มีกิจกรรมการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัส และปุ๋ยอินทรีย์ อีกทั้งในบางพื้นที่มีการไถพรวนดิน ส่งผลให้ง่ายต่อการชะล้างพังทลายของผิวหน้าดิน จึงส่งผลให้ปริมาณฟอสเฟตสูงกว่าในพื้นที่ป่าไม้ ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ไม่ถูกรบกวนจากกิจกรรมต่างๆ ปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำได้จากกระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติ สอดคล้องกับ Huetle *et al.* (1979) รายงานว่า น้ำไหลบ่าหน้าดินจากพื้นที่การเกษตรเป็นแหล่งสำคัญของฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำ เนื่องจากการเจือปนของธาตุอาหารบนพื้นที่เกษตรจำนวนมาก เช่นปุ๋ยและสารเคมี เช่นเดียวกับ วีรเกียรติ (2528) พบว่าปริมาณในพื้นที่ป่าธรรมชาติต่ำกว่าพื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรม

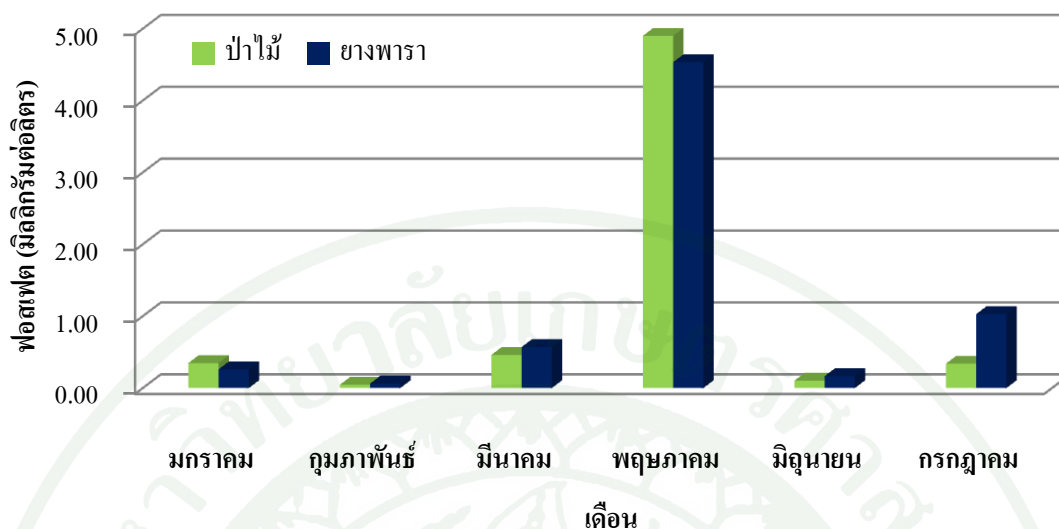
ตารางที่ 48 ค่าฟอสเฟตในแต่ละเดือนของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา บริเวณ
ลุ่มน้ำตรัง

เดือน	ฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
	ป่าไม้			ยางพารา		
	F_1	F_2	F_3	R_1	R_2	R_3
มกราคม	0.32	0.38	0.34	0.27	0.19	0.32
กุมภาพันธ์	0.04	0.04	0.06	0.06	0.07	0.06
มีนาคม	0.45	0.48	0.45	0.64	0.59	0.48
พฤษภาคม	6.20	3.20	5.30	2.90	5.70	5.00
มิถุนายน	0.18	0.05	0.08	0.16	0.16	0.18
กรกฎาคม	0.18	0.39	0.45	0.29	0.64	2.15
ค่าเฉลี่ย	1.23	0.76	1.11	0.72	1.22	1.37

ตารางที่ 49 ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตระหว่างกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

เดือน	ฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ป่าไม้	ยางพารา	P-value
มกราคม	0.35	0.26	-
กุมภาพันธ์	0.05	0.06	-
มีนาคม	0.46	0.57	-
พฤษภาคม	4.90	4.53	-
มิถุนายน	0.10	0.17	-
กรกฎาคม	0.34	1.03	-
ค่าเฉลี่ย	1.03 ± 1.90	1.10 ± 1.72	0.9470 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



ภาพที่ 26 ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนขางพารา

สำหรับในช่วงแล้งและช่วงหลาก พบว่า ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตของลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้ ในช่วงแล้งและช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 0.28 ± 0.22 และ 1.78 ± 2.71 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยฟอสเฟตของลุ่มน้ำตัวแทนขางพาราในช่วงแล้งและช่วงหลาก มีค่าเท่ากับ 0.30 ± 0.26 และ 1.91 ± 2.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาลของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทน พบว่า ทั้งพื้นที่ตัวแทนป่าไม้และขางพารา ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตในช่วงแล้งมีค่าต่ำกว่าในช่วงหลากและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 50 เนื่องจากในช่วงหลากได้รับอิทธิพลจากน้ำไหลบ่าหน้าดินที่ชะเอาฟอสเฟตที่ถูกดูดซับมาเก็บสะสมกอนลงสู่แหล่งน้ำ การพังทลายของดินจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ธาตุอาหารพืชเคลื่อนย้ายลงสู่แหล่งน้ำ (Cook and Williams, 1975) สำหรับฟอสเฟตจะถูกดูดซับมากับตะกอนในน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่าจะถูกชะล้างผ่านชั้นดินลงสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากฟอสเฟตเคลื่อนที่ผ่านชั้นดินลงไปได้น้อย (Ryden *et al.*, 1973) สอดคล้องกับ พันธุ์ทิพย์ (2540) พบว่า ปริมาณฟอสเฟตสูงสุดในช่วงฤดูฝน

จากผลการศึกษาค่าฟอสเฟตทั้งลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และลุ่มน้ำตัวแทนขางพาราเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยฟอสเฟตในพื้นที่ศึกษากับแหล่งน้ำที่ไม่เกิดมลพิษจากฟอสเฟตซึ่งกำหนดไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (สิทธิชัย, 2549) และพบว่า ค่าฟอสเฟตในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 50 ค่าเฉลี่ยฟอสเฟตระหว่างช่วงแสงกับช่วงหลากของกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา

ฤดูกาล	ฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	ป่าไม้	ยางพารา
ช่วงแสง	0.28 ± 0.22	0.30 ± 0.26
ช่วงหลาก	1.78 ± 2.71	1.91 ± 2.31
P-value	0.3937 ^{ns}	0.2964 ^{ns}

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษารูปร่าง ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำในกลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และกลุ่มน้ำตัวแทนยางพารามีค่าความขุ่น ของแข็งทั้งหมดในน้ำ ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายในน้ำ การนำไฟฟ้า ความเป็นกรดด่าง บีโอดี ไนเตรท และฟอสเฟต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับอุณหภูมิของน้ำ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังตารางที่ 51

ตารางที่ 51 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำแต่ละดัชนีระหว่างลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และยางพาราบริเวณลุ่มน้ำ
ตรัง

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ลุ่มน้ำตัวแทน		
	ป่าไม้	ยางพารา	P-value
อุณหภูมิน้ำ	24.38 ± 0.91	26.67 ± 1.09	0.0027**
ความขุ่น	24.85 ± 41.90	40.35 ± 32.99	0.4927 ^{ns}
ของแข็งทั้งหมดในน้ำ	105.06 ± 28.64	121.28 ± 27.90	0.3438 ^{ns}
ของแข็งแขวนลอย	25.17 ± 29.72	42.32 ± 26.22	0.3140 ^{ns}
ของแข็งที่ละลายในน้ำ	79.89 ± 3.22	78.96 ± 3.33	0.6325 ^{ns}
การนำไฟฟ้า	135.70 ± 12.52	135.32 ± 14.91	0.9630 ^{ns}
ความเป็นกรดด่าง	7.60 ± 0.33	7.44 ± 0.25	0.3711 ^{ns}
ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	7.41 ± 0.62	5.63 ± 0.58	0.0004**
บีโอดี	0.72 ± 0.46	0.89 ± 0.41	0.5106 ^{ns}
ไนเตรท	0.86 ± 0.15	0.88 ± 0.16	0.7870 ^{ns}
ฟอสเฟต	1.03 ± 1.90	1.10 ± 1.72	0.9470 ^{ns}

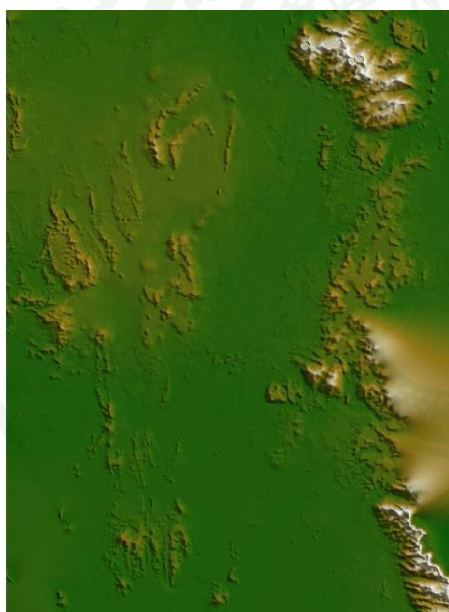
หมายเหตุ ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

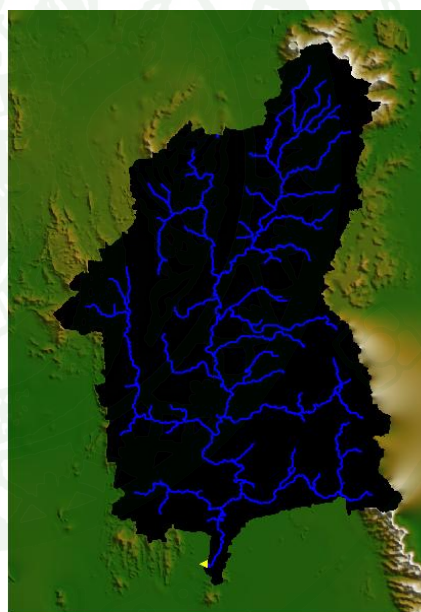
2. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินคุณภาพน้ำ

2.1 ผลการกำหนดพื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed delineate)

การกำหนดเส้นแบ่งขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งจะแบ่งพื้นที่ภายในลุ่มน้ำให้เป็นลุ่มน้ำย่อย โดยใช้แผนที่ความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model ; DEM) ความละเอียด 100 เมตร $\times$ 100 เมตร ดังภาพที่ 27 (ก) แผนที่ขอบเขตพื้นที่ศึกษา (watershed boundary) แผนที่เส้นแนวลำน้ำ (stream network) และจุดทางน้ำออก (outlet) ดังภาพที่ 27 (ข) ในการศึกษาครั้งนี้กำหนด threshold area เท่ากับ 1500 พบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำตรงสามารถแบ่งลุ่มน้ำย่อยได้จำนวน 129 ลุ่มน้ำย่อย ดังภาพที่ 28

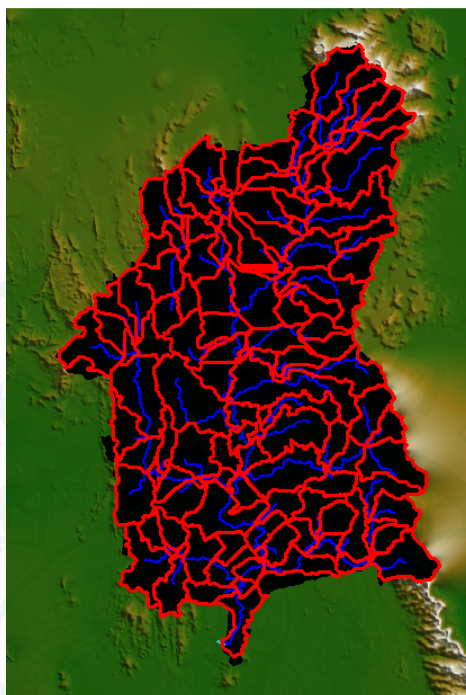


(ก) ความสูงเชิงตัวเลข DEM



(ข) ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ เส้นลำน้ำ และจุดน้ำออก

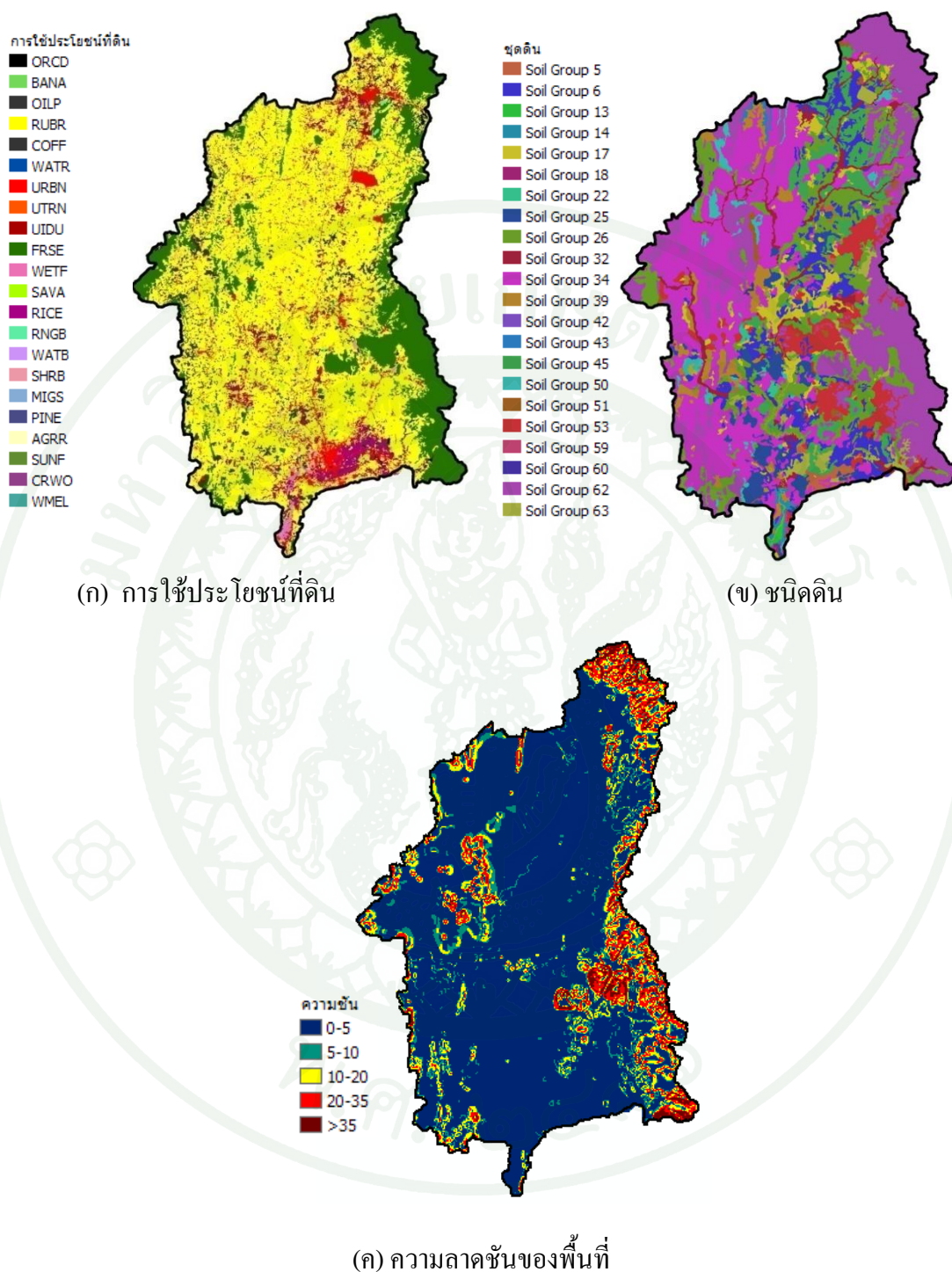
ภาพที่ 27 แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ เส้นลำน้ำ และจุดน้ำออก



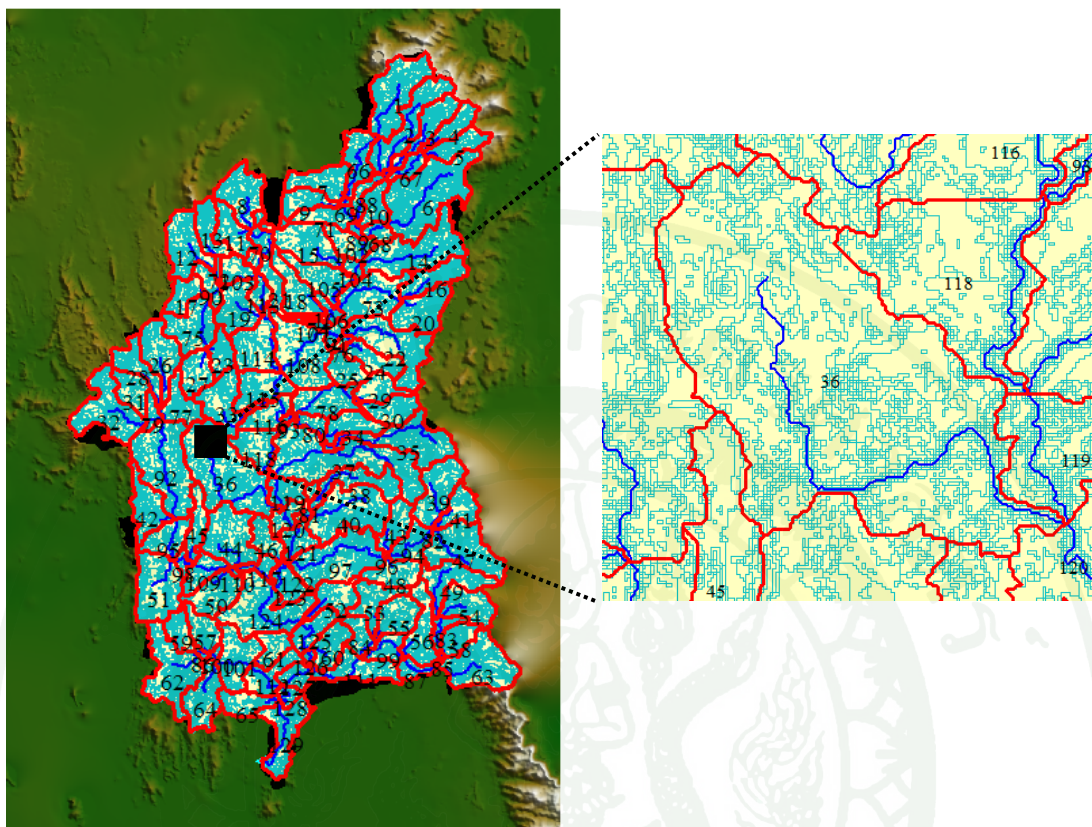
ภาพที่ 28 การแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำตรง โดยแบบจำลอง SWAT

2.2 ผลการกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นการกำหนดรายละเอียดของพื้นที่ให้ลุ่มน้ำย่อย ซึ่งในพื้นที่แต่ละลุ่มน้ำย่อยมีลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ที่หลากหลายตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน และความลาดชันของพื้นที่ โดยกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 22 ประเภท ดังภาพที่ 29(ก) ชนิดดินที่อยู่ในพื้นที่ทั้งหมด 22 กลุ่มชุดดินภาพที่ 29(ข) และความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำกำหนดให้แบ่งความชันออกเป็น 5 กลุ่มคือความชัน 0 – 5, 5 – 10, 10 – 20, มากกว่า 35 ภาพที่ 29(ค) ซึ่งผลจากการกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาทำให้ได้หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดจำนวน 1,132 HRUs ดังภาพที่ 30



ภาพที่ 29 ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน และความลาดชันของพื้นที่ ที่ใช้ในการกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง



ภาพที่ 30 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำตรัง

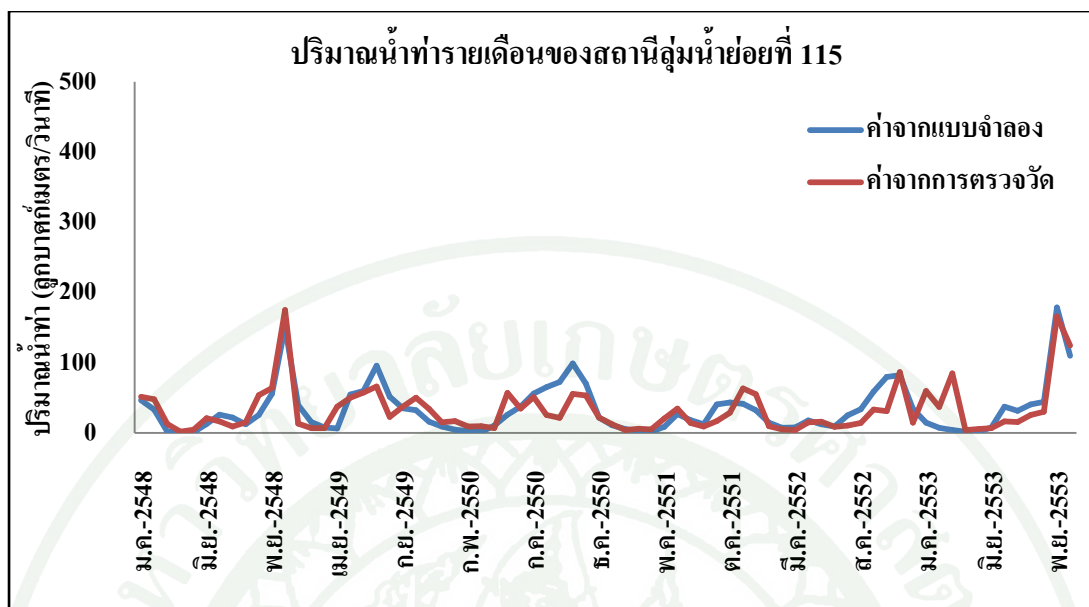
2.3 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง SWAT

การปรับเทียบแบบจำลอง SWAT จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือการปรับเทียบ ปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน และปริมาณคุณภาพน้ำในส่วนของไนเตรทและฟอสเฟต โดยการปรับเทียบแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

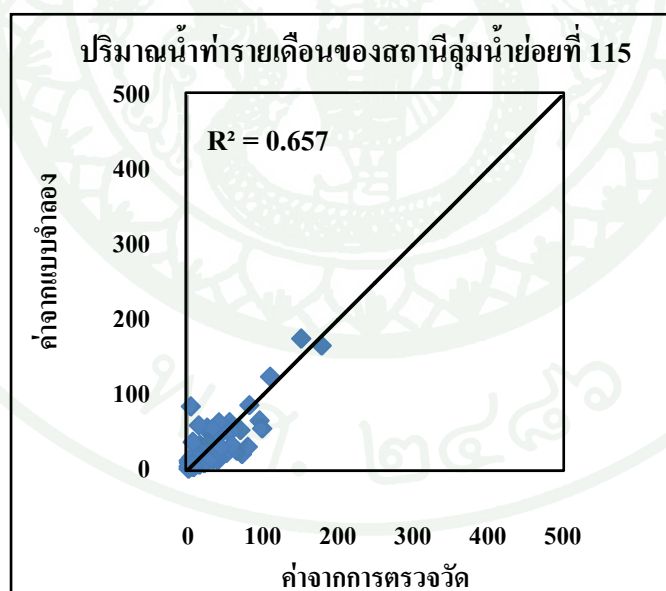
2.3.1 ผลการปรับเทียบปริมาณน้ำท่า

การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าทำการปรับเทียบในช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2553 ระยะเวลา 6 ปี โดยเป็นข้อมูลแบบรายเดือน ซึ่งจะทำการปรับเทียบจุดบริเวณสถานีที่อยู่ เหนือน้ำก่อนแล้วจึงปรับเทียบสถานีที่อยู่ลำดับที่ต่ำกว่าจนถึงสถานีสุดท้ายก่อนจุดน้ำออกของกลุ่ม น้ำตรัง โดยการปรับเทียบจะทำการปรับเทียบ ณ จุดตำแหน่งเดียวกันกับสถานีตรวจวัดน้ำท่าของ

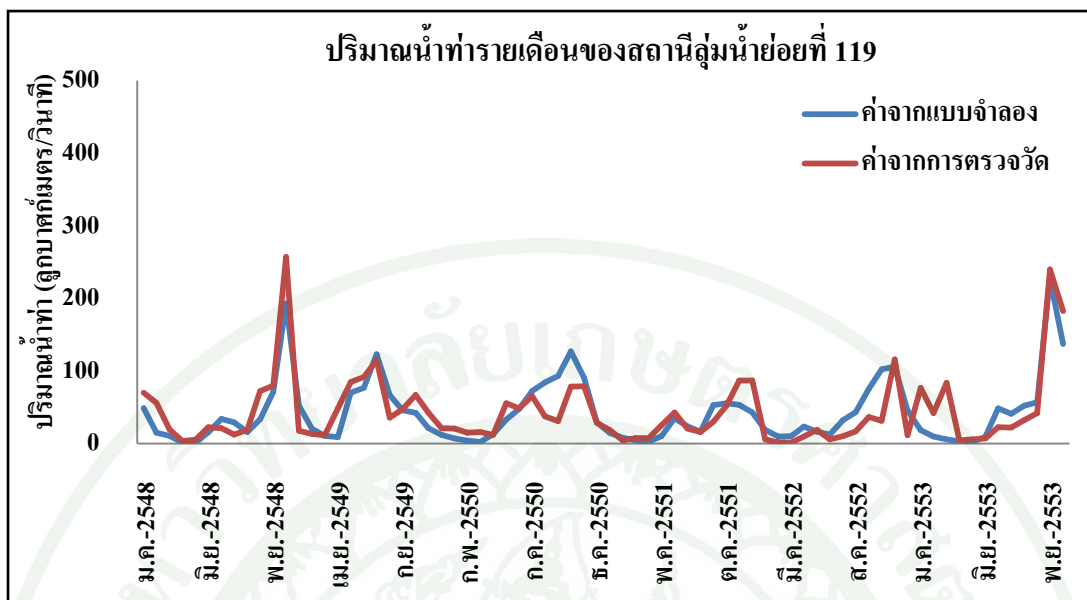
กรมชลประทานซึ่งตรงกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่วิเคราะห์จากแบบจำลอง SWAT ได้แก่ สถานี X.233 ที่อยู่บริเวณจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยที่ 115 สถานี X.56 ที่อยู่บริเวณจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยที่ 119 สถานี X.228 ที่อยู่บริเวณจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยที่ 124 และสถานีที่ X.234 ที่อยู่บริเวณจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยที่ 125 โดยการปรับแก้สัมประสิทธิ์ตัวที่อ่อนไหวได้แก่ ค่า CN2 คือค่า curve number ของแต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดิน ค่า SOL_AWC คือค่าความสามารถในการเก็บน้ำของดิน ค่า CH_K2 คือค่าประสิทธิภาพผลความนำทางชลศาสตร์ในทางน้ำธรรมชาติ ค่า ALPHA_BF คือค่าปัจจัยของการไหลพื้นฐานสำหรับการเก็บกักที่ตลิ่ง RCHRDp คือค่าระดับความลึกของน้ำใต้ดิน ซึ่งผลการปรับเทียบปริมาณน้ำท่า พบว่ากราฟเปรียบเทียบมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มีค่าอยู่ในช่วง 0.657 – 0.750 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 31 – 38 ซึ่งสอดคล้องกับดัชนีเกณฑ์ของ Donigian (2002) ที่กำหนดค่ายอมรับได้ของสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2)



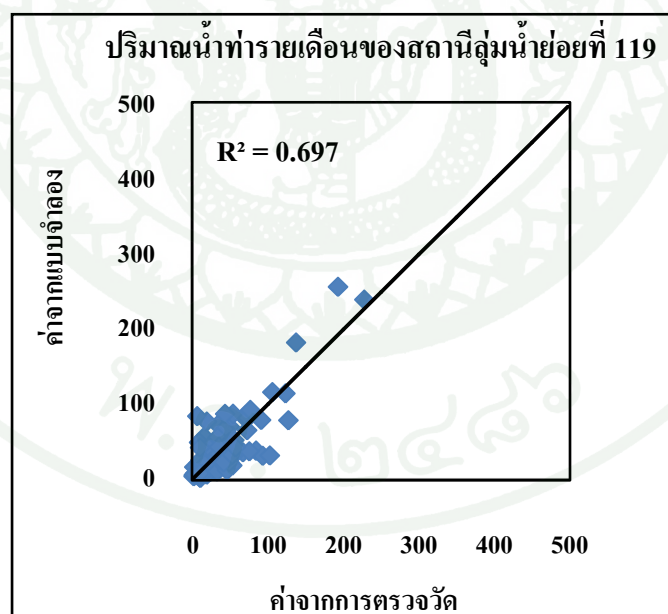
ภาพที่ 31 ปริมาณน้ำทำจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำทำจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 115



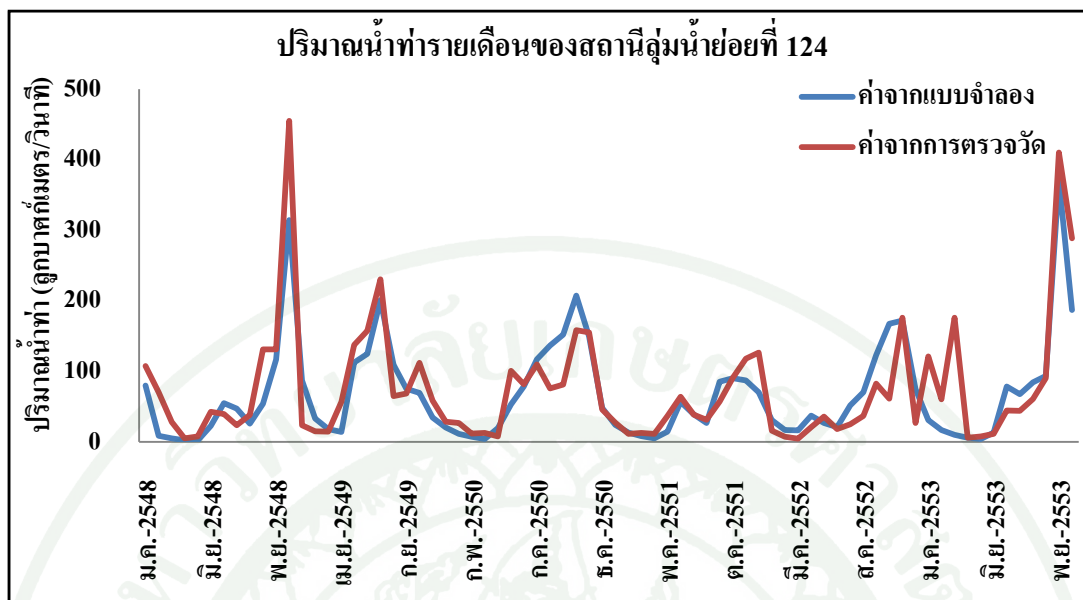
ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำทำจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำทำจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 115



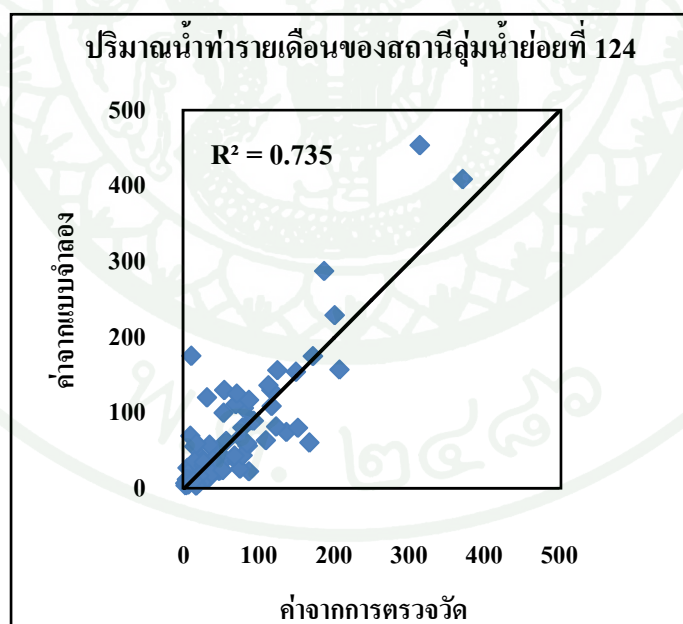
ภาพที่ 33 ปริมาณน้ำทำจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำทำจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 119



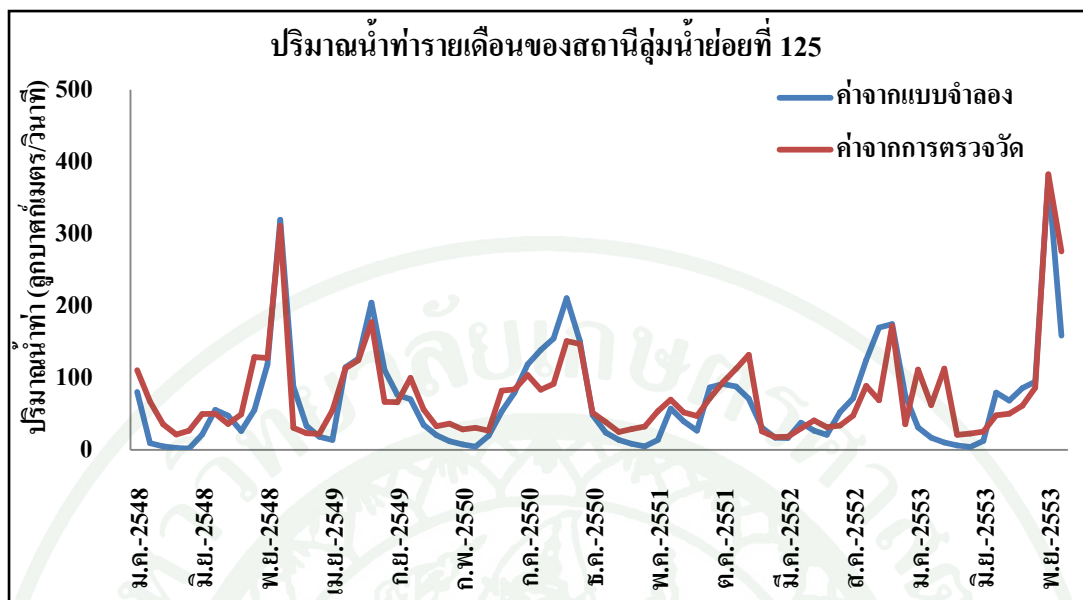
ภาพที่ 34 ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำทำจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำทำจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 119



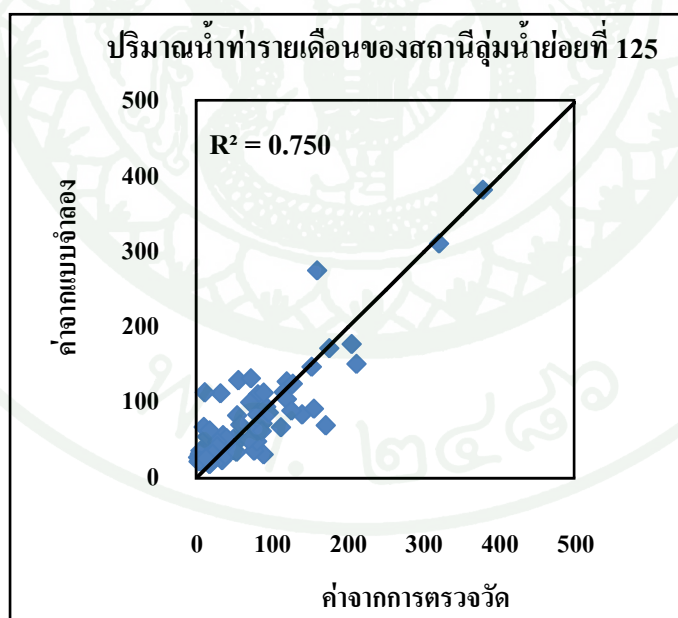
ภาพที่ 35 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานี
ลุ่มน้ำย่อยที่ 124



ภาพที่ 36 ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจาก
การตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 124



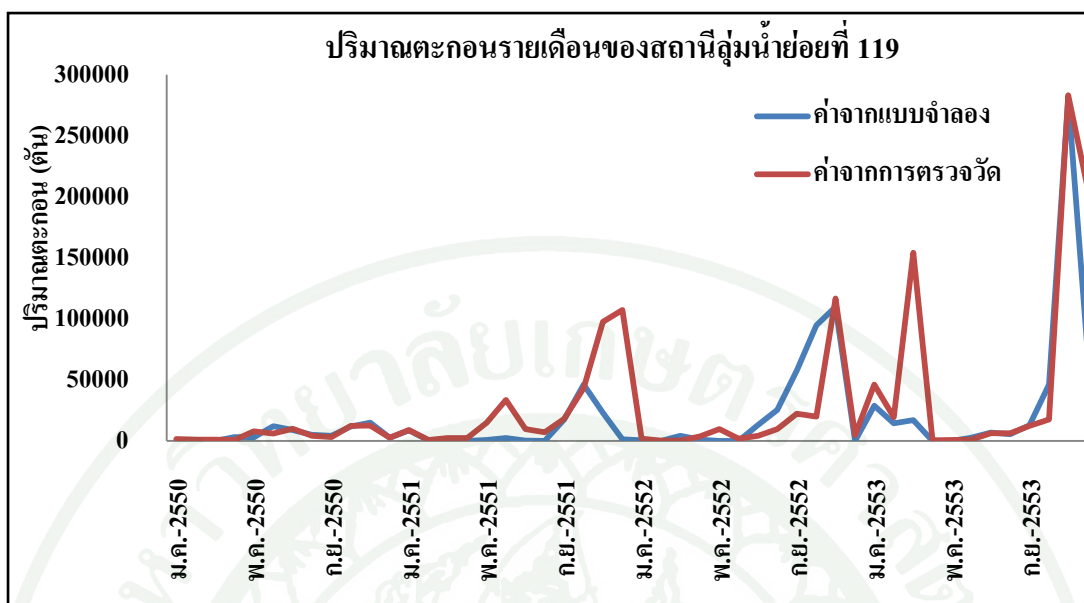
ภาพที่ 37 ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125



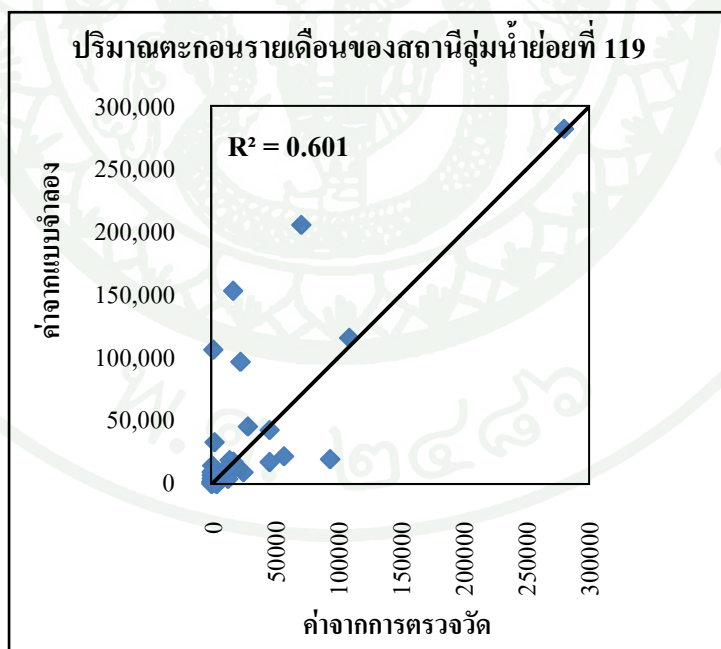
ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125

2.3.2 ผลการเปรียบเทียบปริมาณตะกอน

การเปรียบเทียบปริมาณตะกอนทำการเปรียบเทียบในช่วงปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2553 ระยะเวลา 4 ปี โดยเป็นข้อมูลแบบรายเดือน โดยการเปรียบเทียบจะทำการเปรียบเทียบ ณ จุดตำแหน่งเดียวกันกับสถานีตรวจวัดน้ำท่าของกรมชลประทานซึ่งตรงกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่วิเคราะห์จากแบบจำลอง SWAT คือ สถานี X.56 ที่อยู่บริเวณจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยที่ 119 โดยการปรับแก้สัมประสิทธิ์ตัวที่อ่อนไหวได้แก่ ค่า USLE_C คือค่าปัจจัยพืชคลุมดินในสมการ USLE ค่า USLE_P คือค่าปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ในสมการ USLE ค่า SPCON คือค่าพารามิเตอร์สมการเส้นตรงของตะกอนในลำน้ำ ค่า SPEXP คือค่าพารามิเตอร์สมการเอ็กโพเนนเชียลของตะกอนในลำน้ำ ซึ่งผลการเปรียบเทียบปริมาณตะกอน พบว่ากราฟเปรียบเทียบมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.601 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 39 – 40 ซึ่งสอดคล้องกับดัชนีของ Donigian (2002) ที่กำหนดค่ายอมรับได้ของสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2)



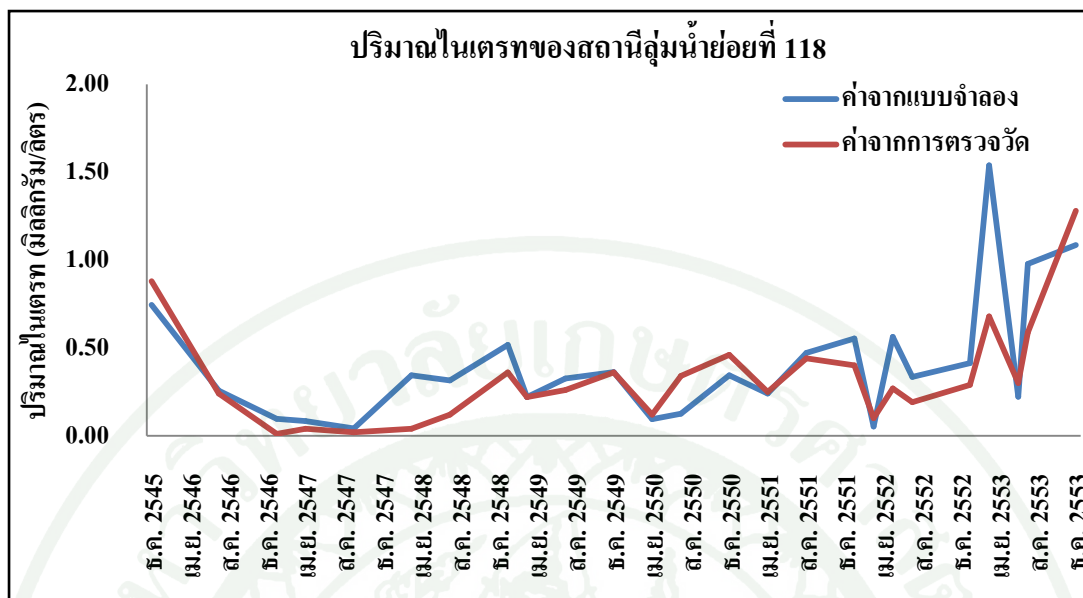
ภาพที่ 39 ปริมาณตะกอนจากแบบจำลองกับปริมาณตะกอนจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 119



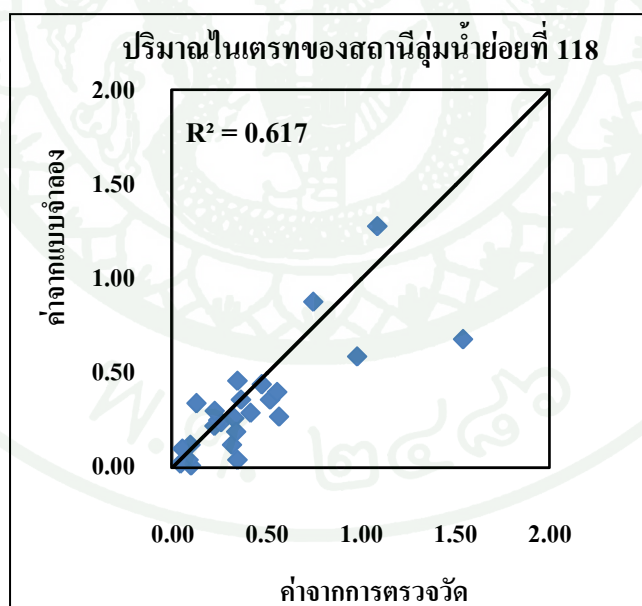
ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณตะกอนจากแบบจำลองกับปริมาณตะกอนจากการตรวจวัดรายเดือนของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 119

2.3.3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทและฟอสเฟต

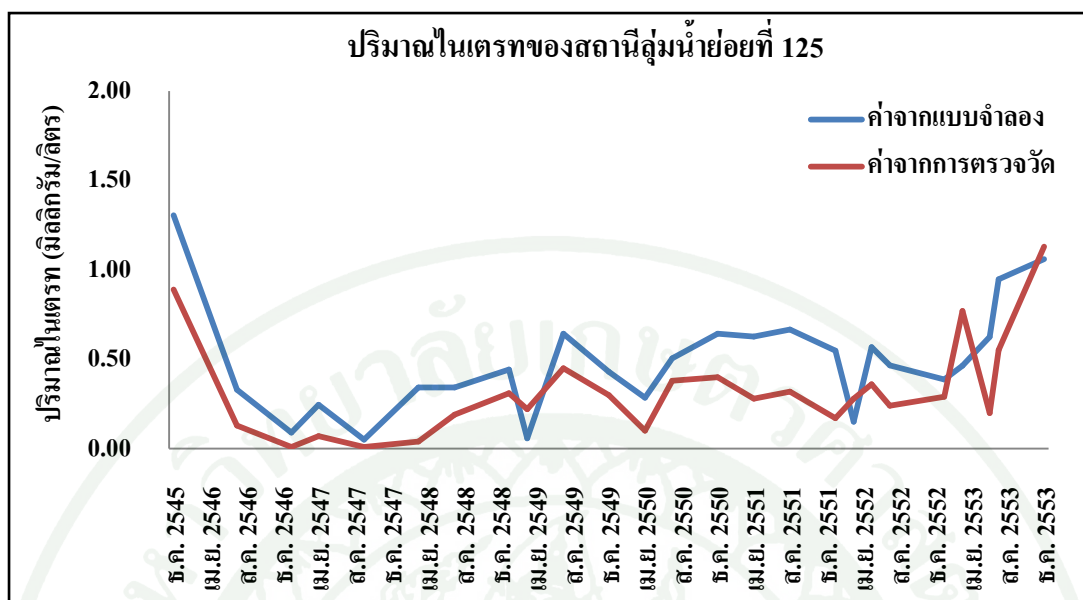
การเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตทำการเปรียบเทียบในช่วงปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2553 ระยะเวลา 9 ปี โดยเป็นข้อมูลแบบรายวัน ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบจุดบริเวณสถานีที่อยู่เหนือน้ำก่อนแล้วจึงเปรียบเทียบสถานีที่อยู่ลำดับที่ต่ำกว่าลงมาทางจุดออกของกลุ่มน้ำตรง โดยการเปรียบเทียบจะทำการเปรียบเทียบบริเวณจุดเดียวกันกับสถานีตรวจคุณภาพน้ำของกรมควบคุมมลพิษซึ่งตรงกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่วิเคราะห์จากแบบจำลอง SWAT ได้แก่ สถานี TG04 ที่อยู่บริเวณจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยที่ 118 สถานี TG03 ที่อยู่บริเวณจุดออกของกลุ่มน้ำย่อยที่ 125 โดยการปรับแก้สัมประสิทธิ์ตัวที่อ่อนไหว ได้แก่ ค่า NPERCO คือค่าสัมประสิทธิ์การซึมลึกของไนโตรเจน ค่า PPERCO คือค่าสัมประสิทธิ์การซึมลึกของฟอสฟอรัส ซึ่งผลการเปรียบเทียบปริมาณไนเตรทและฟอสเฟต พบว่ากราฟเปรียบเทียบมีแนวโน้มใกล้เคียงกันทั้งปริมาณไนเตรทและฟอสเฟต ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของไนเตรท มีค่าอยู่ในช่วง 0.617 – 0.629 และค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของฟอสเฟต มีค่าอยู่ในช่วง 0.589 – 0.616 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 41 – 48 ซึ่งสอดคล้องกับดั่งเกณฑ์ของ Donigian (2002) ที่กำหนดค่ายอมรับได้ของสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2)



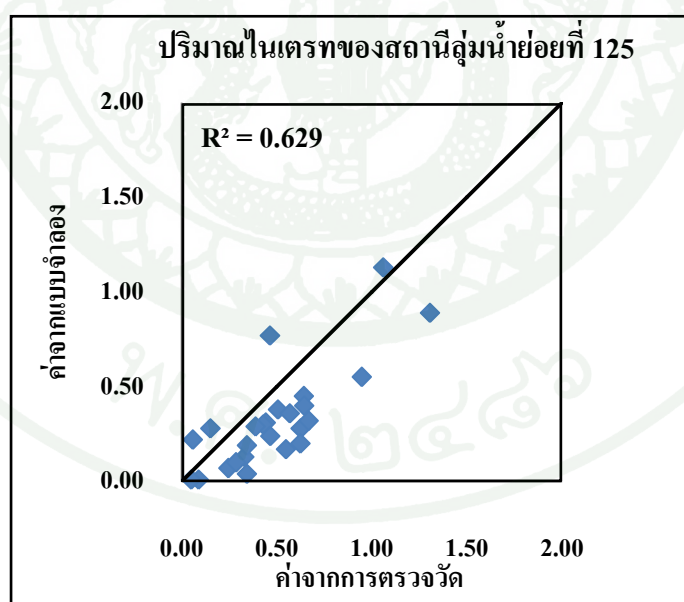
ภาพที่ 41 ปริมาณไนเตรทจากแบบจำลองกับปริมาณไนเตรทจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 118



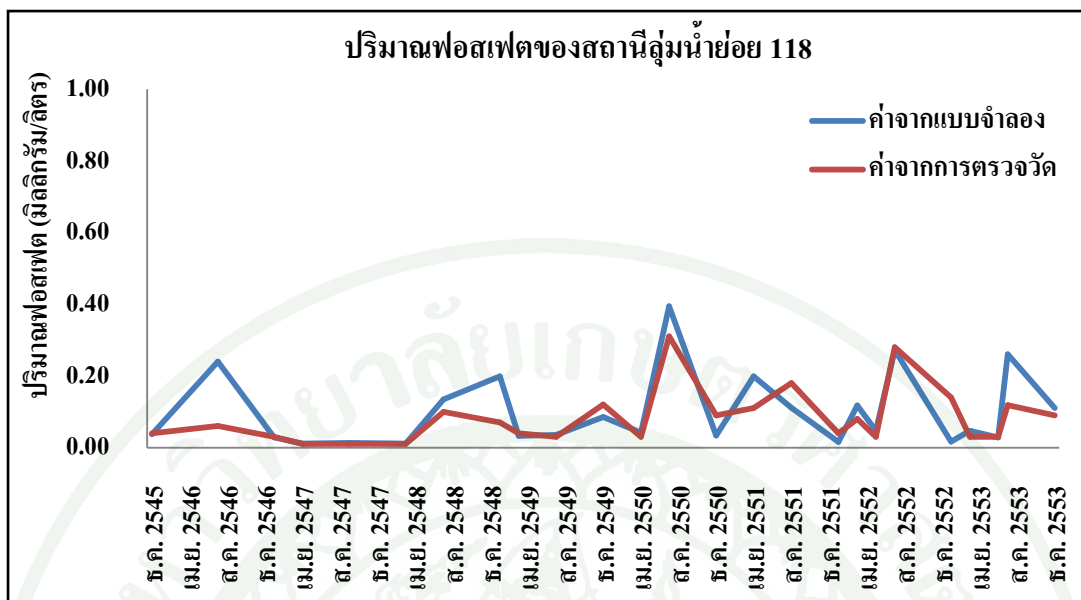
ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณไนเตรทจากแบบจำลองกับปริมาณไนเตรทจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 118



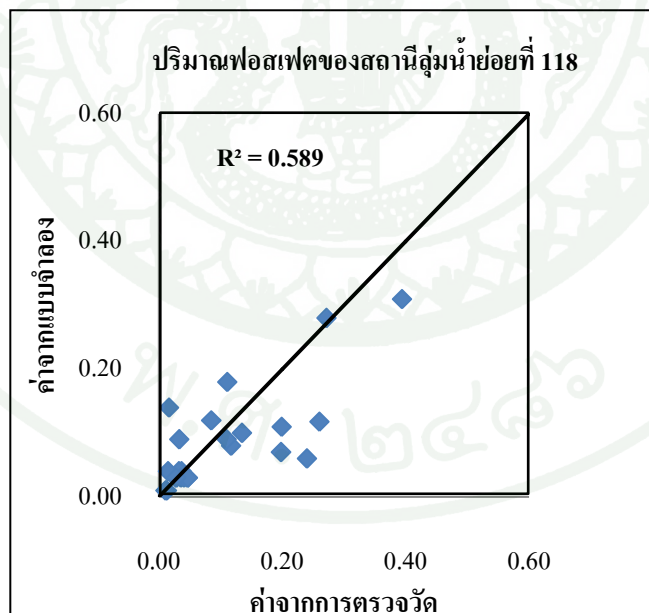
ภาพที่ 43 ปริมาณไนเตรทจากแบบจำลองกับปริมาณไนเตรทจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125



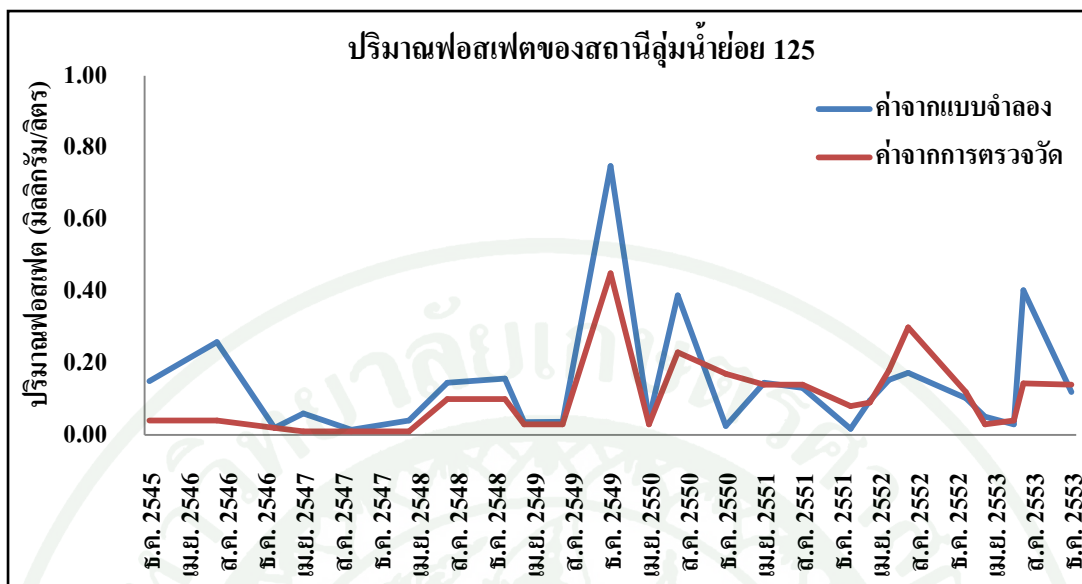
ภาพที่ 44 ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณไนเตรทจากแบบจำลองกับปริมาณไนเตรทจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125



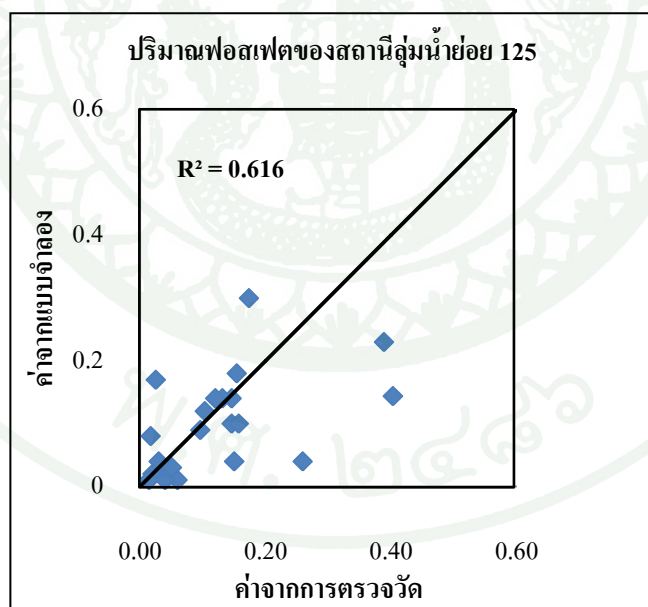
ภาพที่ 45 ปริมาณฟอสเฟตจากแบบจำลองกับปริมาณฟอสเฟตจากการตรวจวัดรายวันของสถานี
ลุ่มน้ำย่อยที่ 118



ภาพที่ 46 ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณฟอสเฟตจากแบบจำลองกับปริมาณ
ฟอสเฟตจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 118



ภาพที่ 47 ปริมาณฟอสเฟตจากแบบจำลองกับปริมาณฟอสเฟตจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125



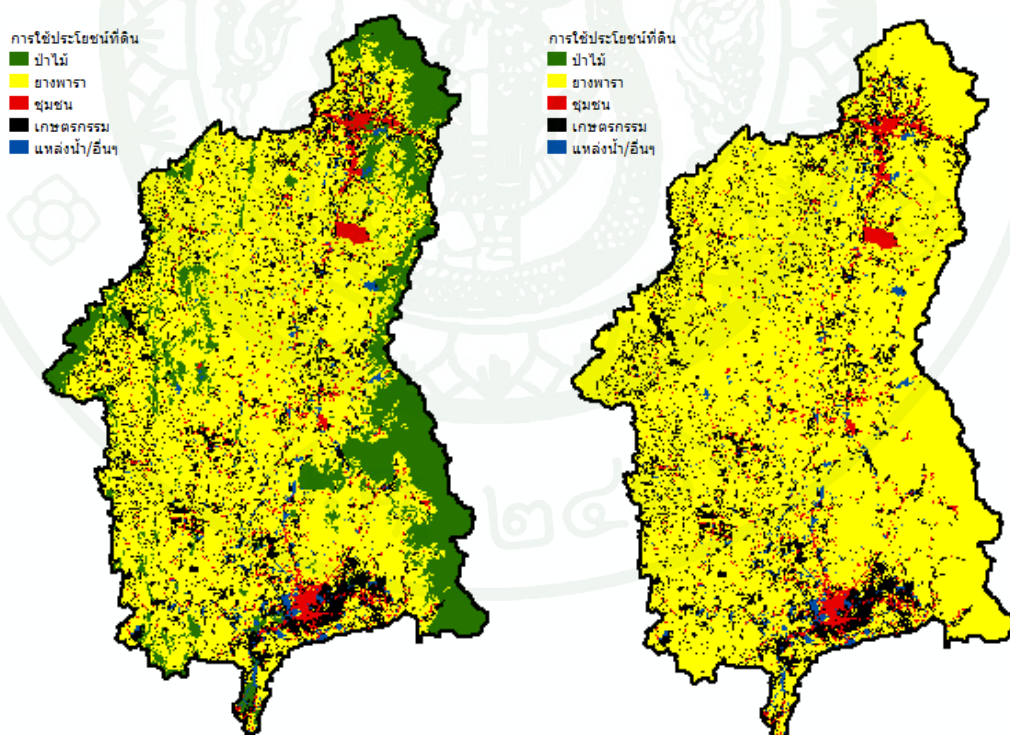
ภาพที่ 48 ความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณฟอสเฟตจากแบบจำลองกับปริมาณฟอสเฟตจากการตรวจวัดรายวันของสถานีลุ่มน้ำย่อยที่ 125

2.4 ผลการประเมินเปรียบเทียบคุณภาพน้ำ (ไนเตรทและฟอสเฟต) จากแบบจำลอง SWAT

2.4.1 การกำหนดการจำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การจำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณไนเตรทและฟอสเฟต เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน (พ.ศ. 2552) สามารถกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับการศึกษาออกเป็น 3 กรณีดังนี้

(1) ภาพเหตุการณ์ที่ 1 คือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 18.36 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง เป็นพื้นที่ปลูกยางพาราใหม่ โดยพื้นที่ยางพาราทั้งหมดมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 62.37 เป็น 80.73 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง ดังภาพที่ 49

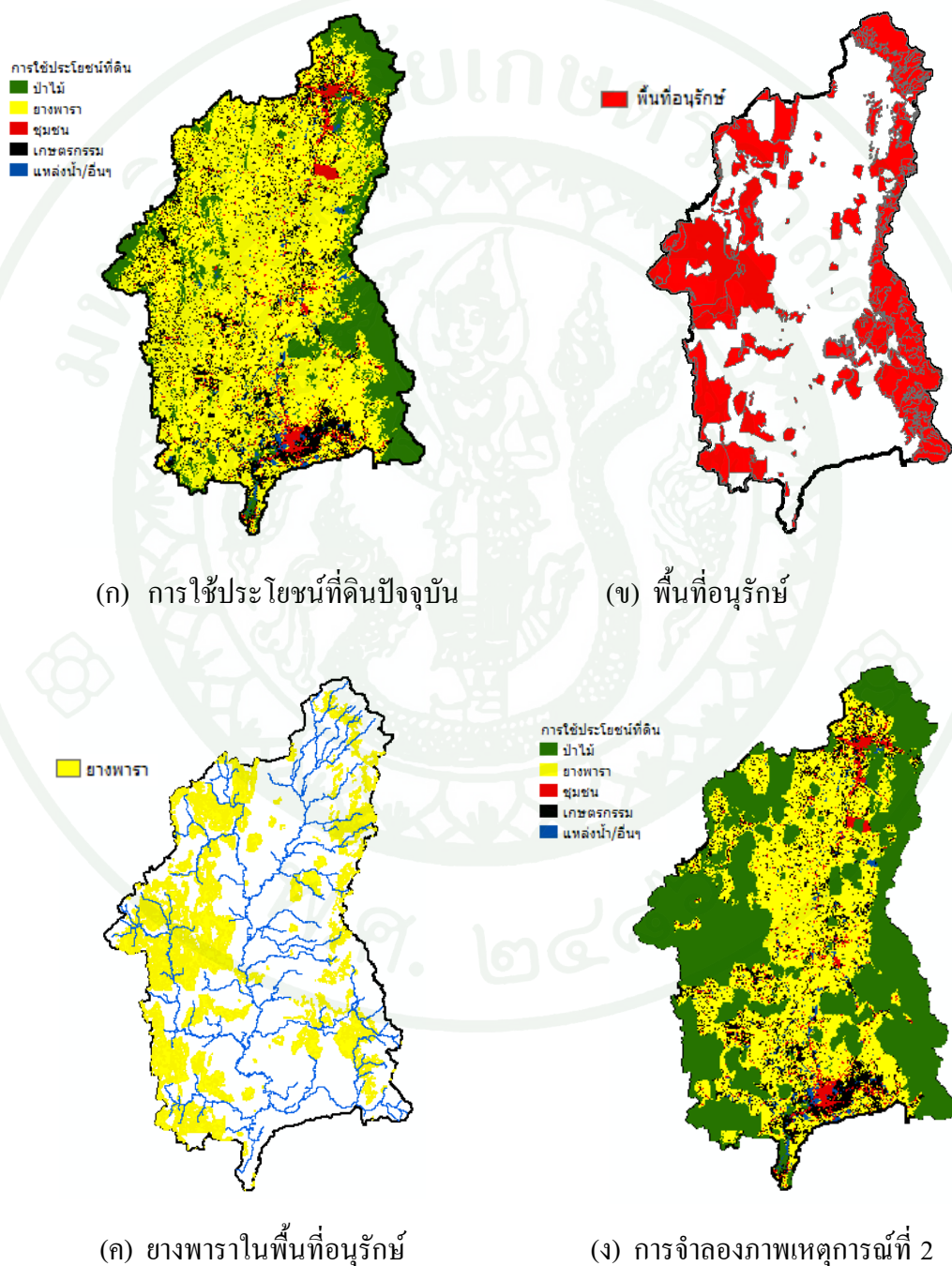


(ก) การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน

(ข) การจำลองภาพเหตุการณ์ที่ 1

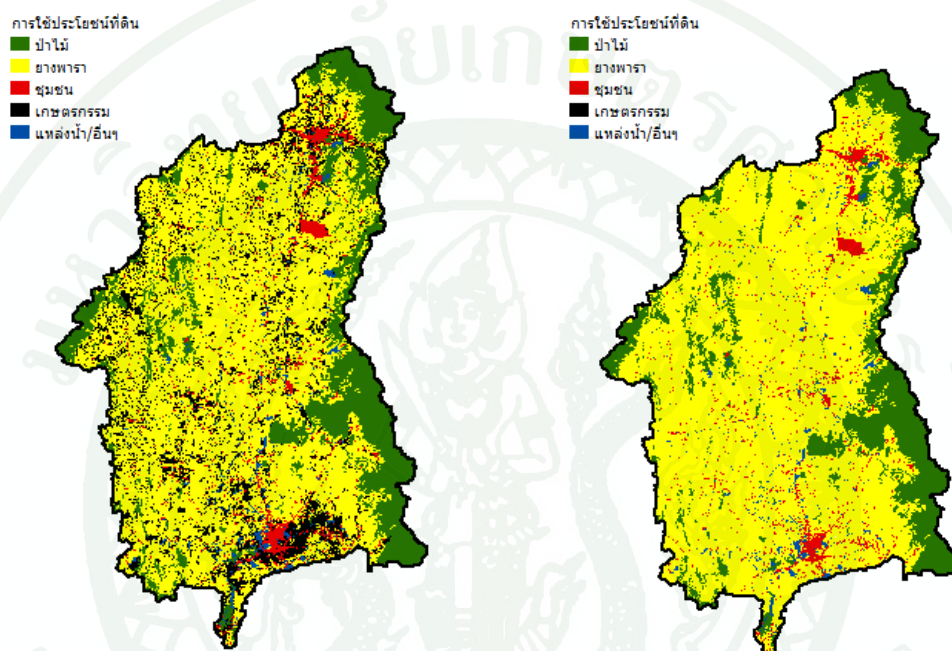
ภาพที่ 49 การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภาพเหตุการณ์ที่ 1 ของลุ่มน้ำตรัง

(2) ภาพเหตุการณ์ที่ 2 คือ การเปลี่ยนพื้นที่ปลูกยางพาราที่อยู่ในพื้นที่อนุรักษ์ (เขตห้ามล่าสัตว์ป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า อุทยานแห่งชาติ ป่าสงวนแห่งชาติและชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ชั้นที่ 1) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 23.37 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรง เป็นพื้นที่ป่าไม้ทำให้พื้นที่ป่าไม้มีสัดส่วน เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 18.36 เป็น 41.73 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรง ดังภาพที่ 50



ภาพที่ 50 การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภาพเหตุการณ์ที่ 2 ของลุ่มน้ำตรง

(3) ภาพเหตุการณ์ที่ 3 คือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (ไม้ผล ปาล์ม น้ำมัน กาแฟ) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 9.54 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง เป็นพื้นที่การปลูกยางพาราใหม่ โดยพื้นที่ยางพาราทั้งหมดมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 62.37 เป็น 71.91 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง ดังภาพที่ 51



(ก) การใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบันที่มีเกษตรกรรมอื่น

(ข) การจำลองภาพเหตุการณ์ที่ 3

ภาพที่ 51 การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภาพเหตุการณ์ที่ 3 ของลุ่มน้ำตรัง

2.4.2 ผลการประเมินปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟต

การประเมินปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟตจากสถานการณ์ปัจจุบันและจากการจำลองภาพเหตุการณ์ทั้ง 3 เหตุการณ์ มีช่วงเวลาในการคำนวณตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2544 ถึง 31 ธันวาคม 2553 ระยะเวลา 10 ปีซึ่งจะพิจารณาค่าเฉลี่ยที่จุด outlet ของลุ่มน้ำตรัง

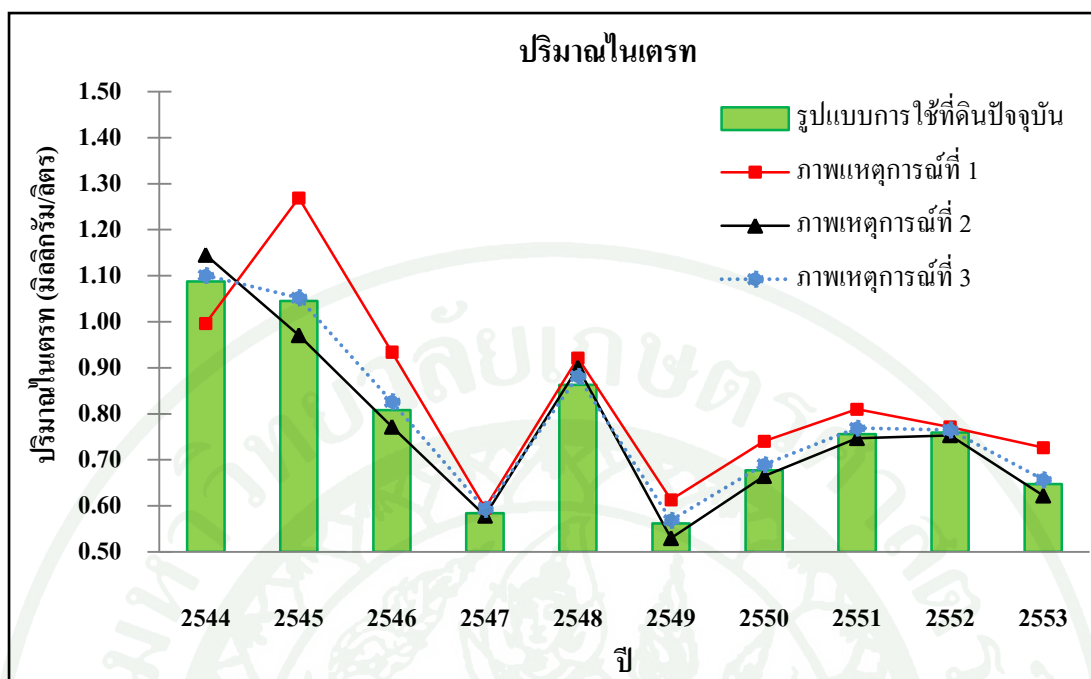
(1) ผลการประเมินไนเตรทในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการคำนวณปริมาณไนเตรทในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 52 และภาพที่ 52 โดยปริมาณไนเตรทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจุบัน ภาพเหตุการณ์ที่ 1 ภาพเหตุการณ์ที่ 2 และภาพเหตุการณ์ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.78, 0.84, 0.77 และ 0.79 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทในแต่ละภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน พบว่า ภาพเหตุที่ 1 มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทอัตราเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 7.69 ภาพเหตุที่ 2 มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทอัตราลดลงจากเดิมร้อยละ 1.28 และภาพเหตุที่ 3 มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรทอัตราเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 1.28 ดังตารางที่ 53

ตารางที่ 52 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท ในแต่ละภาพเหตุการณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553

ปี	ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ปัจจุบัน	ภาพเหตุการณ์ที่ 1	ภาพเหตุการณ์ที่ 2	ภาพเหตุการณ์ที่ 3
2544	1.09	1.00	1.15	1.10
2545	1.05	1.27	0.97	1.05
2546	0.81	0.93	0.77	0.83
2547	0.58	0.60	0.58	0.59
2548	0.86	0.92	0.90	0.88
2549	0.56	0.61	0.53	0.57
2550	0.68	0.74	0.66	0.69
2551	0.76	0.81	0.75	0.77
2552	0.76	0.77	0.75	0.76
2553	0.65	0.73	0.62	0.66
เฉลี่ย	0.78	0.84	0.77	0.79



ภาพที่ 52 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท ในแต่ละภาพเหตุการณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553

ตารางที่ 53 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยไนเตรทในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ร้อยละความแตกต่างเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน
ปัจจุบัน	0.78	-
ภาพเหตุการณ์ที่ 1	0.84	(+) 7.69
ภาพเหตุการณ์ที่ 2	0.77	(-) 1.28
ภาพเหตุการณ์ที่ 3	0.79	(+) 1.28

หมายเหตุ + หมายถึง อัตราเพิ่มขึ้น

- หมายถึง อัตราลดลง

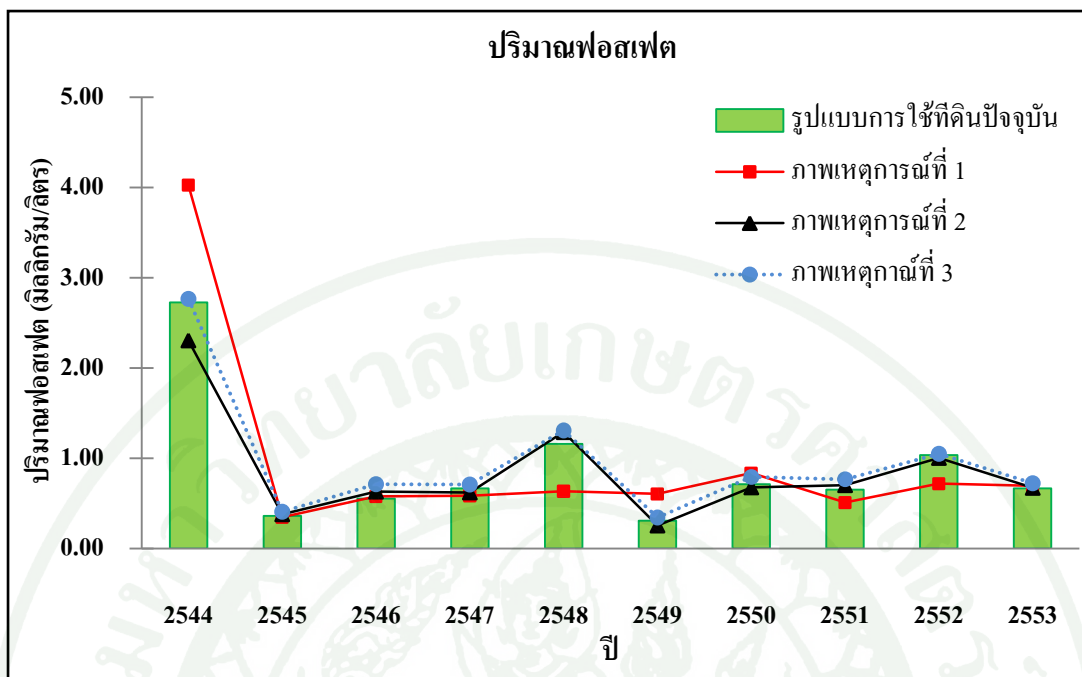
(2) ผลการประเมินฟอสเฟตในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการคำนวณปริมาณฟอสเฟตในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 54 และภาพที่ 53 โดยปริมาณฟอสเฟตของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจุบัน ภาพเหตุการณ์ที่ 1 ภาพเหตุการณ์ที่ 2 และภาพเหตุการณ์ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88, 0.95, 0.85 และ 0.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบร้อยละความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณ ฟอสเฟตในแต่ละภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจุบัน พบว่า ภาพเหตุการณ์ที่ 1 มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตอัตราเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 7.95 ภาพเหตุการณ์ที่ 2 มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟตอัตราลดลงจากเดิมร้อยละ 3.41 และภาพเหตุการณ์ที่ 3 มีค่าเฉลี่ยปริมาณ ฟอสเฟตอัตราเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 9.09 ดังตารางที่ 55

ตารางที่ 54 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟต ในแต่ละภาพเหตุการณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553

ปี	ปริมาณฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ปัจจุบัน	ภาพเหตุการณ์ที่ 1	ภาพเหตุการณ์ที่ 2	ภาพเหตุการณ์ที่ 3
2544	2.73	4.02	2.31	2.77
2545	0.36	0.35	0.38	0.41
2546	0.55	0.58	0.63	0.72
2547	0.67	0.59	0.62	0.71
2548	1.16	0.64	1.29	1.31
2549	0.31	0.61	0.25	0.35
2550	0.71	0.84	0.68	0.79
2551	0.65	0.51	0.70	0.77
2552	1.04	0.72	1.00	1.05
2553	0.67	0.70	0.67	0.73
เฉลี่ย	0.88	0.95	0.85	0.96



ภาพที่ 53 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟต ในแต่ละภาพเหตุการณ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 – 2553

ตารางที่ 55 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยฟอสเฟตในแต่ละกรณีการใช้ประโยชน์ที่ดิน

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ร้อยละความแตกต่างเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน
ปัจจุบัน	0.88	-
ภาพเหตุการณ์ที่ 1	0.95	(+) 7.95
ภาพเหตุการณ์ที่ 2	0.85	(-) 3.41
ภาพเหตุการณ์ที่ 3	0.96	(+) 9.09

หมายเหตุ + หมายถึง อัตราเพิ่มขึ้น

- หมายถึง อัตราลดลง

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากรณีในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีพัฒนาพื้นที่ปลูกยางพารา จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟต เนื่องจากมีกิจกรรมการใส่ปุ๋ยในพื้นที่ และลักษณะการปกคลุมของดินยางพารามีชั้นเรือนยอดเพียงชั้นเดียวเมื่อฝนตกจะเกิดการชะล้างผิวหน้าดินจากกระบวนน้ำไหลบ่าหน้าดิน มลสารที่ตกค้างอยู่ที่ผิวหน้าดินจะถูกชะล้างลงสู่

แหล่งน้ำ จึงทำให้มีการสูญเสียปริมาณธาตุอาหารออกจากพื้นที่ลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณที่สูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ไม่มีกิจกรรมการใส่ปุ๋ยในพื้นที่ อีกทั้งมีปริมาณสิ่งปกคลุมดินที่มากกว่าพื้นที่ยางพารา คือมีจำนวนหลายชั้นเรือนยอด ซึ่งสามารถลดแรงกระแทกจากฝนที่ปะทะหน้าดิน และความเร็วของน้ำไหลบ่าหน้าดิน ทำให้มีการชะล้างพังทลายของผิวหน้าดินและสูญเสียธาตุอาหารจากพื้นที่ลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณที่น้อยกว่า พื้นที่ยางพารา อย่างไรก็ตามจากการพัฒนาพื้นที่ปลูกยางพารา ส่งผลให้อัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟตยังไม่สูงมาก เนื่องจากลักษณะดินยางพาราเป็นไม้ยืนต้นเมื่อต้นยางอายุมากขึ้นจะปกคลุมพื้นที่ได้มาก นอกจากนี้อัตราการใส่ปุ๋ยในพื้นที่ปลูกยังไม่เข้มข้นมากเมื่อเทียบกับเกษตรกรรมประเภทอื่น

ดังนั้นผลจากการจำลองภาพเหตุการณ์การพัฒนาพื้นที่ปลูกยางพาราสามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของยางพาราส่งผลต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนและฟอสเฟต แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรง และอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่ง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 กำหนดค่าปริมาณไนโตรเจนไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) แหล่งน้ำที่ไม่เกิดมลพิษจากฟอสเฟต ซึ่งกำหนดไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร (สิทธิชัย, 2549)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของตัวแทนพื้นที่ป่าไม้และยางพารา พบว่า ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำมีค่าเท่ากับ 24.38 และ 26.67 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความขุ่นมีค่าเท่ากับ 24.85 และ 40.35 เอ็นทียู ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของแข็งทั้งหมดในน้ำมีค่าเท่ากับ 105.06 และ 121.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยมีค่าเท่ากับ 25.17 และ 42.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของแข็งที่ละลายในน้ำมีค่าเท่ากับ 79.89 และ 78.96 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 135.70 และ 135.32 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเป็นกรดค่ามีค่าเท่ากับ 7.60 และ 7.44 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าเท่ากับ 7.41 และ 5.63 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีมีค่าเท่ากับ 0.72 และ 0.89 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยไนเตรทมีค่าเท่ากับ 0.86 และ 0.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยฟอสเฟตมีค่าเท่ากับ 1.03 และ 1.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทุกพารามิเตอร์ทั้งลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และยางพารา มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและแหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้พบว่าค่าเฉลี่ย ของแข็งทั้งหมดในน้ำ ของแข็งแขวนลอย ของแข็งที่ละลายในน้ำ การนำไฟฟ้า ความขุ่น ความเป็นกรดค่า ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ไนเตรท และฟอสเฟต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วน อุณหภูมิ น้ำ และออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 เมื่อพิจารณาช่วงแล้งและหลากพบว่าคุณภาพน้ำทุกพารามิเตอร์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทนป่าไม้และยางพารา

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ประเมินปริมาณไนเตรทและฟอสเฟต จากภาพเหตุการณ์โดยการเปรียบเทียบกับรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินปัจจุบัน พบว่า ภาพเหตุการณ์ที่ 1 คือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดเป็นพื้นที่ปลูกยางพาราใหม่ ส่งผลให้ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.69 และ 7.95 ตามลำดับ ส่วนภาพเหตุการณ์ที่ 2 คือ การเปลี่ยนพื้นที่ปลูกยางพาราที่อยู่ในพื้นที่อนุรักษ์ (เขตห้ามล่าสัตว์ป่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า อุทยานแห่งชาติป่าสงวนแห่งชาติและชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1) เป็นพื้นที่ป่าไม้ส่งผลให้ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตมีอัตราลดลงร้อยละ 1.28 และ 3.41 ตามลำดับ สำหรับภาพเหตุการณ์ที่ 3 คือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมอื่น (ไม้ผล ปาล์มน้ำมัน กาแฟ) เป็นพื้นที่การปลูกยางพาราใหม่

ส่งผลให้ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.28 และ 9.09 ตามลำดับ ดังนั้นผลของการพัฒนาพื้นที่ปลูกยางพาราจึงมีผลต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตแต่อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและแหล่งน้ำธรรมชาติ

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาคุณภาพน้ำ ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาควรกระทำอย่างต่อเนื่องและครอบคลุมทุกช่วงในแต่ละฤดูกาลเพื่อทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน
2. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ศึกษาขนาดใหญ่ควรมีสถานีตรวจวัดน้ำฝนมากกว่า 1 สถานี (ข้อมูลน้ำเข้า) เพื่อการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองจะถูกต้องมากขึ้น
3. การสอบเทียบแบบจำลองในส่วนของคุณภาพน้ำ ควรมีจำนวนชุดข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงมากเพียงพอ เพื่อทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา และทำให้การสอบเทียบแบบจำลองถูกต้องมากยิ่งขึ้น
4. การประเมินไนเตรทและฟอสเฟตจากแบบจำลอง SWAT โดยการจำลองภาพเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การปลูกยางพารา ควรมีการจำลองภาพเหตุการณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพื้นที่ยางพาราในสัดส่วนที่แตกต่างกันในหลายระดับเช่น มีพื้นที่ยางพาราร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ป่าร้อยละ 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 และ 10 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างเพื่อทราบถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่ชัดเจน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2538. เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำ มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาไทย. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_____. 2553. ข้อมูลคุณภาพน้ำในช่วงปี พ.ศ. 2550 – 2553. สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมชลประทาน. 2553. ข้อมูลปริมาณตะกอนในช่วงพ.ศ. 2550 – 2553. ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.

_____. 2553. ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในช่วงพ.ศ. 2548 – 2553. ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำภาคใต้ กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2552. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดนครศรีธรรมราช กระจับ และตรัง. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. แผนที่ชุดดินจังหวัดนครศรีธรรมราช กระจับ และตรัง. กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมอนามัย. 2537. คู่มือตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2553. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2524 – 2553). กลุ่มภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.

กรมแผนที่ทหาร. 2552. ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ. ศูนย์บริการข้อมูลแผนที่ กรมแผนที่ทหาร กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทสาร
มวชน จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. 2525. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. บริษัทประยูรวงศ์ จำกัด,
กรุงเทพฯ.

_____. 2544. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, กรุงเทพฯ.

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2538. **การจัดทำมาตรฐานระบบข้อมูลระบบ
สารสนเทศภูมิศาสตร์**. สำนักปลัดกระทรวง กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ
สิ่งแวดล้อม , กรุงเทพฯ.

กัณธารีย์ ศรีพงศ์พันธุ์. 2541. **มลพิษทางน้ำ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร , นครปฐม.

กิตติพงษ์ ชนาศิริยะกุล. 2546. **การประเมินสัมพันธภาพลำนําย่อยของประเทศไทยด้วยระบบ
ภูมิสารสนเทศ และแบบจำลองสารสนเทศ SWAT/GIS: กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ต้น
ตอนบน อำเภอมวกก่อ จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กลุ่มช่างพารา. 2533. **คู่มือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร เรื่องช่างพารา**. กองส่งเสริมพืชพันธุ์
กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทรแก้ว. 2526. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2530. **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม**. โครงการบัณฑิตศึกษา สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2536. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ.

_____. นิพนธ์ ตั้งธรรม, สามัคคี บุญยะวัฒน์ และ วิชา นิยม. 2524. **การวิจัยเกี่ยวกับการ
จัดการลุ่มน้ำบนภูเขา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โกมล ศิวบรร, เชาวยุทธ พรพิมลเทพ และ สุวิทย์ ชุมนุมศิริวัฒน์. 2527. **การประปาเบื้องต้น**.
ภาควิชาสุขาภิบาลวิศวกรรม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

ขรรค์ชัย ประสานย์. 2547. **ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินกับความ
หลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ป่า: กรณีศึกษา บ้านทุ่งสูง จังหวัดกระบี่**. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำเนียร ช่วยดำรง. 2530. **ของแข็งแขวนลอยในคลองตามเขตความหนาแน่นประชากรต่างๆ ของ
กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำเนียร ธรลีลังกู และ นิวัติ เรืองพาณิชย์. 2524. **รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 81**. ภาควิชา
อนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฉัตรไชย รัตนไชย. 2547. **การจัดการคุณภาพน้ำ**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่. 2525. **มลพิษสิ่งแวดล้อม**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ณัฐกานต์ ศรีพงศ์. 2537. **ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการสูญเสียธาตุอาหารบริเวณลุ่ม
น้ำลื่นลื่น จังหวัดกาญจนบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงจิตต์ มณีศรีขำ. 2532. **การตรวจวัดคุณภาพน้ำบางประการของน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำภาคใต้
ตอนบน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ วิบูลย์ลักษณ์ วิสุมธิด์. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. คณะกรรมการจัดทำคู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ธิดาพร หรรพพ์. 2540. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับแหล่งกักตุนพีชีในแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระ เล็กชลุท. 2535. นิเวศวิทยาแหล่งน้ำ. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีระศักดิ์ บุญชูดวง. 2526. ผลกระทบการใช้ที่ดินประเภทต่างๆต่อสมบัติบางประการของน้ำบริเวณคอยปุย เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นภาพร ทิพมาสน์. 2551. การตรวจสอบคุณภาพน้ำในพื้นที่ป่าไม้ เกษตรกรรมโดยใช้พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำแม่ถาง จังหวัดแพร่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นราธิป เพ็ชรจริง. 2543. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์. 2540. ความต้านทานของไม้ยางพาราอาบน้ำยาต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทนา คชเสนี. 2539. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นพมาศ นิพนธ์กิจ. 2547. การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อคุณภาพน้ำบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนกลางและตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ เรืองพานิช. 2511. รายงานการเก็บข้อมูลวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า คอยปุยเชียงใหม่. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2545. การจำลองแบบการจัดการลุ่มน้ำและระบบสิ่งแวดล้อม. ศูนย์วิจัยป่าไม้
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิ พลไชย. 2532. สมบัติทางกายภาพของน้ำตามลำน้ำสายหลักของกลุ่มน้ำยม - น่าน.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นุชนารถ กังสดาร. 2542. การประเมินระดับธาตุอาหารพืชเพื่อแนะนำ การใช้ปุ๋ยกับยางพารา.
สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2544. เอกสารวิชาการ ปุ๋ยยางพารา. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

บรรเจิด พลาญกูร. 2523. ทรัพยากรที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2525. จุลชีววิทยาทั่วไป. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรี
นครินทรวิโรฒ บางแสน,ชลบุรี.

ประมาณ พรหมสุทธิรักษ์. 2531. ชลธิวิทยา. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. 2538. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.

_____. 2539. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ผกาพรรณ จุฬามณี. 2534. ผลกระทบของการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำต่อศักยภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์ใน
อ่างเก็บน้ำบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอ
ดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พนัษ สันธุเทพรัตน์. 2528. การศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของน้ำในลุ่มน้ำแม่ตาง และ
ลุ่มน้ำแม่ กวง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรา วงศ์ชุมพิศ. 2536. คุณภาพน้ำทางกายภาพที่สำคัญบางประการตามชั้นคุณภาพน้ำลุ่มน้ำ
ต่างๆ ในภาคใต้ตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันธุ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก. 2540. บทบาทของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินต่อปริมาณ
ธาตุอาหารในน้ำท่าของการบริหารลุ่มน้ำตัวอย่าง (แม่แตง, เชิญ และคลองยัน).
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิทักษ์ วงษ์ชาติ. 2534. การหาปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในน้ำบริเวณลุ่มน้ำชลบุรี ระยอง และ
จันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมล เรียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวาณชัย. 2525. เคมีสถานะแวดล้อม. สำนักพิมพ์โอเดิสโตร,
กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ นาคสุวรรณ. 2535. คุณภาพน้ำทางกายภาพบางประการตามชั้นคุณภาพน้ำลุ่มน้ำต่างๆ ใน
ภาคใต้ตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตikul และ พินทิพย์ ธิดิโรจนะวัฒน์. 2552. เอกสารเผยแพร่ที่ 3/2552. 9 หน้า.

เพ็ญศรี ท่องวิถี. 2546. สมบัติ การจำแนก และศักยภาพของดินที่ดอนต่อการปลูกยางพารา อำเภอ
ปะทิว จังหวัดชุมพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพพรรณ พรประภา. 2526. คู่มือปฏิบัติการเคมีสำหรับวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. ภาควิชา
วิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มันสิน ตันทุลเวสม์. 2540. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มันสิน ตันทุลเวศม์. 2543. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2522. คุณสมบัติของน้ำกับการเลี้ยงปลา. วารสารประมง 3(4): 415-419.

_____. 2530. เกณฑ์คุณภาพน้ำเพื่อการคุ้มครองทรัพยากรสัตว์น้ำจืด. สถาบันประมงน้ำจืด
แห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

_____ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัย
ทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,
กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2527. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด,
กรุงเทพฯ.

ยนต์ มุสิก. 2539. คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัชนิกุล โมราราชกูร์. 2527. การเปรียบเทียบของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำระหว่างช่วงน้ำหลาก
และช่วงน้ำแล้งบริเวณลุ่มน้ำแม่ปิง-วัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรางค์ลักษณ์ ช่อนกลิ่น และชัชวรัตน์ โพธิ์ทอง. 2548. คุณภาพน้ำของแม่น้ำน่านที่ไหลผ่านพื้นที่
เกษตรกรรมและชุมชนเมืองพิษณุโลก. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร 13 (1): 37 – 44.

วัชรินทร์ ศิวเสน. 2540. ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อคุณภาพน้ำทางกายภาพบริเวณลุ่ม
น้ำลั่นถิ่น จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วินัย รอดจ่าย. 2524. สาเหตุของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม, น. 5.6.1 – 5.6.24. ใน รายงาน
ประกอบการสัมมนาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เรื่องน้ำและปัญหาน้ำเสียในประเทศไทย. 23
– 26 กุมภาพันธ์ 2524. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพ.

วิบูลย์ มหาสินไพศาล. 2539. การเปรียบเทียบคุณภาพน้ำบางประการระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับพื้นที่
เกษตรกรรมที่ห้วยมะเร็ว อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิโรจ อัมพิทักษ์. 2531. ความรู้เกี่ยวกับการจัดการดินเพื่อการปลูกพืชที่มีความสัมพันธ์กับน้ำ พืช
และสภาพแวดล้อม. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีรเกียรติ สิกขากุล. 2528. การหาปริมาณธาตุอาหารในน้ำบริเวณลุ่มน้ำแม่ป่าปิง. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เวท ไทหนูกุล และ สมยศ สันธูรหัต. 2533. ลักษณะของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพารา.
วารสารยางพารา 1(1): 30–31.

ศิริเพ็ญ ตรีไชยาพร. 2543. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ศรีชัย พรประชาธรรม. 2531. การศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของกลุ่มน้ำมูล.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภวัตร อินทะหลาบ. 2520. ดินเกลือ. วารสารสายชล. 9: 19-30

ศูนย์วิจัยป่าไม้. 2540. รายงานการศึกษาโครงการสืบค้ายุทธศาสตร์การเกษตร: กรณีศึกษาไม้
เศรษฐกิจ. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยยาง. 2553. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2553. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ
เกษตร, กรุงเทพฯ.

สถิตย์ วัชรกิตติ. 2521. ระบบการแบ่งแยกการใช้ประโยชน์ที่ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัทธา มีอ่อง. 2529. ผลกระทบการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อคุณภาพน้ำทางกายภาพบริเวณแม่น้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สามัคคี บุญะวัฒน์, เกษม จันทร์แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2527. ทรัพยากรน้ำ. สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง. 2540. การปลูกยางพารา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2530. รายงานการสำรวจสภาพนิเวศวิทยาของแม่น้ำบางปะกง พ.ศ. 2524 – 2528. 46 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ข้อมูลการใส่ปุ๋ยในสวนยางพาราในภาคใต้. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ดันธนะสฤยดี. 2548. การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ดันธนะสฤยดี. 2549ก. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549ข. เทคนิคการเก็บตัวอย่างน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรจิต สุขกันตะ. 2530. การตรวจวัดคุณภาพบางประการของน้ำบริเวณลุ่มน้ำชี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรกี ไรจน์อารยานนท์. 2530. **สถานะแวดล้อมของเรา ตอนมลพิษสถานะแวดล้อม**. สถาบันวิจัย
สถานะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุทัศน์ ด้านสกุลผล และ สมยศ สันธูรหัต. 2542. **การกำหนดเขตการปลูกยางในภาคใต้ของ
ประเทศไทย โดยอาศัยวิธีการประเมินศักยภาพที่ดินควบคู่กับการสำรวจข้อมูลระยะไกล
และจัดสรรระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์**. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร,
กรุงเทพฯ.

สุกานดา พัดพาดิ. 2534. **อิทธิพลของลักษณะกายภาพบางประการต่อระดับความเข้มข้นในตรรก
และฟอสเฟตในน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาภรณ์ สิริโสภณา. 2524. **การศึกษาธาตุอาหารในน้ำและในตะกอนที่มาจากการใช้ที่ดินประเภท
ต่างๆ บริเวณสถานีวิจัยสระเกษราช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุริย์ สอนสมบุญ. 2521. **คู่มือเกษตรชลประทานเล่มที่ 17. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์**, กรุงเทพฯ.

_____. 2524. **โครงการตรวจสอบคุณภาพน้ำชลประทาน**. วารสารสายชล 13 (3): 19-27.

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2524. **การกักน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและ
แหล่งชุมชน**. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

หัตถยา ชงรบ. 2530. **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและความขรุขระของแพลงก์ตอนสัตว์ บริเวณ
ปากน้ำบางประกง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนันตศักดิ์ ส่องพราย. 2525. **ผลกระทบการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ บนภูเขาต่อคุณภาพน้ำบริเวณ
ดอยปุย และทุ่งจ้อ จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิชาติ โพธิ์สุข. 2536. ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง และสังกะสีในน้ำ และดินตะกอนจากชั้น
คุณภาพน้ำต่างๆ บริเวณลุ่มน้ำเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนุชา เกตุเจริญ. 2534. การตรวจวัดคุณภาพน้ำบางประการในลุ่มน้ำภาคตะวันออก. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาระยา นันทโพธิเดช. 2523. ผลกระทบของการใช้ที่ดินบนภูเขาต่อคุณภาพน้ำบริเวณดอยปู่
จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุราลี ทองยัง. 2549. การประเมินปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในพื้นที่การใช้ประโยชน์
เกษตรกรรมและป่าไม้ บริเวณลุ่มน้ำบางปะกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรพินท์ พิเนตรพงษ์. 2535. การตรวจวัดความผันแปรของคุณภาพน้ำทางกายภาพบางประการ
ในลุ่มน้ำเมย จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โอฬาร เวศอุไร. 2548. ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน
โดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

Armitage, E.R. 1974. The runoff of Fertilizers from agriculture land effect on natural
environment, pp. 115 – 122. *In Pollution and the Use of Chemicals in Agriculture*.
Hazell Watson and Viney Lts., Aylesburg.

Arnold, J.G., R. Srinivansan, K.W. King and R.H. Griggs. 1995. **SWAT – Soil and Water
Assessment Tool: Draft Users Manual**. Available Source: [http://www.brc.tamus.edu/
pub/swat/doc/swat2000theory.pdf](http://www.brc.tamus.edu/pub/swat/doc/swat2000theory.pdf), January 20, 2011.

Ayer, S.R and R. Bronson. 1977. Guidelines for interpretation of agricultural water quality.
California Agriculture. 31: 250 – 253.

- Barnes, R.S.K. 1974. **Studies in Biology**. Edward Arnold (Publishers) Limited, London.
- Black, C.A., D.D. Evans, S.L. White, L.E. Ensminger and F.E. Clark. 1965. **Method of Soil Analysis**. American Society of Agronomy, inc., New York.
- Cook, G.W. and R.J.B. William. 1975. The significance of man made source of phosphate: Fertilizer and farming, pp. 83 – 94. **In Progress in Water Technology Vol 2 :Phosphorus in Freshwater and the Marine Environment**. Pergamon Press Ltd, Great Britain.
- Donigan, A.S. 2002. **Watershed Model Calibration and Validation-The HSPF Experience**. AQUA TERRA Consultants, 2685 Marine Way, Suite 1314, Mountain View, CA 94043
- EPA. 1973a. **Chemistry of Organomercurials in Aquatic System**. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- _____. 1973b. **A Report of the Committee on Quality Criteria Environmental Studies**. Board U.S. Government Printing office, Washington, D.C.
- Gorham, D. 1976. Acid precipitation and its influence upon aquatic ecosystem. **Water, Air & Soil pollution** 6: 457 – 478.
- Hammer, M.J. 1975. **Water and Waste-Water Technology**. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Henriksen, A. and H.M. Seip. 1980. Strong and weak acids in surface waters of southern Norway and southern Scotland. **The Journal of the International Association on Water Pollution Research** 14 (7): 809 – 813.
- Holden, W.S. 1970. **Water treatment and Examination**. J & A Churchill, London.

- Huetle, P.J., R.C. Wendt and R.B. Corey. 1979. Prediction of algal available phosphorus in runoff suspension. **J. Environ. Qual.** 8: 130 – 132.
- Jackson, G.A. 1977. Nutrient and production of giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, of southern California. **J. Limnol. Oceanogr.** 22: 979 – 995.
- Keeney, D.R. 1970. Nitrates in plants and water. **J. of milk and food Technol.** 33: 425 – 432
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan, and J.R. Williams. 2005. **Soil and Water Assessment Tool Input/Output File Documentation (Version 2005)**. Available Source: <http://swatmodel.tamu.edu/media/1291/SWAT2005io.pdf>, January 20, 2011
- Novotny, V. 2003. **Water Quality: Diffuse Pollution and Watershed Management**. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Pinkayan, S. 1978. **Evaluation of Environmental Change**. National Energy Administration, AEATEC consulting Engineers.
- Reid, G.K. 1961. **Ecology of Inland Water Estuaries**. Reinhold Publishing Corporation Chapman and Hall, New York.
- Ryden, J.C., J.K. Syers and R.F. Harris. 1973. Phosphorus in runoff and streams. **Advon. Agron.** 25: 1 – 45.
- Santhi, C., J.G. Arnold, J.R. Williams, W.A. Dugas, R. Srinivasan, and L.M. Hauck. 2001. Validation of the SWAT model on large river basin with point and nonpoint sources. **American Water Resources Association** 37: 1169 – 1188.
- Sawyer, C.N. and P.C. Mc Carthy. 1967. **Chemistry for Sanitary Engineering**. John Wiley & Sons. Inc., New York.

- Shehuraj, M.R. and N.M. Mathew. 1992. Natural rubber biology cultivation and technology, pp. 239 – 262. *In Rubber Research in Soil of India*. Kerala, India.
- Stock, S.H. and S.L. Seager. 1976. **Environmental Chemistry: Air and Water pollution**. Scott, Foresman and Company, Oakland.
- Swingle, H.S. 1969. **Methods of Analysis for Waters**. Auburn University, Alabama.
- Symon, M.L. 1970. Urban source of nitrites, nitrate and water supply: Source and control, pp. 78 – 85. *In Twelfth Sanitation Engineering Conference Proceeding*. Engineering Publication office, United State of America.
- Tebbutt, T.H.Y. 1977. **Principles of Water Quality Control**. 2nd ed. University of Birmingham, England.
- Teelink, C. 1977. Humate and other natural organic substances in the aquatic environment. **J. Chem. Ed.** 54: 599 – 603.
- Telang, S.A., G.W. Hodgson and B.L. Baker. 1981. Occurrence and distribution of oxygen and organic compounds in mountain stream of the Marmat basin. **J. Environ. Qual** 10: 18 – 22.
- Verry, S.E. 1975. Streamflow chemistry and nutrient yields from upland – peatland watershed in Minnesota. **Ecology** 56: 1149 – 1157.
- Werner, S. and J.J. Morgan. 1981. **Aquatic Chemistry: An Introduction Emphasizing Chemical Equilibrium in Natural Water**. John Willey & Sons., Inc., New York.





ตารางผนวกที่ ก1 ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนป่า 1

ลำดับ	ลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ	ค่า	หน่วย
1	พื้นที่ (watershed area)	10.90	ตารางกิโลเมตร
2	ความยาวเส้นขอบเขตลุ่มน้ำ (perimeter)	14.74	กิโลเมตร
3	ระดับสูงสุด (max. elevation)	913.94	เมตร รทก.
4	ระดับต่ำสุด (min. elevation)	133.29	เมตร รทก.
5	ความสูงเฉลี่ย (mean elevation)	473.59	เมตร รทก.
6	ความลาดชันเฉลี่ย (mean slope)	28.1	เปอร์เซ็นต์
7	ทิศด้านลาด (aspect)	ทิศตะวันตก	-
8	สัมประสิทธิ์ความกระชับ (compactness coefficient : Kc)	1.25	-
9	ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง (axial length)	4.58	กิโลเมตร
10	Form Factor (FF)	0.52	-
11	อัตราส่วนความแตกต่างระดับความสูงของลุ่มน้ำ (relief ratio : RR)	170.45	เมตร / กิโลเมตร
12	ความยาวลำน้ำสายหลัก	5.09	กิโลเมตร
13	ความยาวลำน้ำทั้งหมด	14.29	กิโลเมตร
14	ความหนาแน่นการระบายน้ำ (drainage density : Dd)	1.31	กิโลเมตร/ตาราง กิโลเมตร
15	ความหนาแน่นของลำธาร (stream density : Ds)	0.55	ลำธาร/ตาราง กิโลเมตร
16	จำนวน 1 st order	6	-

ตารางผนวกที่ ก2 ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนป่า 2

ลำดับ	ลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ	ค่า	หน่วย
1	พื้นที่ (watershed area)	6.39	ตารางกิโลเมตร
2	ความยาวเส้นขอบเขตลุ่มน้ำ (perimeter)	11.53	กิโลเมตร
3	ระดับสูงสุด (max. elevation)	621.32	เมตร รทก.
4	ระดับต่ำสุด (min. elevation)	157.78	เมตร รทก.
5	ความสูงเฉลี่ย (mean elevation)	280	เมตร รทก.
6	ความลาดชันเฉลี่ย (mean slope)	13.54	เปอร์เซ็นต์
7	ทิศด้านลาด (aspect)	ได้	-
8	สัมประสิทธิ์ความกระชับ (compactness coefficient : Kc)	1.28	-
9	ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง (axial length)	3.34	กิโลเมตร
10	Form Factor (FF)	0.57	-
11	อัตราส่วนความแตกต่างระดับความสูงของลุ่มน้ำ (relief ratio : RR)	138.78	เมตร / กิโลเมตร
12	ความยาวลำน้ำสายหลัก	2.72	กิโลเมตร
13	ความยาวลำน้ำทั้งหมด	2.72	กิโลเมตร
14	ความหนาแน่นการระบายน้ำ (drainage density : Dd)	0.43	กิโลเมตร/ตาราง กิโลเมตร
15	ความหนาแน่นของลำธาร (stream density : Ds)	0.16	ลำธาร/ตาราง กิโลเมตร
16	จำนวน 1 st order	1	-

ตารางผนวกที่ ก3 ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนป่า 3

ลำดับ	ลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ	ค่า	หน่วย
1	พื้นที่ (watershed area)	22.85	ตารางกิโลเมตร
2	ความยาวเส้นขอบเขตลุ่มน้ำ (perimeter)	19.08	กิโลเมตร
3	ระดับสูงสุด (max. elevation)	951.8	เมตร รทก.
4	ระดับต่ำสุด (min. elevation)	67.58	เมตร รทก.
5	ความสูงเฉลี่ย (mean elevation)	414.39	เมตร รทก.
6	ความลาดชันเฉลี่ย (mean slope)	35.26	เปอร์เซ็นต์
7	ทิศด้านลาด (aspect)	ตะวันตก	-
8	สัมประสิทธิ์ความกระชับ (compactness coefficient : Kc)	1.12	-
9	ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง (Axial length)	5.79	กิโลเมตร
10	Form Factor (FF)	0.68	-
11	อัตราส่วนความแตกต่างระดับความสูงของลุ่มน้ำ (relief ratio : RR)	152.72	เมตร / กิโลเมตร
12	ความยาวลำน้ำสายหลัก	6.29	กิโลเมตร
13	ความยาวลำน้ำทั้งหมด	23.09	กิโลเมตร
14	ความหนาแน่นการระบายน้ำ (drainage density : Dd)	1.01	กิโลเมตร/ตาราง กิโลเมตร
15	ความหนาแน่นของลำธาร (stream density : Ds)	0.48	ลำธาร/ตาราง กิโลเมตร
16	จำนวน 1 st order	11	-

ตารางผนวกที่ 4 ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 1

ลำดับ	ลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ	ค่า	หน่วย
1	พื้นที่ (watershed area)	97.37	ตารางกิโลเมตร
2	ความยาวเส้นขอบเขตลุ่มน้ำ (perimeter)	48.93	กิโลเมตร
3	ระดับสูงสุด (max. elevation)	508.57	เมตร รทก.
4	ระดับต่ำสุด (min. elevation)	185.39	เมตร รทก.
5	ความสูงเฉลี่ย (mean elevation)	220.05	เมตร รทก.
6	ความลาดชันเฉลี่ย (mean slope)	3.36	เปอร์เซ็นต์
7	ทิศด้านลาด (aspect)	ได้	-
8	สัมประสิทธิ์ความกระชับ (compactness coefficient : Kc)	1.39	-
9	ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง (axial length)	14.93	กิโลเมตร
10	Form Factor (FF)	0.44	-
11	อัตราส่วนความแตกต่างระดับความสูงของลุ่มน้ำ (relief ratio : RR)	21.65	เมตร / กิโลเมตร
12	ความยาวลำน้ำสายหลัก	19.84	กิโลเมตร
13	ความยาวลำน้ำทั้งหมด	79.4	กิโลเมตร
14	ความหนาแน่นการระบายน้ำ (drainage density : Dd)	0.82	กิโลเมตร/ตาราง กิโลเมตร
15	ความหนาแน่นของลำธาร (stream density : Ds)	0.24	ลำธาร/ตาราง กิโลเมตร
16	จำนวน 1 st order	23	-

ตารางผนวกที่ ก5 ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 2

ลำดับ	ลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ	ค่า	หน่วย
1	พื้นที่ (watershed area)	43.83	ตารางกิโลเมตร
2	ความยาวเส้นขอบเขตลุ่มน้ำ (perimeter)	41.5	กิโลเมตร
3	ระดับสูงสุด (max. elevation)	526.41	เมตร รทก.
4	ระดับต่ำสุด (min. elevation)	23.98	เมตร รทก.
5	ความสูงเฉลี่ย (mean elevation)	86.3	เมตร รทก.
6	ความลาดชันเฉลี่ย (mean slope)	5.61	เปอร์เซ็นต์
7	ทิศด้านลาด (aspect)	ตะวันออก	-
8	สัมประสิทธิ์ความกระชับ (compactness coefficient : Kc)	1.76	-
9	ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง (axial length)	13.36	กิโลเมตร
10	Form Factor (FF)	0.25	-
11	อัตราส่วนความแตกต่างระดับความสูงของลุ่มน้ำ (relief ratio : RR)	37.61	เมตร / กิโลเมตร
12	ความยาวลำน้ำสายหลัก	11.33	กิโลเมตร
13	ความยาวลำน้ำทั้งหมด	30.16	กิโลเมตร
14	ความหนาแน่นการระบายน้ำ (drainage density : Dd)	0.69	กิโลเมตร/ตาราง กิโลเมตร
15	ความหนาแน่นของลำธาร (stream density : Ds)	0.07	ลำธาร/ตาราง กิโลเมตร
16	จำนวน 1 st order	3	-

ตารางผนวกที่ 6 ลักษณะทางกายภาพลุ่มน้ำตัวแทนยางพารา 3

ลำดับ	ลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพ	ค่า	หน่วย
1	พื้นที่ (watershed area)	341.82	ตารางกิโลเมตร
2	ความยาวเส้นขอบเขตลุ่มน้ำ (perimeter)	130.37	กิโลเมตร
3	ระดับสูงสุด (max. elevation)	621.73	เมตร รทก.
4	ระดับต่ำสุด (min. elevation)	9.56	เมตร รทก.
5	ความสูงเฉลี่ย (mean elevation)	130.78	เมตร รทก.
6	ความลาดชันเฉลี่ย (mean slope)	7.04	เปอร์เซ็นต์
7	ทิศด้านลาด (aspect)	ตะวันออก	-
8	สัมประสิทธิ์ความกระชับ (compactness coefficient : Kc)	1.97	-
9	ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง (axial length)	29.29	กิโลเมตร
10	Form Factor (FF)	0.40	-
11	อัตราส่วนความแตกต่างระดับความสูงของลุ่มน้ำ (relief ratio : RR)	20.90	เมตร / กิโลเมตร
12	ความยาวลำน้ำสายหลัก	37.97	กิโลเมตร
13	ความยาวลำน้ำทั้งหมด	477.1	กิโลเมตร
14	ความหนาแน่นการระบายน้ำ (drainage density : Dd)	1.40	กิโลเมตร/ตาราง กิโลเมตร
15	ความหนาแน่นของลำธาร (stream density : Ds)	0.43	ลำธาร/ตาราง กิโลเมตร
16	จำนวน 1 st order	3	-



ตารางผนวกที่ ข1 หมายเลขโค้งน้ำท่า (curve number, CN)

สิ่งปกคลุมดิน	ค่า curve number (CN) สำหรับชุดดิน ทางอุทกศาสตร์ (HSG's)			
	A	B	C	D
เขตเมือง – ธุรกิจและพาณิชย์ (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 85 %)	89	92	94	95
– อุตสาหกรรม (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 72 %)	81	88	91	93
เขตที่อยู่อาศัย – บ้านในเมือง (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 65 %)	77	85	90	92
– บ้านในชนบท (พื้นที่ไม่ซึมน้ำ 12 %)	46	65	77	82
พื้นที่ว่างเปล่า	77	86	91	94
พืชไร่ (สภาพอุทกวิทยาดี) – ที่ราบ (slope 0-5 % , B)	67	78	85	89
– ที่มีระดับ (slope 5-20 % , C,D)	65	75	82	86
– ขึ้นบันได (slope 20-35 % , E)	62	71	78	81
ข้าว (สภาพอุทกวิทยาดี) – ที่ราบ (slope 0-5 % , B)	63	75	83	87
– ที่มีระดับ (slope 5-20 % , C,D)	61	73	81	84
– ขึ้นบันได (slope 20-35 % , E)	59	70	78	81
พืชตระกูลถั่ว (สภาพอุทกวิทยาดี) – ที่ราบ (slope 0-5 % , B)	58	72	81	85
– ที่มีระดับ (slope 5-20 % , C,D)	55	69	78	83
– ขึ้นบันได (slope 20-35 % , E)	51	67	76	50
ทุ่งหญ้า (สภาพอุทกวิทยาดี)	39	61	74	80
ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่มเตี้ย, ไม้พุ่มเตี้ย (สภาพอุทกวิทยาดี)	30	48	65	73
สวนผลไม้ สวนป่า (สภาพอุทกวิทยาดี)	32	58	72	79
ป่าเบญจพรรณ (สภาพอุทกวิทยาดี)	36	60	73	79
ป่าไม้ (สภาพอุทกวิทยาดี)	30	55	76	77
โรงนา	59	74	82	86
พื้นที่ไม่ซึมน้ำ (ถนน ที่จอดรถ พื้นที่ระบายน้ำ)	98	98	98	98

ที่มา: Arnold *et al.* (1995)

ตารางผนวกที่ ๒ การจำแนกกลุ่มดินทางอุทกศาสตร์ (hydrologic soil group, HSG) ตามลักษณะเนื้อดิน

ลักษณะเนื้อดิน	กลุ่มดินทางอุทกศาสตร์	ดินทราย (%)	ดินร่วน (%)	ดินเหนียว (%)	ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density)	น้ำในดินที่พืชนำไปใช้ Available Water (%)
ดินทราย	A	85	+1.5, %C<15		1.40	3
ดินทรายร่วน	A	70-91	+1.5, %C<15		1.25	3
			และ =2C<30			
ดินร่วนปนทราย	A	>52, >43	+2, %C<-30, <50	7-20, <7	1.25	3
ดินร่วน	B	52	28-50	7-27	1.25	3
ดินร่วนปนตะกอน	B		>50, 50-80	12-27, <12	1.25	3
ดินทรายแป้ง	B		>80	<12	1.25	n.a.
ดินร่วนเหนียว	C	>45	<28	20-35	1.32	3
ปนทราย						
ดินร่วนเหนียว	D	>20-46	27-40		1.32	6-8
ดินร่วนเหนียวปนตะกอน	D	≤20	27-40		1.32	8-11
ดินเหนียวปนทราย	D	>45	>35		1.15	3-5
ดินเหนียวปนตะกอน	D	>40	>40		1.15	8-11
ดินเหนียว	D	≤45	<40	40	1.15	4-6

หมายเหตุ n.a. หมายถึง พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ตารางผนวกที่ ข3 การจำแนกกลุ่มดินทางอุทกศาสตร์ (hydrologic soil group, HSG)
ตามกลุ่มชุดดิน

กลุ่มดินทางอุทกศาสตร์ (HSG)	ชุดดิน
A (ซึมน้ำดี)	26,27,28,29,30,31,32,35,36,38,39,40,43,44,45,46,47,50,51,52,54,56
B (ค่อนข้างซึมน้ำดี)	33,34,37,41,42,48,49,53,55,60,61,62
C (ค่อนข้างซึมน้ำต่ำ)	7,15,17,19,20,21,22,24,25
D (ซึมน้ำต่ำ)	1,2,3,4,5,6,8,9,10,11,12,13,14,16,18,23,57,58,59

ที่มา: Arnold *et al.* (1995)

ตารางผนวกที่ ข4 เกณฑ์การแบ่งชนิดของค่าความชื้นก่อนหน้า (AMC)

AMC	ฤดูไม่มีการเพาะปลูก		ฤดูการเพาะปลูก	
	นิ้ว	มิลลิเมตร	นิ้ว	มิลลิเมตร
AMC I (ความชื้นต่ำ)	< 0.5	< 12.7	< 0.4	< 35.6
AMC II (ความชื้นเฉลี่ย)	0.5 - 1.1	12.7 - 27.9	1.4 - 2.1	35.6 - 53.3
AMC III (ความชื้นสูง)	> 1.1	> 27.9	> 2.1	> 53.3

ที่มา: Arnold *et al.* (1995)

ตารางผนวกที่ ข5 เกณฑ์สัมประสิทธิ์ในการสอบเทียบแบบจำลอง

พารามิเตอร์ทางสถิติ	สัมประสิทธิ์ยอมรับในระดับต่างๆ				
r	← 0.75	0.80	0.85	0.90	→ 0.95
R ²	← 0.6	0.7	0.8	0.9	→
Daily	ไม่ดี	พอใช้	ดี	ดีมาก	
Monthly	ไม่ดี	พอใช้	ดี	ดีมาก	

ที่มา: Donigian (2002)



1. กลุ่มชุดดินที่ 26 คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 13.02 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง

ลักษณะโดยทั่วไป : หน่วยที่ดินเป็นกลุ่มชุดดินที่มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วน ดินร่วนปนดินเหนียว หรือเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนดินล่างเป็นพวกดินเหนียว พบในเขตที่มีฝนตกชุก เช่น ภาคใต้ สิรินเป็นสีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดง ส่วนใหญ่เกิดจากการสลายตัวของหินต้นกำเนิดชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งหินอัคนี หินตะกอนและหินแปร พบบริเวณพื้นที่ดอน ซึ่งมีลักษณะเป็นลูกคลื่นจนถึงพื้นที่เนินเขาเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ปลูกยางพารา ไม้ผลต่าง ๆ และพืชไร่บางชนิด บางแห่งยังคงสภาพป่าธรรมชาติ ตัวอย่างชุดดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ ชุดดินพังงา ชุดดินภูเก็ต ชุดดินโคกลอย ชุดดินท้ายเหมือง ชุดดินห้วยโป่ง ชุดดินอ่าวลึก ชุดดินกระบี่ ชุดดินลำภูรา ชุดดินปากจั่น

2. กลุ่มชุดดินที่ 34 คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 23.35 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง

ลักษณะโดยทั่วไป : หน่วยที่ดินเป็นกลุ่มชุดดินที่มีเนื้อดินเป็นพวกดินร่วนปนทราย พบในเขตฝนตกชุก เช่น ภาคใต้ สิรินเป็นสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดง เกิดจากวัสดุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำนํ้า หรือเกิดจากการสลายตัวผุพังของดินเนื้อหยาบ เป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดีถึงปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5 ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ปลูกยางพารา มะพร้าว ไม้ผลต่าง ๆ และพืชไร่บางชนิดบางแห่งยังคงสภาพป่าธรรมชาติ ป่าละเมาะและไม้พุ่ม

3. กลุ่มชุดดินที่ 62 คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 24.04 ของพื้นที่ลุ่มน้ำตรัง

ลักษณะโดยทั่วไป : ดินนี้ประกอบด้วยพื้นที่ภูเขา ซึ่งมีความลาดชันมากกว่า 35 % ดินที่พบในบริเวณดังกล่าวนี้มีทั้งดินลึกและดินตื้น ลักษณะของเนื้อดินและความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของหินต้นกำเนิดในบริเวณนั้น มักมีเศษหิน ก้อนหิน หรือหินพื้นโผล่กระจัดกระจายทั่วไป ส่วนใหญ่ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ประเภทต่าง ๆ เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง หรือป่าดิบชื้น หลายแห่งมีการทำไร่เลื่อนลอย โดยปราศจากมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน จนบางแห่งเหลือแต่หินพื้นโผล่ ได้แก่ชุดดินที่ลาดชันเชิงซ้อน (Sc) กลุ่มชุดดินนี้ไม่ควรนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เนื่องจากมีปัญหาหลายประการที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ควรสงวนไว้เป็นป่าตามธรรมชาติ เพื่อรักษาแหล่งต้นน้ำลำธาร

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นาย ปรีญา จำวารี
เกิดวันที่	22 มกราคม 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดสระบุรี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์การประมง) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

