ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม | อนุรักษวิทยา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

Organic and Plant Nutrient Loading in Pasak River Basin

นามผู้วิจัย นายณพล อนุตตรังกูร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

(รองศาสตราจารย์สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, วท.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ....

(รองศาสตราจารย์พัฒนา อนุรักษ์พงศธร, D.Tech.Sc.)

หัวหน้าภาควิชา ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดรรชนี เอมพันธุ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ .... **เดือน** .... **พ.ศ.** ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

Organic and Plant Nutrient Loading in Pasak River Basin

โดย

นายณพล อนุตตรังกูร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ณพล อนุตตรังกูร 2552: ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช บริเวณลุ่มน้ำป่าสัก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, วท.ด. 129 หน้า

การศึกษาภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช บริเวณลุ่มน้ำป่าสักมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ เกษตรกรรม และชุมชน และกำหนดแนวทางในการจัดการพื้นที่เพื่อลดมลพิษทางน้ำ โดยประเมินจากข้อมูลจำนวนประชากร อัตราการใช้น้ำในแต่ละเทศบาล ค่าความเข้มข้นน้ำทิ้งชุมชน ปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม ในช่วงน้ำแล้ง (พฤศจิกายน 2547 - มกราคม 2548) และช่วงน้ำหลาก (พฤษภาคม - กรกฎาคม 2548)

ผลการศึกษา พบว่า สารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชรูปไนเตรทและฟอสเฟต ในพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรมในลุ่มน้ำป่าสัก เกิดจากพื้นที่ป่าไม้ ในช่วงน้ำหลากเท่ากับ 704.95, 106.16 และ 4.03 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ในช่วงน้ำแล้งเท่ากับ 0.06, 0.06 และ 0.16 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ พื้นที่เกษตรกรรมในช่วงน้ำหลากเท่ากับ 2,643.03, 307.58 และ 29.17 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ในช่วงน้ำแล้งเท่ากับ 4.22, 4.22 และ 2.00 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ พื้นที่ชุมชน เท่ากับ 9,818.94, 8.06 และ 589.81 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ผลการศึกษาสามารถกำหนดแนวทางในการจัดการพื้นที่ที่แหล่งกำเนิดซึ่งแก้ไขเหตุของปัญหาโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนได้ทั้งหมด 5 มาตรการ ดังนี้ มาตรการที่ 1 การส่งเสริมประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านมลพิษทางน้ำแก่ประชาชน มาตรการที่ 2 การควบคุมป้องกันมลพิษทางน้ำจากแหล่งกำเนิด มาตรการที่ 3 การรักษาฟื้นฟูลุ่มน้ำป่าสัก มาตรการที่ 4 การส่งเสริมการรวมกลุ่มบริหารจัดการอย่างมีส่วนร่วม และมาตรการที่ 5 การส่งเสริมสนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาด้านบำบัดน้ำเสีย ทั้งนี้เพื่อให้คุณภาพน้ำในลุ่มน้ำป่าสักมีแนวโน้มที่ดีขึ้นต่อไป

________________ __________________________ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Napon Anuttarunggoon 2009: Organic and Plant Nutrient Loading in Pasak River Basin. Master of Science (Watershed and Environmental Management), Major Field: Watershed and Environmental Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Associate Professor Sittichai Tantanasarit, Ph.D. 129 pages.

The objectives of this study were firstly to quantity of the organic loading as BOD and the nitrate and phosphate loading, the secondly to compare of such loading was originated from various land use, such as forest, agriculture, and community area, the finaly to identify procedure to reduced water pollution using calculating population data, water use in each municipality, effluent concentration value, and water quality from representative watershed. The data was from both periods of dry (November 2004 – January 2005) and wet (May – July 2005).

The organic loading as BOD, and nutrient in form of nitrate and phosphate loading in forest and agricultural zones in Pasak river basin were shown as followed. In wet period, the loads originated from forest area were 704.95, 106.16 and 4.03 kg/day respectively and 0.06, 0.06 and 0.16 kg/day respectively in dry period. The loads originated from agricultural area in wet period were 2,643.03, 307.58 and 29.17 kg/day respectively and in dry period the load were 4.22, 4.22 and 2.00 kg/day respectively. The loads in community area were 9,818.94, 8.06 and 589.81 kg/day respectively. The results could be used to set the guideline to manage the pollution both at point and non-point souce incorporation with people participation. The solution was come up in 5 measures: 1) enhancing the knowledge and information of water pollution to public; 2) prevention and control water pollution at soures; 3) restoration and rehabitetion of Pasak river basin; 4) enhancing the cooperation management by participation concept; 5) supporting in wastewater treatment system. Accordingly, with mentioned measures, the water quality in Pasak river basin would be better.

________________________ ________________________ ___ / ___ / ___

Student’s signature Thesis Advisor’s signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักอย่างสูง ที่ได้ช่วยเหลือให้ความเมตตา คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ รวมถึงอบรมสั่งสอนสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียน การวิจัย การวางตัวในสังคมให้แก่ข้าพเจ้า และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พัฒนา อนุรักษ์พงศธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วิชา นิยม ประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์มนู โอมะคุปต์ ผู้ทรงคุณวุฒิในการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ครบทุกด้าน

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณข้อมูลวิจัยของโครงการการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก กรมควบคุมมลพิษ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน รวมถึงหน่วยงานอื่นๆ ที่ไม่ได้เอ่ยชื่อ และขอขอบคุณหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่อำนวยความสะดวกแก่ข้าพเจ้าในการติดต่อประสานงาน เช่น ภาควิชาอนุรักษวิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย เป็นต้น

ข้าพเจ้ากราบขอบคุณคุณพ่อภักดี อนุตตรังกูร และคุณแม่วิยะดา อนุตตรังกูร ที่คอยให้กำลังใจมาตลอด รวมถึงญาติพี่น้องของข้าพเจ้าทุกคนที่ให้การสนับสนุนทั้งทุนการศึกษาและสถานที่พักอาศัย คือ คุณป้าดาลัด อนุตตรังกูร และคุณป้าเปรมพร นวลนิ่ม สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ เพื่อนๆ ในภาควิชาอนุรักษวิทยา โดยเฉพาะคุณประภาชื่น คุณตรีนรรถ คุณสัญชัย คุณปาริชาต คุณจันทนา คุณศุภาพร และคุณสุรีย์พร รวมถึงคุณยุวดี ที่คอยช่วยเหลือ แนะนำ และให้กำลังใจเรื่อยมาจนถึงทุกวันนี้

ณพล อนุตตรังกูร

ตุลาคม 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตการวิจัย	2
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	19
ผลและวิจารณ์	53
สรุปและข้อเสนอแนะ	110
สรุป	110
ข้อเสนอแนะ	111
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	112
ภาคผนวก	116
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	129

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถานีเก็บตัวอย่างน้ำในลุ่มน้ำป่าสัก	23
2	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F1	24
3	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F1	26
4	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F3	28
5	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A1	30
6	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A2	32
7	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A3	34
8	สถานีวัดน้ำท่าที่เป็นตัวแทนการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้และเกษตรกรรมในลุ่มน้ำป่าสัก	43
9	เนื้อที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักปี พ.ศ. 2546	49
10	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำแล้ง	55
11	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำแล้ง	56
12	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำแล้ง	58
13	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำหลาก	59
14	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำหลาก	60
15	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำหลาก	62
16	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำแล้ง	63
17	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำแล้ง	64
18	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำแล้ง	66
19	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำหลาก	67
20	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำหลาก	68
21	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำหลาก	70
22	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำแล้ง	71
23	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำแล้ง	72

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

24	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำแล้ง	74
25	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำหลาก	75
26	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำหลาก	76
27	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำหลาก	78
28	จำนวนประชากรในแต่ละเทศบาลบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก	79
29	อัตราการใช้น้ำปัจจุบันและในอนาคตของชุมชนในภาคกลาง	81
30	ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชนบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก	83
31	เปรียบเทียบปริมาณภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชตามเหตุการณ์	86
32	ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม	87
33	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมในลุ่มน้ำป่าสัก	94
34	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ในลุ่มน้ำป่าสัก	94
35	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ในลุ่มน้ำป่าสัก	95
36	ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำของประเทศไทย	99
37	สาเหตุของปัญหาในแต่ละแหล่งกำเนิดมลพิษ	101
38	มาตรการจัดการพื้นที่ที่แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำในลุ่มน้ำป่าสัก	102

ตารางผนวกที่

1	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	117
2	การใช้ประโยชน์แหล่งน้ำผิวดิน	120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		**หน้า**
3	เกณฑ์คุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์	121
4	สถานีตรวจวัดอากาศบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก	122
5	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S12	123
6	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S13	124
7	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S10	125
8	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S4B	126
9	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S14	127
10	การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S9	128

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการศึกษา	20
2	สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก	22
3	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F1	25
4	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F2	27
5	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F3	29
6	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A1	31
7	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A2	33
8	การใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A3	35
9	ช่วงน้ำแล้งและช่วงน้ำหลากของสถานีเพชรบูรณ์	39
10	ช่วงน้ำแล้งและช่วงน้ำหลากของสถานีหล่มสัก	39
11	ช่วงน้ำแล้งและช่วงน้ำหลากของสถานีวิเชียรบุรี	40
12	สถานีตรวจวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสัก	42
13	ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก	46
14	สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2546 ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก	48
15	ลักษณะธรณีวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก	51
16	กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก	52
17	แผนผังจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก	54
18	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ชุมชน	55
19	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ชุมชน	57
20	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ชุมชน	58
21	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ชุมชน	59
22	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ชุมชน	60
23	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ชุมชน	62
24	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ป่าไม้	63
25	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ป่าไม้	65
26	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ป่าไม้	66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ป่าไม้	68
28	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ป่าไม้	69
29	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ป่าไม้	70
30	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่เกษตรกรรม	72
31	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่เกษตรกรรม	73
32	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่เกษตรกรรม	74
33	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำหลากของพื้นที่เกษตรกรรม	76
34	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำหลากของพื้นที่เกษตรกรรม	77
35	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำหลากของพื้นที่เกษตรกรรม	78
36	กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S12	88
37	กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S13	89
38	กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S10	90
39	กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S4B	91
40	กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S14	92
41	กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S9	93
42	กราฟเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในแต่ละแหล่งกำเนิด	96
43	กราฟเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในแต่ละแหล่งกำเนิด	97
44	กราฟเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตแหล่งกำเนิด	98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

Organic and Plant Nutrient Loading in Pasak River Basin

คำนำ

สารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ในโลกเกิดจากสิ่งมีชีวิตทั้งที่อยู่บนบกและในน้ำ โดยที่สามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งสารอินทรีย์เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงความสกปรกของน้ำ ในแต่ละกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการใช้น้ำในรูปแบบต่างๆ กัน โดยในแต่ละกิจกรรมก่อให้เกิดสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งหากมีการปนเปื้อนในน้ำแล้วอาจทำให้น้ำนั้นกลายเป็นน้ำเสียได้ น้ำเสียที่ระบายออกมาสู่แหล่งน้ำมีปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชมากเกินไป จะทำให้คุณภาพน้ำนั้นเปลี่ยนแปลงและทำให้เกิดมลพิษทางน้ำได้

ปัญหาความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแม่น้ำป่าสัก เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการระบายน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ กิจกรรมในพื้นที่ชุมชน กิจกรรมในพื้นที่อุตสาหกรรม กิจกรรมในพื้นที่และเกษตรกรรม ที่กระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ ทำให้เกินความสามารถในการรองรับได้ของแม่น้ำ โดยสิ่งมีชีวิตได้อาศัยน้ำจากลุ่มน้ำเพื่ออุปโภค-บริโภคและประกอบกิจกรรมต่างๆ ซึ่งในแต่ละวันมีการระบายน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ลงในลุ่มน้ำเป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากกิจกรรมต่างๆ ในลุ่มน้ำมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียจากพื้นที่ชุมชนและอุตสาหกรม มีปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand; BOD) หรือที่เรียกว่าบีโอดี เจือปนค่อนข้างสูง ดังนั้นการประเมินปริมาณภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันภายในลุ่มน้ำป่าสักเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้ทราบปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นภายในลุ่มน้ำ และสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการและป้องกันเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากแหล่งกำเนิดมลพิษในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในแต่ละแหล่งกำเนิดมลพิษบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

3. เพื่อกำหนดแนวทางในการจัดการพื้นที่ที่แหล่งกำเนิดเพื่อลดมลพิษทางน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก โดยศึกษาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ ได้แก่ ชุมชน เกษตรกรรม และป่าไม้ โดยการประเมินภาระสารอินทรีย์จะประเมินในรูปบีโอดี (BOD) และธาตุอาหารพืชจะประเมินในรูปไนเตรทและฟอสเฟต (nitrate and phosphate) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แหล่งกำเนิดมลพิษประเภทชุมชน ประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากปริมาณน้ำใช้ของประชากรในเขตเทศบาล ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ซึ่งรายละเอียดดังนี้

1.1 ประเภทของเทศบาล ได้แก่ เทศบาลนคร เทศบาลเมือง และเทศบาลตำบล

1.2 จำนวนประชากร ประเมินจากจำนวนประชากรในแต่ละเทศบาล

1.3 ปริมาณน้ำเสีย ประเมินจากปริมาณการใช้น้ำของประชากรในแต่ละเทศบาล

1.4 ความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชน ใช้ข้อมูลจากการศึกษาของกรมควบคุมมลพิษ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แหล่งกำเนิดมลพิษประเภทป่าไม้และเกษตรกรรม ประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่าและค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของบีโอดี ไนเตรท และฟอสเฟต จากพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรมตัวแทนในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ซึ่งรายละเอียดดังนี้

2.1 ขนาดพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรม ประเมินจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำป่าสักปี พ.ศ. 2546 บริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

2.2 ช่วงน้ำแล้งและช่วงน้ำหลาก ประเมินจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา

2.3 ปริมาณน้ำท่า ประเมินข้อมูลปริมาณน้ำท่า ของสถานีตรวจวัดน้ำท่ากรมชลประทาน

2.4 ความเข้มข้นของค่าบีโอดี ไนเตรท และฟอสเฟต จากพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรมได้จากข้อมูลคุณภาพน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. นิยามความหมาย

มลพิษ หรือ มลภาวะ (pollution) หมายถึง ของเสีย วัตถุอันตรายและมลสารอื่น ๆ รวมทั้งกากตะกอนหรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้นที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษหรือที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดหรืออาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมหรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน (กรมควบคุมมลพิษ, 2551 ก)

ภาวะมลพิษ (pollution situation) หมายถึง สภาวะที่สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงหรือปนเปื้อนโดยมลพิษ ซึ่งทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศและมลพิษดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2551 ข)

น้ำเสีย (waste water) หมายถึง น้ำที่มีสิ่งแปลกปลอมเจือปนอยู่ซึ่งมีผลทำให้น้ำนั้นเสื่อมคุณภาพ หรือมีคุณสมบัติเปลี่ยนจากเดิมตามธรรมชาติ โดยเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลงจนทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งนั้นได้ลดลง หรือใช้ไม่ได้เลย (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2545)

สารอินทรีย์ หมายถึง สารประกอบที่ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญดังนี้คือ คาร์บอนร้อยละ 58 ออกซิเจนร้อยละ 20 ไฮโดรเจนร้อยละ 10 ไนโตรเจนร้อยละ 5 ฟอสฟอรัสร้อยละ 1 กำมะถันร้อยละ 1 และยังมีสารอื่นอีกเล็กน้อย (Black และคณะ, 1965) องค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ และในดินมีความสลับซับซ้อนซึ่งบางอย่างจำแนกชนิดไม่ได้ ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต (mono-polysaccharide, เซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส, ลิกนิน) ไลปิด (ไขมัน, ขี้ผึ้ง, กรดไขมัน) และสารอื่นๆ เช่น เรซิน, กรดอินทรีย์, กรดอะมิโน, amino sugar, สารประกอบอะโรเมติกและอนุพันธ์ และสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนอื่นๆอีกมาก ซึ่งแหล่งของอินทรีย์ในน้ำส่วนใหญ่มาจากขยะจำพวกเศษอาหาร ซากสัตว์ มูลสัตว์ มูลคน เป็นต้น

2. แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ

กัณฑรีย์ (2547) กล่าวว่า แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ แบ่งออกเป็น 2 แหล่งใหญ่ คือ แหล่งกำเนิดที่มีจุดกำเนิดที่แน่นอน และแหล่งกำเนิดที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 แหล่งกำเนิดที่มีจุดกำเนิดที่แน่นอน (point source)

2.1.1 น้ำทิ้งจากชุมชน (Sewage) น้ำเสียจากบ้านพักอาศัย อาคาร ร้านค้า ตลาด โรงมหรสพ โรงแรม โรงอาหาร สำนักงานต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น การชำระร่างกาย การซักเสื้อผ้า การประกอบอาหาร การขับถ่าย ฯลฯ โดยสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำทิ้งประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร สบู่ ผงซักฟอก อุจจาระ ปัสสาวะ เป็นต้น (เสริมพล และ ไชยยุทธ์, 2525)

2.1.2 น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastewater) ได้แก่ น้ำทิ้งที่เกิดจากขบวนการต่าง ๆ ในขบวนการอุตสาหกรรม เช่น การล้างวัตถุดิบ การล้างเครื่องจักร การระบายความร้อน เป็นต้น สิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียประเภทนี้ประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์โดยขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้น้ำ และชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม (เสริมพล และ ไชยยุทธ์, 2525)

2.2 แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน (non - point source)

แหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน เป็นแหล่งกำเนิดที่สารมลพิษมีการแพร่กระจายโดยไม่ทราบตำแหน่งที่ปล่อยออกมาแน่นอน เช่น น้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งไหลผ่านพื้นที่ต่าง ๆ ทำให้เกิดการปนเปื้อนของดิน ตะกอน หรือสารเคมีอื่น ๆ น้ำทิ้งที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร ได้แก่ การปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ การประมง ล้วนมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เกิดจากมูลสัตว์ การใช้ปุ๋ย การใช้ยาปราบศัตรูพืช การปล่อยน้ำเสียออกจากบ่อเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น (เกษม, 2541)

3. สารอินทรีย์ในน้ำ

สารอินทรีย์ในแหล่งน้ำเป็นแหล่งอาหารและพลังงานที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต (Fisher และ Likens, 1972) และสิ่งมีชีวิตก็เป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารอินทรีย์ในธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่สะสมอยู่ในดิน ในปัจจุบันการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่าง ๆ มักก่อให้เกิดผลกระทบตามมาเสมอ ผลที่เกิดจากกิจกรรมเหล่านี้ ส่วนหนึ่งจะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ โดยสารอินทรีย์ในน้ำจะอยู่ในรูปของสารละลาย สารแขวนลอย หรือตกตะกอนทับถมกัน หากสารอินทรีย์มีมากเกินไปจะก่อให้เกิดสภาวะน้ำเสีย ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์แหล่งน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 ประเภทสารอินทรีย์ในน้ำ

สารอินทรีย์ในน้ำแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

3.1.1 non humic substances หมายถึง สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน

3.1.2 humic substances หมายถึง สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ยากและใช้เวลานาน ได้แก่ เศษซากพืช ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีรูปร่างและขนาดโมเลกุลไม่แน่นอน และยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของดินและน้ำที่ทำให้ดินและน้ำมีสีเข้ม ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีสารอินทรีย์กลุ่มนี้มากที่สุด โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 6-30 ของอินทรีย์ในน้ำทั้งหมด (Werner และ Morgan, 1981; Telang และคณะ, 1981)

3.2 แหล่งที่มาของสารอินทรีย์ในน้ำ

สารอินทรีย์ในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณมากและน้อยแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิด ซึ่งจำแนกเป็น 2 แหล่ง คือ

3.2.1 แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ สารอินทรีย์ในแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติได้มาจาก

1) อินทรียวัตถุ เป็นส่วนของซากสิ่งมีชีวิต ได้แก่ พืชและสัตว์ที่ตายทับถมอยู่ที่พื้นดิน เช่น ใบไม้ ต้นไม้ รากไม้ ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยจุลินทรีย์ทั้งที่เป็นพืชและสัตว์ในรูปแบบต่างๆ เช่น แบคทีเรีย เห็ด รา ช่วยกันย่อยสลายอินทรีย์วัตถุให้กลายเป็นวัตถุขนาดเล็ก โดยอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายตัวแล้วอยู่ในสภาพที่เหมาะสม เรียกว่า ฮิวมัส โดยอินทรียวัตถุเป็นตัวที่บ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งดินอุดมสมบูรณ์จะต้องมีสภาพเป็นกลาง หรือมีค่า pH ประมาณ 6.5-7.5 (สิทธิชัย, 2549 ข) จากอินทรียวัตถุในดินถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำด้วยกระบวนการต่างๆ เช่น น้ำไหลบ่าหน้าดิน การชะล้างพังทลายของดิน เป็นต้น

2) พืชน้ำ สาหร่าย และแพลงตอนพืช จะขับถ่ายของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก นอกจากนี้ยังได้จากการย่อยสลายพืชน้ำที่ตายแล้ว เศษพืชใบไม้ที่ร่วงลงสู่แหล่งน้ำ ก็มีส่วนในการเพิ่มปริมาณของสารอินทรีย์เช่นกัน (Steelink, 1977)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่แขวนลอยในน้ำ ได้แก่ พวกไมโครแพลงตอน ซึ่งจะพบมากตามบริเวณผิวน้ำ ประมาณร้อยละ 10 ของสารอินทรีย์ทั้งหมดตามผิวน้ำ ส่วนในน้ำระดับลึกพบน้อย ประมาณร้อยละ 2 เท่านั้น (สิทธิชัย, 2549 ก)

4) การย่อยสลายซากสัตว์น้ำที่ตายแล้วและการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำ เช่น ปลาดุก ปลากด และปลาเค้า จะปล่อยสารอินทรีย์ลงในแหล่งน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.0022 กิโลกรัมต่อวัน ต่อน้ำหนักของปลา 0.45 กิโลกรัม (สิทธิชัย, 2549 ก)

3.2.2 แหล่งกำเนิดจากชุมชน เกิดจากน้ำทิ้งประเภทต่างๆ แหล่งน้ำที่ผ่านชุมชนที่หนาแน่นจะพบปริมาณสารอินทรีย์แตกต่างกันไปตามกิจกรรมของมนุษย์

1) น้ำทิ้งจากบ้านเรือนและชุมชน เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนประชากร และมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำใช้ในครัวเรือน ซึ่งน้ำทิ้งชุมชนเกิดมาจากจากการชำระล้างหรือสิ่งปฏิกูลต่างๆ ที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ จากการประเมินค่าความสกปรกในรูปบีโอดีของพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีประชาการอาศัยอยู่ประมาณ 8,916,170 คน ทำให้เกิดปริมาณความสกปรกในรูปบีโอดีประมาณ 425,210 กิโลกรัมต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

2) น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นน้ำทิ้งจากขบวนการผลิตต่างๆ ซึ่งเกิดจากปริมาณและชนิดของวัตถุดิบ กำลังการผลิต จำนวนแรงม้า และจำนวนคนงานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละแห่งจะพบปริมาณสารอินทรีย์ที่แตกต่างกันตามลักษณะการใช้น้ำ จากการประเมินค่าความสกปรกในรูปบีโอดีจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำยมปี 2544 พบว่ามีค่าเท่ากับ 42.33 กิโลกรัมต่อวัน (รัตน์เกล้า, 2547) แตกต่างกับลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่มีโรงงานอุตสาหกรรมจำพวกผลิตสุรา ซึ่งมีค่าความสกปรกในรูปบีโอดีสูงสุดประมาณ 29,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีน้ำทิ้งอุตสาหกรรมในรูปบีโอดีประมาณ 97,900 กิโลกรัมต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

3) น้ำไหลบ่าจากพื้นที่เกษตรกรรม การเกษตรกรรมเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่ไม่แน่นอน ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีสารอินทรีย์เป็นจำนวนมากสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ น้ำทิ้งจากการเพาะปลูก น้ำทิ้งจากการปศุสัตว์ และน้ำทิ้งจากเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จากการศึกษาความสกปรกในรูปบีโอดีที่เกิดในลุ่มน้ำเจ้าพระยา พบว่า พื้นที่เพาะปลูก 3,566,640 ไร่ เกิดความสกปรกในรูปบีโอดีเท่ากับ 33,533 กิโลกรัมต่อวัน พื้นที่การปศุสัตว์ 1,060 ฟาร์ม เกิดความสกปรกในรูปบีโอดีเท่ากับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

43,000 กิโลกรัมต่อวัน และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 100,000 ไร่ เกิดความสกปรกในรูปบีโอดีเท่ากับ 20,000 กิโลกรัมต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

3.3 การสลายตัวของสารอินทรีย์

3.3.1 กระบวนการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจน (aerobic processes)

กระบวนการย่อยสลายโดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียใช้ออกซิเจน ซึ่งส่วนมากเป็นออกซิเจนที่มีละลายอยู่ในน้ำ (dissolved oxygen) ช่วยในการย่อยสลายเพื่อเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำมาใช้ในการเจริญเติบโต สร้างเซลล์ใหม่ และทำให้เกิดพลังงาน แบคทีเรียพวกนี้เป็นแอโรบิคแบคทีเรีย (aerobic bacteria) และแฟคคัลเตตีฟแบคทีเรีย (facultative bacteria) ปฏิกิริยาการย่อยสลายที่เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ที่ต้องอาศัยออกซิเจนจะย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ (H_2O) แอมโมเนีย (NH_3) และพลังงานดังนี้

$$\underset{(C, O, H, N)}{\text{สารอินทรีย์}} + O_2 \xrightarrow{\text{แบคทีเรีย}} CO_2 + H_2O + NH_3 + \text{พลังงาน}$$

ส่วนพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายขั้นแรกนั้น แบคทีเรียจะใช้เพื่อกิจกรรมต่างๆ ส่วนหนึ่ง เช่น เพื่อการเคลื่อนไหว และพลังงานอีกส่วนหนึ่งจะช่วยให้เกิดการสร้างแบคทีเรียตัวใหม่หรือนำไปใช้สร้างเซลล์ใหม่ ดังสมการ

$$\underset{(C, O, H, N)}{\text{สารอินทรีย์}} + O_2 \xrightarrow[\text{พลังงาน}]{\text{แบคทีเรีย}} C, O, H, N$$

3.3.2 กระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic processes)

กระบวนการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ โดยไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (free oxygen) แต่จะใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในสารประกอบต่างๆในของเสีย เช่น เกลือซัลเฟต (SO_4^{2-}) เกลือไนเตรต (NO_3^-) เป็นต้น เพื่อเป็นแหล่งพลังงานแทนออกซิเจนอิสระ สำหรับการเจริญเติบโตและการสร้างเซลล์ใหม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุลินทรีย์หรือแบคทีเรียพวกนี้จะเป็น แอนแอโรบิคแบคทีเรีย (anaerobic bacteria) และแฟคคัลเตตีฟแบคทีเรีย (facultative bacteria) ผลจากปฏิกิริยาการย่อยสลายจะเกิดก๊าซมีเทน (CH_4) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) น้ำ (H_2O) และพลังงาน ดังสมการ ดังนี้

สารอินทรีย์ + ออกซิเจนจากเกลือต่างๆ $\xrightarrow{\text{แบคทีเรีย}}$ $CO_2 + H_2O + CH_4 + H_2 + H_2S$+ พลังงาน
(C,O,H,N,S)

เช่นเดียวกันกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการย่อยสลายโดยอาศัยออกซิเจน พลังงานที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะถูกแบคทีเรียใช้ในการเคลื่อนไหว และอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ใหม่ (Hoover and Porges,1952) ดังสมการ

สารอินทรีย์ + ออกซิเจนจากเกลือต่างๆ $\xrightarrow[\text{พลังงาน}]{\text{แบคทีเรีย}}$ $C_5H_7O_2N$
(C,O,H,N,S)

3.4 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD)

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กล่าวว่า บีโอดี หมายถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ ภายใต้สภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนในช่วงระยะเวลาและอุณหภูมิที่กำหนดให้ โดยทั่วไปแล้วคือ เวลา 5 วัน และอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (กรมควบคุมมลพิษ, 2551 ก) ซึ่งอุณหภูมินี้จะใกล้เคียงกับอุณหภูมิในแหล่งน้ำทั่วไปตามธรรมชาติ และจุลินทรีย์ชนิด nitrification bacteria สามารถเจริญเติบโตได้ช้าในช่วงอุณหภูมินี้ ระยะเวลา 5 วัน จะเป็นเวลาที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ ค่าบีโอดีสามารถบอกให้ทราบถึงความสกปรกของแหล่งน้ำได้ ดังนั้นค่าบีโอดี จึงมีความสำคัญในการประเมินสถานภาพของแหล่งน้ำว่าได้รับการปนเปื้อนมากน้อยเพียงใด และได้กำหนดค่าบีโอดีในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ตารางภาคผนวกที่ 1-3)ประเภทที่ 1 มีค่าเป็นไปตามธรรมชาติ ประเภทที่ 2 มีค่าไม่เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 มีค่าไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ประเภทที่ 4 มีค่าไม่เกิน 4 มิลลิกรัมต่อลิตร และประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่ามาตรฐาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

บีโอดี ย่อมาจากคำว่า Biochemical Oxygen Demand เป็นปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ (decomposable) ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำว่า decomposable หมายถึง สารอินทรีย์ที่สามารถเป็นอาหารของแบคทีเรียจากการออกซิเดชั่นนี้ จะได้พลังงานซึ่งแบคทีเรียจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและแบ่งตัวต่อไป ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของออกซิเดชั่นสารอาหารเหล่านี้ อาจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือแอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร (กรรณิการ์, 2549)

ค่าบีโอดีจะบอกถึงความสกปรกของน้ำเสียจากอาคารบ้านพักอาศัย และจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในเทอมของออกซิเจนที่ต้องการใช้ เมื่อปล่อยน้ำเสียนั้นลงสู่แม่น้ำลำคลอง ซึ่งอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนอยู่ การหาค่า BOD มีความสำคัญในการควบคุมความสกปรกของแหล่งน้ำ เพราะค่า BOD จะบอกถึงระดับของความสกปรกของแหล่งน้ำนั้นได้ทันที นอกจากนี้ยังใช้ในการออกแบบขนาดของบ่อบำบัดน้ำเสียอีกด้วย

4. ธาตุอาหารพืชในน้ำ

ธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซึ่งในธรรมชาติมีโพแทสเซียม แต่ขาดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดังนั้นการเกษตรกรรมจึงนิยมใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสลงในพื้นที่ เนื่องจากโพแทสเซียมสูญเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้ง่าย เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบพื้นที่เกษตรกรรมด้วย ดังนั้นธาตุอาหารพืชในน้ำส่วนใหญ่จะพิจารณาธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งมีความสำคัญต่อระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำมาก เพราะเป็นส่วนประกอบของอินทรียสารบางชนิดที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของพืชและสัตว์ เช่น ส่วนประกอบของโปรตีนและไขมันบางชนิด สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น แอมโมเนีย ไนไตรต์ และไนเตรท ซึ่งสารประกอบเหล่านี้สามารถใช้เป็นเครื่องชี้ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ ทั้งนี้เพราะพืชสามารถใช้สารประกอบเหล่านี้ในการปรุงอาหาร ที่ได้กล่าวว่าแหล่งน้ำจะมีธาตุอาหารพืชเจือปนอยู่ และเป็นปัจจัยเบื้องต้นในการเจริญเติบโตของพืชน้ำและแพลงก์ตอนอันเป็น ผู้ผลิตเบื้องต้น (primary producer) ในห่วงโซ่อาหาร ธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ไนเตรต แอมโมเนีย และฟอสเฟต โดยทั่วไปไนโตรเจนและฟอสเฟตจะจำกัดอัตราการเจริญเติบโตของพืช สารสองตัวนี้มีศักย์ต่อการเจริญเติบโตและเป็นปัจจัยที่สนับสนุนการสังเคราะห์แสงของพืชและการที่ให้ผลผลิตมาก อันการมีปริมาณธาตุอาหารพืชเนื่องมาจากการมีสารอาหาร จะทำให้แหล่งน้ำเกิดการตื้นเขิน เนื่องจากการทับถมของสิ่งมีชีวิตได้ ในแหล่งน้ำมากเกินไปทำให้เกิดพืชน้ำเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและเป็นที่รำคาญแก่มนุษย์ซึ่งเรียกว่า eutrophication ธาตุอาหารพืชที่มีความสำคัญต่อกระบวนการ eutrophication นี้ได้แก่ ฟอสฟอรัส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และไนโตรเจนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปฟอสเฟตและไนเตรท ผลเสียอันไม่พึงปรารถนาของกระบวนการ eutrophication ไว้ดังนี้ 1) เป็นการพัฒนาของสาหร่ายชนิดไม่พึงปรารถนา โดยขัดขวางการส่องผ่านของแสงลงสู่น้ำ ลดความสวยงามของแหล่งและทำให้เกิดความรำคาญแก่กิจกรรมของมนุษย์ 2) ทำให้แหล่งน้ำมีสี รส ที่ไม่พึงปรารถนา เนื่องจากการผลิตสารบางอย่างของสาหร่าย แอคติโนมัยซีส และแบคทีเรีย 3) ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ลดลง และทำให้ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส และฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น และ 4) เพิ่มโคลนตมในอ่างเก็บน้ำ ลดปริมาณการใช้ประโยชน์จากน้ำ เพิ่มการคายระเหยและการสูญเสียน้ำ

4.1 แหล่งที่มาและความสำคัญของธาตุอาหาร

Hewlett และ Nutter (1969) กล่าวไว้ว่า น้ำในวัฏจักรจะมีความสมดุลตามธรรมชาติมีส่วนที่เป็นน้ำเค็มร้อยละ 97 น้ำจืดประมาณร้อยละ 3 เพื่อการอุปโภคและบริโภคของมนุษย์ในทำนองเดียวกัน ชี้ให้เห็นว่า น้ำที่ใช้ประโยชน์จริงๆ นั้น เพียง ร้อยละ10 เท่านั้น ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำจืดที่มีอยู่บนผิวโลกน้อยก็จริง แต่น้ำจืดเหล่านี้ได้ให้ประโยชน์แก่มนุษย์อย่างมาก ในด้านเป็นแหล่งผลิตสัตว์น้ำ พืชน้ำ เพราะในแหล่งน้ำจืดนั้น มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยธาตุอาหารเหล่านั้นมาจาก น้ำฝน และการละลายของแร่ หิน ดิน Jackson (1977) รายงานว่า ธาตุอาหารที่เจือปนมากับน้ำ จะเป็นอาหารที่สำคัญต่อพืชน้ำ ซึ่งเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น (primary producer) ของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ อนึ่ง ธาตุอาหารที่พืชจำเป็นต้องใช้มีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คาร์บอเนต คลอไรด์ ซัลเฟต ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ธาตุบางชนิดพืชต้องการใช้ในปริมาณมาก (macronutrient) สำหรับการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น การขยาย การยืดของส่วนต่างๆ ใบ และการขยายพันธุ์ ซึ่งแบ่งเป็นธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารรอง คือ แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) สามารถใช้ไนโตรเจนได้ทั้งในรูปไนเตรท แอมโมเนีย ยูเรีย และ กรดอะมิโน แต่จะใช้มากน้อยในรูปใดนั้น ขึ้นอยู่กับภาวะธาตุอาหารในขณะนั้นและชนิดของแพลงก์ตอนพืชนั้นๆ สำหรับฟอสฟอรัสจะถูกใช้ในรูปของฟอสเฟต โพแทสเซียมจะถูกใช้ในรูปไอออน สำหรับธาตุอาหารพืชอื่นๆ นั้น พืชต้องการแต่ในปริมาณที่ไม่มากนัก

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในแหล่งน้ำ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ เป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยขาดหลักการอนุรักษ์แล้วจะเป็นสาเหตุให้ดินพังทลาย โดยกระบวนการกัดเซาะจากน้ำและลมได้ง่าย ซึ่งดินจาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพังทลายนี้จะถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ อันเป็นสาเหตุให้ธาตุอาหารพืชลงสู่แม่น้ำได้ น้ำไหลบ่ามีผลต่อการสูญเสียไนเตรทและสารประกอบไนโตรเจน โดยที่น้ำไหลบ่าหน้าดินจะมากน้อยเพียงใดขึ้นกับโครงสร้างของดิน ความลาดชัน ความชื้น และลักษณะกายภาพของผิวดิน การปฏิบัติด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกพืชคลุมดิน ซึ่งมีผลต่อการซึมของน้ำลงสู่ดิน ถ้าน้ำซึมได้น้อยจะทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินมาก และชะล้างธาตุอาหารลงสู่แหล่งน้ำได้ ไนเตรตอิออนสูญเสียไปจากดินเนื่องจากดินถูกกัดเซาะพังทลายมักเกิดกับดินที่ไม่มีพืชหรือสิ่งปกคลุม พื้นที่ลาดชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝนเช่นเดียวกับฟอสฟอรัสจะสูญเสียจากพื้นที่เกษตรกรรม โดยขึ้นกับการกัดเซาะจากน้ำและน้ำไหลบ่าหน้าดิน สำหรับฟอสเฟตจะถูกดูดซับมา กับตะกอนในน้ำไหลบ่าหน้าดินมากกว่าจะถูกชะล้างผ่านชั้นดินลงสู่แหล่งน้ำ เนื่องจากฟอสเฟตเคลื่อนผ่านชั้นดินลงไปได้ยาก

4.3 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของอินทรีย์สารหลายชนิดที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ ซึ่งไนโตรเจนยังเป็นปัจจัยกำหนดความสามารถในการผลิตของพืชน้ำที่อาศัยอยู่บนผิวน้ำด้วย โดยไนโตรเจนในน้ำมักพบได้ในรูปของก๊าซไนโตรเจนละลายและสารประกอบไนโตรเจน

สารประกอบไนโตรเจนในน้ำจำแนกได้เป็น 4 ชนิด คือ สารอินทรีย์ไนโตรเจน แอมโมเนีย ไนเตรต และไนไตรต์ (สิทธิชัย, 2549 ก) โดยสารประกอบไนโตรเจนมีกระบวนการชีวเคมีของพืชและสัตว์ ค่อนข้างจะสลับซับซ้อน เนื่องจากมีวาเลนซ์ที่แตกต่างกันถึง 7 ค่า สารพวกนี้อาจจะอยู่ในรูปปุ๋ยหรือเกลือในปัสสาวะ ส่วนอีกชนิด คือ สารประอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิค สารพวกนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกายพืชและสัตว์ ในอุจจาระในปุ๋ยคอก เป็นต้น (กรรณิการ์, 2549) ซึ่งแบคทีเรียเป็นตัวการสำคัญในการเปลี่ยนจากรูปสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำให้เป็นสารอนินทรีย์ในรูปละลายน้ำ โดยเรียกกระบวนการนี้ว่า mineralization (เปี่ยมศักดิ์, 2534) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีความสำคัญเกี่ยวกับวัฏจักรเคมีในน้ำจืดมาก เพราะทำให้มีสารอาหารซึ่งพืชน้ำและสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในน้ำสามารถนำไปใช้ได้

4.3.1 วัฏจักรของไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อม

การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนรูปต่างๆ เกิดขึ้นเป็นวัฏจักรที่มีบรรยากาศเป็นแหล่งศูนย์กลาง ไนโตรเจนส่วนใหญ่ถูกเก็บอยู่ในบรรยากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจน ซึ่งเป็นก๊าซ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เฉื่อยที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การเปลี่ยนแปลงของก๊าซไนโตรเจนเกิดขึ้นได้ 2 ทาง ทางแรกคือเปลี่ยนเป็นโปรตีนหรือสารอินทรีย์ไนโตรเจนโดยความสามารถของแบคทีเรีย สาหร่าย และแอลจีบางชนิด ทางที่สองคือ ก๊าซไนโตรเจนจำนวนมากสามารถถูกออกซิไดซ์ โดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าในระหว่างพายุฟ้าผ่ากลายเป็น N_2O_5 ซึ่งรวมกับน้ำ จะได้กรดไนตริก (NHO_3) ในน้ำฝนนอกจากนี้ไนเตรตอาจถูกสังเคราะห์โดยออกซิไดซ์ไนโตรเจนหรือแอมโมเนียในระหว่างการผลิตปุ๋ยวิทยาศาสตร์

โปรตีนซึ่งสังเคราะห์ขึ้นโดยพืชและสาหร่ายสีเขียวเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญของสัตว์ต่างๆ รวมทั้งมนุษย์ เพื่อใช้ในการดำรงชีวิตและขับถ่ายของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนอื่นออกมา เช่น ยูเรีย เป็นต้น และเมื่อพืชและสัตว์ตายและเน่าเปื่อยเป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่สลายตัวกลายเป็นแอมโมเนีย การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ไนโตรเจนกลายเป็นแอมโมเนีย เรียกว่า ammonification แอมโมเนียอาจถูกออกซิไดซ์ให้กลายเป็นไนเตรตได้ด้วยกระบวนการ nitrification ไนเตรตที่เกิดขึ้นบางส่วนถูกใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนของพืชต่างๆ ไนเตรตที่เหลือจะถูกละลายน้ำและซึมผ่านชั้นดินกลายเป็นน้ำใต้ดิน เนื่องจากดินไม่สามารถจับไนเตรตได้ น้ำบาดาลจึงอาจมีไนเตรตละลายอยู่ในปริมาณสูง ถ้ามีการใช้ปุ๋ยไนเตรตเกินขนาดและอย่างต่อเนื่อง ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ไนเตรตและไนไตรต์ถูกรีดิวซ์ให้เป็นก๊าซไนโตรเจนด้วยกระบวนการที่เรียกว่า denitrification ดังสมการ

$$NO_3^- + 5/6CH_3OH \longrightarrow 1/2N_2 + 5/6CO_2 + 7/6H_2O + OH^-$$

4.3.2 แหล่งที่มาของไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อม

1) สภาวะธรรมชาติ ไนโตรเจนเข้าสู่แหล่งน้ำทางอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจน จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบหลายชนิด ซึ่งเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับพวกพืช และสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น นอกจากนี้ยังมีสารประกอบไนโตรเจนเข้าสู่แหล่งน้ำได้จากทางอื่น เช่น อาจถูกพัดพามาโดยน้ำตามผิวดิน หรือน้ำใต้ดิน

2) ปุ๋ย ปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งที่มาของไนเตรตที่สำคัญอันหนึ่งในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปุ๋ยที่ประกอบด้วย สารเคมีหลายชนิด เนื่องจากพืชใช้ไนเตรตจากดินได้ไม่สมบูรณ์ ทำให้ต้องใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เพื่อเพิ่มผลผลิตให้ได้สูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและวิธีการเพาะปลูก การใช้ปุ๋ยดังกล่าวมีผลให้มีไนโตรเจน ระบายสู่สิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือพบว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณไนโตรเจนที่มาจากเขตที่มีการใช้ปุ๋ยจะสูงกว่าเขตที่มีการไม่ใช้ปุ๋ย 3-10 เท่า (จุฑามาศ, 2528)

3) ของเสียของสัตว์ แหล่งที่มาของไนเตรตที่สำคัญอีกอันหนึ่ง คือ ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ จะมีปริมาณไนโตรเจนสูง หากเปลี่ยนเป็นไนเตรตจะเกิดปัญหาที่รุนแรง Singer (1968) พบว่า ในเขตอเมริกาตอนเหนือ วัวพันธุ์เนื้อขนาดน้ำหนัก 450 กิโลกรัม จะปล่อยไนโตรเจนประมาณ 43 กิโลกรัมต่อปีจะมีไนเตรตเพียงร้อยละ 10 กรัมคืนสู่แหล่งกสิกรรม ดังนั้นจึงก่อปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อมเนื่องจากพบปริมาณไนเตรตในน้ำใต้ผิวดินมากขึ้น พบว่าของเสียจากวัว 7-8 ตัว ในพื้นที่ 10,000 ตารางเมตร จะทำให้ระดับของไนเตรตในน้ำใต้ดินสูงกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

4) ของเสียจากมนุษย์ ของเสียจากชุมชนที่ระบายโดยตรงสู่แหล่งน้ำ เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญ ซึ่งแม้จะกำจัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว ก็ขจัดไนโตรเจนออกไปได้น้อยกว่าครึ่งหนึ่ง นอกจากนี้แอมโมเนียมอิออนในน้ำทิ้งจากสุขภัณฑ์จะเปลี่ยนเป็นรูปไนเตรตอย่างรวดเร็ว

5) ของเสียจากอุตสาหกรรม ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำ ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต และโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยมลสารจำพวกไนโตรเจนสูง ได้แก่ โรงงานเกี่ยวกับเชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร (WHO, 1978)

4.4 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิตและมักพบในรูปของฟอสเฟต (PO_4^{3-}) สารประกอบฟอสเฟตเป็นสารอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ สัตว์ พืช และจุลินทรีย์ พบได้ในยีน, ฟัน, กระดูกและกล้ามเนื้อ นอกจากนี้สารฟอสเฟตเป็นสารประกอบสำคัญในปุ๋ย ผงซักฟอก ยาสีฟัน นมข้น อาหาร เครื่องดื่ม และสารลดความกระด้างของน้ำ สารโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตนิยมใช้กันมากในผงซักฟอกโดยทำหน้าที่เพิ่มประสิทธิภาพให้สารลดแรงตึงผิว ทำให้สิ่งสกปรกในเนื้อผ้าหลุดได้ง่าย กระบวนการผลิตน้ำประปาต้องมีการเติมพอลิฟอสเฟต (polyphosphate) ปริมาณเล็กน้อยเพื่อใช้ปรับสภาพของน้ำประปามิให้กัดกร่อนหรือตกตะกรันในเส้นท่อ โดยปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในน้ำเสียชุมชนเกิดขึ้นจากการใช้ผงซักฟอกในครัวเรือน ความเข้มข้นของฟอสเฟตที่พบในน้ำเสียชุมชนไทยมีค่าอยู่ในช่วง 2-10 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพไม่สามารถกำจัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฟอสฟอรัสได้หมด น้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียจึงเติมปริมาณฟอสฟอรัสให้กับแหล่งน้ำธรรมชาติตลอดเวลา (สิทธิชัย, 2549 ก)

ฟอสฟอรัสพบได้ทั้งน้ำในธรรมชาติและน้ำเสียในรูปของฟอสเฟต ปัจจุบันนิยมจำแนกฟอสฟอรัสได้ 3 ประเภท คือ ออร์โธฟอสเฟต คอนเดนซ์ฟอสเฟต และสารอินทรีย์ฟอสเฟต อาจพบฟอสฟอรัสได้ทั้งในรูปสารละลาย สารแขวนลอยในน้ำ ตะกอนดินก้นบ่อ ตลอดจนในตัวของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ออร์โธฟอสเฟต และคอนเดนซ์ฟอสเฟต มักพบเป็นสารละลายในน้ำและรวมเรียกว่า soluble reactive phophorus สารอินทรีย์ฟอสเฟตในน้ำอาจอยู่ในรูปสารละลายเชิงซ้อนหรือในรูปตะกอนแขวนลอยก็ได้

4.4.1 วัฏจักรของฟอสฟอรัสในสิ่งแลดล้อม

มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมากฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบกรดนิวคลีอิก สารพลังงานสูง สารประกอบฟอสเฟตของโปรตีน (Phosphoprotein) สารประกอบฟอสเฟตของลิบีด (Phospholipid) นอกจากนี้แคลเซี่ยมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของกระดูกและฟัน ปุ๋ยฟอสเฟตเป็นปุ๋ยที่สำคัญและมีความจำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก การหมุนเวียนของฟอสเฟตเกิดขึ้นโดยที่ฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ จะถูกพืชนำไปใช้และสร้างเป็นโปรโตปลาสซึมในพืช เมื่อสัตว์กินพืช ฟอสเฟตก็ถูกถ่ายทอดจากพืชเข้าสู่สัตว์ เมื่อพืชและสัตว์ตาย แบคทีเรียจะสลายสารประกอบฟอสเฟตในพืชและสัตว์ให้เป็นสารฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้อีก ฟอสเฟตบางส่วนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นหินฟอสเฟต ซึ่งจะถูกกัดเซาะและสลายตัวออกมาเป็นฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้อีก

4.4.2 แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสในสิ่งแวดล้อม

1) การเกษตรกรรม เนื่องจากเกษตรกรรมนิยมใช้ปุ๋ยที่มีฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตปุ๋ยฟอสเฟตที่ใช้นี้มีทั้งประเภทปุ๋ยเคมี และปุ๋ยธรรมชาติ และจากมูลสัตว์ต่างๆ ดังนั้น พื้นที่ดินที่ใช้ปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์จะมีปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างสูงกว่าบริเวณอื่น และฟอสฟอรัสจากแหล่งเกษตรกรรมดังกล่าวอาจถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำต่อไป สำหรับประเทศไทยอัตราการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรมีปริมาณน้อยมากจากการสำรวจคุณภาพน้ำโดยทั่วไปของกรมควบคุมมลพิษ และภาควิชาอนุรักษวิทยาในอดีตที่ผ่านมาจะพบการปนเปื้อนของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามสาเหตุการปนเปื้อนฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำอาจมีแนวโน้ม ดังนี้

(1) น้ำทิ้งจากระบบชลประทาน น้ำที่ใช้ในกิจกรรมทางการเกษตรจะไหลผ่านผิวดินแล้วชะล้างสารต่างๆ รวมทั้งฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะฟอสเฟตที่มีอยู่ในปุ๋ย จะทำปฏิกิริยากับดินเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำแต่น้ำบางส่วนจะซึมผ่านผิวดินแล้วชะล้างเอาสารต่างๆ ไหลลงสู่แหล่งน้ำ พบว่าฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินเหนียวจะถูกชะออกมาไม่เกินร้อยละ 5 เท่านั้น

(2) สภาวะธรรมชาติ ฟอสฟอรัสในธรรมชาติพบทั้งในหินฟอสเฟต และเซลล์สิ่งมีชีวิตทุกเซลล์ (ในสารประกอบในดีเอ็นเอ) เนื่องจากสามารถทำปฏิกิริยาได้สูง จึงไม่ปรากฏในรูปอิสระในธรรมชาติ ซึ่งฟอสฟอรัสตามธรรมชาติส่วนใหญ่อยู่ในรูปฟอสเฟต ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ทั้งที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำการกัดกร่อนโดยกระแสน้ำและลมลงสู่แหล่งน้ำได้

(3) สิ่งขับถ่ายของสัตว์ ในพื้นที่ขนาดเล็กและมีการเลี้ยงสัตว์หนาแน่นการถ่ายเทสิ่งขับถ่ายและของเสียต่างๆ เกิดขึ้นได้น้อย ปริมาณฟอสฟอรัสในบริเวณนั้น จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อประกอบกับการเกิดขบวนการในข้อ (1) และ (2) แล้วจะทำให้ฟอสฟอรัสบางส่วนถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำได้

2) แหล่งชุมชน การระบายน้ำโสโครกจากอาคารบ้านเรือนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทำให้ฟอสฟอรัสมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากขึ้นในแหล่งน้ำ และน้ำโสโครกจากเขตเมืองจะมีปริมาณฟอสเฟตมากเนื่องจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ ผงซักฟอก และอื่น ๆ

3) อุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรม โลหะขัดเงา โรงงานผลิตโลหะสำเร็จรูป โรงงานผลิตผงซักฟอกและโรงงานผลิตปุ๋ยฟอสฟอรัส เป็นต้น

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรมควบคุมมลพิษ (2545) ทำการศึกษาความสามารถในการรองรับมลพิษของแหล่งน้ำเพื่อการจัดการมลพิษจากกิจกรรมขนาดเล็กในพื้นที่อนุรักษ์น้ำดิบเพื่อการประปา ซึ่งในโครงการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังกล่าวได้ประเมินภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในลุ่มน้ำต่างๆ จากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม ปศุสัตว์ และเกษตรกรรม พบว่า ค่าภาระสารอินทรีย์จากชุมชนในรูปบีโอดีมีทั้งสิ้น 1,540.8 กิโลกรัมต่อวัน จากโรงงานอุตสาหกรรมค่าภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีเท่ากับ 622.7 กิโลกรัมต่อวัน จากปศุสัตว์ได้ทำการประเมินได้ทำการประเมินค่าภาระสารอินทรีย์จากสุกรเพียงอย่างเดียว มีค่าภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีเท่ากับ 7,322.37 กิโลกรัมต่อวัน และจากพื้นที่เกษตรกรรมเท่ากับ 1,438.83 กิโลกรัมต่อวัน

ทรงศักดิ์ (2548) ทำการศึกษาภาระมลพิษในรูปบีโอดีในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำวัง โดยทำการศึกษาแยกในช่วงน้ำหลากและช่วงแล้งฝน ซึ่งในช่วงน้ำหลากประเมินภาระมลพิษในรูปบีโอดีลุ่มน้ำวังเท่ากับ 1,941.60 กิโลกรัมต่อวัน ประกอบด้วย พื้นที่นาข้าวเท่ากับ 81.04 กิโลกรัมต่อวัน พื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 1,115.23 กิโลกรัมต่อวัน พื้นที่เกษตรเท่ากับ 725.57 กิโลกรัมต่อวัน และพื้นที่ชุมชนเท่ากับ 19.76 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนในช่วงแล้งฝนประเมินภาระมลพิษในรูปบีโอดีลุ่มน้ำวังเท่ากับ 742.59 กิโลกรัมต่อวัน ประกอบด้วย พื้นที่นาข้าวเท่ากับ 15.79 กิโลกรัมต่อวัน พื้นที่ป่าไม้เท่ากับ 549.87 กิโลกรัมต่อวัน พื้นที่เกษตรเท่ากับ 172.72 กิโลกรัมต่อวัน และพื้นที่ชุมชนเท่ากับ 4.21 กิโลกรัมต่อวัน

ทิพาพร (2550) ได้ทำการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในลุ่มน้ำลำเซบาย พบว่า มีค่าภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีที่จากแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ ดังนี้ พื้นที่ชุมชนมีค่าเท่ากับ 828.27 กิโลกรัมต่อวัน โรงงานอุตสาหกรรมมีค่าเท่ากับ 0.11 กิโลกรัมต่อวัน และแหล่งกำเนินมลพิษที่ไม่แน่นอนมีค่าเท่ากับ 11,359 กิโลกรัมต่อวัน

วราภรณ์ (2547) ทำการประเมินภาระมลพิษในลุ่มน้ำแม่กลอง พบว่าภาระมลพิษในรูปบีโอดีที่เกิดในลุ่มน้ำแม่กลอง เท่ากับ 418,551.87 กิโลกรัมต่อวัน แหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดภาระมลพิษในรูปบีโอดีมากที่สุดคือ ปศุสัตว์ มีค่า 225,684.53 กิโลกรัมต่อวัน รองลงมาเป็นพื้นที่นาข้าว พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม มีค่า 138,121.52 กิโลกรัมต่อวัน โรงงานอุตสาหกรรม 45,474.81 กิโลกรัมต่อวัน และชุมชน 9,267.01 กิโลกรัมต่อวัน ภาระมลพิษในรูปฟอสเฟตที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่กลองจากพื้นที่นาข้าว พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม เท่ากับ 29,133.74 กิโลกรัมต่อวัน ภาระมลพิษในรูปไนเตรทที่เกิดขึ้นในลุ่มน้ำแม่กลองจากพื้นที่นาข้าว พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม เท่ากับ 71,839.58 กิโลกรัมต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุราสี (2549) ได้ศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในพื้นที่เกษตรกรรมและป่าไม้ในลุ่มน้ำบางปะกง พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงแล้งครั้งที่ 1 เท่ากับ 3,476.74 กิโลกรัมต่อวัน ช่วงน้ำหลากเท่ากับ 5,696.53 กิโลกรัมต่อวัน ช่วงแล้งครั้งที่ 2 เท่ากับ 564.05 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนพื้นที่ป่าไม้ในช่วงแล้งครั้งที่ 1 เท่ากับ 1,248.27 กิโลกรัมต่อวัน ช่วงน้ำหลากเท่ากับ 3,212.76 กิโลกรัมต่อวัน ช่วงแล้งครั้งที่ 2 เท่ากับ 987.33 กิโลกรัมต่อวัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องกำหนดพิกัดด้วยดาวเทียม (Global Positioning System; GPS)

2. แผนที่บริเวณลุ่มน้ำป่าสัก ประกอบด้วย แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำ แผนที่ขอบเขตการปกครอง

3. เครื่องคอมพิวเตอร์

4. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Arc View 3.3

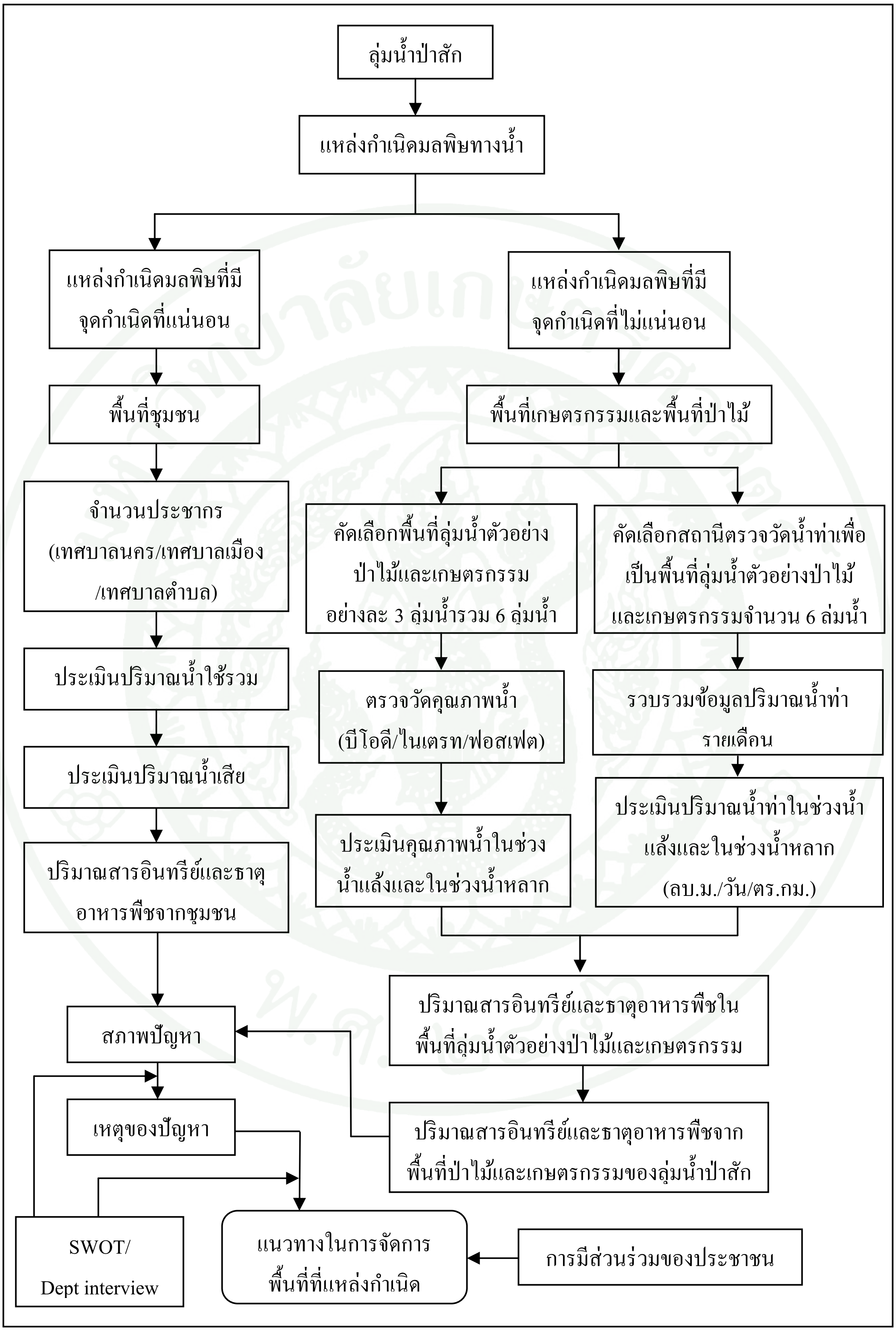
5. เครื่องคิดเลข

6. อุปกรณ์เครื่องเขียน

วิธีการ

การศึกษาภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก เป็นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทชุมชน เกษตรกรรม และป่าไม้ ไหลลงสู่แหล่งน้ำในลุ่มน้ำป่าสักทำให้คุณภาพน้ำในแม่น้ำป่าสักเสื่อมโทรม ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถสร้างแนวทางเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นต่อไป โดยการศึกษาในครั้งนี้มีกรอบแนวคิดในการดำเนินงานดังภาพที่ 1 และมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

ทำการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ในลุ่มน้ำป่าสัก จากการทบทวนเอกสารและแหล่งข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

1.1 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลคุณภาพน้ำ จากโครงการวิจัยการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก (สิทธิชัยและคณะ, 2548)

1.2 ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยา ปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก จากกรมชลประทาน

1.3 ข้อมูลชุมชน ประกอบด้วย ขนาดพื้นที่เทศบาลและจำนวนประชากรในแต่ละเทศบาลจากกรมการปกครอง อัตราการใช้น้ำของชุมชนจากโครงการจัดลำดับความสำคัญการจัดการน้ำเสียชุมชน

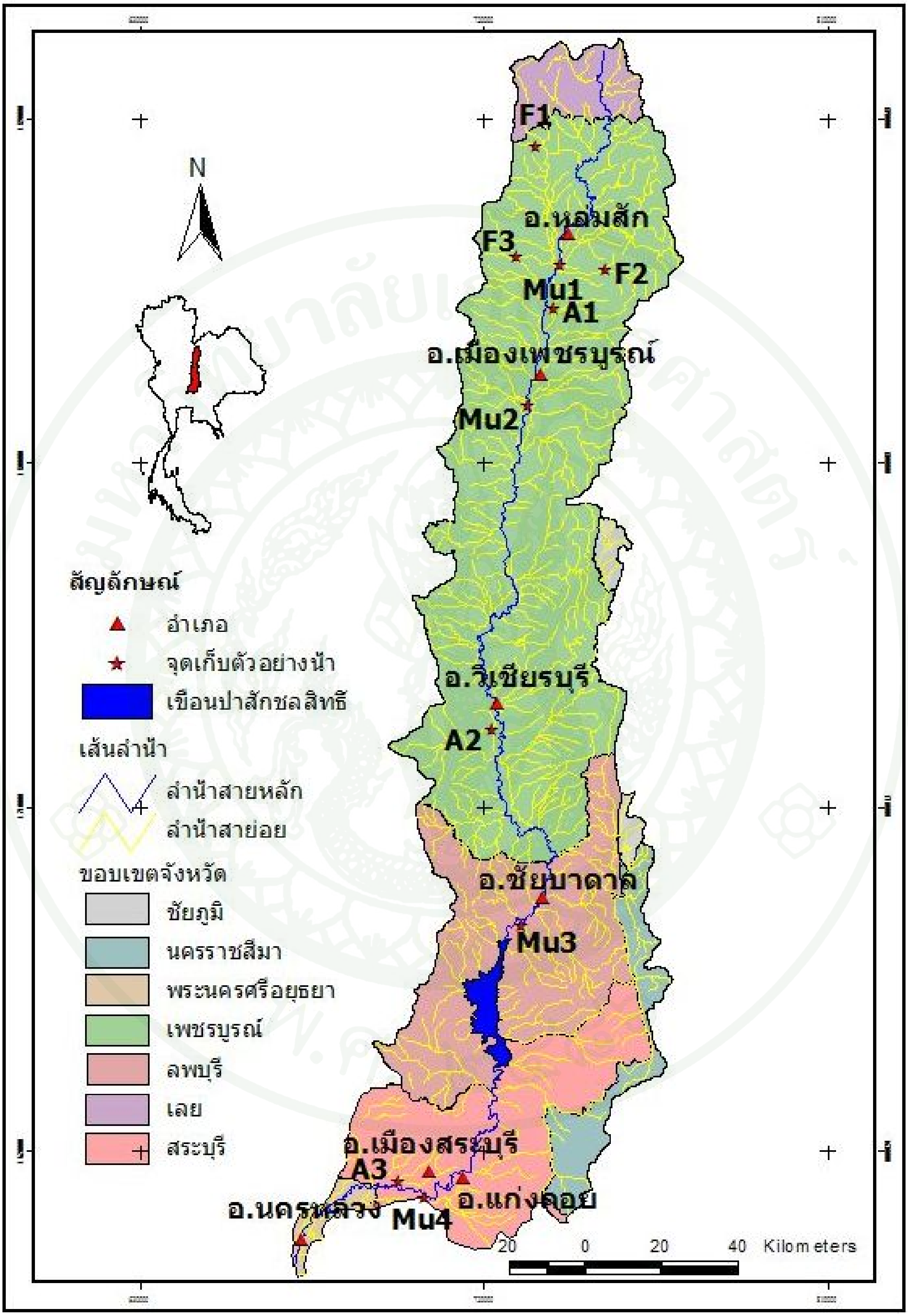
2. การศึกษาสถานการณ์คุณภาพน้ำ

จากการรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำป่าสักปี พ.ศ.2548 ซึ่งโครงการวิจัยการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก (สิทธิชัยและคณะ, 2548) ได้ตรวจวัดคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำป่าสักทั้งหมด 10 สถานี โดยรายละเอียดดังนี้

2.1 การคัดเลือกตัวแทนแหล่งกำเนิดมลพิษ

การศึกษาในครั้งนี้ได้คัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อเป็นตัวแทนแหล่งกำเนิดมลพิษในลุ่มน้ำป่าสัก โดยกำหนดประเภทแหล่งกำเนิดมลพิษ ได้แก่ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำได้ทั้งหมด 10 สถานี ดังภาพที่ 2 และตารางที่ 1 มีรายละเอียดต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำในลุ่มน้ำป่าสัก

สถานี	พื้นที่	หมายเหตุ
ตัวแทนพื้นที่ป่าไม้		
สถานี F1	ห้วยไคร้ อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์	ลำน้ำสาขา
สถานี F2	สะพานพ่อขุนผาเมือง ห้วยตอง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	ลำน้ำสาขา
สถานี F3	สะพานที่ 2 จากแยกทางหลวงหมายเลข 12 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 21	ลำน้ำสาขา
ตัวแทนพื้นที่เกษตรกรรม		
สถานี A1	คลองวังครก ต.บ้านกลาง อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	ลำน้ำสาขา
สถานี A2	คลองคอเลือก กม.3+498 อ.วิเชียรบุรี จ.เพชรบูรณ์	ลำน้ำสาขา
สถานี A3	สะพานหน้าวัดปากบาง ต.งิ้วงาม อ.เสาไห้ จ.สระบุรี	ลำน้ำสาขา
ตัวแทนพื้นที่ชุมชน		
สถานี M1	สะพานวัดโพธิ์ศรีสองคร เทศบาลเมืองหล่มสัก อ.หล่มสัก	ลำน้ำสายหลัก
สถานี M2	จ.เพชรบูรณ์ สะพานพัฒนา 3 อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์	ลำน้ำสายหลัก
สถานี M3	แม่น้ำป่าสัก กม.69 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2089 อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี	ลำน้ำสายหลัก
สถานี M4	แม่น้ำป่าสัก กม. 108 + 490 อ.เมือง จ.สระบุรี	ลำน้ำสายหลัก

2.1.1 พื้นที่ชุมชน

พิจารณาคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำตัวแทนพื้นที่ชุมชนจากความหนาแน่นของเทศบาลที่ตั้งอยู่บริเวณริมแม่น้ำสายหลัก โดยคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ สถานี M1 เทศบาลเมืองหล่มสัก สถานี M2 เทศบาลเมืองเพชรบูรณ์ สถานี M3 เทศบาลตำบลลำนารายณ์ และสถานี M4 เทศบาลเมืองสระบุรี

2.1.2 พื้นที่ป่าไม้

พิจารณาคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำตัวแทนพื้นที่ป่าไม้จากการลากขอบเขตลุ่มน้ำโดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำเป็นจุดน้ำออก (outlet) ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ต้องมีการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้มากกว่าร้อยละ 60 (สิทธิชัย, 2549 ก.) โดยคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำตัวแทนพื้นที่ป่าไม้ได้ทั้งหมด 3 สถานี ได้แก่ สถานี F1 ห้วยไคร้ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ สถานี F2 สะพานพ่อขุนผาเมือง ห้วยตอง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ และ F3 สะพานที่ 2 จากแยกทางหลวงหมายเลข 12 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 21 อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (F1)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (F1) มีพื้นที่ 13.54 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 3 ประเภท โดยมีพื้นที่ป่าไม้ 10.14 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 74.88 เป็นประเภทป่าเบญจพรรณทั้งหมด และพื้นที่อื่นๆ 3.4 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 25.12 เป็นประเภทนาข้าวและไร่นาสวนผสม ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 3

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F1

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ป่าไม้			พื้นที่อื่นๆ		
		ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
F1	13.54	ป่าเบญจพรรณ	10.14	74.88	นาข้าว	2.300	16.99
					ไร่นาสวนผสม	1.100	8.13
	รวม		10.14	74.88		3.40	25.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

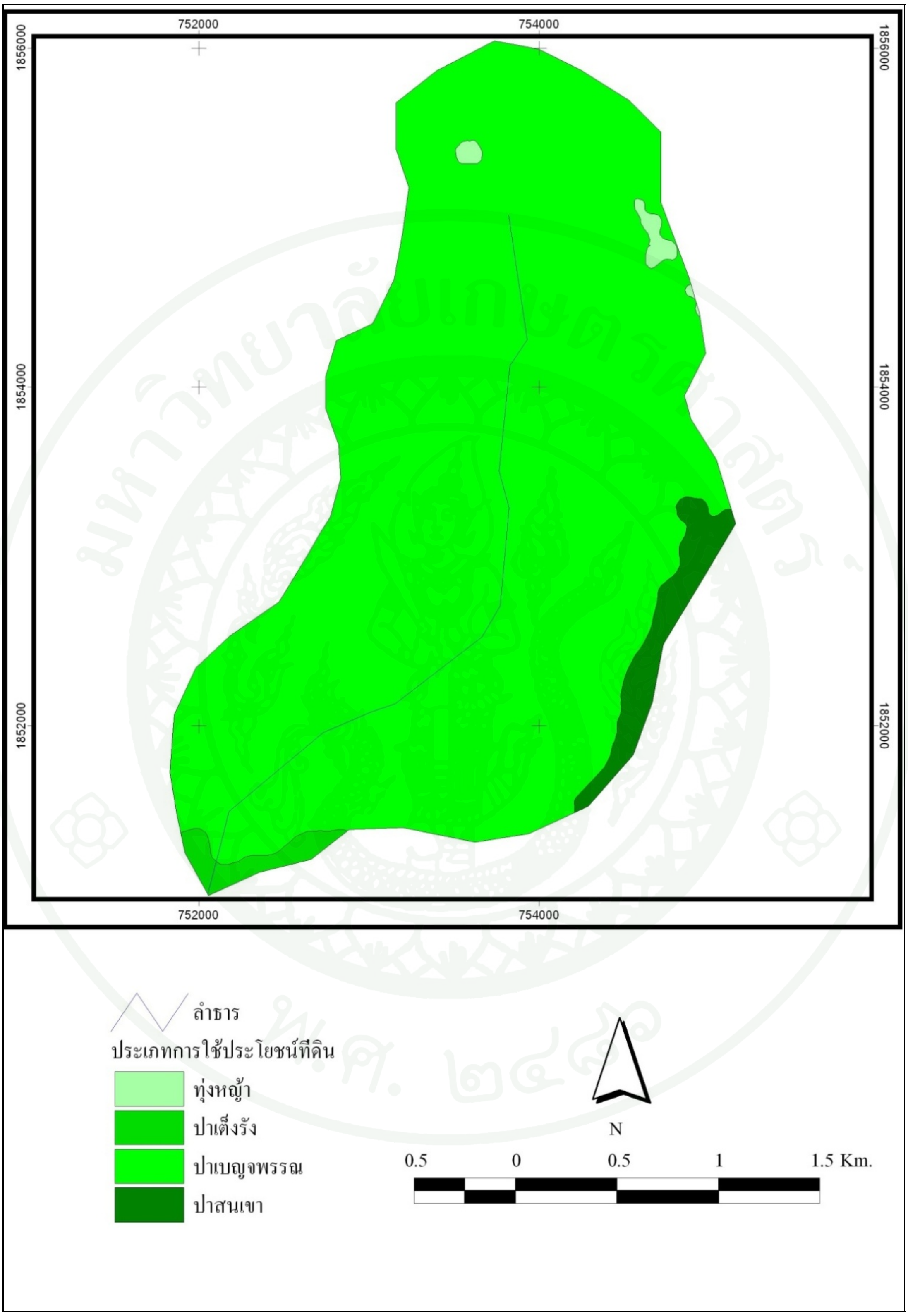
2) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (F2)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (F2) มีพื้นที่ 9.85 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 4 ประเภท โดยมีพื้นที่ป่าไม้ 9.85 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 100 ซึ่งประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ ป่าสนเขา ป่าเต็งรัง และทุ่งหญ้า ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 4

ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F2

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**พื้นที่ป่าไม้**			**พื้นที่อื่นๆ**		
		ประเภท	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**	**ประเภท**	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**
F2	9.85	ทุ่งหญ้า	0.07	0.66			
		ป่าสนเขา	0.32	3.23			
		ป่าเต็งรัง	0.14	1.39			
		ป่าเบญจพรรณ	9.33	94.72			
	รวม		9.85	100.00			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

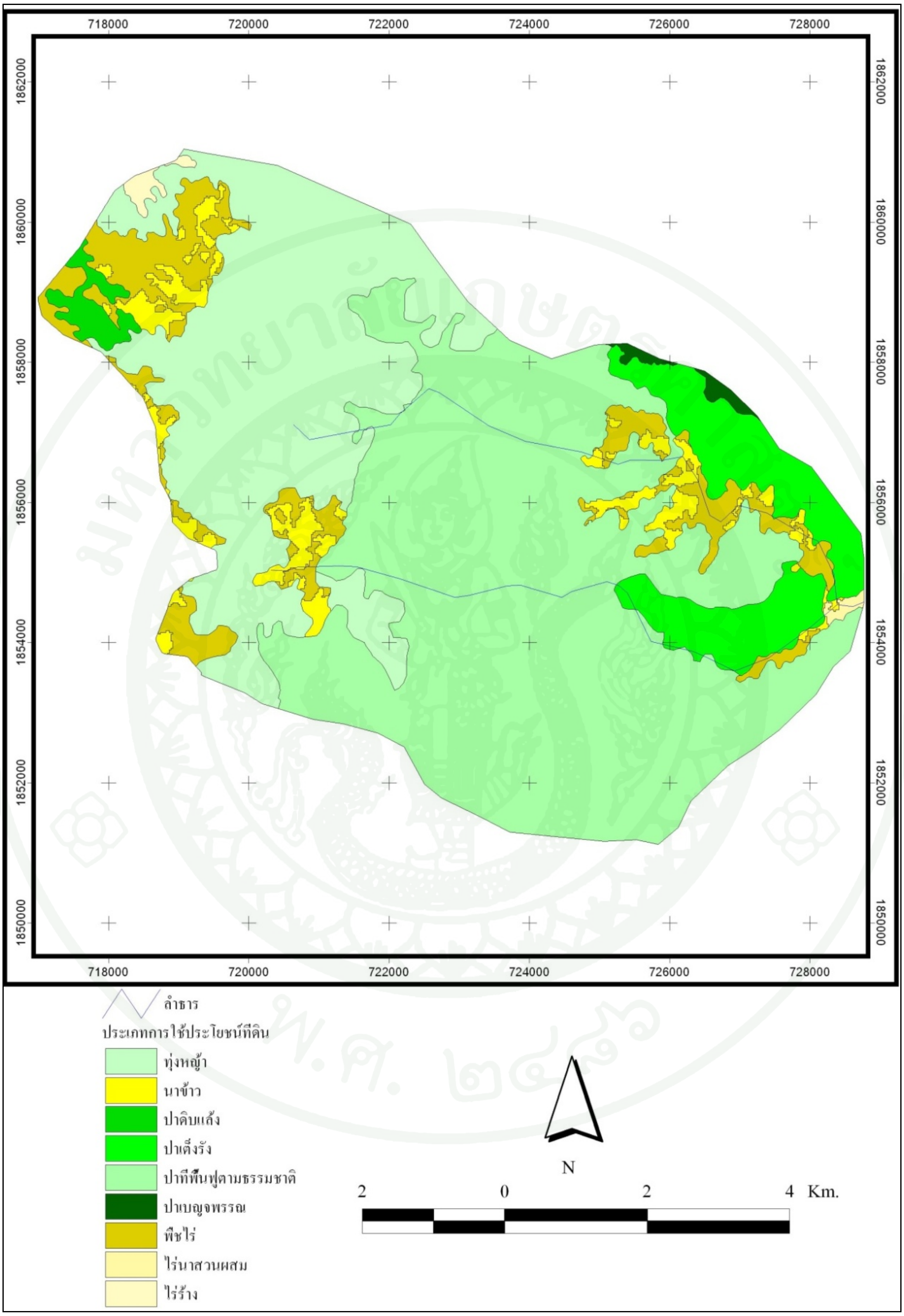
3) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (F3)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (F3) มีพื้นที่ 67.92 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 9 ประเภท โดยมีพื้นที่ป่าไม้ 9.85 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 87.45 ซึ่งประกอบด้วย ป่าที่ฟื้นฟูตามธรรมชาติ ทุ่งหญ้า ป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ และพื้นที่อื่นๆ 8.52 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 12.55 ซึ่งประกอบด้วย พืชไร่ นาข้าว ไร่ร้าง และไร่นาสวนผสม ดังตารางที่ 4 และภาพที่ 5

ตารางที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F3

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**พื้นที่ป่าไม้**			**พื้นที่อื่นๆ**		
		ประเภท	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**	**ประเภท**	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**
F3	67.92	ทุ่งหญ้า	18.96	27.92	นาข้าว	2.82	4.15
		ป่าดิบแล้ง	0.78	1.14	พืชไร่	5.33	7.85
		ป่าที่ฟื้นฟูตามธรรมชาติ	33.82	49.79	ไร่นาสวนผสม	0.13	0.19
					ไร่ร้าง	0.24	0.36
		ป่าเต็งรัง	5.56	8.18			
		ป่าเบญจพรรณ	0.28	0.42			
	รวม		59.40	87.45		8.52	12.55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ F3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.3 พื้นที่เกษตรกรรม

พิจารณาคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำตัวแทนพื้นที่เกษตรกรรมจากการลากขอบเขตลุ่มน้ำโดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำเป็นจุดน้ำออก (outlet) ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมต้องมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมมากกว่าร้อยละ 60 (สิทธิชัย, 2549 ก.) โดยคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำตัวแทนพื้นที่เกษตรกรรมได้ทั้งหมด 3 สถานี ได้แก่ สถานี A1 คลองวังครก ตำบลบ้านกลาง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ สถานี A2 คลองคอเลือก อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ และ A3 สะพานหน้าวัดปากบาง ตำบลงิ้วงาม อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

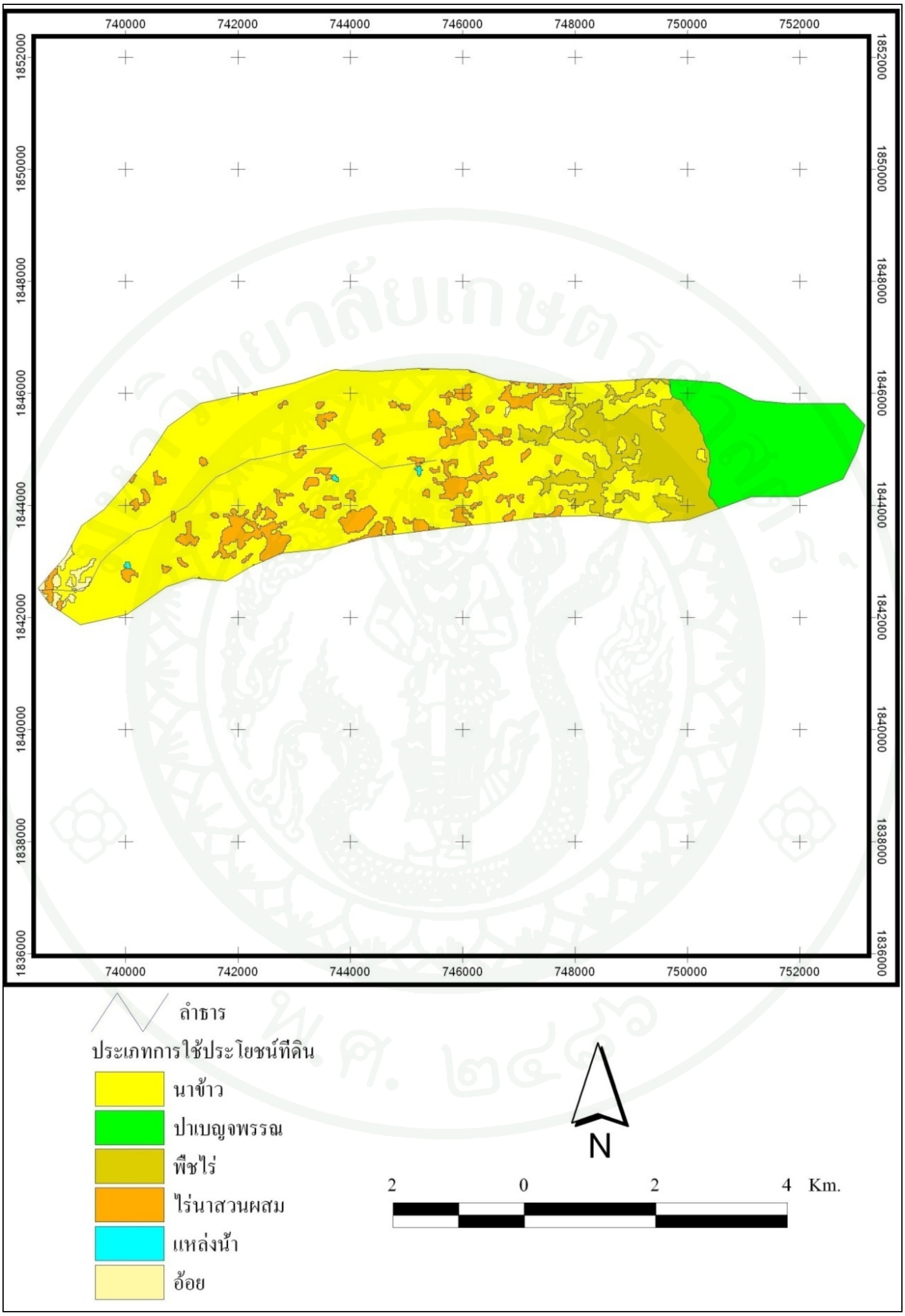
1) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (A1)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (A1) มีพื้นที่ 67.92 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 6 ประเภท โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 30.49 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 86.20 ซึ่งประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไร่นาสวนผสม และอ้อย และพื้นที่อื่นๆ 4.48 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 13.80 ซึ่งประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ และแหล่งน้ำ ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 6

ตารางที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A1

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่เกษตรกรรม			พื้นที่อื่นๆ		
		ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
A1	35.37	นาข้าว	23.35	66.00	ป่าเบญจพรรณ	4.85	13.70
		พืชไร่	3.89	10.99	แหล่งน้ำ	0.04	0.10
		ไร่นาสวนผสม	3.00	8.47			
		อ้อย	0.26	0.73			
	รวม		30.49	86.20		4.88	13.80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

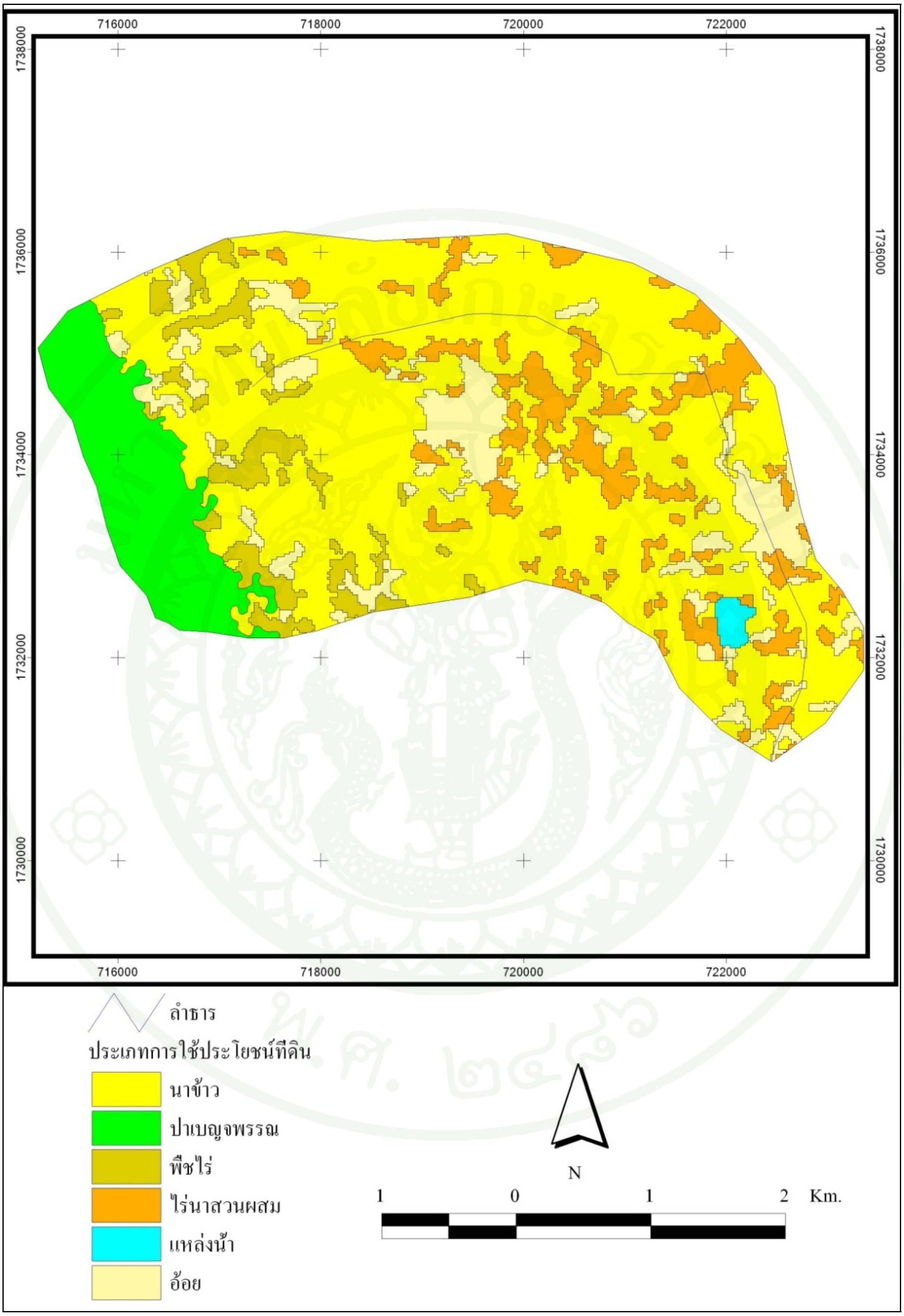
2) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (A2)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (A2) มีพื้นที่ 26.41 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 6 ประเภท โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 23.37 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 88.49 ซึ่งประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไร่นาสวนผสม และอ้อย และพื้นที่อื่นๆ 3.04 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 11.51 ซึ่งประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ และแหล่งน้ำ ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 7

ตารางที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A2

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**พื้นที่เกษตรกรรม**			**พื้นที่อื่นๆ**		
		ประเภท	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**	**ประเภท**	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**
A2	26.41	นาข้าว	16.15	61.15	ป่าเบญจพรรณ	2.90	10.97
		พืชไร่	1.46	5.52	แหล่งน้ำ	0.14	0.54
		ไร่นาสวนผสม	2.96	11.22			
		อ้อย	2.80	10.59			
	รวม		23.37	88.49		3.04	11.51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

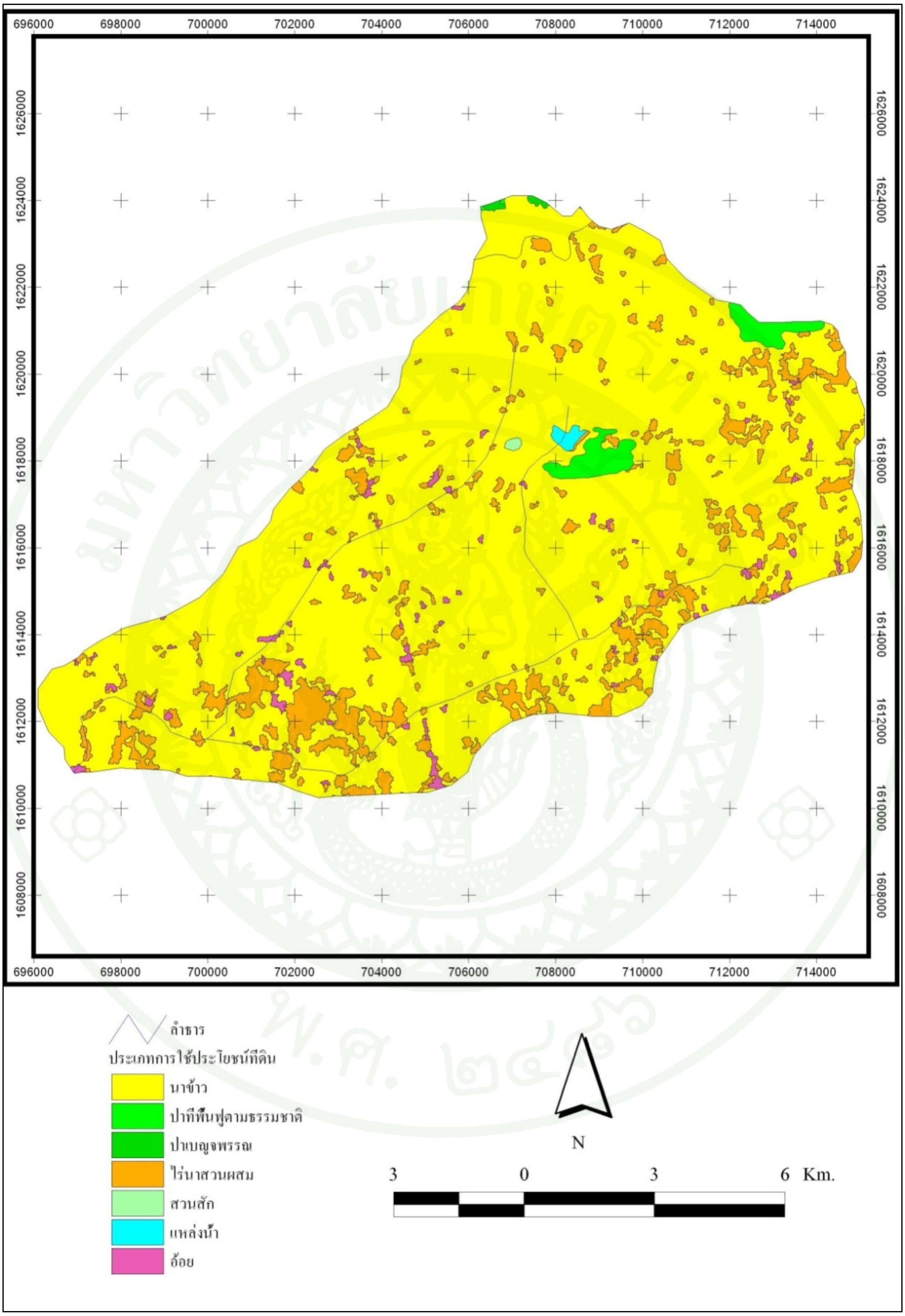
3) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (A3)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (A3) มีพื้นที่ 141.17 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 7 ประเภท โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 138.51 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 98.12 ซึ่งประกอบด้วย นาข้าว ไร่นาสวนผสม และอ้อย และพื้นที่อื่นๆ 2.66 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 1.88 ซึ่งประกอบด้วย ป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ แหล่งน้ำ ป่าเบญจพรรณ และสวนสัก ดังตารางที่ 7 และภาพที่ 8

ตารางที่ 7 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A3

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**พื้นที่เกษตรกรรม**			**พื้นที่อื่นๆ**		
		ประเภท	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**	**ประเภท**	**พื้นที่ (ตร.กม.)**	**ร้อยละ**
A3	141.17	นาข้าว	121.25	85.89	ป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ	2.15	1.53
		ไร่นาสวนผสม	15.58	11.04			
		อ้อย	1.69	1.19	ป่าเบญจพรรณ	0.14	0.10
					สวนสัก	0.09	0.06
					แหล่งน้ำ	0.27	0.19
	รวม		138.51	98.12		2.66	1.88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม A3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างน้ำ

ระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างน้ำ ทั้งหมด 6 ครั้ง โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างน้ำเดือนละ 1 ครั้ง ได้แก่ ตัวแทนในช่วงน้ำแล้ง (dry period) เดือนพฤศจิกายน – เดือนมกราคม และตัวแทนในช่วงน้ำหลาก (wet period) เดือนพฤษภาคม – เดือนกรกฎาคม

2.3 ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำได้คัดเลือกดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำที่สำคัญ 3 ดัชนี ได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี (BOD) ฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟต (PO_4^{3-}-P) และไนโตรเจนในรูปไนเตรท (NO_3^- -N) เนื่องจากสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีเป็นตัวชี้วัดที่แสดงความสกปรกของแหล่งน้ำ ส่วนธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตเป็นการปนเปื้อนจากแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

3. การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากชุมชน

การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากชุมชน ทำการศึกษาเฉพาะชุมชนระดับเทศบาลนคร เทศบาลเมือง และเทศบาลตำบล ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก โดยการประเมินภาระสารอินทรีย์จะประเมินค่าในรูปบีโอดี ส่วนภาระธาตุอาหารพืชจะประเมินค่าในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ซึ่งมีวิธีการศึกษา ดังนี้

3.1 การหาตำแหน่งที่ตั้งชุมชน เพื่อให้ทราบว่าเทศบาลดังกล่าวตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักหรือไม่ โดยการนำเครื่องจับสัญญาณดาวเทียมระบบ GPS จับพิกัดตำแหน่งของเทศบาลที่ต้องการศึกษา และนำข้อมูลดังกล่าวมาลงในแผนที่ลุ่มน้ำป่าสัก

3.2 การหาความหนาแน่นของประชากรแต่ละเทศบาล โดยการนำข้อมูลประชากรในแต่ละเทศบาลที่ได้จากกรมการปกครองหารด้วยขนาดพื้นที่ของเทศบาลนั้น ดังสมการ

$$\underset{\text{(คนต่อตารางกิโลเมตร)}}{\text{ความหนาแน่นของประชากร}} = \frac{\text{จำนวนประชากรแต่ละเทศบาล (คน)}}{\text{ขนาดพื้นที่เทศบาล (ตารางกิโลเมตร)}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การประเมินจำนวนประชากรแต่ละเทศบาล โดยการนำข้อมูลความหนาแน่นของประชากรคูณด้วยขนาดพื้นที่ของแต่ละเทศบาล ดังสมการ

จำนวนประชากรในพื้นที่เทศบาล = ความหนาแน่นของประชากร x ขนาดพื้นที่เทศบาล
(คน) (คนต่อตารางกิโลเมตร) (ตารางกิโลเมตร)

3.4 การประเมินปริมาณน้ำเสีย ประเมินได้จาการคำนวณอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยในแต่ละขนาดชุมชนคูณกับจำนวนประชากรในแต่ละเทศบาล ซึ่งปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับร้อยละ 96 ของปริมาณน้ำใช้เฉลี่ย (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

3.5 การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช ประเมินได้จากการนำปริมาณน้ำเสียคูณด้วยค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำของน้ำเสียชุมชน โดยค่าเฉลี่ย บีโอดี ไนเตรท และฟอสเฟตของน้ำเสียชุมชนมีค่าเท่ากับ 122.00 , 0.10 , 7.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) กรณีเทศบาลมีระบบบำบัดน้ำเสียกำหนดให้น้ำเสียชุมชนที่ผ่านระบบบำบัดมีค่าบีโอดีเท่ากับ 20.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรทและฟอสเฟตมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณสารตั้งต้น

3.6 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำป่าสักที่เกิดจากพื้นที่ชุมชนโดยเปรียบเทียบตามเหตุการณ์ต่อไปนี้

3.6.1 ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชนในสภาวะปัจจุบัน

3.6.2 ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชนในสภาวะทุกเทศบาลติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียครบทุกเทศบาล

3.6.3 ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชนในสภาวะที่ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียเฉพาะเทศบาลนครและเทศบาลเมือง

3.6.4 ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชนในสภาวะที่ทุกเทศบาลไม่ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม

4.2.1 การประเมินช่วงน้ำแล้งและช่วงน้ำหลากเพื่อคิดคำนวณปริมาณน้ำท่า

จากการศึกษาวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศในลุ่มน้ำป่าสักจำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีเพชรบูรณ์ สถานีหล่มสัก และสถานีวิเชียรบุรี (ตารางภาคผนวกที่ 4) โดยนำข้อมูลปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิเฉลี่ย ใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514-2543 เป็นระยะเวลา 30 ปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550) สามารถแบ่งช่วงเวลาได้เป็นสองช่วง คือ ช่วงน้ำแล้ง และช่วงน้ำหลาก ซึ่งผลการแบ่งช่วงจะมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 สถานี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

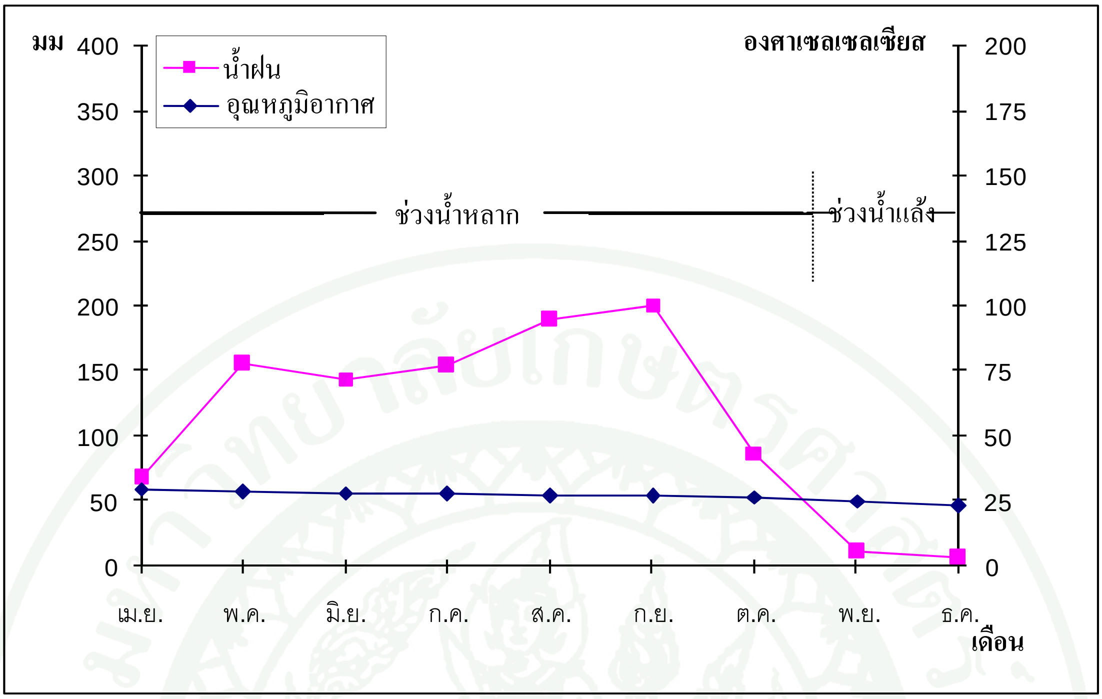
1) สถานีเพชรบูรณ์

ช่วงน้ำแล้ง อยู่ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนเมษายน อากาศมีความชุ่มชื้นน้อย ปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีค่าน้อยในขณะที่อุณหภูมิสูงโดยเฉพาะในเดือนเมษายน อุณหภูมิสูงถึง 29.8 องศาเซลเซียส ส่งผลให้มีค่าการระเหยน้ำเท่ากับ 184 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 67.9 มิลลิเมตร ทำให้มีค่าแตกต่างกันค่อนข้างสูงทำให้ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำลดลงจนถึงขาดแคลนได้ ส่วนช่วงน้ำหลากอยู่ระหว่างต้นเดือนเมษายนถึงกลางเดือนตุลาคม อากาศมีความชุ่มชื้นมาก ปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีมากในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะในเดือนกันยายน มีค่าการระเหยต่ำเท่ากับ 105.2 มิลลิเมตรซึ่งมีปริมาณน้ำฝนสูงถึง 200.8 มิลลิเมตร ทำให้สภาพพื้นที่ และดินมีความชุ่มชื้นสูง ดังภาพที่ 9

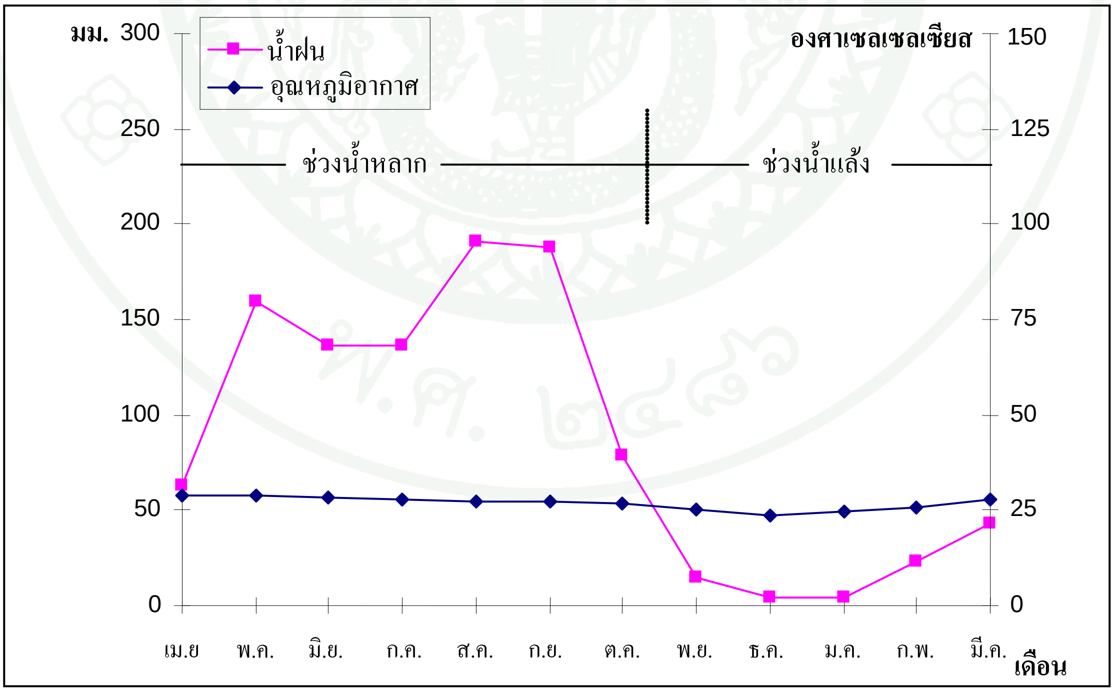
2) สถานีหล่มสัก

ช่วงน้ำแล้งอยู่ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนเมษายน อากาศมีความชุ่มชื้นน้อย ปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิ โดยเฉพาะในเดือนเมษายน มีค่าการระเหยน้ำเท่ากับ 212 มิลลิเมตร เนื่องจากอุณหภูมิมีค่าสูงซึ่งมากกว่าปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 63.4 มิลลิเมตร ทำให้มีค่าแตกต่างกันค่อนข้างสูง ทำให้ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำลดลงจนถึงขาดแคลนได้ ส่วนช่วงน้ำหลากอยู่ระหว่างต้นเดือนเมษายนถึงกลางเดือนตุลาคม อากาศมีความชุ่มชื้นมาก ปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีมากในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยปานกลาง โดยเฉพาะเดือนกันยายน ส่งผลให้สัดส่วนของค่าการระเหยน้ำเท่ากับ 122.7 มิลลิเมตรกับปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 188.2 มิลลิเมตร มีค่าไม่แตกต่างกันมาก ทำให้สภาพดินมีความชุ่มชื้นสูง ปริมาณน้ำในลำธารและแหล่งน้ำต่าง ๆ มีมาก ดังภาพที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



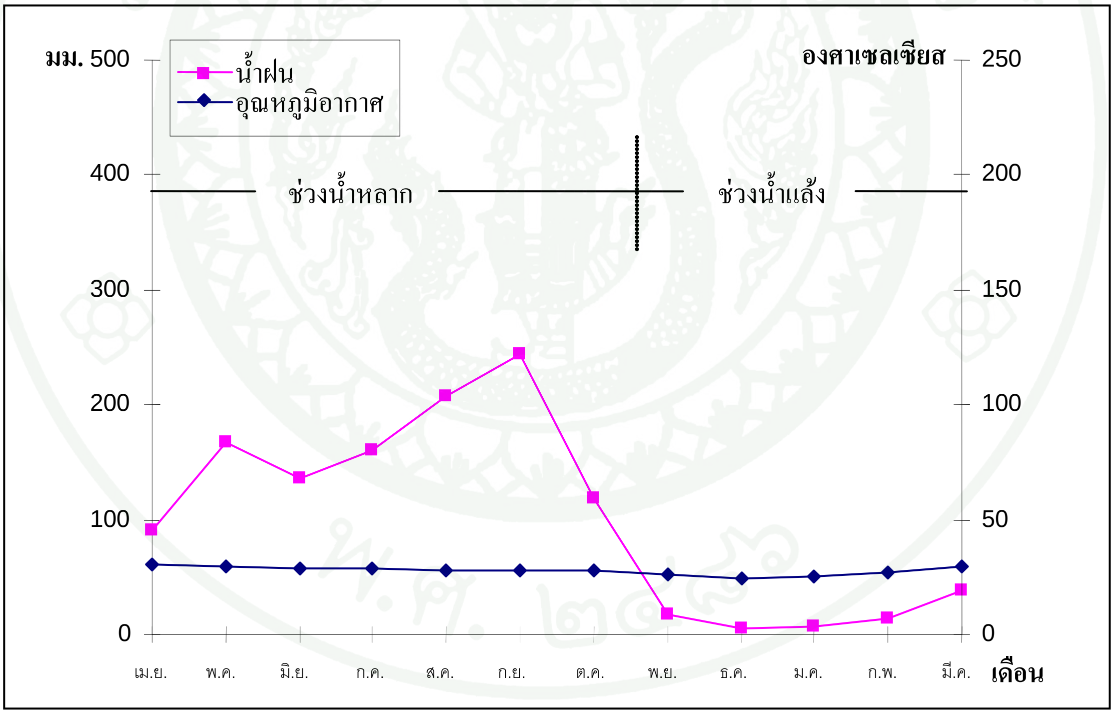
ภาพที่ 9 ช่วงน้ำแล้งและช่วงน้ำหลากของสถานีเพชรบูรณ์



ภาพที่ 10 ช่วงน้ำแล้งและช่วงน้ำหลากของสถานีหล่มสัก

3) สถานีวิเชียรบุรี

ช่วงน้ำแล้ง อยู่ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนมีนาคม มีความชุ่มชื้นน้อย ปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิ โดยเฉพาะในเดือนมีนาคม มีค่าการระเหยน้ำเท่ากับ 187.5 มิลลิเมตร เนื่องจากอุณหภูมิมีค่าสูงถึง 29.6 องศาเซลเซียสซึ่งจะเห็นว่าการระเหยน้ำจะมากกว่าปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 37.9 มิลลิเมตร ทำให้มีค่าแตกต่างกันค่อนข้างสูงทำให้ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำลดลงจนถึงขาดแคลนได้ ส่วนช่วงน้ำหลากอยู่ระหว่างกลางเดือนมีนาคมถึงกลางเดือนตุลาคม อากาศมีความชุ่มชื้นมาก ปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีมากในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยปานกลาง โดยเฉพาะเดือนกันยายนส่งผลให้สัดส่วนของค่าการระเหยน้ำเท่ากับ 117.4 มิลลิเมตร กับปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 244.3 มิลลิเมตร มีค่าไม่แตกต่างกันมาก ทำให้สภาพพื้นที่และดินมีความชุ่มชื้นสูงปริมาณน้ำในลำธารและแหล่งน้ำต่าง ๆ มีมาก ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ช่วงแล้งฝนและช่วงน้ำหลากของสถานีวิเชียรบุรี

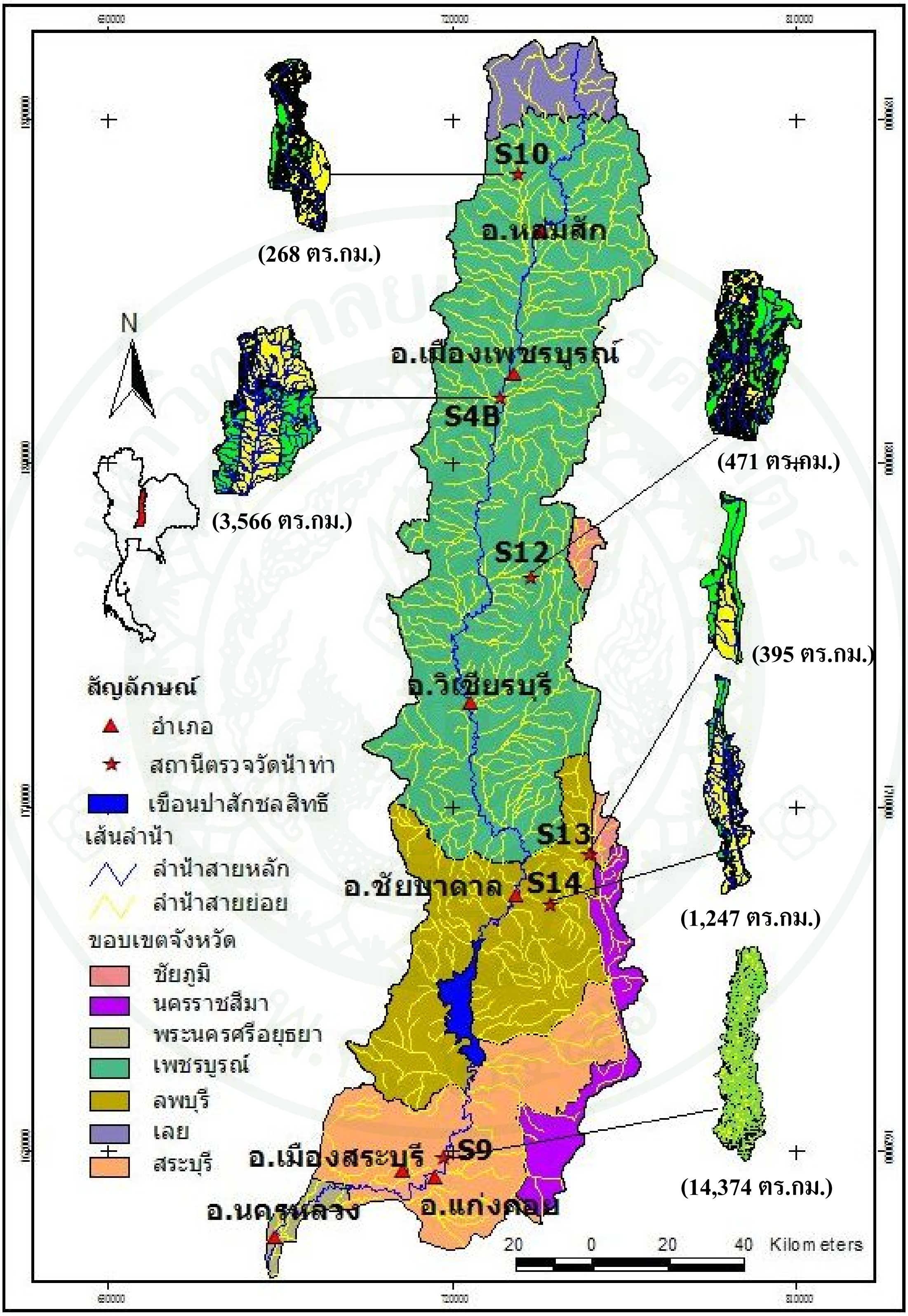
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.2 การประเมินปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม

กรมชลประทานได้มีการศึกษารวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก พ.ศ. 2522-2546 (คาบ 44 ปี) จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานี S12 อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ สถานี S13 อำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี สถานี S4B อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ สถานี S9 บ้านป่า อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี สถานี S10 ร่มเกล้า จังหวัดเพชรบูรณ์ และสถานี S14 อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี (กรมชลประทาน, 2550) ดังภาพที่ 12 และตารางที่ 8

จากสถานีตรวจวัดน้ำท่าดังกล่าวสามารถศึกษาพื้นที่รับน้ำ โดยศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลโครงการวิจัยการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก (สิทธิชัยและคณะ, 2548) ประเมินพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม โดยยึดหลักมีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทมากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไป และทำการประเมินปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม ในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 สถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำป่าสัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 สถานีวัดน้ำท่าที่เป็นตัวแทนการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้และเกษตรกรรมในลุ่มน้ำป่าสัก

สถานี	พื้นที่	หมายเหตุ
ตัวแทนพื้นที่ป่าไม้		
สถานี S12	สถานีหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์	ลำน้ำสาขา
สถานี S13	สถานีลำสนธิ จังหวัดลพบุรี	ลำน้ำสาขา
ตัวแทนพื้นที่เกษตรกรรม		
สถานี S4B	สถานีอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์	ลำน้ำสายหลัก
สถานี S9	สถานีบ้านป่า อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี	ลำน้ำสายหลัก
สถานี S10	สถานีร่มเกล้า จังหวัดเพชรบูรณ์	ลำน้ำสาขา
สถานี S14	สถานีชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี	ลำน้ำสาขา

4.2.3 การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง

จากปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยในช่วงน้ำหลากและน้ำแล้งของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยประเมินจากพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม เฉลี่ยต่อวันต่อตารางกิโลเมตร คูณด้วยปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดี ไนเตรท และฟอสเฟต ในช่วงน้ำหลากและน้ำแล้งของแต่ละพื้นที่ตัวแทนแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยประเมินจากพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม จะได้ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตของตัวแทนพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรมเพื่อใช้ในการประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชของลุ่มน้ำต่อไป ดังสมการ

ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีต่อพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน = $[BOD] \times V \times 10^{-3}$
(กิโลกรัมต่อวันต่อตารางกิโลเมตร)

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทต่อพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน = $[NO_3^-] \times V \times 10^{-3}$
(กิโลกรัมต่อวันต่อตารางกิโลเมตร)

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตต่อพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน = $[PO_4^{3-}] \times V \times 10^{-3}$
(กิโลกรัมต่อวันต่อตารางกิโลเมตร)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กำหนดให้ V = ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย (ลูกบาศก์เมตรต่อวันต่อตารางกิโลเมตร)

[BOD] = ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)

$[NO_3^-]$ = ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนเตรท (มิลลิกรัมต่อลิตร)

$[PO_4^{3-}]$ = ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)

4.2.4 การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรมบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

การประเมินภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตของพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรมบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก สามารถคำนวณได้โดยนำค่าเฉลี่ยปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตของพื้นที่ตัวแทนป่าไม้และเกษตรกรรมคูณด้วยขนาดพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมในลุ่มน้ำป่าสัก

5. เปรียบเทียบภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในแต่ละแหล่งกำเนิดมลพิษ

ดำเนินการเปรียบเทียบปริมาณภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต จากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ เกษตรกรรม และชุมชน บริเวณลุ่มน้ำป่าสัก ในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง พร้อมอธิบายเหตุผลสนับสนุน

6. กำหนดแนวทางการจัดการพื้นที่ที่แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ

จากผลการศึกษาภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในแต่ละแหล่งกำเนิดมลพิษบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก สามารถกำหนดแนวทางการจัดการมลพิษที่แหล่งกำเนิด เพื่อวางแผนการป้องกันและลดปัญหามลพิษในแม่น้ำป่าสักต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

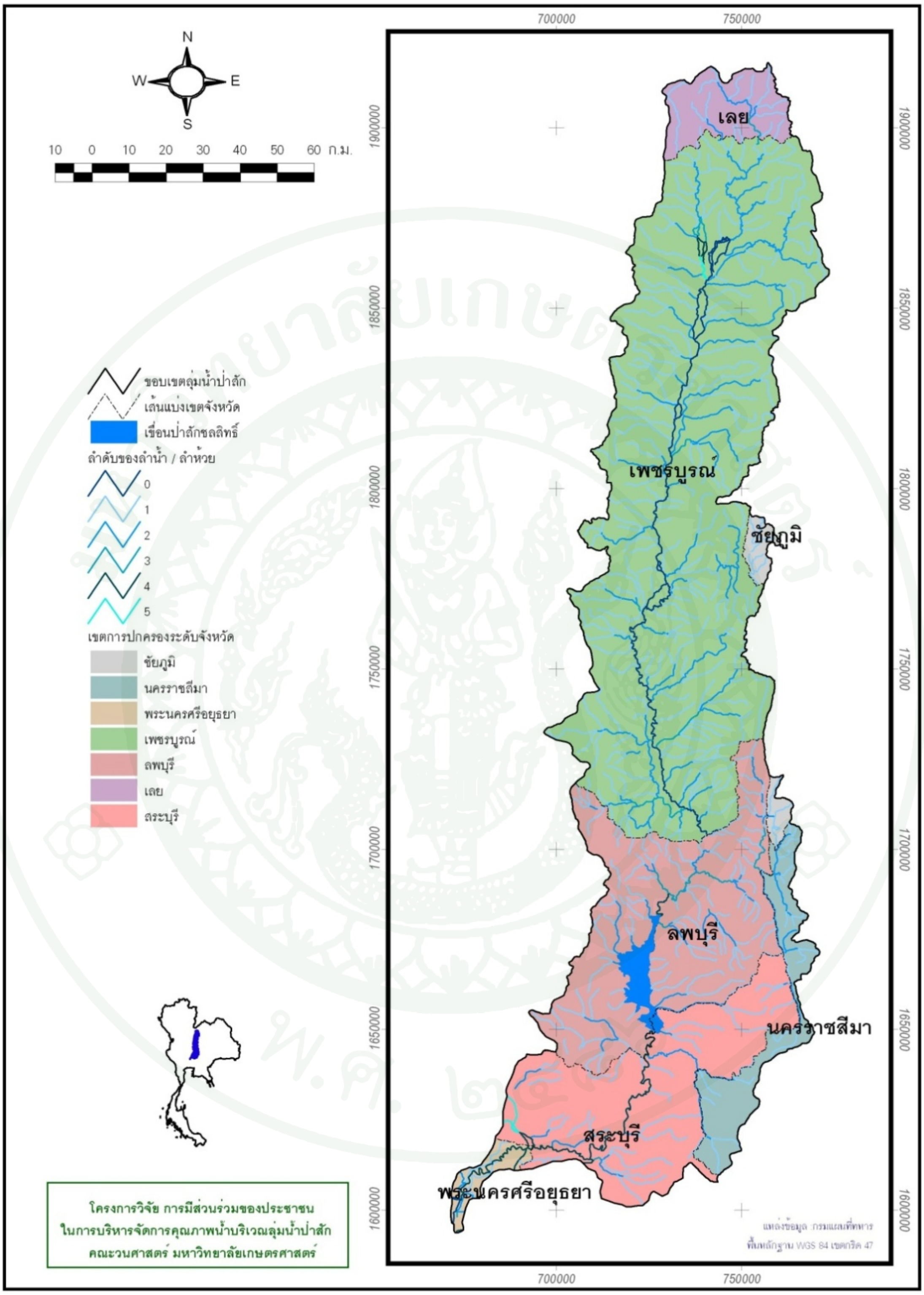
สถานที่ทำการวิจัย

1. ลุ่มน้ำป่าสัก

1.1 ลักษณะภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำป่าสักเป็น 1 ใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย อยู่ทางภาคกลางของประเทศ มีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 15,577 ตารางกิโลเมตร โดยอยู่ระหว่างเส้นรุ้ง 14 องศา 28 ลิปดา ถึง 17 องศา 13 ลิปดาเหนือ และเส้นแวง 100 องศา 49 ลิปดา ถึง 101 องศา 34 ลิปดาตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเลย จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดลพบุรี จังหวัดสระบุรี จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ดังภาพที่ 13 ลักษณะของลุ่มน้ำแคบเรียวยาว ลุ่มน้ำป่าสักเกิดจากต้นน้ำของเทือกเขาเพชรบูรณ์ในเขตจังหวัดเลยไหลผ่านที่ราบภาคกลางในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี และไหลบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีความยาวของลำน้ำสายหลักประมาณ 513 กิโลเมตร มีลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำป่าสักตอนบน ส่วนที่ 2 ส่วนที่ 3 และตอนล่าง และมีอ่างเก็บน้ำที่สำคัญ คือ เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ ตั้งอยู่ที่บ้านหนองบัว อำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นเขื่อนดินแกนดินเหนียวที่ยาวที่สุดในประเทศไทย ความยาวประมาณ 4,860 เมตร ระดับกักเก็บน้ำสูงสุดที่ +43.00 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง ปริมาณการกักเก็บน้ำ 960 ล้านลูกบาศก์เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

ที่มา: สิทธิชัย และคณะ (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

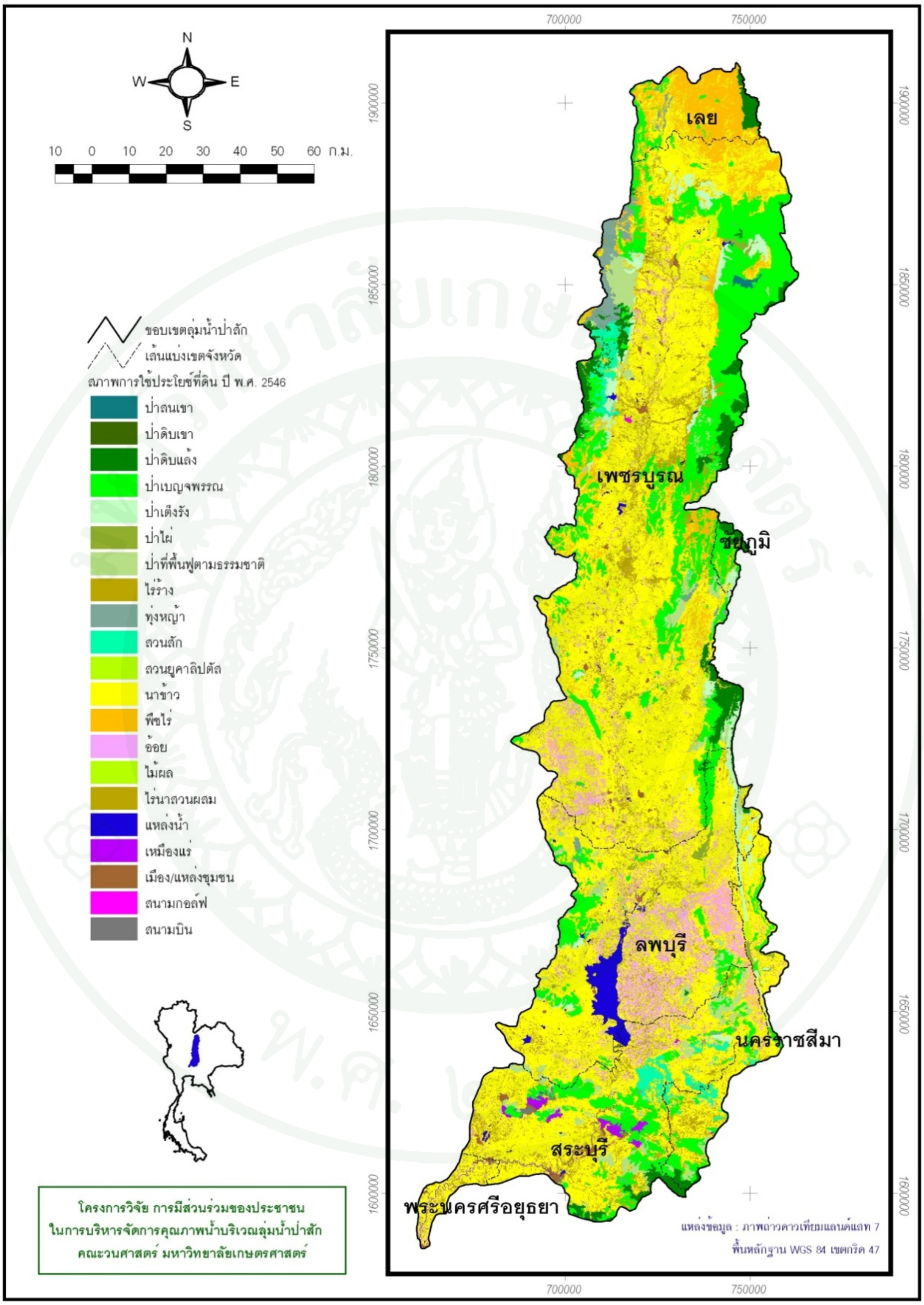
ลุ่มน้ำป่าสักอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูร้อนเริ่มในเดือนมีนาคม ถึงเมษายน ฤดูฝนเริ่มเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และฤดูหนาวในเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักมีภูเขาล้อมรอบจึงทำให้เกิดอากาศร้อนจัดในฤดูร้อน และในฤดูหนาวเกิดอากาศหนาวจัด โดยเฉพาะพื้นที่อำเภอน้ำหนาว อำเภอเขาค้อ และอำเภอหล่มเก่า จะมีอากาศหนาวที่สุด และพื้นที่ภูเขาจะมีอากาศเย็นตลอดทั้งปี ฤดูร้อนและฤดูฝนมีอุณหภูมิ 20-24 องศาเซลเซียส

1.3 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

สภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ที่อยู่เหนือเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี ขึ้นไปจนถึงพื้นที่ตอนบนเป็นที่ราบระหว่างเทือกเขาเพชรบูรณ์กับเขาค้อ และภูหินร่องกล้าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยพื้นที่เกษตรกรรมในเขตจังหวัดลพบุรีส่วนใหญ่ประกอบด้วยไร่อ้อย นาข้าว และข้าวโพดเป็นพืชหลัก ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ส่วนใหญ่เป็นพืชไร่ นาข้าว สวนผลไม้ สวนผัก พืชเศรษฐกิจชนิดที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าว ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ข้าวฟ่าง ไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญได้แก่ มะขามหวาน ส่วนพื้นที่ป่าไม้พบมากบนเทือกเขาที่โอบล้อมและเป็นขอบลุ่มน้ำตอนบน โดยสภาพป่าไม้บนเทือกเขาด้านทิศตะวันตกของลุ่มน้ำมีสภาพความอุดมสมบูรณ์น้อยกว่าป่าไม้บนเทือกเขาด้านทิศตะวันออกของลุ่มน้ำ ในพื้นที่ตอนล่างของเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วยการปลูกพืชไร่และทำนารวมกันกว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ตอนล่าง และบางส่วนเป็นพื้นที่ปลูกไม้ผลและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะในเขตอำเภอหนองแค อำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี พืชไร่ที่ปลูกมาก ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และอ้อย สำหรับพื้นที่ป่าไม้นั้นพบในพื้นที่ภูเขาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของลุ่มน้ำซึ่งเป็นเทือกเขาดงพญาเย็น

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2546 ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก พบว่า ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว 7,591.016 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 48.731 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และป่าเบญจพรรณ 2,395.223 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 15.376 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังภาพที่ 14 และตารางที่ 9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2546 ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

ที่มา: สิทธิชัย และคณะ (2548)

ตารางที่ 9 เนื้อที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักปี พ.ศ. 2546

ประเภทการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2546	เนื้อที่		
	ตร.กม	ไร่	ร้อยละ
ป่าสนเขา	14.295	8,934.375	0.092
ป่าดิบเขา	0.399	249.375	0.003
ป่าดิบแล้ง	472.794	295,496.250	3.035
ป่าเบญจพรรณ	2,395.223	1,497,014.375	15.376
ป่าเต็งรัง	338.618	211,636.250	2.174
ป่าไผ่	44.235	27,646.875	0.284
ป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ	472.186	295,116.250	3.031
ไร่ร้าง	38.164	23,852.500	0.245
สวนสัก	210.852	131,782.500	1.354
สวนยูคาลิปตัส	23.052	14,407.500	0.148
พืชไร่	1,019.503	637,189.375	6.545
อ้อย	903.137	564,460.625	5.798
ไม้ผล	22.248	13,905.000	0.143
นาข้าว	7,591.016	4,744,385.000	48.731
ไร่นาสวนผสม	1,498.731	936,706.875	9.621
ทุ่งหญ้า	176.995	110,621.875	1.136
แหล่งน้ำ	211.017	131,885.625	1.355
เมือง/แหล่งชุมชน	79.972	49,982.500	0.513
สนามกอล์ฟ	2.544	1,590.000	0.016
สนามบิน	12.205	7,628.125	0.078
เหมืองแร่	50.176	31,360.000	0.322
รวม	15,577.362	9,735,851.250	100.000

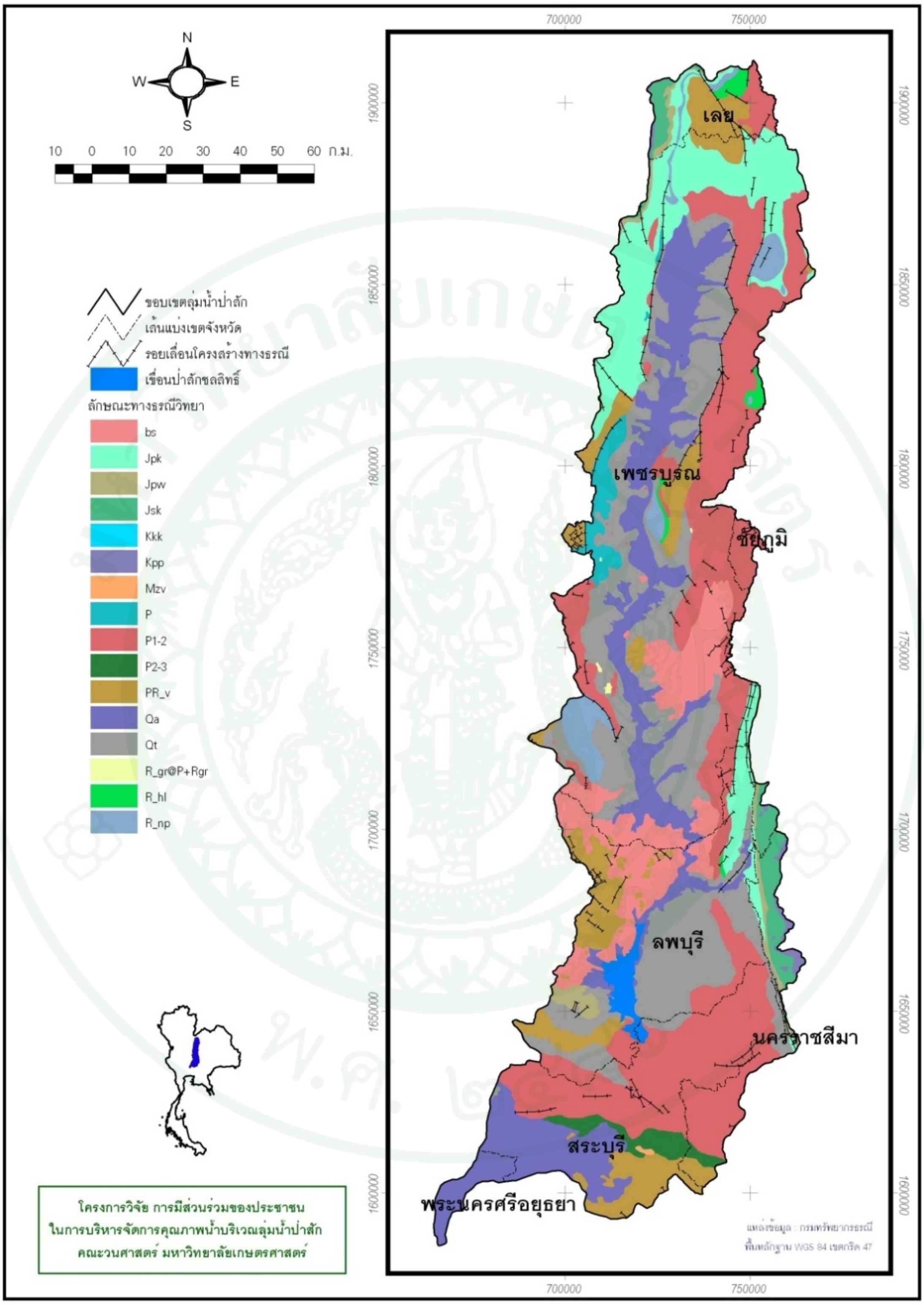
ที่มา: สิทธิชัย และคณะ (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 ลักษณะทางธรณีและปฐพีวิทยา

ธรณีวิทยาของเทือกเขาเลย-เพชรบูรณ์ ครอบคลุมไปด้วยหินตะกอนและหินอัคนีเป็นส่วนใหญ่ มีหินแปรบ้างเป็นบริเวณแคบๆ หินเหล่านี้มีอายุตั้งแต่มหายุคพาลีโอโซอิกจนถึงมหายุคซีโนโซอิก โดยมีหินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง ยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน และหินยุคดีโวเนียน ปรากฏให้เห็นทางพื้นที่ด้านตะวันออกของอำเภอปากชม จังหวัดเลย ติดต่อกับอำเภอน้ำโสม จังหวัดอุดรธานี หินมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน ได้แก่ หินยุคคาร์บอนิเฟอรัสและยุคเพอร์เมียน ปรากฏให้เห็นทางด้านทิศตะวันออกของจังหวัดเลยต่อเนื่องถึงจังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดลพบุรีและจังหวัดสระบุรี หินมหายุคมีโซโซอิกได้แก่ หินยุคจูแรสซิกจนถึงยุคครีเทเชียส พบอยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแนวเทือกเขา ในเขตจังหวัดเลย จังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดพิษณุโลก หินมหายุคมีโซโซอิกยังพบได้ทางทิศตะวันตก โดยสัมผัสอยู่กับแนวรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (น้ำปาด) และถูกตัดด้วยแนวรอยเลื่อนเพชรบูรณ์ในแนวเหนือ-ใต้ นอกจากนี้ยังพบหินมหายุคมีโซโซอิกเป็นหย่อมๆ ในเขตจังหวัดลพบุรีติดต่อกับจังหวัดสระบุรีหินมหายุคซีโนโซอิกเป็นหินยุคเทอร์เชียรีสะสมตัวในแอ่งเพชรบูรณ์นอกนั้นปกคลุมด้วยตะกอนยุคควอเทอร์นารีซึ่งประกอบด้วยศิลาแลง ดินลูกรังของชั้นตะพักต่างๆและบริเวณสะสมตัวของตะกอนน้ำพาของลุ่มแม่น้ำเลยและแม่น้ำป่าสัก โดยแสดงลักษณะธรณีวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ดังภาพที่ 15 ลักษณะทางปฐพีวิทยาในลุ่มน้ำป่าสัก ได้รับอิทธิพลมาจากภูเขาหินแกรนิต หินปูน และหินดินดาน ซึ่งจัดเป็นหินต้นกำเนิดดิน โดยลักษณะเนื้อดินจะแตกต่างกันตามวัตถุกำเนิดดินและลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งบริเวณพื้นที่ลาดชันเชิงเขาจะเป็นดินร่วน มีการระบายน้ำได้ดี ส่วนดินที่เกิดจากตะกอนลำน้ำจะมีเนื้อดินไม่แน่นอน มีการระบายน้ำตั้งแต่ปานกลาง ค่อนข้างเลว ถึงเลว และมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับดีมากจนถึงระดับต่ำ โดยแสดงกลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ดังภาพที่ 16

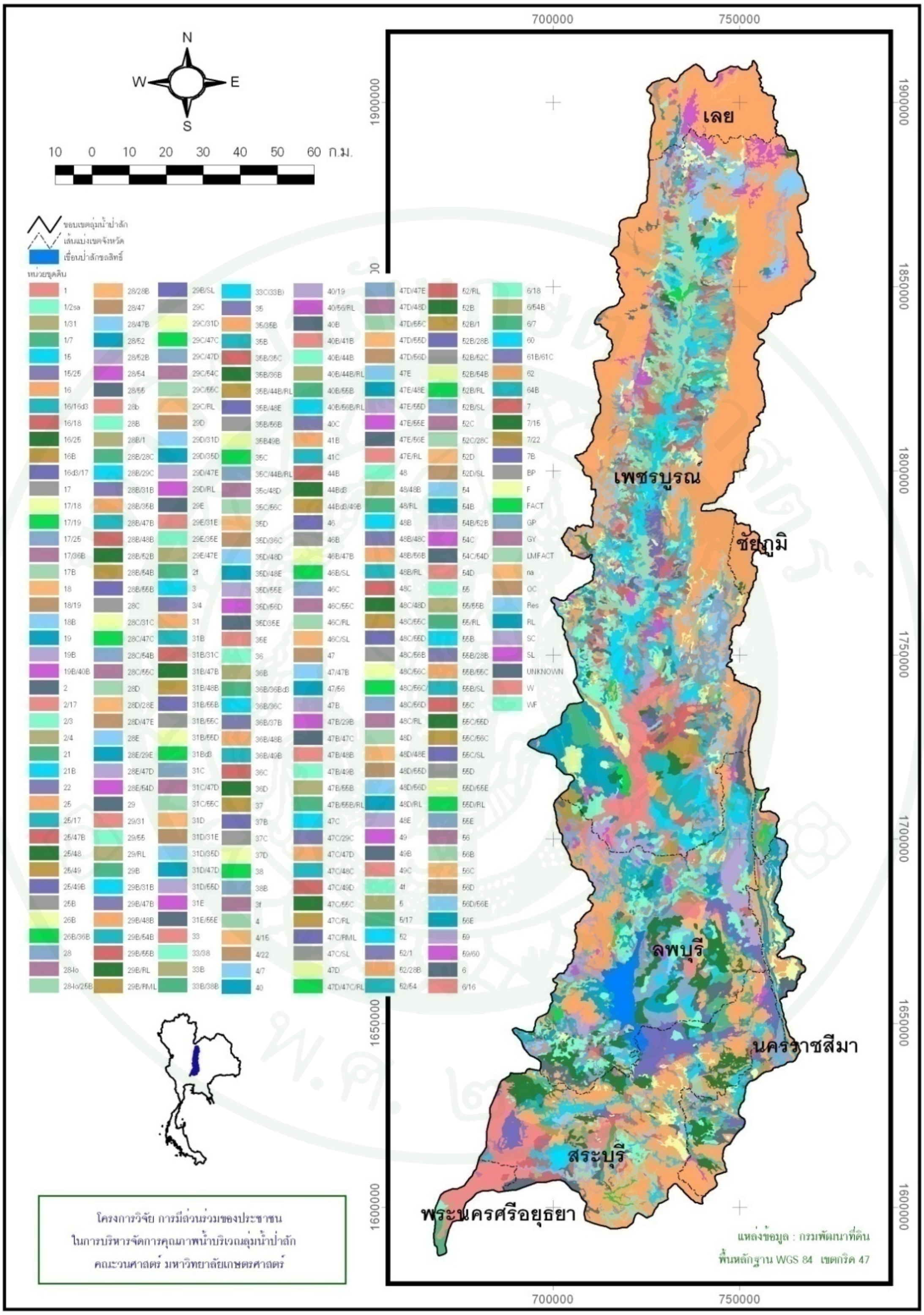
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 ลักษณะธรณีวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

ที่มา : สิทธิชัย และคณะ (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

ที่มา : สิทธิชัย และคณะ (2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. สถานการณ์คุณภาพน้ำแม่น้ำป่าสัก

จากการศึกษาสถานการณ์คุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก จำนวน 10 สถานี ดังภาพที่ 17 โดยมีความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 6 ครั้ง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของคุณภาพน้ำในพื้นที่ชุมชน พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม ในช่วงน้ำแล้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน ครั้งที่ 2 เดือนธันวาคม และ ครั้งที่ 3 เดือนมกราคม ส่วนในช่วงน้ำหลาก ครั้งที่ 1 เดือนพฤษภาคม ครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน และครั้งที่ 3 เดือนกรกฎาคม การวิเคราะห์คุณภาพน้ำได้ทำการศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำทั้งหมด 3 ดัชนี ได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี ไนโตรเจนในรูปไนเตรท และฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟต

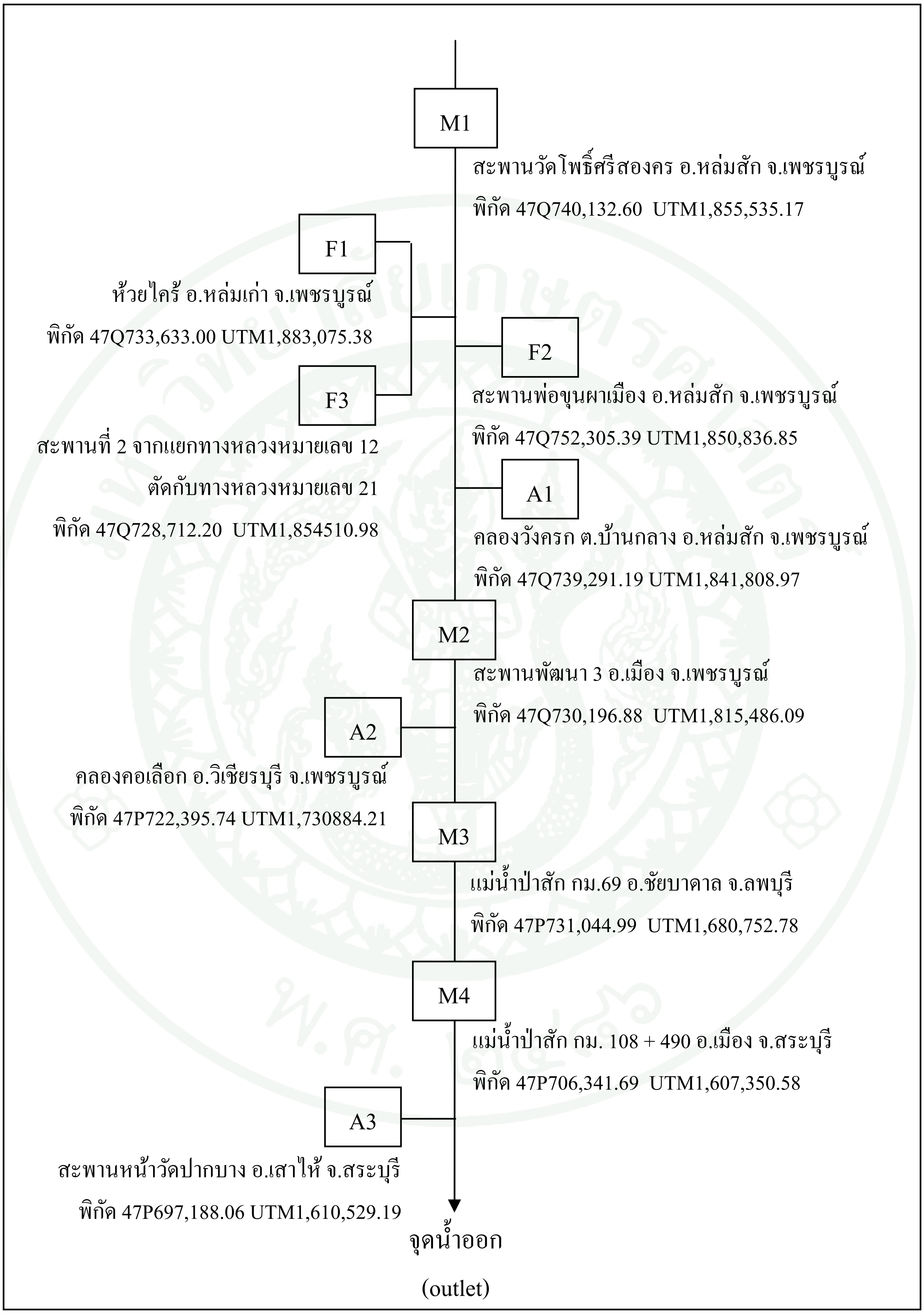
1.1 พื้นที่ชุมชน

1.1.1 ช่วงน้ำแล้ง

1) ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี

ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี จากการตรวจวัดทั้ง 4 สถานีในช่วงน้ำแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.38 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สถานี M2 เนื่องจากชุมชนบริเวณดังกล่าวมีประชากรอาศัยอยู่กันอย่างหนาแน่น ทำให้สารอินทรีย์จากบ้านเรือนและตลาดสดไหลลงสู่แม่น้ำป่าสัก ส่วนพื้นที่ชุมชนอื่นๆมีความหนาแน่นของประชากรไม่สูงมาก ประกอบกับน้ำทิ้งชุมชนถูกคลุกเคล้ากับน้ำในแม่น้ำจนเจือจาง เนื่องจากสถานี M4 อยู่ใต้เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ทำให้สารอินทรีย์ถูกฟองตัวเองตามธรรมชาติ แต่เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำที่สะสมจากเทศบาลตำบลแก่งคอย และเทศบาลเมืองสระบุรี ทำให้สถานี M4 มีปริมาณการเจือปนของสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีเกินมาตรฐาน ดังตารางที่ 10 และภาพที่ 18

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 แผนผังจุดเก็บตัวอย่างน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำแล้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

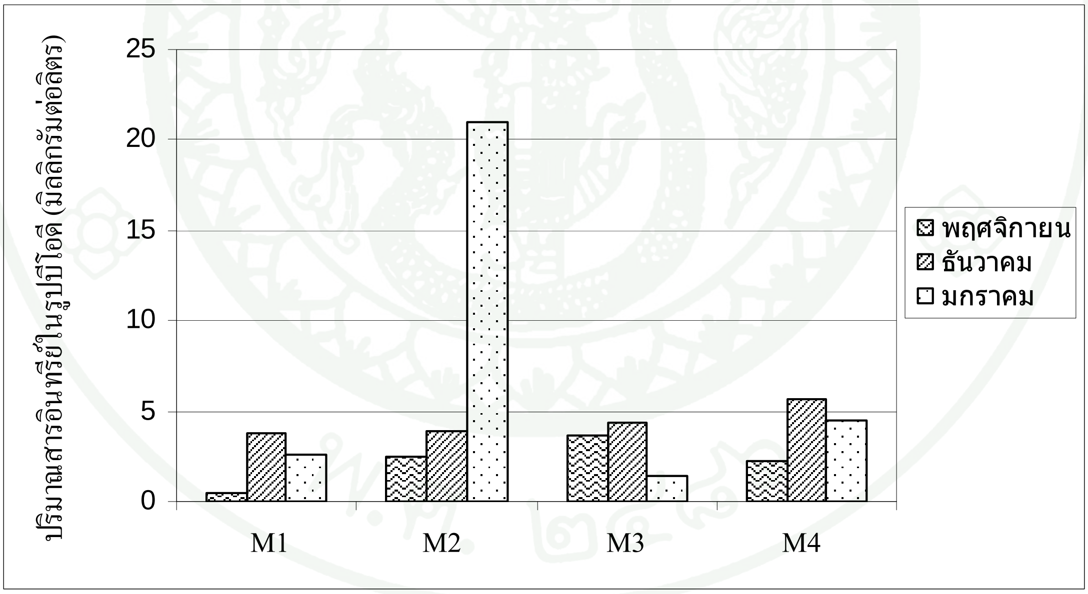
เดือน	**ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี**				**ค่าเฉลี่ย**
	M1	**M2**	**M3**	**M4**	
พฤศจิกายน	0.50	2.50	3.60	2.20	2.20
ธันวาคม	3.80	3.90	4.40	5.70	4.45
มกราคม	2.60	21.00	1.40	4.50	7.38

หมายเหตุ: M1 แทนด้วย เทศบาลเมืองหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

M2 แทนด้วย สะพานพัฒนา 3 อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

M3 แทนด้วย ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2089 อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

M4 แทนด้วย แม่น้ำป่าสัก กม. 108 + 490 อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี



ภาพที่ 18 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท จากการตรวจวัดทั้ง 4 สถานีในช่วงน้ำแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.138 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.115 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.191 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนดที่ 5.000 มิลลิกรัมต่อลิตร (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546) พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากน้ำทิ้งชุมชนมีส่วนประกอบของธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทน้อย และค่าที่ตรวจพบมาจากพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณตอนบนของจุดที่ตรวจวัด ดังตารางที่ 11 และภาพที่ 19

ตารางที่ 11 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำแล้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	**ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท**				**ค่าเฉลี่ย**
	M1	**M2**	**M3**	**M4**	
พฤศจิกายน	0.030	0.006	0.016	0.500	0.138
ธันวาคม	0.086	*	*	0.374	0.115
มกราคม	0.026	*	0.026	0.711	0.191

หมายเหตุ: * แทนด้วย ตรวจไม่พบ

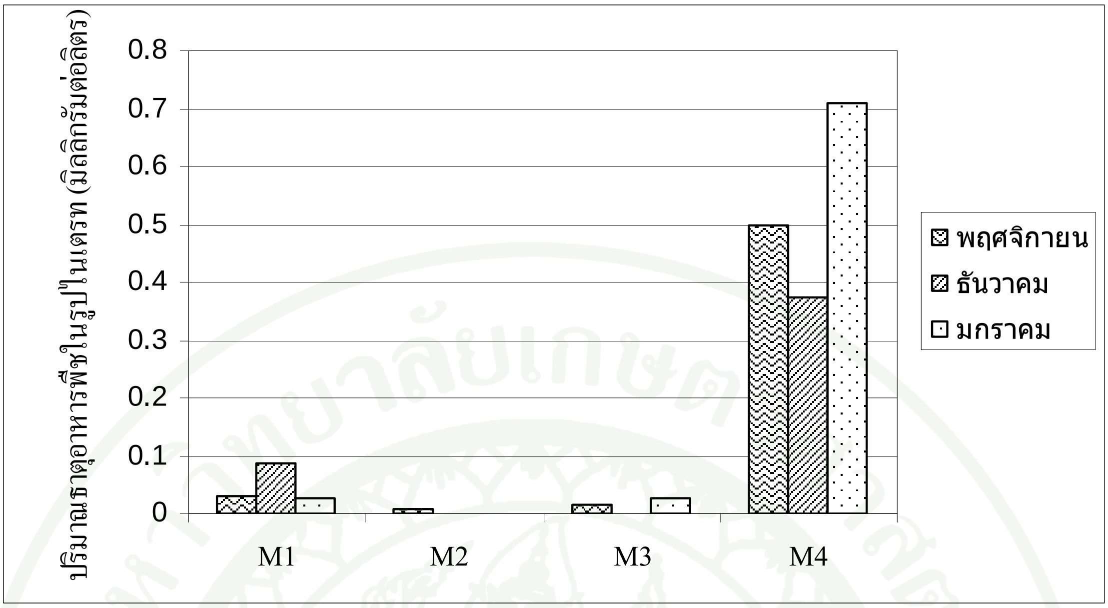
M1 แทนด้วย เทศบาลเมืองหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

M2 แทนด้วย สะพานพัฒนา 3 อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

M3 แทนด้วย ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2089 อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

M4 แทนด้วย แม่น้ำป่าสัก กม. 108 + 490 อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ชุมชน

3) ปริมาณธาตุอาหารพืชในฟอสเฟต

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากการตรวจวัดทั้ง 4 สถานีในช่วงน้ำแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.060 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.405 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.690 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำ M2 เนื่องจากชุมชนบริเวณดังกล่าวมีประชากรอาศัยอยู่กันอย่างหนาแน่น ทำให้ธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากกิจกรรมในครัวเรือนไหลลงสู่แม่น้ำป่าสัก ส่วนพื้นที่ชุมชนอื่นๆมีความหนาแน่นของประชากรไม่สูงมากประกอบกับน้ำทิ้งชุมชนถูกคลุกเคล้ากับน้ำในแม่น้ำจนเจือจาง ซึ่งเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนดที่ 0.100 มิลลิกรัมต่อลิตร (US.EPA, 1973) พบว่าผลการตรวจวัดเฉลี่ยไม่เกินมาตรฐานดังตารางที่ 12 และภาพที่ 20

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำแล้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

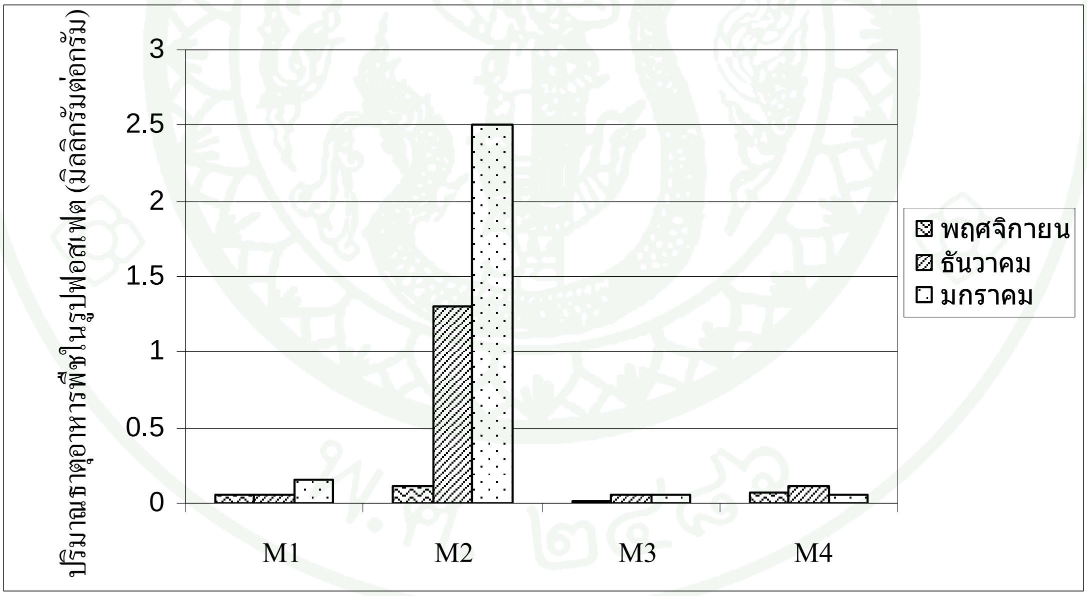
เดือน	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต				ค่าเฉลี่ย
	M1	**M2**	**M3**	**M4**	
พฤศจิกายน	0.050	0.110	0.010	0.070	0.060
ธันวาคม	0.050	1.300	0.060	0.110	0.405
มกราคม	0.160	2.500	0.050	0.050	0.690

หมายเหตุ: M1 แทนด้วย เทศบาลเมืองหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

M2 แทนด้วย สะพานพัฒนา 3 อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

M3 แทนด้วย ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2089 อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

M4 แทนด้วย แม่น้ำป่าสัก กม. 108 + 490 อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี



ภาพที่ 20 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.2 ช่วงน้ำหลาก

1) ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี

ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี จากการตรวจวัดทั้ง 4 สถานีในช่วงน้ำหลาก พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.78 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.38 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำ M2 เนื่องจากชุมชนบริเวณดังกล่าวมีประชากรอาศัยอยู่กันอย่างหนาแน่น ทำให้สารอินทรีย์จากบ้านเรือนและตลาดสดไหลลงสู่แม่น้ำป่าสัก ส่วนจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ พบว่ามีค่าเกินมาตรฐานเกือบทั้งหมด ซึ่งเป็นผลมากจากน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพาสารอินทรีย์จากพื้นที่ตอนบนไหลลงสู่แม่น้ำป่าสัก เนื่องจากสถานี M4 อยู่ใต้เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ทำให้สารอินทรีย์ถูกฟองตัวเองตามธรรมชาติ แต่เนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำที่สะสมจากเทศบาลตำบลแก่งคอย และเทศบาลเมืองสระบุรี ทำให้สถานี M4 มีปริมาณการเจือปนของสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีเกินมาตรฐาน ดังตารางที่ 13 และภาพที่ 21

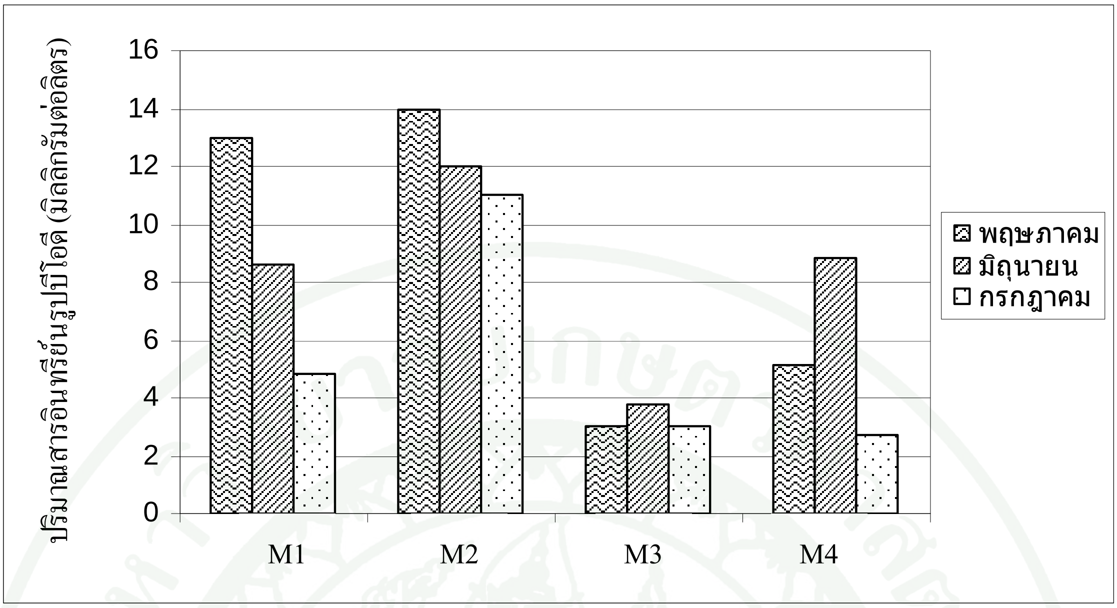
ตารางที่ 13 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำหลาก

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	**ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี**				**ค่าเฉลี่ย**
	M1	**M2**	**M3**	**M4**	
พฤษภาคม	13.00	14.00	3.00	5.10	8.78
มิถุนายน	8.60	12.00	3.80	8.80	8.30
กรกฎาคม	4.80	11.00	3.00	2.70	5.38

หมายเหตุ: M1 แทนด้วย เทศบาลเมืองหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
M2 แทนด้วย สะพานพัฒนา 3 อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
M3 แทนด้วย ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2089 อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี
M4 แทนด้วย แม่น้ำป่าสัก กม. 108 + 490 อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ชุมชน

2) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท จากการตรวจวัดทั้ง 4 สถานีในช่วงน้ำหลาก พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.397 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.560 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.132 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนดที่ 5.000 มิลลิกรัมต่อลิตร (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546) พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในน้ำทิ้งชุมชนมีน้อย โดยพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่จุดเก็บตัวอย่าง M1 ซึ่งเกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพาธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทจากพื้นที่เกษตกรรมตอนบน ดังตารางที่ 14 และภาพที่ 22

ตารางที่ 14 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำหลาก

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท				ค่าเฉลี่ย
	M1	M2	M3	M4	
พฤษภาคม	1.090	0.055	0.088	0.353	0.397
มิถุนายน	1.400	0.030	*	0.820	0.560
กรกฎาคม	1.700	0.129	1.900	0.800	1.132

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

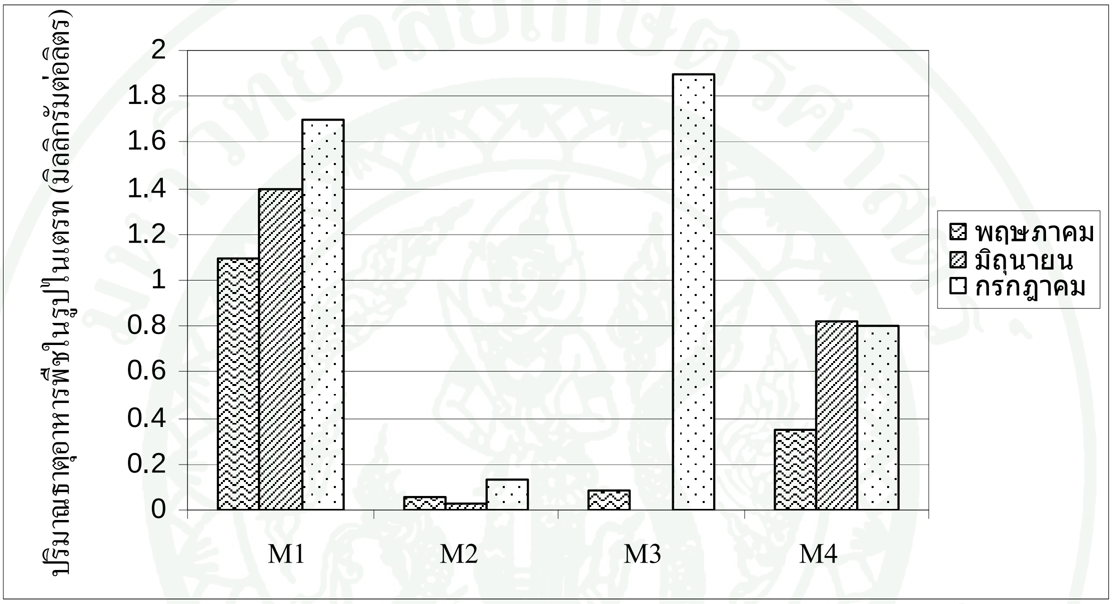
หมายเหตุ: * แทนด้วย ตรวจไม่พบ

M1 แทนด้วย เทศบาลเมืองหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

M2 แทนด้วย สะพานพัฒนา 3 อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

M3 แทนด้วย ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2089 อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

M4 แทนด้วย แม่น้ำป่าสัก กม. 108 + 490 อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี



ภาพที่ 22 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ชุมชน

3) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากการตรวจวัดทั้ง 4 สถานีในช่วงแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.243 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.340 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.333 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำ M2 เนื่องจากชุมชนบริเวณดังกล่าวมีประชากรอาศัยอยู่กันอย่างหนาแน่น ทำให้ธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากกิจกรรมในครัวเรือนไหลลงสู่แม่น้ำป่าสัก ส่วนพื้นที่ชุมชนอื่นๆมีความหนาแน่นของประชากรไม่สูงมากประกอบกับน้ำทิ้งชุมชนถูกคลุกเคล้ากับน้ำในแม่น้ำจนเจือจาง ดังตารางที่ 15 และภาพที่ 23

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของตัวแทนพื้นที่ชุมชนช่วงน้ำหลาก

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

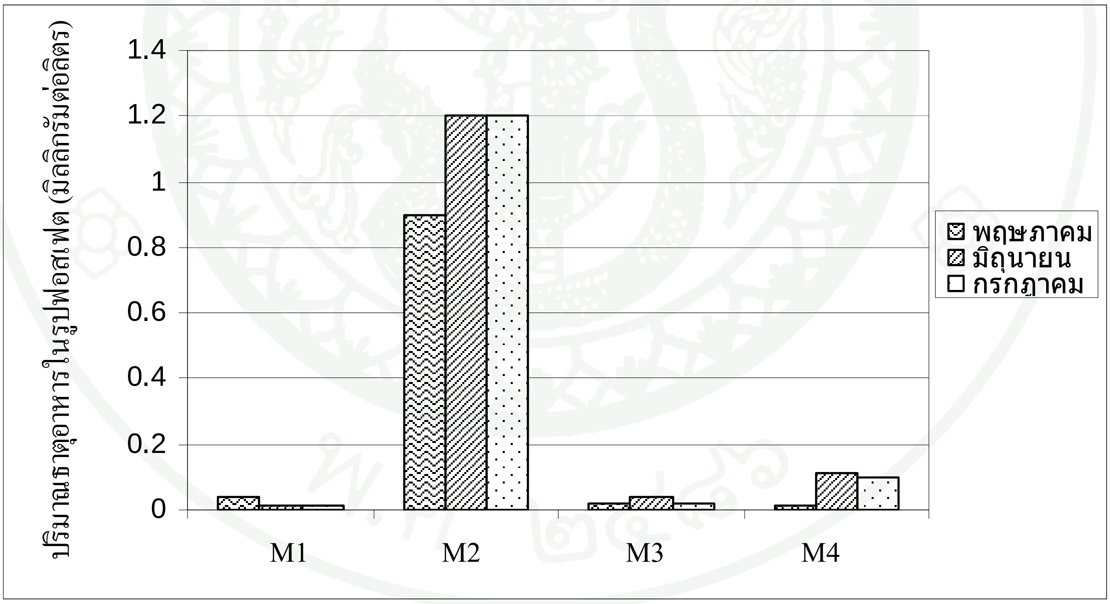
เดือน	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต				ค่าเฉลี่ย
	M1	M2	M3	M4	
พฤษภาคม	0.040	0.900	0.020	0.010	0.243
มิถุนายน	0.010	1.200	0.040	0.110	0.340
กรกฎาคม	0.010	1.200	0.020	0.100	0.333

หมายเหตุ: M1 แทนด้วย เทศบาลเมืองหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

M2 แทนด้วย สะพานพัฒนา 3 อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

M3 แทนด้วย ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2089 อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

M4 แทนด้วย แม่น้ำป่าสัก กม. 108 + 490 อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี



ภาพที่ 23 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 พื้นที่ป่าไม้

1.2.1 ช่วงน้ำแล้ง

1) ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี

ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี จากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงน้ำแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยแต่ละจุดเก็บตัวอย่างน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ เนื่องจากพื้นที่เก็บตัวอย่างเป็นป่าสมบูรณ์อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1A เป็นป่าต้นน้ำลำธารประกอบกับไม่มีน้ำไหลบ่าหน้าดินทำให้มีปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีน้อย ส่วนปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในเดือนธันวาคมสูงสุดในช่วงแล้ง เพราะในเดือนดังกล่าวเกิดการทับถมของเศษซากพืชที่ร่วงหล่นลงในแหล่งน้ำ ตารางที่ 16 และดังภาพที่ 24

ตารางที่ 16 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของลุ่มน้ำตัวอย่างพื้นที่ป่าไม้ช่วงน้ำแล้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี			ค่าเฉลี่ย
	F1	F2	F3	
พฤศจิกายน	*	0.40	0.40	0.27
ธันวาคม	7.40	3.60	3.80	4.90
มกราคม	-	1.20	1.40	1.30

หมายเหตุ: * แทนด้วย ตรวจไม่พบ

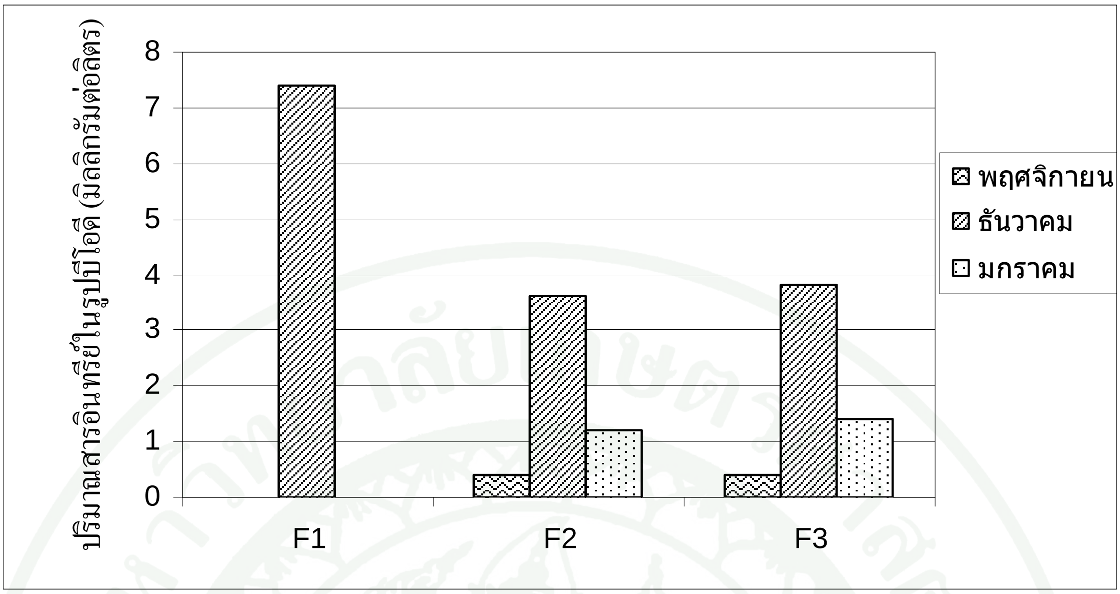
- แทนด้วย ไม่มีน้ำไหลในลำธาร

F1 แทนด้วย ห้วยไคร้ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

F2 แทนด้วย สะพานพ่อขุนผาเมือง ห้วยตอง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

F3 แทนด้วย สะพานที่2 จากแยกทางหลวงหมายเลข 12 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้

2) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท จากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงน้ำแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.035 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนดที่ 5.000 มิลลิกรัมต่อลิตร (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546) พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่มีไม้ยืนต้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งพืชพรรณดังกล่าวดึงธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโต ทำให้ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในน้ำมีปริมาณน้อยมาก ดังตารางที่ 17 และภาพที่ 25

ตารางที่ 17 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำแล้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	**ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท**			**ค่าเฉลี่ย**
	F1	**F2**	**F3**	
พฤศจิกายน	0.010	*	*	0.003
ธันวาคม	0.020	0.015	*	0.012
มกราคม	-	0.040	0.030	0.035

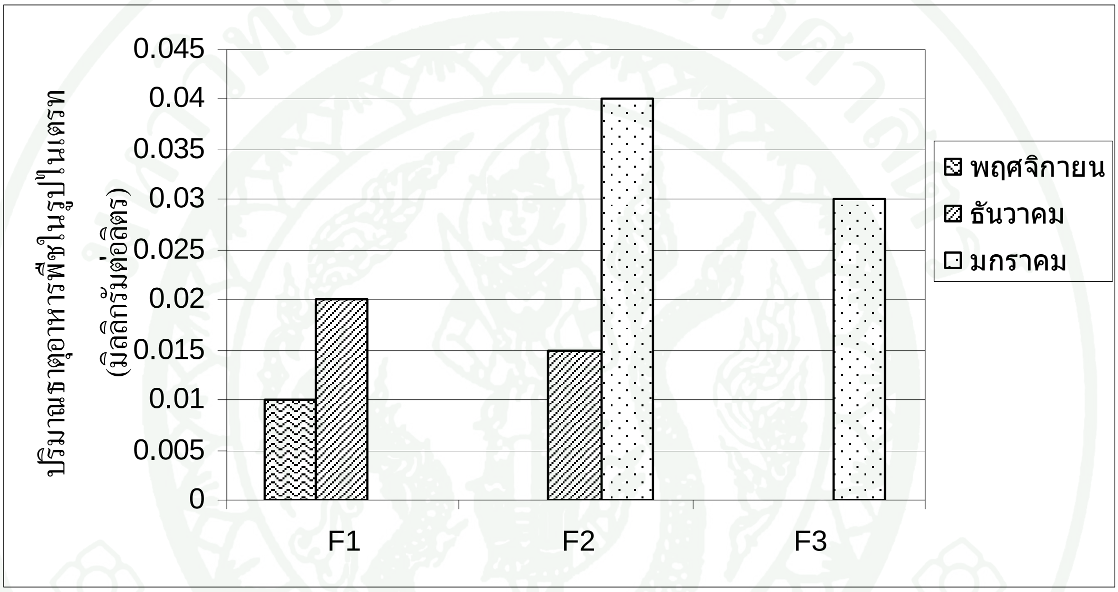
หมายเหตุ: * แทนด้วย ตรวจไม่พบ

- แทนด้วย ไม่มีน้ำไหลในลำธาร

F1 แทนด้วย ห้วยไคร้ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

F2 แทนด้วย สะพานพ่อขุนผาเมือง ห้วยตอง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

F3 แทนด้วย สะพานที่ 2 จากแยกทางหลวงหมายเลข 12 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 21



ภาพที่ 25 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้

3) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงน้ำแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนดที่ 0.100 มิลลิกรัมต่อลิตร (US.EPA, 1973) พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้บริเวณดังกล่าวเป็นป่าที่อุดมสมบูรณ์และมีพืชพรรณเป็นจำนวนมาก ประกอบกับเป็นช่วงหน้าแล้งทำให้ไม่มีน้ำไหลหน้าดินส่งผลให้มีการปนเปื้อนธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในแหล่งน้ำในปริมาณน้อย ดังตารางที่ 18 และภาพที่ 26

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำแล้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	**ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต**			**ค่าเฉลี่ย**
	F1	**F2**	**F3**	
พฤศจิกายน	0.010	*	0.020	0.010
ธันวาคม	0.010	0.010	0.010	0.010
มกราคม	-	0.010	0.020	0.015

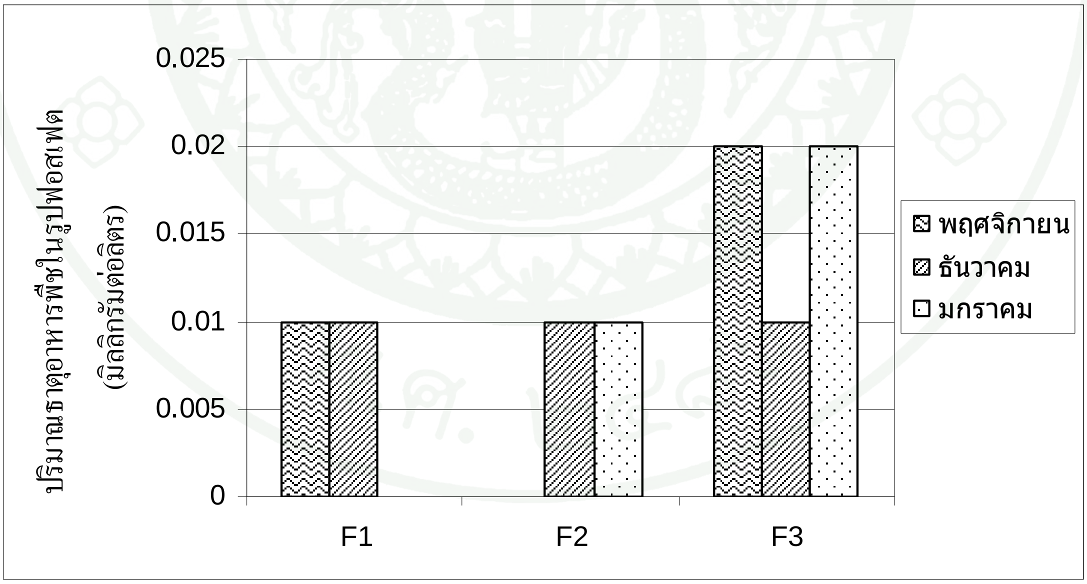
หมายเหตุ: * แทนด้วย ตรวจไม่พบ

- แทนด้วย ไม่มีน้ำไหลในลำธาร

F1 แทนด้วย ห้วยไคร้ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

F2 แทนด้วย สะพานพ่อขุนผาเมือง ห้วยตอง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

F3 แทนด้วย สะพานที่2 จากแยกทางหลวงหมายเลข 12 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 21



ภาพที่ 26 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 ช่วงน้ำหลาก

1) ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี

ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี จากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงน้ำหลาก พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.37 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งพบว่าน้ำไหลบ่าหน้าดินในช่วงหลากพัดพาสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีมีค่าสูงแต่ค่าเฉลี่ยไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1A ซึ่งเป็นป่าที่สมบูรณ์ ดังตารางที่ 19 และภาพที่ 27

ตารางที่ 19 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำหลาก

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	**ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี**			**ค่าเฉลี่ย**
	F1	**F2**	**F3**	
พฤษภาคม	-	-	3.90	3.90
มิถุนายน	2.60	1.50	6.00	3.37
กรกฎาคม	0.30	0.30	0.90	0.50

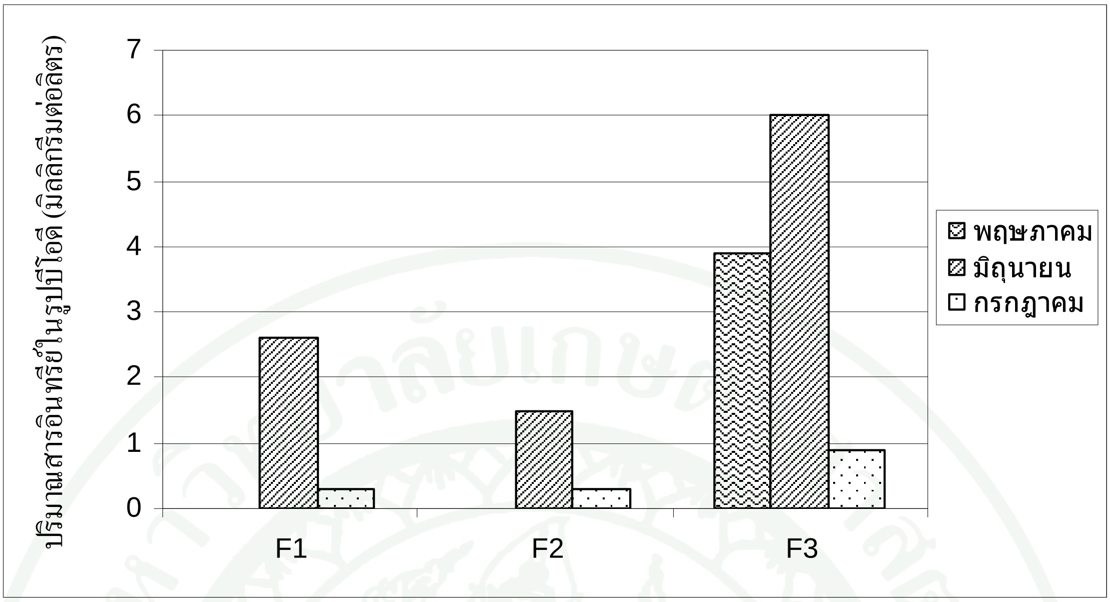
หมายเหตุ: - แทนด้วย ไม่มีน้ำไหลในลำธาร

F1 แทนด้วย ห้วยไคร้ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

F2 แทนด้วย สะพานพ่อขุนผาเมือง ห้วยตอง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

F3 แทนด้วย สะพานที่2 จากแยกทางหลวงหมายเลข 12 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้

2) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท จากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงหลากพบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.290 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.480 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.123 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนดที่ 5.000 มิลลิกรัมต่อลิตร (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546) พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1A ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าที่อุดมสมบูรณ์ ดังนั้นการดูดซับธาตุอาหารในรูปไนเตรทไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืชพรรณทำให้ปริมาณธาตุอาหารในรูปไนเตรทในแหล่งน้ำมีปริมาณน้อย ดังตารางที่ 20 และภาพที่ 28

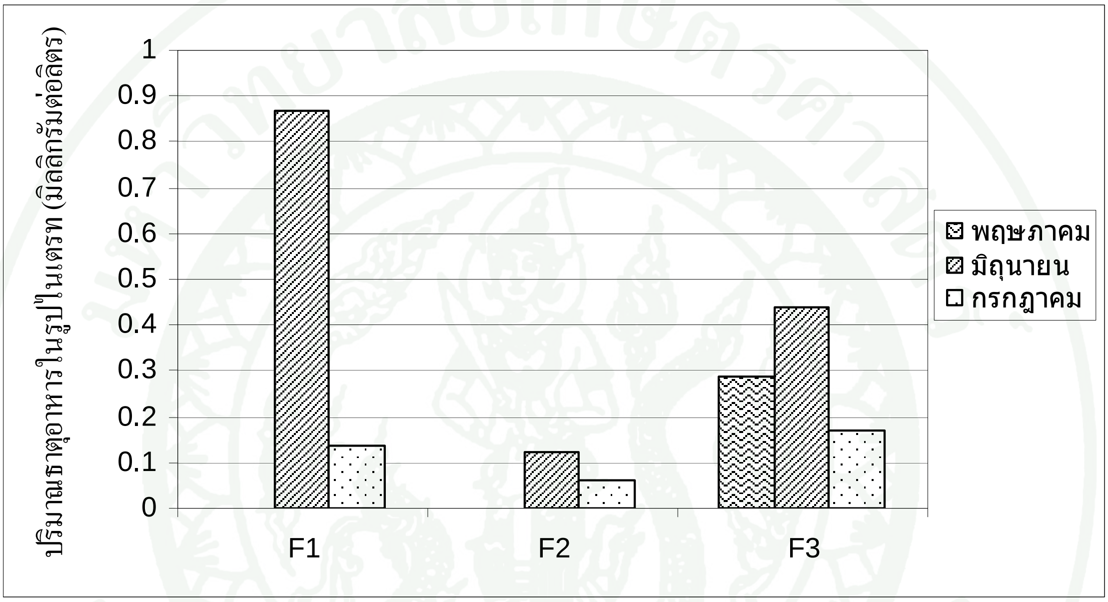
ตารางที่ 20 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำหลาก

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท			ค่าเฉลี่ย
	F1	F2	F3	
พฤษภาคม	-	-	0.290	0.290
มิถุนายน	0.870	0.124	0.439	0.480
กรกฎาคม	0.138	0.059	0.172	0.123

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเหตุ: - แทนด้วย ไม่มีน้ำไหลในลำธาร
F1 แทนด้วย ห้วยไคร้ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์
F2 แทนด้วย สะพานพ่อขุนผาเมือง ห้วยตอง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
F3 แทนด้วย สะพานที่ 2 จากแยกทางหลวงหมายเลข 12 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 21



ภาพที่ 28 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้

3) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงน้ำหลาก พบว่า ครั้งที่ 1 ตรวจไม่พบปริมาณฟอสเฟต ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.057 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.033 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1A เป็นสภาพป่าที่สมบูรณ์และถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์น้อย ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังตารางที่ 21 และภาพที่ 29

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ช่วงน้ำหลาก

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต			ค่าเฉลี่ย
	F1	F2	F3	
พฤษภาคม	-	-	*	*
มิถุนายน	0.010	0.030	0.130	0.057
กรกฎาคม	0.060	0.020	0.020	0.033

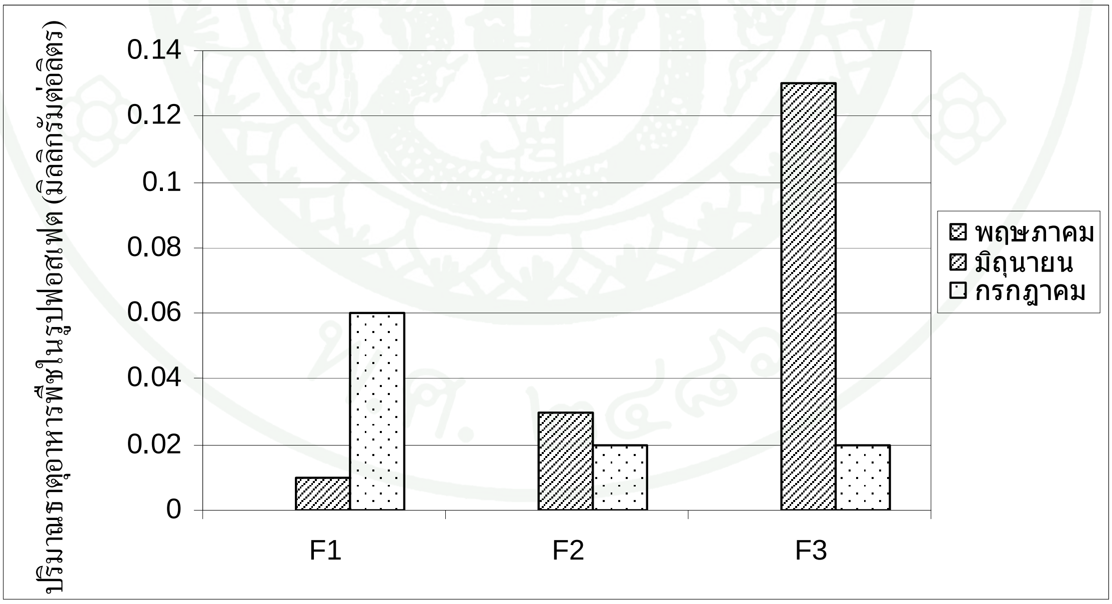
หมายเหตุ: * แทนด้วย ตรวจไม่พบ

- แทนด้วย ไม่มีน้ำไหลในลำธาร

F1 แทนด้วย ห้วยไคร้ อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

F2 แทนด้วย สะพานพ่อขุนผาเมือง ห้วยตอง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

F3 แทนด้วย สะพานที่ 2 จากแยกทางหลวงหมายเลข 12 ตัดกับทางหลวงหมายเลข 21



ภาพที่ 29 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 พื้นที่เกษตรกรรม

1.3.1 ช่วงน้ำแล้ง

1) ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี

ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี จากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงน้ำแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.83 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.47 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.17 มิลลิกรัมต่อลิตร จากปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในเดือนมกราคมมีค่าสูง เนื่องจากพื้นที่นาข้าวส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตทำให้มีสารอินทรีย์ตกค้างในแหล่งน้ำเป็นจำนวนมาก ทำให้ผลการตรวจวัดมีค่าสูง ดังตารางที่ 22 และภาพที่ 30

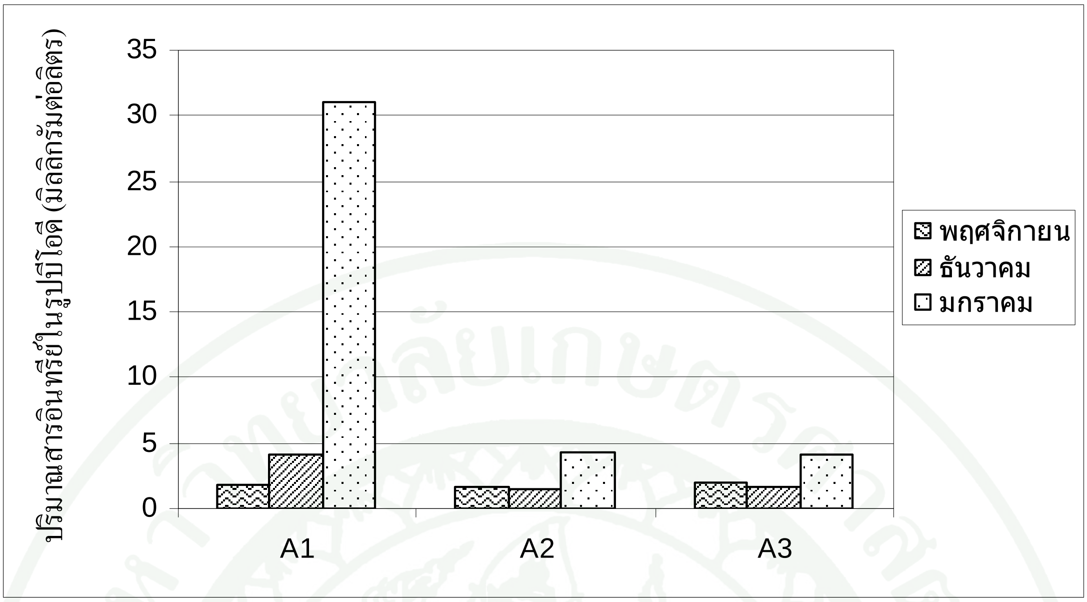
ตารางที่ 22 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำแล้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	**ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี**			**ค่าเฉลี่ย**
	A1	**A2**	**A3**	
พฤศจิกายน	1.80	1.70	2.00	1.83
ธันวาคม	4.20	1.50	1.70	2.47
มกราคม	31.00	4.30	4.20	13.17

หมายเหตุ: A1 แทนด้วย คลองวังครก ตำบลบ้านกลาง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
A2 แทนด้วย คลองคอเลือก กม.3+498 อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์
A3 แทนด้วย สะพานหน้าวัดปากบาง ตำบลงิ้วงาม อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 30 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม

2) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท จากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงน้ำแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.190 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.070 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.178 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 5 ซึ่งเหมาะกับการทำนาข้าว ซึ่งในช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่พื้นที่นาข้าวถูกเก็บเกี่ยวไปแล้ว ซากพืชที่ตกค้างอยู่ในแหล่งน้ำทำให้ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทมากขึ้น ซึ่งเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนดที่ 5.000 มิลลิกรัมต่อลิตร (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546) พบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังตารางที่ 23 และภาพที่ 31

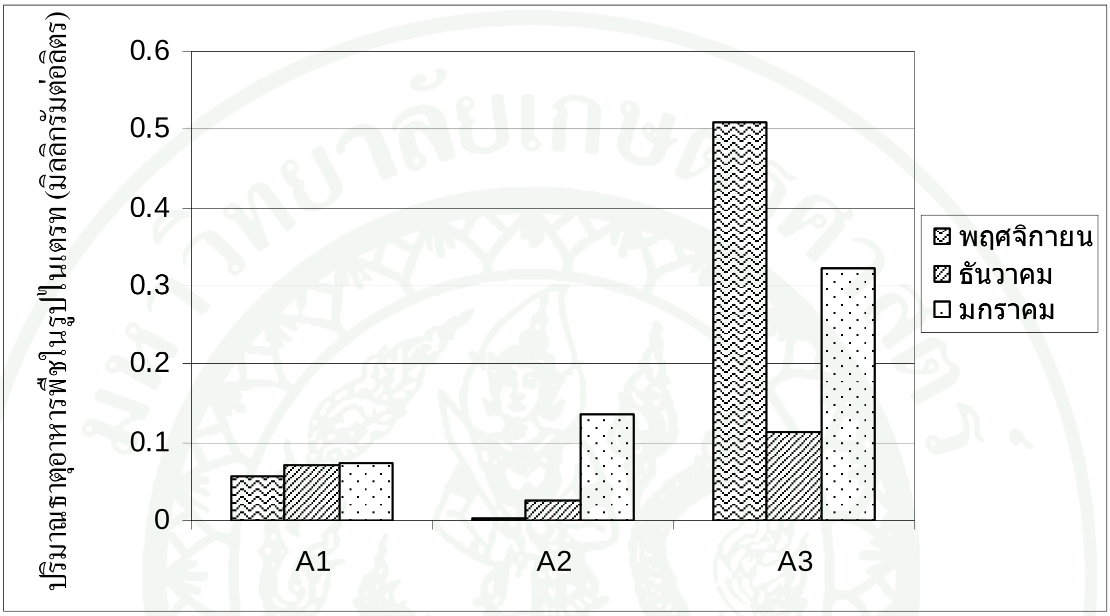
ตารางที่ 23 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำแล้ง

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท			ค่าเฉลี่ย
	A1	A2	A3	
พฤศจิกายน	0.056	0.004	0.510	0.190
ธันวาคม	0.072	0.025	0.114	0.070
มกราคม	0.074	0.136	0.324	0.178

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเหตุ: A1 แทนด้วย คลองวังครก ตำบลบ้านกลาง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
A2 แทนด้วย คลองคอเลือก กม.3+498 อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์
A3 แทนด้วย สะพานหน้าวัดปากบาง ตำบลงิ้วงาม อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี



ภาพที่ 31 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม

3) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงน้ำแล้ง พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.013 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.060 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากพื้นที่นาข้าวบริเวณดังกล่าวอยู่ในช่วงกำลังเก็บเกี่ยวผลผลิตทำให้มีปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในแหล่งน้ำน้อย ซึ่งเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานกำหนดที่ 0.100 มิลลิกรัมต่อลิตร (US.EPA, 1973) พบว่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ดังตารางที่ 24 และภาพที่ 32

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 24 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำแล้ง

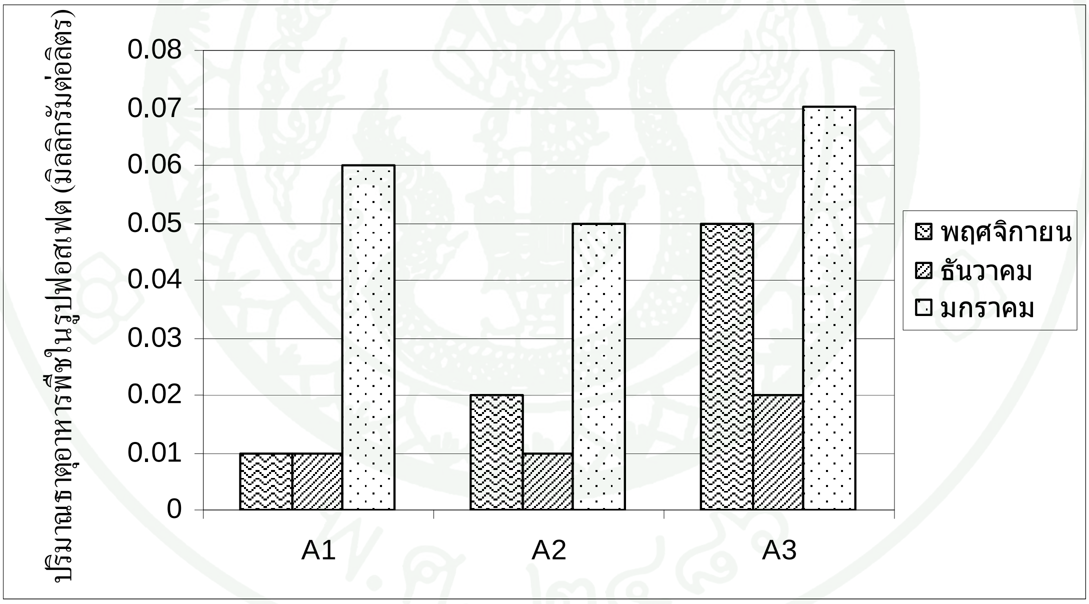
(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต			ค่าเฉลี่ย
	A1	**A2**	**A3**	
พฤศจิกายน	0.010	0.020	0.05	0.027
ธันวาคม	0.010	0.010	0.02	0.013
มกราคม	0.060	0.050	0.07	0.060

หมายเหตุ: A1 แทนด้วย คลองวังครก ตำบลบ้านกลาง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

A2 แทนด้วย คลองคอเลือก กม.3+498 อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์

A3 แทนด้วย สะพานหน้าวัดปากบาง ตำบลงิ้วงาม อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี



ภาพที่ 32 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.2 ช่วงน้ำหลาก

1) ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี

ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี จากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงน้ำหลาก พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.83 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นนาข้าวที่อยู่ในช่วงเตรียมพื้นที่ ซากพืชส่วนใหญ่ถูกปลดปล่อยลงแหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในแหล่งน้ำมีปริมาณมากแต่ไม่เกินค่ามาตรฐาน ดังตารางที่ 25 และภาพที่ 33

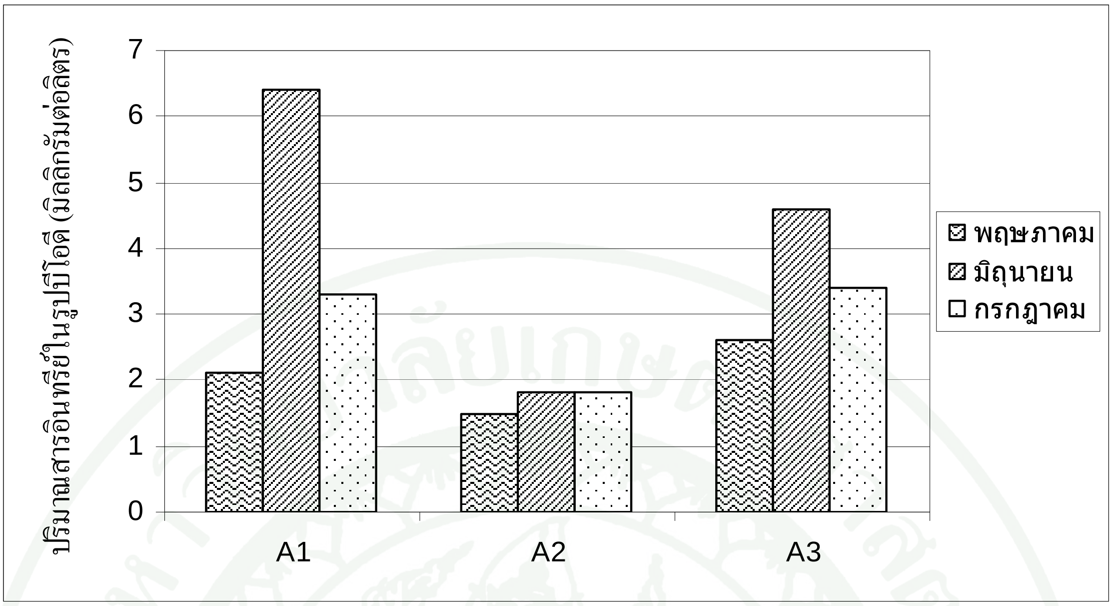
ตารางที่ 25 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำหลาก

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	**ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี**			**ค่าเฉลี่ย**
	A1	**A2**	**A3**	
พฤษภาคม	2.10	1.50	2.60	2.07
มิถุนายน	6.40	1.80	4.60	4.27
กรกฎาคม	3.30	1.80	3.40	2.83

หมายเหตุ: A1 แทนด้วย คลองวังครก ตำบลบ้านกลาง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
A2 แทนด้วย คลองคอเลือก กม.3+498 อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์
A3 แทนด้วย สะพานหน้าวัดปากบาง ตำบลงิ้วงาม อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 33 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม

2) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท จากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงหลาก พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.167 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.554 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.356 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นนาข้าวที่อยู่ในช่วงเตรียมพื้นที่ ซึ่งต้องมีการกำจัดวัชพืช ดังนั้นซากพืชส่วนใหญ่ถูกปลดปล่อยลงแหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในแหล่งน้ำมีปริมาณมากแต่ไม่เกินค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานกำหนดที่ 5.000 มิลลิกรัมต่อลิตร (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546) ดังตารางที่ 26 และภาพที่ 34

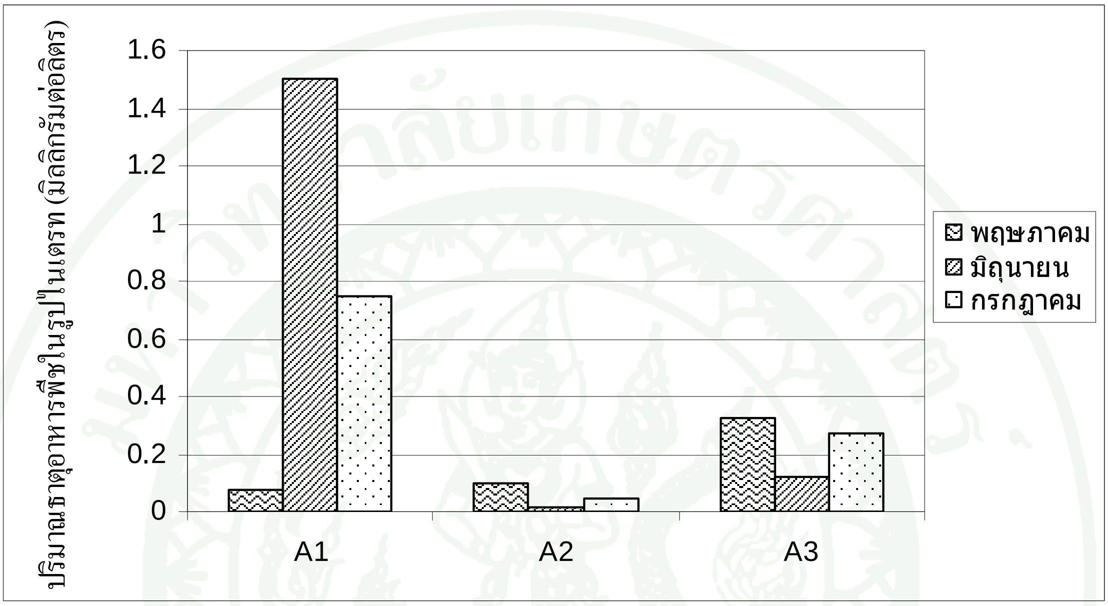
ตารางที่ 26 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำหลาก

(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	**ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท**			**ค่าเฉลี่ย**
	A1	**A2**	**A3**	
พฤษภาคม	0.079	0.096	0.326	0.167
มิถุนายน	1.500	0.013	0.119	0.544
กรกฎาคม	0.750	0.048	0.269	0.356

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเหตุ: A1 แทนด้วย คลองวังครก ตำบลบ้านกลาง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์
A2 แทนด้วย คลองคอเลือก กม.3+498 อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์
A3 แทนด้วย สะพานหน้าวัดปากบาง ตำบลงิ้วงาม อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี



ภาพที่ 34 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม

3) ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต

ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากการตรวจวัดทั้ง 3 สถานีในช่วงหลาก พบว่า ครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.053 มิลลิกรัมต่อลิตร ครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.060 มิลลิกรัมต่อลิตร และครั้งที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.093 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากการใช้ปุ๋ยในพื้นที่นาข้าวในปริมาณมากส่งผลทำให้ธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณมาก ดังตารางที่ 27 และภาพที่ 35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรมช่วงน้ำหลาก

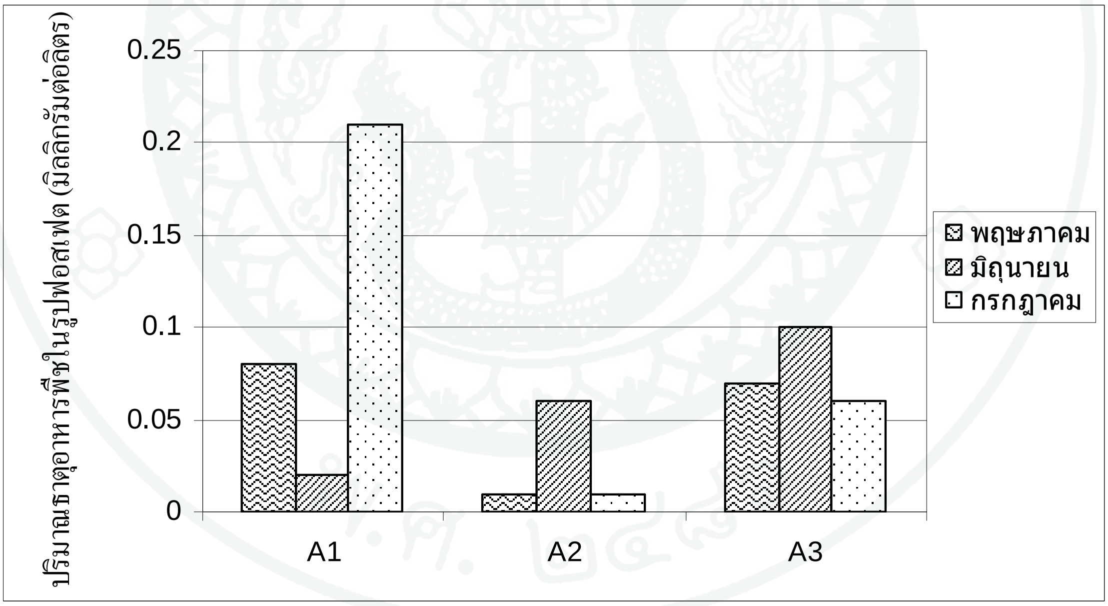
(หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร)

เดือน	**ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต**			**ค่าเฉลี่ย**
	A1	**A2**	**A3**	
พฤษภาคม	0.080	0.010	0.070	0.053
มิถุนายน	0.020	0.060	0.100	0.060
กรกฎาคม	0.210	0.010	0.060	0.093

หมายเหตุ: A1 แทนด้วย คลองวังครก ตำบลบ้านกลาง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์

A2 แทนด้วย คลองคอเลือก กม.3+498 อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์

A3 แทนด้วย สะพานหน้าวัดปากบาง ตำบลงิ้วงาม อำเภอเสาไห้ จังหวัดสระบุรี



ภาพที่ 35 ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในช่วงน้ำหลากของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

การประเมินภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ทำการศึกษาจากแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดที่แน่นอน คือ พื้นที่ชุมชน และแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน คือ พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

2.1 ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากชุมชน

2.1.1 ขนาดและจำนวนประชากรในแต่ละชุมชน

ในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักสามารถแบ่งขนาดชุมชนตามเกณฑ์ของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทยได้ทั้งหมด 36 แห่ง ประกอบด้วย ชุมชนระดับเทศบาลนคร 1 แห่ง ระดับเทศบาลเมือง 5 แห่ง และระดับเทศบาลตำบล 30 แห่ง มีประชากรทั้งหมด 385,250 คน มีความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย เท่ากับ 1,934 คนต่อตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ชุมชนที่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด เท่ากับ เทศบาลเมืองอโยธยา 6,559 คนต่อตารางกิโลเมตร และพื้นที่ชุมชนที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยที่สุด เท่ากับ เทศบาลตำบลทับกวาง 147 คนต่อตารางกิโลเมตร ดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 จำนวนประชากรในแต่ละเทศบาลบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

จังหวัด	แหล่งกำเนิดมลพิษ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ประชากร (คน)	ความหนาแน่น (คน/ตร.กม.)
เพชรบูรณ์	ทม.เพชรบูรณ์	8.60	23,860	2,774
	ทม.หล่มสัก	2.08	13,305	6,397
	ทต.หล่มเก่า	5.00	6,914	1,383
	ทต.ท่าพล	5.93	8,691	1,466
	ทต.วังชมภู	4.30	4,301	1,000
	ทต.นาเฉลียง	2.80	5,336	1,906
	ทต.ซับสมอทอด	7.68	9,812	1,278
	ทต.วิเชียรบุรี	26.45	24,549	928

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 (ต่อ)

จังหวัด	แหล่งกำเนิดมลพิษ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ประชากร (คน)	ความหนาแน่น (คน/ตร.กม.)
เพชรบูรณ์	ทต.พุเตย	4.20	8,731	2,079
	ทต.สว่างวัฒนา	6.20	8,495	1,370
ลพบุรี	ทต.ลำนารายณ์	12.60	16,616	1,319
	ทต.บ้านท่าหลวง	13.00	4,142	319
	ทต.พัฒนานิคม	4.00	2,786	697
	ทต.โคกตูม	86.67	17,130	198
	ทต.แก่งเสือเต้น	16.34	2,455	150
สระบุรี	ทม.สระบุรี	20.13	61,824	3,071
	ทม.พระพุทธบาท	29.60	47,853	1,617
	ทต.วังม่วง	7.60	3,875	510
	ทต.มวกเหล็ก	3.00	6,781	2,260
	ทต.หน้าพระลาน	2.07	8,105	3,915
	ทต.หนองโดน	1.94	2,781	1,434
	ทต.ท่าลาน	16.21	8,271	510
สระบุรี	ทต.บ้านหมอ	1.50	3,383	2,255
	ทต.บ้านยาง	1.00	995	995
	ทต.แก่งคอย	4.05	11,937	2,947
	ทต.สวนดอกไม้	4.22	5,310	1,258
	ทต.เสาไห้	0.76	3,090	4,066
	ทต.หนองแซง	0.50	2,951	5,902
	ทต.ทับกวาง	101.00	14,864	147
พระนครศรีอยุธยา	ทน.นครศรีอยุธยา	1.09	1,397	1,281
	ทม.อโยธยา	1.71	11,216	6,559
	ทต.ท่าเรือ	3.00	7,619	2,540
	ทต.ท่าหลวง	2.50	9,579	3,832
	ทต.อรัญญิก	16.47	3,606	219

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 (ต่อ)

จังหวัด	แหล่งกำเนิดมลพิษ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ประชากร (คน)	ความหนาแน่น (คน/ตร.กม.)
พระนครศรีอยุธยา	ทต.นครหลวง	11.00	7,453	678
นครราชสีมา	ทต.กลางดง	14.11	5,237	371
	รวม	**539.790**	**385,250**	**-**
	เฉลี่ย	**-**	**-**	**1,934**

2.1.2 การปริมาณน้ำเสียชุมชน

ในการประเมินปริมาณน้ำเสียของแต่ละชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ประเมินจากจำนวนประชากรในแต่ละเทศบาลคูณด้วยอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของแต่ละขนาดชุมชน ดังตารางที่ 29 และคิดปริมาณน้ำเสียรวมจากพื้นที่จากร้อยละ 96 ของปริมาณน้ำใช้ พบว่า พื้นที่ชุมชนในลุ่มน้ำป่าสักเกิดปริมาณน้ำเสียวันละ 80,711.86 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 29 อัตราการใช้น้ำปัจจุบันและในอนาคตของชุมชนในภาคกลาง

(หน่วย : ลิตร/คน/วัน)

ปี	จำนวนประชากร			
	< 15,000	**15,001 – 30,000**	**30,001 – 80,000**	**> 80,000**
2536	175	175	220	250
2540	185	185	230	260
2545	195	195	245	280
2550	210	210	260	300
2555	225	225	275	320
2560	240	240	295	240

ที่มา : สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2538)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.3 การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม

การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชน ทำการศึกษาเฉพาะชุมชนระดับเทศบาลในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ซึ่งมีจำนวน 36 แห่ง โดยมีเพียงเทศบาลนครพระนครศรีอยุธยาเพียงแห่งเดียวที่ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่า พื้นที่ชุมชนในลุ่มน้ำป่าสักมีปริมาณภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต เท่ากับ 9,818.94, 8.06 และ 589.81 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ดังตารางที่ 30

2.1.4 การเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชน

เปรียบเทียบสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชนตามสถานการณ์ 4 เหตุการณ์ ได้แก่ สภาวะปัจจุบัน สภาวะทุกเทศบาลติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย สภาวะติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียเฉพาะเทศบาลนครและเทศบาลเมือง และสภาวะทุกเทศบาลไม่ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่า สภาวะทุกเทศบาลติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียมีปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชน้อยที่สุด โดยเฉพาะปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีมีค่าน้อยกว่าสภาวะปัจจุบันประมาณ 6 เท่า สภาวะปัจจุบันมีปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชใกล้เคียงกับสภาวะทุกเทศบาลไม่ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย และสภาวะติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียเฉพาะเทศบาลนครและเทศบาลเมืองมีปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชประมาณ 1 เท่าของสภาวะปัจจุบัน ดังตารางที่ 31

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ชุมชนบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก

จังหวัด	แหล่งกำเนิดมลพิษ	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช (กก./วัน)		
			บีโอดี	ไนเตรท	ฟอสเฟต
เพชรบูรณ์	ทม.เพชรบูรณ์	4,672.74	570.07	0.47	34.20
	ทม.หล่มสัก	2,605.65	317.89	0.26	19.07
	ทต.หล่มเก่า	1,354.04	165.19	0.14	9.91
	ทต.ท่าพล	1,702.05	207.65	0.17	12.46
	ทต.วังชมภู	842.31	102.76	0.08	6.17
	ทต.นาเฉลียง	1,045.00	127.49	0.10	7.65
	ทต.ซับสมอทอด	1,921.58	234.43	0.19	14.07
	ทต.วิเชียรบุรี	4,807.68	586.54	0.48	35.19
	ทต.พุเตย	1,709.88	208.61	0.17	12.52
	ทต.สว่างวัฒนา	1,663.66	202.97	0.17	12.18
ลพบุรี	ทต.ลำนารายณ์	3,254.08	397.00	0.33	23.82
	ทต.บ้านท่าหลวง	811.17	98.96	0.08	5.94
	ทต.พัฒนานิคม	545.61	66.56	0.05	3.99
	ทต.โคกตูม	3,354.74	409.28	0.34	24.56
	ทต.แก่งเสือเต้น	480.79	58.66	0.05	3.52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 (ต่อ)

จังหวัด	แหล่งกำเนิดมลพิษ	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช (กก./วัน)		
			บีโอดี	ไนเตรท	ฟอสเฟต
สระบุรี	ทม.สระบุรี	15,075.16	1,839.17	1.51	110.35
	ทม.พระพุทธบาท	11,668.48	1,423.55	1.17	85.41
	ทต.วังม่วง	758.88	92.58	0.08	5.56
	ทต.มวกเหล็ก	1,327.99	162.01	0.13	9.72
	ทต.หน้าพระลาน	1,587.28	193.65	0.16	11.62
	ทต.หนองโดน	544.63	66.44	0.05	3.99
	ทต.ท่าลาน	1,619.79	197.61	0.16	11.86
	ทต.บ้านหมอ	662.53	80.83	0.07	4.85
	ทต.บ้านยาง	194.86	23.77	0.02	1.43
	ทต.แก่งคอย	2,337.74	285.20	0.23	17.11
	ทต.สวนดอกไม้	1,039.91	126.87	0.10	7.61
	ทต.เสาไห้	605.15	73.83	0.06	4.43
	ทต.หนองแซง	577.92	70.51	0.06	4.23
	ทต.ทับกวาง	2,910.97	355.14	0.29	21.31
พระนครศรีอยุธยา	ทน.นครศรีอยุธยา	273.59	5.47	0.01	1.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 (ต่อ)

จังหวัด	แหล่งกำเนิดมลพิษ	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช (กก./วัน)		
			บีโอดี	ไนเตรท	ฟอสเฟต
พระนครศรีอยุธยา	ทน.นครศรีอยุธยา	273.59	5.47	0.01	1.00
	ทม.อโยธยา	2,196.54	267.98	0.22	16.08
	ทต.ท่าเรือ	1,492.10	182.04	0.15	10.92
	ทต.ท่าหลวง	1,875.95	228.87	0.19	13.73
	ทต.อรัญญิก	706.20	86.16	0.07	5.17
	ทต.นครหลวง	1,459.60	178.07	0.15	10.68
นครราชสีมา	ทต.กลางดง	1,025.61	125.12	0.10	7.51
	รวม	**80,711.86**	**9,818.94**	**8.06**	**589.81**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 31 เปรียบเทียบปริมาณภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชตามเหตุการณ์

สถานการณ์	**ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช (กก./วัน)**		
	บีโอดี	**ไนเตรท**	**ฟอสเฟต**
1) สภาวะปัจจุบัน	9,818.94	8.06	589.81
2) สภาวะทุกเทศบาลติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย	1,614.24	4.04	295.41
3) สภาวะติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียเฉพาะเทศบาลนครและเทศบาลเมือง	6,124.65	6.25	457.25
4) สภาวะทุกเทศบาลไม่ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย	9,846.85	8.07	590.81

2.2 ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรม

2.2.1 การประเมินปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง

จากประเมินปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดน้ำท่าของกรมชลประทาน พ. ศ. 2522-2546 (คาบ 44 ปี) เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม โดยยึดหลักเกณฑ์พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทดังกล่าวมีมากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไป ซึ่งได้คัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าจำนวน 6 สถานี และทำการประเมินปริมาณน้ำท่าในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง ดังตารางที่ 32 ซึ่งรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรมมีรายละเอียด ดังนี้

1) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (S12)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (S12) มีพื้นที่ 471 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 11 ประเภท โดยมีพื้นที่ป่าไม้ 293.876 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 62.39 ซึ่งประกอบด้วย ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ ป่าเบญจพรรณ สวนสัก และทุ่งหญ้า และพื้นที่อื่นๆ 177.124 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 37.606 ซึ่งประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไร่นาสวนผสม ไร่ร้าง และอ้อย (ตารางภาคผนวกที่ 5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

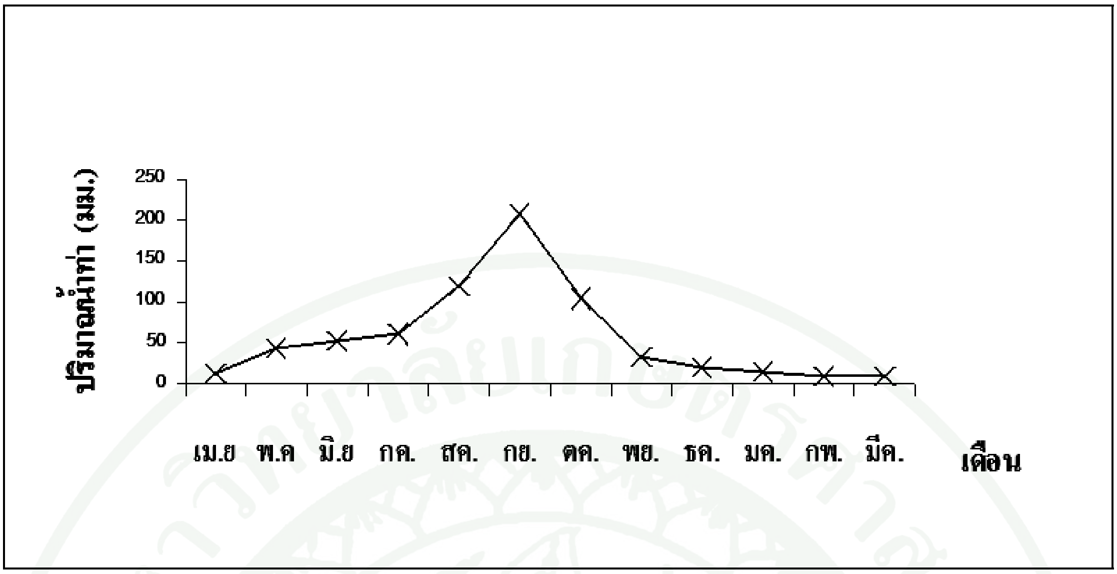
ตารางที่ 32 ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	ปริมาณน้ำท่า (ลบ.ม./วัน/ตร.กม.)	
	ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง
ป่าไม้		
S12	85.442	1.196
S13	85.908	0.861
เฉลี่ย	85.675	1.029
เกษตรกรรม		
S4B	0.480	0.153
S9	1.744	0.025
S10	293.999	10.078
S14	16.479	0.194
เฉลี่ย	78.176	2.613

หมายเหตุ: S12 แทนด้วย สถานีหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
S13 แทนด้วย สถานีลำสนธิ จังหวัดลพบุรี
S4B แทนด้วย สถานีอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
S9 แทนด้วย สถานีบ้านป่า อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี
S10 แทนด้วย สถานีร่มเกล้า จังหวัดเพชรบูรณ์
S14 แทนด้วย สถานีชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

การศึกษากราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S12 พบว่า ตรวจวัดได้สูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 210.99 มิลลิเมตร และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์เท่ากับ 9.41 มิลลิเมตร โดยในช่วงน้ำหลากมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำในลำน้ำอย่างชัดเจนตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายน และลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนตุลาคม และในช่วงน้ำแล้งมีปริมาณน้ำน้อย อยู่ในช่วง 9.41-19.26 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 36 โดยสัดส่วนของปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากต่อน้ำแล้งเท่ากับ 87.8:12.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

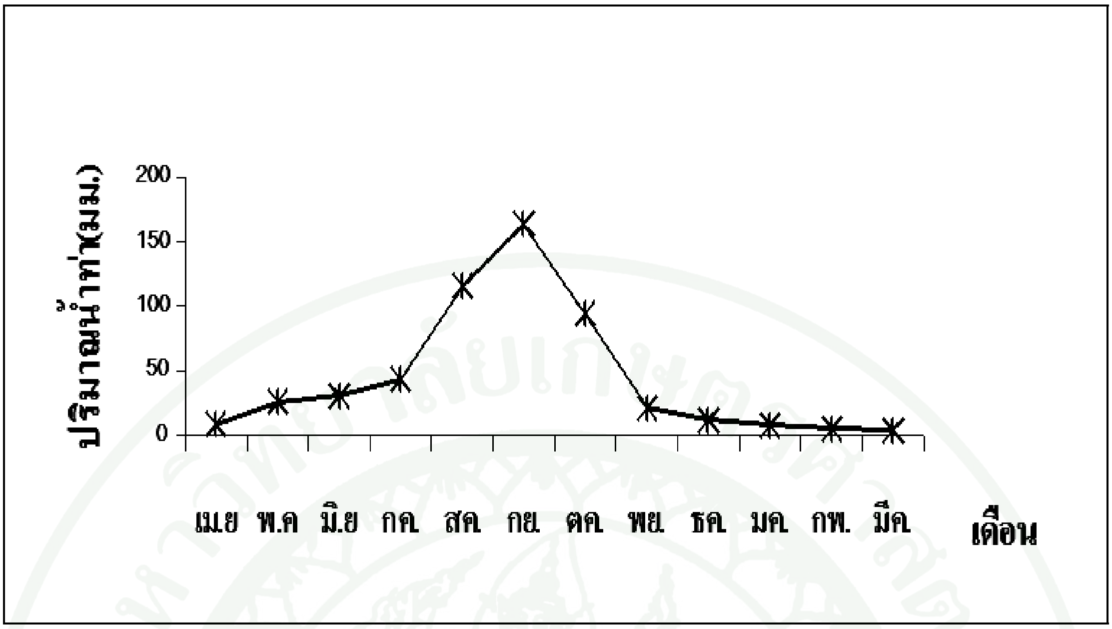


ภาพที่ 36 กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S12

2) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (S13)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ (S13) มีพื้นที่ 395 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 11 ประเภท โดยมีพื้นที่ป่าไม้ 266.842 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 67.555 ซึ่งประกอบด้วย ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าที่ฟื้นฟูตามธรรมชาติ และป่าเบญจพรรณ และพื้นที่อื่นๆ 128.158 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 32.445 ซึ่งประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไร่นาสวนผสม ไร่ร้างอ้อย เมือง/แหล่งชุมชน และแหล่งน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 6)

การศึกษากราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S13 พบว่า ตรวจวัดได้สูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 180.32 มิลลิเมตร และต่ำสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับ 4.33 มิลลิเมตร โดยช่วงน้ำแล้งปริมาณน้ำในลำน้ำมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับสถานีอื่น ๆ ที่ทำการศึกษาคืออยู่ในช่วง 4.33-11.81 (ระหว่างเดือนมกราคม-เมษายน) ดังภาพที่ 37 โดยสัดส่วนของปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากต่อน้ำแล้งเท่ากับ 91:9



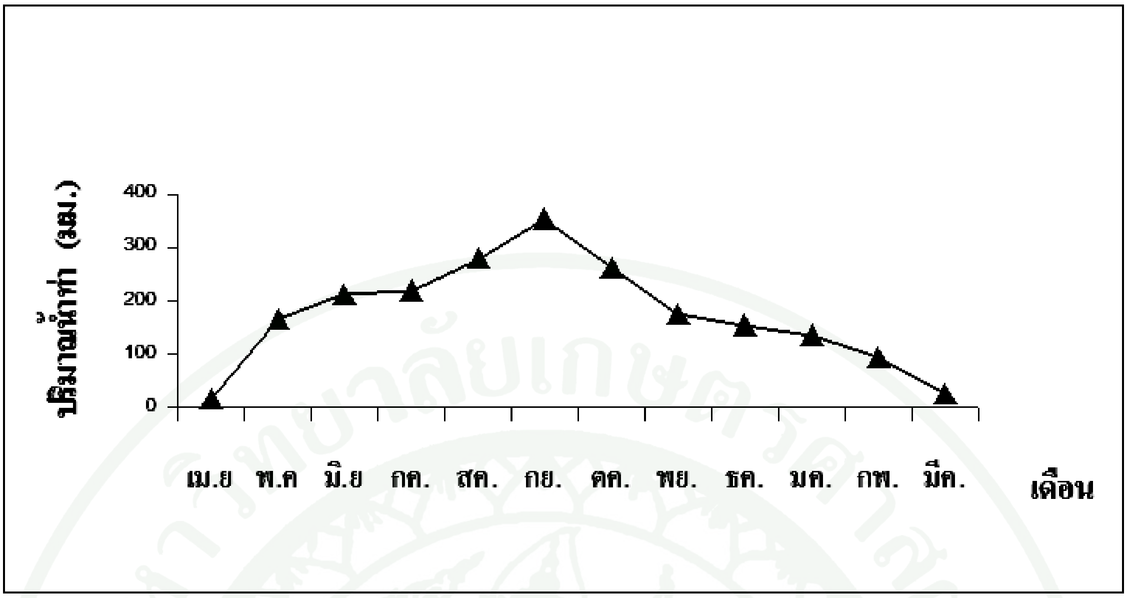
ภาพที่ 37 กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S13

3) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (S10)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (S10) มีพื้นที่ 268 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 9 ประเภท โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 205.704 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 76.755 ซึ่งประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไร่นาสวนผสม และไร่ร้าง และพื้นที่อื่นๆ 62.296 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 23.245 ซึ่งประกอบด้วย ทุ่งหญ้า ป่าเต็งรัง ป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ ป่าเบญจพรรณ และเมือง/แหล่งชุมชน (ตารางภาคผนวกที่ 7)

การศึกษากราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S10 พบว่าตรวจวัดได้สูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 313.26 มิลลิเมตร และต่ำสุดในเดือนเมษายนเท่ากับ 16.25 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 38 โดยปริมาณน้ำเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่เดือนพฤษภาคม และมีปริมาณน้ำในลำน้ำมากไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อฝนตกลงมาจึงทำให้มีการระบายน้ำลงสู่ลำน้ำอย่างรวดเร็วในช่วงน้ำหลาก นอกจากนี้ยังพบว่าดินบริเวณดังกล่าวมีความสามารถในการเก็บกับและระบายน้ำดี ส่งผลให้กราฟน้ำไหลในช่วงลดยังมีปริมาณน้ำในลำน้ำสูง โดยสัดส่วนของปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากต่อน้ำแล้งเท่ากับ 74.6:25.4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



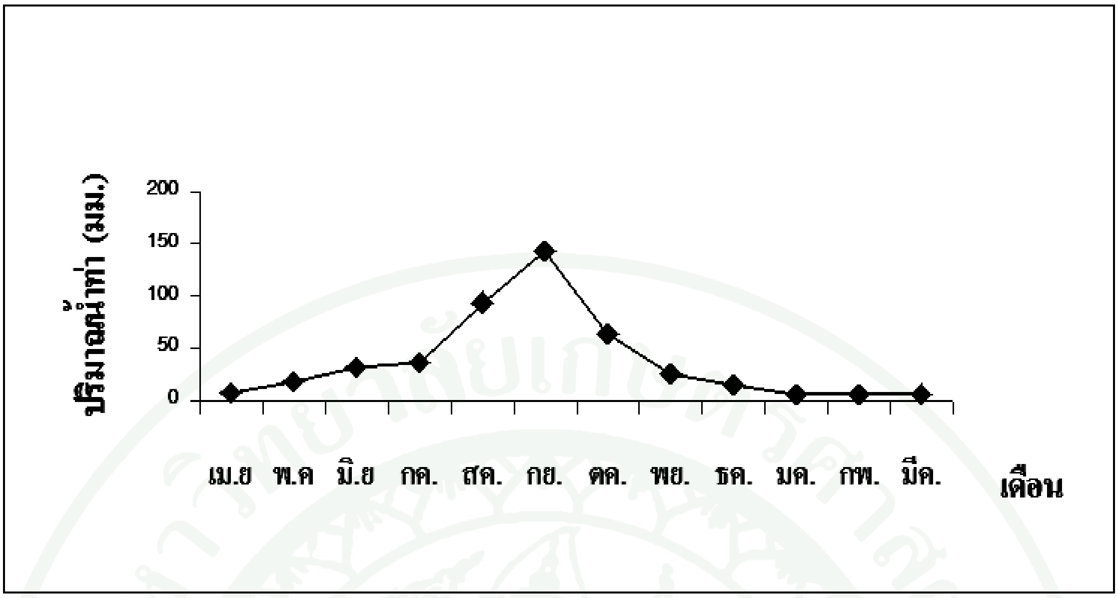
ภาพที่ 38 กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S10

4) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (S4B)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (S4B) มีพื้นที่ทั้งหมด 3,566 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 18 ประเภท โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 2,203.885 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 61.803 ซึ่งประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไม้ผล ไร่นาสวนผสม ไร่ร้าง และอ้อย และพื้นที่อื่นๆ 1,362.115 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 38.197 ซึ่งประกอบด้วย ทุ่งหญ้า ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรังป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ ป่าเบญจพรรณ ป่าไผ่ ป่าสนเขา สวนยูคาลิปตัส สวนสัก เมือง/แหล่งชุมชน และแหล่งน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 8)

การศึกษากราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S4B พบว่า ปริมาณน้ำในลำน้ำส่วนขึ้นตั้งแต่เดือนกรกฎาคม โดยตรวจวัดได้สูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 126.04 มิลลิเมตร และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์เท่ากับ 10.92 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในช่วงน้ำแล้งที่ฝนทิ้งช่วงจึงทำให้ปริมาณน้ำในลำน้ำมีค่าต่ำสุด ดังภาพที่ 39 โดยสัดส่วนของปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากต่อน้ำแล้งเท่ากับ 81.5:18.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

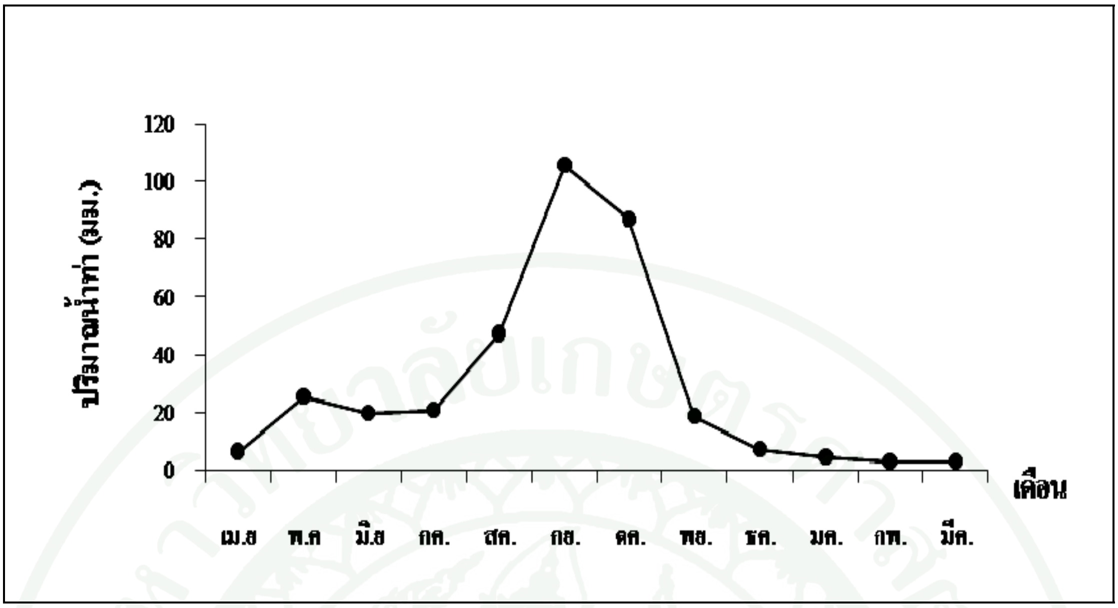


ภาพที่ 39 กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S4B

5) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (S14)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (S14) มีพื้นที่ทั้งหมด 1,247 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 18 ประเภท โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 791.885 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 63.503 ซึ่งประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไม้ผล ไร่นาสวนผสม ไร่ร้าง และอ้อย และพื้นที่อื่นๆ 455.115 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 36.497 ซึ่งประกอบด้วย ทุ่งหญ้า ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าที่ฟื้นฟูตามธรรมชาติ ป่าเบญจพรรณ ป่าไผ่ ป่าสนเขา สวนยูคาลิปตัส สวนสัก เมือง/แหล่งชุมชน และแหล่งน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 9)

การศึกษากราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S14 พบว่า ตรวจวัดได้สูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 105.61 มิลลิเมตร และต่ำสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับ 2.95 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 40 โดยสัดส่วนของปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากต่อน้ำแล้งเท่ากับ 89.5:10.5



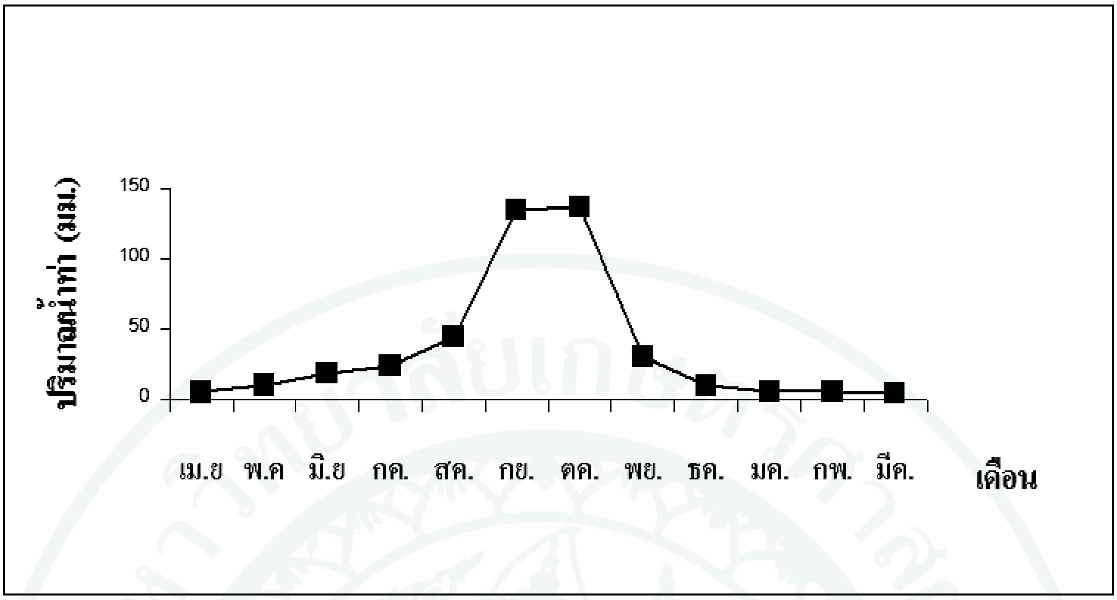
ภาพที่ 40 กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S14

6) พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (S9)

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม (S9) มีพื้นที่ทั้งหมด 14,374 ตารางกิโลเมตร จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 21 ประเภท โดยมีพื้นที่เกษตรกรรม 10,166.278 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 70.727 ซึ่งประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไม้ผล ไร่นาสวนผสม ไร่ร้าง และอ้อย และพื้นที่อื่นๆ 4,206.944 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 29.268 ซึ่งประกอบด้วย ทุ่งหญ้า ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าที่ฟื้นฟูตามธรรมชาติ ป่าไผ่ ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ สวนยูคาลิปตัส สวนสัก สนามกอล์ฟ สนามบิน เหมืองแร่ เมือง/แหล่งชุมชน และแหล่งน้ำ (ตารางภาคผนวกที่ 10)

การศึกษากราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S9 พบว่า ตรวจวัดได้สูงสุดในเดือนตุลาคม เท่ากับ 148.55 มิลลิเมตร และต่ำสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับ 3.67 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 41 ทั้งนี้เนื่องจากเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างขนาดใหญ่ ดังนั้นในช่วงฤดูฝนจึงมีพื้นที่รับน้ำสูงและมีการระบายลงสู่ลำน้ำได้มาก ส่วนในช่วงแล้งฝนมีการสูญเสียน้ำจากกระบวนการคายระเหยในพื้นที่สูงและมีการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆในลุ่มน้ำ จึงส่งผลให้มีน้ำจากส่วนที่เป็น lateral flow ไหลลงสู่ลำน้ำน้อย โดยสัดส่วนของปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากต่อน้ำแล้งเท่ากับ 87.7:12.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 41 กราฟน้ำไหลของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S9

2.2.2 การประเมินภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม

การประเมินปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต จากการประเมินปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยและความเข้มข้นเฉลี่ยของสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต จากพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้และเกษตรกรรม โดยนำปริมาณน้ำเฉลี่ยจากพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างคูณด้วยปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตจากพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง จะได้ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตในลุ่มน้ำป่าสักทั้งช่วงน้ำหลาก และช่วงน้ำแล้ง ดังตารางที่ 33

จากการนำข้อมูลปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน คูณด้วยขนาดพื้นที่แต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้และเกษตรกรรมของลุ่มน้ำป่าสัก พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตที่เกิดขึ้นจากพื้นเกษตรกรรมสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้และในช่วงน้ำหลากมีค่าสูงกว่าช่วงน้ำแล้งเช่นกัน ดังตารางที่ 34

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 33 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมในลุ่มน้ำป่าสัก

พื้นที่	ภาระสารอินทรีย์ ในรูปบีโอดี (กก./วัน/ตร.กม.)		ภาระธาตุอาหารพืช ในรูปไนเตรท (กก./วัน/ตร.กม.)		ภาระธาตุอาหารพืช ในรูปฟอสเฟต (กก./วัน/ตร.กม.)	
	ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง	ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง	ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง
ป่าไม้	0.170	0.003	0.026	0.00001	0.00097	0.00004
เกษตรกรรม	0.239	0.015	0.028	0.00038	0.00263	0.00018

ตารางที่ 34 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ในลุ่มน้ำป่าสัก

พื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	ภาระสารอินทรีย์ ในรูปบีโอดี (กก./วัน)		ภาระธาตุอาหารพืช ในรูปไนเตรท (กก./วัน)		ภาระธาตุอาหารพืช ในรูปฟอสเฟต (กก./วัน)	
		ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง	ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง	ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง
ป่าไม้	4,148.649	704.947	0.061	106.157	0.061	4.028	0.156
เกษตรกรรม	11,072.799	2,643.031	4.223	307.584	4.223	29.143	1.996

3. การเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในแต่ละแหล่งกำเนิดมลพิษ

จากการศึกษา พบว่า ในลุ่มน้ำป่าสักมีปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีที่เกิดขึ้นจากพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชน ป่าไม้ และเกษตรกรรม ในช่วงหลากจำนวน 13,166.918 กิโลกรัมต่อวัน และในช่วงน้ำแล้งจำนวน 9823.224 กิโลกรัมต่อวัน ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทที่เกิดขึ้นในช่วงน้ำหลากจำนวน 421.801 กิโลกรัมต่อวัน และในช่วงน้ำแล้งจำนวน 12.344 กิโลกรัมต่อวัน และธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตที่เกิดขึ้นในช่วงน้ำหลากจำนวน 622.981 กิโลกรัมต่อวัน และในช่วงน้ำแล้งจำนวน 591.962 กิโลกรัมต่อวัน ดังตารางที่ 35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

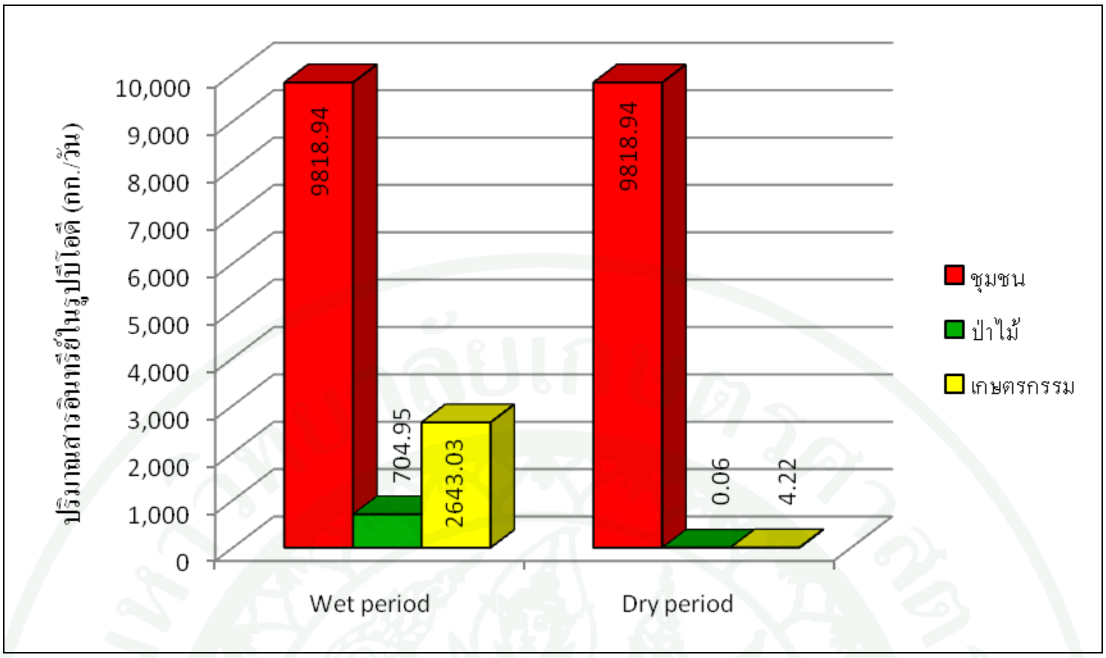
ตารางที่ 35 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ในลุ่มน้ำป่าสัก

พื้นที่	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	ภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี (กก./วัน)		ภาระธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท (กก./วัน)		ภาระธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต (กก./วัน)	
		ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง	ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง	ช่วงน้ำหลาก	ช่วงน้ำแล้ง
ชุมชน	449.310	9,818.940	9,818.940	8.060	8.060	589.810	589.810
ป่าไม้	4,148.649	704.947	0.061	106.157	0.061	4.028	0.156
เกษตรกรรม	11,072.799	2,643.031	4.223	307.584	4.223	29.143	1.996
รวม	15,670.758	13,166.918	9,823.224	421.801	12.344	622.981	591.962

3.1 ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี

จากการศึกษา พบว่า ในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้ง พื้นที่ชุมชนมีปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีสูงที่สุด เนื่องจากน้ำทิ้งจากการชำระล้างสิ่งปฏิกูลต่างๆ จากบ้านเรือนและชุมชนระบายลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง จึงส่งผลทำให้ค่าความเข้มข้นบีโอดีเฉลี่ยของพื้นที่ชุมชนมีค่าสูง ประกอบกับจำนวนเทศบาลที่ไม่ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 35 แห่ง ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีจากพื้นที่ชุมชนมีค่าสูงที่สุด ส่วนปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีจากพื้นที่ป่าไม้มีค่าน้อยที่สุด เนื่องจากในพื้นที่ป่าไม้มีกิจกรรมที่เป็นไปตามธรรมชาติและไม่มีการรบกวนจากมนุษย์ ซึ่งในช่วงน้ำหลากจะมีน้ำไหลบ่าหน้าดินชะล้างสารอินทรีย์จากพื้นที่ป่าไม้ซึ่งเป็นลักษณะที่สูงชันมากกว่าช่วงน้ำแล้งที่มีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินน้อยกว่า และปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีจากพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณสูงกว่าพื้นที่ป่าไม้อันเนื่องมาจากน้ำไหลบ่าหน้าดินจากพื้นที่เกษตรกรรมจะปนเปื้อนสารอินทรีย์เป็นจำนวนมาก ประกอบกับกิจกรรมการเตรียมพื้นที่ในช่วงน้ำหลาก และการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงน้ำแล้ง โดยซากพืชจากกิจกรรรมการเตรียมพื้นที่จะถูกกำจัดและถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในช่วงน้ำหลากมีค่ามากกว่าช่วงน้ำแล้ง ดังภาพที่ 42

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

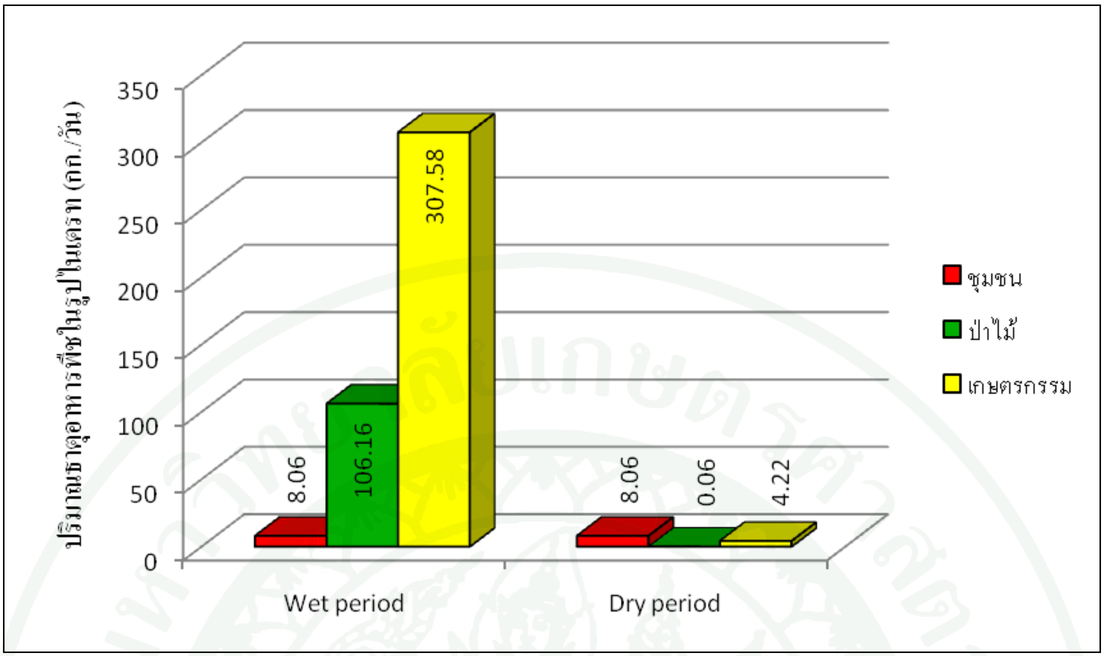


ภาพที่ 42 กราฟเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในแต่ละแหล่งกำเนิด

3.2 ธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรท

จากการศึกษา พบว่า พื้นที่ชุมชนมีการระบายของเสียโดยตรงลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญ นอกจากนี้แอมโมเนียอิออนในน้ำทิ้งจากสุขภัณฑ์จะเปลี่ยนรูปไนเตรทอย่างรวดเร็ว และเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดมลพิษอื่นๆ ช่วงน้ำแล้งพื้นที่ชุมชนปลดปล่อยปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทสูงที่สุด ส่วนพื้นที่ป่าไม้ธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทมีปริมาณการปลดปล่อยเป็นไปตามธรรมชาติ เนื่องมาจากการเน่าเปื่อยของซากพืชในพื้นที่ป่าไม้และถูกน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพานำไนเตรทและสารประกอบไนโตรเจนลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งในช่วงน้ำหลากมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินชะล้างธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทมากกว่าช่วงน้ำแล้ง ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทสูงที่สุดในช่วงน้ำหลาก อันเนื่องมาจากพื้นที่เกษตรกรรมมีการปนเปื้อนจากการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยธรรมชาติที่มีธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง ประกอบกับน้ำไหลบ่าหน้าดินและเกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่ในช่วงน้ำหลาก ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในช่วงน้ำหลากมีปริมาณสูงกว่าช่วงน้ำแล้ง ดังภาพที่ 43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

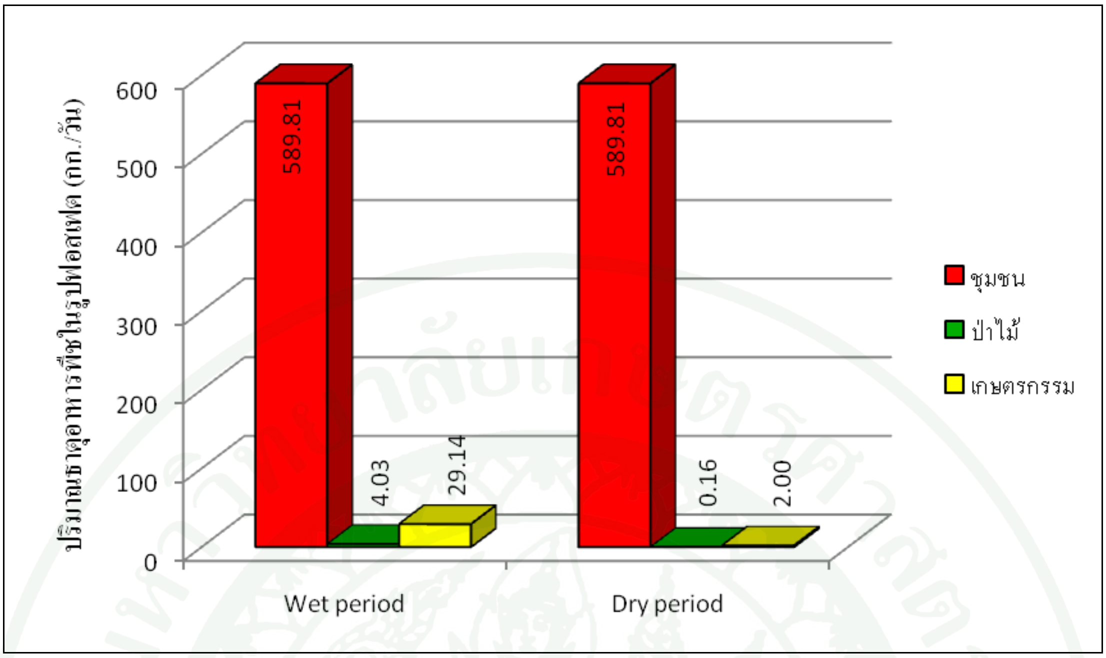


ภาพที่ 43 กราฟเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทในแต่ละแหล่งกำเนิด

3.3 ธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต

จากการศึกษา พบว่า ในช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแล้งพื้นที่ชุมชนมีปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตสูงที่สุด เนื่องจากการระบายน้ำโสโครกจากอาคารบ้านเรือนลงสู่แหล่งน้ำจะมีปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตมาก เช่น ผงซักฟอก ยาสีฟัน เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมของมนุษย์ย่อมมีการใช้ประโยชน์เป็นกิจวัตร ส่วนพื้นที่ป่าไม้ธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตมีปริมาณการปลดปล่อยเป็นไปตามธรรมชาติ ซึ่งมีปริมาณการปนเปื้อนน้อยมาก ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมมีการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยธรรมชาติที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบทำให้มีปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตที่สูงกว่าพื้นที่ป่าไม้ ทั้งนี้ฟอสเฟตที่มีอยู่ในปุ๋ยจะทำปฏิกิริยากับดินเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ บางส่วนจะซึมผ่านผิวดินแล้วชะเอาสารต่างๆ ไหลลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ที่มีปริมาณที่น้อยมาก จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ดังภาพที่ 44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 44 กราฟเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตในแต่ละแหล่งกำเนิด

3.4 เปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำของประเทศไทย

จากการเปรียบเทียบปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำต่างๆ ในประเทศไทย พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตในลุ่มน้ำแม่กลองมีค่าสูงที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะลุ่มน้ำ 3 ลุ่มน้ำในภาคกลางที่มีการศึกษา พบว่า ลุ่มน้ำป่าสักมีปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตเป็นอันดับที่ 2 รองลงมาจากลุ่มน้ำแม่กลอง และมากกว่าลุ่มน้ำบางปะกงดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำของประเทศไทย

ลุ่มน้ำ	พ.ศ.	ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช บีโอดี (กก./วัน/ตร.กม.)	บีโอดี (กก./วัน)	ไนเตรท (กก./วัน/ตร.กม.)	ไนเตรท (กก./วัน)	ฟอสเฟต (กก./วัน/ตร.กม.)	ฟอสเฟต (กก./วัน)	ช่วงเวลา	เอกสารอ้างอิง (ปี)
แม่กลอง[/1]	2545	13.575	418,552	2.330	71,840	0.945	29,134	ทั้งปี	วราภรณ์ (2547)
วัง[/2]	2545	0.180	1,941	-	-	-	-	น้ำหลาก	ทรงศักดิ์ (2548)
		0.069	742	-	-	-	-	น้ำแล้ง	
ยม[/2]	2545	0.819	19,331	0.020[/*]	464[/*]	0.029[/*]	696[/*]	น้ำหลาก	รัตน์เกล้า (2547)
		0.483	11,412	0.029[/*]	696[/*]	0.010[/*]	232[/*]	น้ำแล้ง	
บางปะกง[/3]	2547	0.064	1,248	-	-	-	-	น้ำแล้ง 1	อุราสี (2549)
		0.164	3,213	-	-	-	-	น้ำหลาก	
		0.054	987	-	-	-	-	น้ำแล้ง 2	
		0.177	3,468	-	-	-	-	น้ำแล้ง 1	
		0.291	5,697	-	-	-	-	น้ำหลาก	
		0.029	564	-	-	-	-	น้ำแล้ง 2	
บางปะกง[/4]		-	-	0.032	618	0.019	371	น้ำหลาก	จักรพันธ์ (2549)
		-	-	0.014	276	0.009	179	น้ำแล้ง	

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ลุ่มน้ำ	พ.ศ.	ภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืช						ช่วงเวลา	เอกสารอ้างอิง (ปี)
		บีโอดี		ไนเตรท		ฟอสเฟต			
		(กก./วัน/ตร.กม.)	(กก./วัน)	(กก./วัน/ตร.กม.)	(กก./วัน)	(กก./วัน/ตร.กม.)	(กก./วัน)		
ป่าสัก[/2]	2548	0.845	13,167	0.027	422	0.040	623	น้ำหลาก	ณพล (2552)
		0.631	9,823	1.0×10^{-8}	12	0.034	532	น้ำแล้ง	

หมายเหตุ: - แทนด้วย ไม่มีการศึกษา

[/*] แทนด้วย ดัดแปลงจากรัตน์เกล้า

[/1] แทนด้วย คิดคำนวณจากพื้นที่ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม ป่าไม้ ปศุสัตว์ และเกษตรกรรม

[/2] แทนด้วย คิดคำนวณจากพื้นที่ชุมชน ป่าไม้ และเกษตรกรรม

[/3] แทนด้วย คิดคำนวณจากพื้นที่ป่าไม้ และเกษตรกรรม

[/4] แทนด้วย คิดคำนวณจากพื้นที่เกษตรกรรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. กำหนดแนวทางการจัดการพื้นที่ที่แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ

จากผลการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม ไหลลงสู่แหล่งน้ำในลุ่มน้ำป่าสัก พบว่า ประเด็นปัญหาการปนเปื้อนสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตจากพื้นที่ชุมชนมีปริมาณสูง และปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทจากพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณสูง ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ซึ่งประเด็นปัญหาสามารถหาสาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปสู่การวางแผนแก้ไขที่ต้นเหตุอย่างตรงประเด็น ดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 สาเหตุของปัญหาในแต่ละแหล่งกำเนิดมลพิษ

แหล่งกำเนิดมลพิษ	สาเหตุของปัญหา
1. พื้นที่ชุมชน	1.1 พื้นที่ชุมชนหลายแห่งไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียรวม
	1.2 อาคารบ้านเรือนไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น
	1.3 ประชาชนขาดความรู้เรื่องปัญหามลพิษทางน้ำ
2. พื้นที่เกษตรกรรม	2.1 เกษตรกรทำการเกษตรขาดหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ
	2.2 คุณภาพน้ำทิ้งจากพื้นที่เกษตรกรรมมีค่าความสกปรกสูง
	2.3 เกษตรกรใช้ปุ๋ยในพื้นที่เกษตรกรรมเกินความจำเป็น
	2.4 เกษตรกรขาดความรู้เรื่องปัญหามลพิษทางน้ำ
3. พื้นที่ป่าไม้	3.1 พื้นที่ป่าไม้ถูกทำลาย
	3.2 การชะล้างพังทะลายของดินในพื้นที่สูงชัน
	3.3 ประชาชนขาดจิตสำนึกในการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้

การกำหนดแนวทางการจัดการพื้นที่ที่แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำในลุ่มน้ำป่าสัก สามารถวางแผนแก้ปัญหาที่เหตุของปัญหา โดยใช้หลักการมีส่วนร่วมของประชาชน ซึ่งการวางแผนในครั้งนี้ได้มีการเชื่อมโยงข้อมูลทุตติยภูมิการสัมภาษณ์เชิงลึก (dept interview) และการวิเคราะห์ SWOT จากผู้แทนองค์การบริหารส่วนตำบล ผู้แทนองค์กรชุมชนและประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก และผู้เชี่ยวชาญของโครงการวิจัยการมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก (สิทธิชัย และคณะ, 2548) สามารถสรุปเป็นมาตรการต่างๆ ได้ 5 มาตรการประกอบด้วยโครงการ หน่วยงานที่รับผิดชอบ และตัวชี้วัด ดังตารางที่ 38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 มาตรการจัดการพื้นที่ที่แหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำในลุ่มน้ำป่าสัก

มาตรการ	โครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ตัวชี้วัด
มาตรการที่ 1 การส่งเสริมประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านมลพิษทางน้ำแก่ประชาชน	1. โครงการจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์ด้านมลพิษทางน้ำ	กรมควบคุมมลพิษ/กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	มีการจัดทำสื่อประชาสัมพันธ์กระจายทุกชุมชนในลุ่มน้ำร้อยละ 80
	2. โครงการอบรมให้ความรู้ด้านมลพิษทางน้ำให้กับประชาชนทั่วไป	กรมควบคุมมลพิษ/กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ประชาชนมีความรู้ด้านมลพิษทางน้ำร้อยละ 80 จากผู้เข้าอบรม
	3. โครงการค่ายอบรมเยาวชนให้ความรู้ด้านมลพิษทางน้ำ	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	เยาวชนมีความรู้ด้านมลพิษทางน้ำร้อยละ 80 จากผู้เข้าอบรม
	4. โครงการอบรมปลูกจิตสำนึกของประชาชนด้านพฤติกรรมการใช้น้ำ	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ประชาชนมีความรู้ด้านพฤติกรรมการใช้น้ำร้อยละ 80 จากผู้เข้าอบรม

หมายเหตุ: ทุกโครงการเน้นการมีส่วนร่วมในระดับท้องถิ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 (ต่อ)

มาตรการ	โครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ตัวชี้วัด
มาตรการที่ 1 การส่งเสริมประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านมลพิษทางน้ำแก่ประชาชน	5. โครงการส่งเสริมการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นในชุมชน	กรมควบคุมมลพิษ	ในชุมชนมีระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น ร้อยละ 20 ต่อปีจากชุมชนทั้งหมดในลุ่มน้ำ
	6. โครงการอบรมให้ความรู้วิธีทำการเกษตรแบบอินทรีย์ โดยยึดหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ	กรมส่งเสริมการเกษตร/กรมพัฒนาที่ดิน	เกษตรกรทำการเกษตรแบบอินทรีย์ โดยยึดหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ ร้อยละ 20 ต่อปีจากเกษตรกรในลุ่มน้ำ
	7. โครงการอบรมให้ความรู้ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ	กรมป่าไม้/กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพรรณพืช/กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ประชาชนมีความรู้ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติเพิ่มขึ้นร้อยละ 80 จากผู้เข้าอบรม

หมายเหตุ: ทุกโครงการเน้นการมีส่วนร่วมในระดับท้องถิ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 (ต่อ)

มาตรการ	โครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ตัวชี้วัด
มาตรการที่ 1 การส่งเสริมประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านมลพิษทางน้ำแก่ประชาชน	8. โครงการอบรมให้ความรู้เรื่องการเลี้ยงปลาแบบเป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	กรมประมง	เกษตรกรมีความรู้เรื่องการเลี้ยงปลาแบบเป็นมิตรสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นร้อยละ 80 จากผู้เข้าอบรม
	9. โครงการอบรมให้ความรู้ด้านการเลี้ยงสัตว์แบบเป็นมิตรสิ่งแวดล้อม	กรมปศุสัตว์	เกษตรกรมีความรู้เรื่องการเลี้ยงสัตว์แบบเป็นมิตรสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นร้อยละ 80 จากผู้เข้าอบรม
มาตรการที่ 2 การควบคุมป้องกันมลพิษทางน้ำจากแหล่งกำเนิด	1. โครงการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียรวมในทุกเทศบาล	กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น	ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียรวมครบทุกเทศบาล โดยลำดับความสำคัญก่อนหลังก่อนหลังตามปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชของแต่ละเทศบาล

หมายเหตุ: ทุกโครงการเน้นการมีส่วนร่วมในระดับท้องถิ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 (ต่อ)

มาตรการ	โครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ตัวชี้วัด
มาตรการที่ 2 การควบคุมป้องกันมลพิษทางน้ำจากแหล่งกำเนิด	2. โครงการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียในสถานที่ราชการ	กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น	สถานที่ราชการทุกแห่ง ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ต่อปี
	3. โครงการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติในชุมชน	กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น	มีระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติในชุมชน
	4. โครงการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ	กรมควบคุมมลพิษ	ติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำปีละ2ครั้ง
	5. โครงการติดตามตรวจสอบซ่อมบำรุงระบบบำบัดน้ำเสีย	กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น	ตรวจสอบซ่อมบำรุงระบบบำบัดน้ำเสียปีละ 1 ครั้ง
	6. โครงการสร้างฝายดักตะกอนบริเวณพื้นที่ต้นน้ำลำธาร	กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพรรณพืช	มีการสร้างฝายดักตะกอนทุกเดือนในช่วงน้ำแล้งของทุกปี

หมายเหตุ: ทุกโครงการเน้นการมีส่วนร่วมในระดับท้องถิ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 (ต่อ)

มาตรการ	โครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ตัวชี้วัด
มาตรการที่ 2 การควบคุมป้องกันมลพิษทางน้ำจากแหล่งกำเนิด	7. โครงการขุดลอกแหล่งน้ำในลุ่มน้ำสาขา	กรมชลประทาน/ กรมทรัพยากรน้ำ	ขุดลอกแหล่งน้ำในลุ่มน้ำสาขาปีละ 1 ครั้ง
มาตรการที่ 3 การรักษาฟื้นฟูลุ่มน้ำป่าสัก	1. โครงการปลูกป่าในพื้นที่เสื่อมโทรมหรือพื้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์	กรมป่าไม้/กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพรรณพืช	พื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปี ของพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมในลุ่มน้ำป่าสัก
	2. โครงการปลูกหญ้าแฝกในพื้นที่ต้นน้ำ	กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพรรณพืช	มีการปลูกหญ้าแฝกปีละ 1 ครั้ง
มาตรการที่ 4 การส่งเสริมรวมกลุ่มบริหารจัดการอย่างมีส่วนร่วม	1. โครงการจัดตั้งกลุ่มอนุรักษ์แหล่งน้ำในชุมชน	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม/กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น	มีกลุ่มอนุรักษ์แหล่งน้ำในชุมชนเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปีของชุมชนทั้งหมดในลุ่มน้ำ

หมายเหตุ: ทุกโครงการเน้นการมีส่วนร่วมในระดับท้องถิ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 (ต่อ)

มาตรการ	โครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ตัวชี้วัด
มาตรการที่ 4 การส่งเสริมรวมกลุ่มบริหารจัดการอย่างมีส่วนร่วม	2. โครงการจัดตั้งกลุ่มเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในชุมชน	กรมควบคุมมลพิษ	มีกลุ่มเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในชุมชนเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปีของชุมชนทั้งหมดในลุ่มน้ำ
	3. โครงการเครือข่ายเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำป่าสัก	กรมควบคุมมลพิษ	มีเครือข่ายเฝ้าระวังคุณภาพน้ำในแม่น้ำป่าสักเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปีของชุมชนทั้งหมดในลุ่มน้ำ
	4. โครงการค่ายเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม/ กรมทรัพยากรน้ำ	มีการจัดค่ายเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในทุกปีเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปีของชุมชนทั้งหมดในลุ่มน้ำ

หมายเหตุ: ทุกโครงการเน้นการมีส่วนร่วมในระดับท้องถิ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 (ต่อ)

มาตรการ	โครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ตัวชี้วัด
มาตรการที่ 4 การส่งเสริมรวมกลุ่มบริหารจัดการอย่างมีส่วนร่วม	5. โครงการค่ายเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม/กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพรรณพืช	มีการจัดค่ายเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในทุกปีเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปีของชุมชนทั้งหมดในลุ่มน้ำ
	6. โครงการจัดตั้งกลุ่มเกษตรอินทรีย์แบบพอเพียง	กรมส่งเสริมการเกษตร	มีการจัดค่ายเยาวชนอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในทุกปีเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปีของชุมชนทั้งหมดในลุ่มน้ำ
มาตรการที่ 5 การส่งเสริมสนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาด้านบำบัดน้ำเสีย	1. โครงการจัดสรรงบประมาณให้แต่ละเทศบาลติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียรวม	กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น/สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ส่วนกลางจัดสรรงบประมาณให้ทุกเทศบาล โดยลำดับความสำคัญก่อนหลังตามปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชของแต่ละเทศบาล

หมายเหตุ: ทุกโครงการเน้นการมีส่วนร่วมในระดับท้องถิ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 38 (ต่อ)

มาตรการ	โครงการ	หน่วยงานที่รับผิดชอบ	ตัวชี้วัด
มาตรการที่ 5 การส่งเสริมสนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาด้านบำบัดน้ำเสีย	2. โครงการจัดสรรงบประมาณให้สถานที่ราชการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย	กรมการปกครองส่วนท้องถิ่น/ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	ส่วนกลางจัดสรรงบประมาณให้ทุกหน่วยงานราชการ

หมายเหตุ: ทุกโครงการเน้นการมีส่วนร่วมในระดับท้องถิ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟต ที่เกิดขึ้นจากพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชน ป่าไม้ และเกษตรกรรม บริเวณลุ่มน้ำป่าสัก พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี ในช่วงน้ำหลากจำนวน 10,366.764 กิโลกรัมต่อวัน และในช่วงน้ำแล้งจำนวน 10,084.383 กิโลกรัมต่อวัน ปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทที่เกิดขึ้นในช่วงน้ำหลากจำนวน 81.115 กิโลกรัมต่อวัน และในช่วงน้ำแล้งจำนวน 12.500 กิโลกรัมต่อวัน และปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟตที่เกิดขึ้นในช่วงน้ำหลากจำนวน 595.204 กิโลกรัมต่อวัน และในช่วงน้ำแล้งจำนวน 592.742 กิโลกรัมต่อวัน

2. ปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปฟอสเฟต ที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ชุมชนมีค่าสูงที่สุด เนื่องมาจากเทศบาลในพื้นที่ลุ่มน้ำมีไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เพียงพอ ส่วนพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตน้อยที่สุด เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้มีกิจกรรมที่ปลดปล่อยสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชตามธรรมชาติ และพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทสูงเนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ พื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรมในช่วงน้ำหลากมีปริมาณมากกว่าในช่วงน้ำแล้ง เนื่องจากมีปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินชะล้างเอาสิ่งปฏิกูลลงสู่แหล่งน้ำและมีน้ำท่วมขังในช่วงหลาก

3. สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ ในลุ่มน้ำป่าสัก สามารถกำหนดแนวทางในการจัดการพื้นที่ที่แหล่งกำเนิด ซึ่งแก้ไขเหตุของปัญหาโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนได้ทั้งหมด 5 มาตรการ ดังนี้ มาตรการที่ 1 การส่งเสริมประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านมลพิษทางน้ำแก่ประชาชน มาตรการที่ 2 การควบคุมป้องกันมลพิษทางน้ำจากแหล่งกำเนิด มาตรการที่ 3 การรักษาฟื้นฟูลุ่มน้ำป่าสัก มาตรการที่ 4 การส่งเสริมการรวมกลุ่มบริหารจัดการอย่างมีส่วนร่วม และมาตรการที่ 5 การส่งเสริมสนับสนุนงบประมาณในการพัฒนาด้านบำบัดน้ำเสีย ซึ่งครอบคลุมโครงการทั้งหมด 26 โครงการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำป่าสักมีปริมาณสูงมาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากปัจจัยของชุมชนเป็นหลัก ดังนั้น สมควรให้มีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียจากแหล่งกำเนิด เพื่อลดภาระสารอินทรีย์ในแม่น้ำป่าสัก อย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะเทศบาลเมืองหล่มสัก เทศบาลเมืองเพชรบูรณ์ เทศบาลตำบลวิเชียรบุรี เทศบาลตำบลโคกตูม เทศบาลตำบลลำนารายณ์ เทศบาลเมืองสระบุรี และเทศบาลเมืองพระพุทธบาท

2. การศึกษาภาระสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำป่าสักควรทำการศึกษาเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง เพื่อทำให้ทราบถึงแนวโน้มของสารอินทรีย์และธาตุอาหารพืชที่ไหลลงสู่แม่น้ำป่าสักได้

3. จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำข้อมูลไปประยุกต์วิเคราะห์ต่อยอดเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำป่าสักต่อไปได้

4. ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาภาระสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีและธาตุอาหารพืชในรูปไนเตรทและฟอสเฟตบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก ซึ่งการศึกษาในครั้งต่อไปควรมีการศึกษาในลุ่มน้ำอื่นๆ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นในแต่ละลุ่มน้ำ และทราบถึงสถานการณ์ปัจจุบันในแต่ละลุ่มน้ำของประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, 2537. **เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำ มาตรฐานคุณภาพน้ำในประเทศไทย.** กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_______. 2538. **ศัพท์บัญญัติและนิยามสิ่งแวดล้อมน้ำ**. เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

_______. 2542. **รายงานการจัดหาข้อมูลพื้นฐานแหล่งกำเนิดมลพิษและจัดทำแผนปฏิบัติการฟื้นฟูคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือ**. รายงานหลัก.

_______. 2545. **รายงานการสำรวจความสามารถในการรองรับมลพิษของแหล่งน้ำเพื่อการจัดการมลพิษจากกิจกรรมขนาดเล็กในพื้นที่อนุรักษ์น้ำดิบเพื่อการประปา.** รายงานหลัก.

_______. 2551 ก. **พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ 2535** แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_envi.html, 20 กรกฎาคม 2551.

_______. 2551 ข. **น้ำเสียชุมชน**. แหล่งที่มา :http://www.pcd.go.th/info_serv/water_wt.html, 19 กรกฎาคม 2551.

กรมชลประทาน. 2550. **ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่ารายเดือน.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2545. **เส้นทางสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550. **ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปี.** กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2549. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กัณฑรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์ . 2547. **มลพิษทางน้ำ**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

เกษม จันทร์แก้ว. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จักรพันธ์ วงษ์เวียง. 2549. **ภาระมลพิษด้านธาตุอาหารพืชจากพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณลุ่มน้ำบางปะกง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑามาศ รักขนาม. 2528. **การประยุกต์ตัวแปรทางการกายภาพเพื่อประเมินชั้นความสำคัญพื้นที่ในเขตลุ่มน้ำ ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงศักดิ์ วิชุมา. 2548. **สมรรถนะการรองรับความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีและสารแขวนลอยในลุ่มน้ำวัง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทิพาพร เวชกามา. 2550. **การประยุกต์ใช้แบบจำลอง QUAL2K สำหรับประเมินความสามารถในการรรองรับของเสียสูงสุดรายวันและคาดการณ์คุณภาพน้ำในลุ่มน้ำลำเซบาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2534. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

รัตน์เกล้า อินทรสัตยพงศ์. 2547. **การศึกษาสมรรถนะการรองรับปริมาณอินทรียสารในแม่น้ำยม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราภรณ์ ทนงศักดิ์. 2547. **การประเมินภาระมลพิษในลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์และคณะ. 2548. **การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการคุณภาพน้ำบริเวณลุ่มน้ำป่าสัก.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2549 ก. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_______. 2549 ข. **ทรัพยากรดินและการอนุรักษ์**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2546. **รวมกฎหมายสิ่งแวดล้อมสำหรับผู้ปฏิบัติ.**

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2525. **การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน**. หน่วยวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สถาบันวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

อุราสี ทองยัง. 2549. **การประเมินปริมาณสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีในพื้นที่การใช้ประโยชน์เกษตรกรรมและป่าไม้ บริเวณลุ่มน้ำบางปะกง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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.

Fisher, S.G. and G.E. Likens. 1972. Stream ecology: Organic energy budget. **Jour. Bioscience.** 22: 33 - 35.

Hewlett, J.D. and W.L. Nuttler. 1969. **An Outline of Forest Hydrology.** University of Geogia Press, Athens.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hoover and Porges, 1952. Assimilation of Dairy Wastes by Activated Sludge II :The Equation of Synthesis and Oxygen Utilization, **J. Sewage and Industrial Wastes**, Vol. 24, *cited in* Metcalf & Eddy, Inc. (2004) Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Ed., McGraw-Hill, New York.

Jackson, G.A. 1977. Nutrient and production of Giant Kelp, *Macrocystic pyrifera*, of Southern California. **Jour. Limnol. Oceanogr.** 22: 979 - 995.

Singer, S.F.G. 1968. **Global Effects of Environmental.** Pollution D. Reided Publishing Co., Holland.

Steelink, C. 1977. Humate and other natural organic substances in the aquatic environment. **Jour. 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. **Jour. Environ. Qual.** 10: 18 - 22.

US.EPA. 1973. **Water quality criteria**. A report of the committee on water quality criteria, Wachington D,C : Environmental Study Board.

Werner, S. and J.J. Morgan. 1981. **Aquatic Chemistry: An Introduction Emphasizing Chemical Equilibrium in Natural Water.** John Willey & Sons., Inc., New York.

WHO. 1978. **Environmental Health Criteria 5**. World Health Organization, Geneva.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[2/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			ประเภท1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1.สีกลิ่นและรส (Colour,Odour and Taste)	-	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
2.อุณหภูมิ (Temperature)	^{o}ซ	-	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
3.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	-	ธ	5-9	5-9	5-9	-
4.ออกซิเจนละลาย (DO)[2/]	มก./ล.	P20	ธ	6.0	4.0	2.0	-
5.บีโอดี (BOD)	มก./ล.	P80	ธ	1.5	2.0	4.0	-
6.แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ธ	5,000	20,000	-	-
7.แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bateria)	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.	P80	ธ	1,000	4,000	-	-
8.ไนเตรต (NO_3)ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ		5.0		-
9.แอมโมเนีย (NH_3)ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	-	ธ		0.5		-
10.ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	-	ธ		0.005		-
11.ทองแดง (Cu)	มก./ล.	-	ธ		0.1		-
12.นิคเกิล (Ni)	มก./ล.	-	ธ		0.1		-
13.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	-	ธ		1.0		-
14.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	-	ธ		1.0		-
15.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	-	ธ		0.05		-
16.โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Cr Hexavalent)	มก./ล.	-	ธ		0.05		-
17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	-	ธ		0.05		-
18.ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	-	ธ		0.002		-
19.สารหนู (As)	มก./ล.	-	ธ		0.01		-
20.ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก./ล.	-	ธ		0.005		-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ[1/]	หน่วย	ค่าทางสถิติ	เกณฑ์กำหนดสูงสุด[2/] ตามการแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			ประเภท1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
21.กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
–ค่ารังสีแอลฟา(Alpha)	เบคเคอเรล/ล.	-	ธ		0.1		-
–ค่ารังสีเบตา(Beta)	เบคเคอเรล/ล.	-	ธ		1.0		-
22.สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	มก./ล.	-	ธ		0.05		-
23.ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		1.0		-
24.บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		0.02		-
25.ดิลดริน (Dieldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		0.1		-
26.อัลดริน (Aldrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		0.1		-
27.เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีปอกไซด์ (Heptachor & Heptachlorepoxide)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		0.2		-
28.เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม/ล.	-	ธ		ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด		-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 8 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

หมายเหตุ 1/ แทนด้วย กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

2/ แทนด้วย ค่า DO เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

ธ แทนด้วย เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ' แทนด้วย อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติเกิน 3 องศาเซลเซียส

°ซ แทนด้วย องศาเซลเซียส

P 20 แทนด้วย ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P 80 แทนด้วย ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. แทนด้วย มิลลิกรัมต่อลิตร

MPN แทนด้วย เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

วิธีการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association ,AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 การใช้ประโยชน์แหล่งน้ำผิวดิน

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

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2537)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 เกณฑ์คุณภาพน้ำและการใช้ประโยชน์

มาตรฐานคุณภาพน้ำ	การใช้ประโยชน์
ดีมาก*	การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติ
ดี	การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำ กีฬาทางน้ำ การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน
พอใช้	การเกษตร การอุปโภคและบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อน
ต่ำ	การอุตสาหกรรม การอุปโภคบริโภค โดยต้องทำการฆ่าเชื้อโรคและปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
ต่ำมาก	การคมนาคม

หมายเหตุ * แทนด้วย เป็นแหล่งน้ำที่เป็นต้นน้ำลำธารปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2545)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 สถานีตรวจวัดอากาศบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก

สถานี	รหัสสถานี
LOM SAK	379401
PHETCHABUN	379201
WICHIAN BURI	379402

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S12

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ป่าไม้			พื้นที่อื่นๆ		
		ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
S12	471	ป่าดิบแล้ง	29.856	6.339	นาข้าว	83.269	17.679
		ป่าเต็งรัง	41.005	8.706	พืชไร่	76.462	16.234
		ป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ	45.511	9.663	ไร่นาสวนผสม	9.026	1.916
					ไร่ร้าง	7.845	1.666
		ป่าเบญจพรรณ	165.272	35.090	อ้อย	0.522	0.111
		สวนสัก	1.448	0.307			
		ทุ่งหญ้า	10.784	2.290			
	รวม		293.876	62.394		177.124	37.606

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างป่าไม้ S13

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ป่าไม้			พื้นที่อื่นๆ		
		ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
S13	395	ป่าดิบแล้ง	91.451	23.152	นาข้าว	110.558	27.989
		ป่าเต็งรัง	76.569	19.385	พืชไร่	1.822	0.461
		ป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ	18.656	4.723	ไร่นาสวนผสม	10.853	2.748
					ไร่ร้าง	0.220	0.056
		ป่าเบญจพรรณ	80.166	20.295	อ้อย	3.796	0.961
					เมือง/แหล่งชุมชน	0.436	0.110
					แหล่งน้ำ	0.473	0.120
	รวม		266.842	67.555		128.158	32.445

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S10

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่เกษตรกรรม			พื้นที่อื่นๆ		
		ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
S10	268	นาข้าว	123.974	46.259	ทุ่งหญ้า	0.951	0.355
		พืชไร่	69.493	25.930	ป่าเต็งรัง	2.905	1.084
		ไร่นาสวนผสม	10.686	3.987	ป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ	1.693	0.632
		ไร่ร้าง	1.551	1.551	ป่าเบญจพรรณ	56.375	21.035
					เมือง/แหล่งชุมชน	0.372	0.139
	รวม		205.704	76.755		62.296	23.245

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S4B

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่เกษตรกรรม			พื้นที่อื่นๆ		
		ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
S4B	3,566	นาข้าว	1,275.175	35.760	ทุ่งหญ้า	135.143	3.790
		พืชไร่	666.602	18.693	ป่าดิบเขา	0.380	0.011
		ไม้ผล	22.248	0.624	ป่าดิบแล้ง	132.283	3.710
		ไร่นาสวนผสม	180.859	5.072	ป่าเต็งรัง	131.976	3.701
		ไร่ร้าง	10.812	0.303	ป่าที่พื้นฟูตาม		
		อ้อย	48.189	1.351	ธรรมชาติ	101.413	2.844
					ป่าเบญจพรรณ	741.362	20.790
					ป่าไผ่	12.739	0.357
					ป่าสนเขา	14.295	0.401
					สวนยูคาลิปตัส	0.011	0.000
					สวนสัก	66.920	1.877
					เมือง/แหล่ง		
					ชุมชน	16.292	0.457
					แหล่งน้ำ	9.301	0.261
	รวม		2,203.885	61.803		1,362.115	38.197

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ 9 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S14

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่เกษตรกรรม			พื้นที่อื่นๆ		
		ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
S14	1,247	นาข้าว	523.175	41.955	ทุ่งหญ้า	46.109	3.698
		พืชไร่	106.602	8.549	ป่าดิบเขา	0.397	0.032
		ไม้ผล	22.248	1.784	ป่าดิบแล้ง	52.283	4.193
		ไร่นาสวนผสม	80.859	6.484	ป่าเต็งรัง	81.976	6.574
		ไร่ร้าง	10.812	0.867	ป่าที่ฟื้นฟูตามธรรมชาติ	81.430	6.530
		อ้อย	48.189	3.864			
					ป่าเบญจพรรณ	111.362	8.930
					ป่าไผ่	12.739	1.022
					ป่าสนเขา	14.295	1.146
					สวนยูคาลิปตัส	0.011	0.001
					สวนสัก	28.920	2.319
					เมือง/แหล่งชุมชน	16.292	1.306
					แหล่งน้ำ	9.301	0.746
	รวม		791.885	63.503		455.115	36.497

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางภาคผนวกที่ 10 การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่างเกษตรกรรม S9

พื้นที่ลุ่มน้ำตัวอย่าง	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่เกษตรกรรม			พื้นที่อื่นๆ		
		ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	ประเภท	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
S9	14,374	นาข้าว	6,903.920	48.031	ทุ่งหญ้า	174.868	1.217
		พืชไร่	1,019.469	7.092	ป่าดิบเขา	0.397	0.003
		ไม้ผล	22.248	0.155	ป่าดิบแล้ง	433.771	3.018
		ไร่นาสวนผสม	1,314.576	9.146	ป่าเต็งรัง	338.600	2.356
		ไร่ร้าง	36.578	0.254	ป่าที่พื้นฟูตามธรรมชาติ	416.234	2.896
		อ้อย	869.487	6.049			
					ป่าเบญจพรรณ	2,290.220	15.933
					ป่าไผ่	44.235	0.308
					ป่าสนเขา	14.295	0.099
					สวนยูคาลิปตัส	23.052	0.160
					สวนสัก	210.291	1.463
					สนามกอล์ฟ	2.544	0.018
					สนามบิน	2.578	0.018
					เหมืองแร่	14.819	0.103
					เมือง/แหล่งชุมชน	44.556	0.310
					แหล่งน้ำ	196.484	1.367
	รวม		10,166.278	70.727		4,206.944	29.268

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายณพล อนุตตรังกูร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	25 มกราคม พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	อำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2549)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้ปฏิบัติงานมวลชน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กองประชาสัมพันธ์และมวลชน บริษัท เอส.อี.เอ. เพาเวอร์ จำกัด
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยสอนระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2550-2551

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์