



## รายงานฉบับสมบูรณ์

### โครงการวิจัย

การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสม  
สำหรับการผลิตส้มเปลือกอ่อน (สายน้ำผึ้ง)

(ก.ย. 2552 – ส.ค. 2553)

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

คณะผู้วิจัย

นักวิจัย:

ถาวร อ่อนประไพ

ชูชาติ สันทรทรัพย์

ผู้ช่วยนักวิจัย:

ศศิประภา แถวถาทำ

สุกัญญา พรพิภาค

จินดาวรรณ คำโมนะ

นักศึกษาช่วยวิจัย:

วาสนา วิรุณรัตน์

ไศรยา เส่งชื่น

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ห้องปฏิบัติการกลาง

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กุมภาพันธ์ 2554

# รายงานฉบับสมบูรณ์

## โครงการวิจัย

การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสม  
สำหรับการผลิตส้มเปลือกอ่อน (สายน้ำผึ้ง)

(ก.ย. 2552 – ส.ค. 2553)

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

## คณะผู้วิจัย

นักวิจัย:

ถาวร อ่อนประไพ

ชูชาติ สันทรทรัพย์

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ห้องปฏิบัติการกลาง

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้ช่วยนักวิจัย:

ศศิประภา แก้วถำ

สุกัญญา พรพิภาค

จินดาวรรณ คำโมนะ

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นักศึกษาช่วยวิจัย:

วาสนา วิรุณรัตน์

ไศรยา เส็งชื่น

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กุมภาพันธ์ 2554

## ส่วนที่ 1

# รายงานสรุปการดำเนินงานของโครงการ

การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเปลือกอ่อน (สายน้ำผึ้ง)

รายงานสรุปการดำเนินงานของโครงการที่รับผิดชอบ

ชื่อหัวหน้าโครงการ: นายถาวร อ่อนประไพ

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2552 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2553

(อนุมัติต่อระยะเวลาโครงการวิจัย ฯ จนถึง 31 ตุลาคม 2553)

1. วัตถุประสงค์โครงการ:

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก ดังนี้:

- 1.1 สำรวจ ติดตาม และวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถใช้เป็นข้อมูล Baseline เชิงพื้นที่ด้านกายภาพ ข้อมูลเชิงเวลาของผลผลิตส้ม และการใช้ทรัพยากร สำหรับใช้อธิบายสภาพพื้นที่ ลักษณะลุ่มน้ำ ทรัพยากรที่ดิน (ดิน น้ำ และป่าไม้) การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสถานการณ์ของพื้นที่ปลูกส้มที่มีอายุแตกต่างกัน รวมถึงพื้นที่ปลูกส้มที่ได้รับผลกระทบจากโรคของส้ม ตลอดจนใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประกอบการพัฒนาระบบเรียกใช้ด้านสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่
- 1.2 ศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม
- 1.3 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทรัพยากรน้ำโดยเฉพาะด้านปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน และวิเคราะห์ความต้องการน้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของระบบการผลิตส้มและระบบการเกษตรอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษา
- 1.4 วิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ของปริมาณน้ำ ตลอดจนประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมที่จะมีผลต่อการผลิตส้มของพื้นที่ศึกษาในอนาคต
- 1.5 พัฒนาระบบเรียกใช้ด้านสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่ ที่สามารถเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการปลูกส้มและทรัพยากรที่ดิน เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกส้มและผู้เกี่ยวข้องสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการวางแผนและสนับสนุนการตัดสินใจด้านการใช้ที่ดินและการใช้ทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตส้ม

## 2. รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการตามแผนงานโดยสรุป

| กิจกรรมตามแผนงาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ผลที่คาดว่าจะดำเนินการและได้รับ<br>(ตามแผนงานงวดที่ 1 - 2)                                                                                                                                                                                                   | ผลการดำเนินงาน (ทั้งโครงการ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. พัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถใช้เป็นข้อมูล Baseline เชิงพื้นที่ด้านกายภาพ ข้อมูลเชิงเวลาของผลผลิตส้ม และการใช้ทรัพยากร สำหรับใช้อธิบายสภาพพื้นที่ ลักษณะลุ่มน้ำ ทรัพยากรที่ดิน (ดิน น้ำ และป่าไม้) การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสถานการณ์ของพื้นที่ปลูกส้ม รวมถึงพื้นที่ปลูกส้มที่ได้รับผลกระทบจากโรคของส้ม ตลอดจนใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประกอบการพัฒนาระบบเรียกใช้ด้านสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่ | 1.1 ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน<br>1.2 ฐานข้อมูลลุ่มน้ำ<br><br>1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน<br><br>1.4 พื้นที่ปลูกส้ม; การเปลี่ยนแปลงและความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน<br><br>1.5 ผลกระทบจากโรคของส้มในเชิงพื้นที่ | 1.1 ได้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน<br>1.2 ได้ฐานข้อมูลลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำฝาง<br><br>1.3 ได้ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน และพื้นที่เกษตรกรรม และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน<br>1.4 ได้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของผลผลิตส้ม และข้อมูลความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้ม<br><br>1.5 ได้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แสดงผลกระทบจากโรคของส้มในพื้นที่ศึกษา |
| 2. ศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2.1 สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม                                                                                                                                                                       | 2.1 ได้ข้อมูลความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทรัพยากรน้ำด้านปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน และวิเคราะห์ความต้องการน้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของระบบการผลิตส้ม ในพื้นที่ศึกษา                                                                                                                                                                                                                          | 3.1 ข้อมูลทรัพยากรน้ำเบื้องต้น<br><br>3.2 คุณภาพน้ำ<br><br>3.3 ความต้องการน้ำของระบบการผลิตส้ม                                                                                                                                                               | 3.1 ได้ข้อมูลทรัพยากรน้ำเบื้องต้นของลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำฝาง<br>3.2 ได้ข้อมูลคุณภาพน้ำในเขต อ.ฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ<br>3.3 ได้ข้อมูลตัวอย่างความต้องการน้ำของระบบการผลิตส้ม                                                                                                                                                                                         |

| กิจกรรมตามแผนงาน                                                                                                                                                                                                                                                                | ผลที่คาดว่าจะดำเนินการและได้รับ<br>(ตามแผนงานงวดที่ 1 - 2)                                                                                        | ผลการดำเนินงาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. วิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ปริมาณน้ำตลอดจนประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมที่จะมีผลต่อการผลิตส้มของพื้นที่ศึกษาในอนาคต                                                                                                                                          | 4.1 การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า<br><br>4.2 ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสำหรับพื้นที่ปลูกส้ม<br><br>4.3 ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมสำหรับพื้นที่ปลูกส้ม | 4.1 ได้ตัวอย่างข้อมูลการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ในเขต อ.ฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ<br><br>4.2 ได้ข้อมูลสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในเขต อ.ฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ<br><br>4.3 ได้ข้อมูลสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในเขต อ.ฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ                                                                                                                                                            |
| 5. พัฒนาระบบสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่ ที่สามารถเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการปลูกส้มและทรัพยากรที่ดิน เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกส้มและผู้เกี่ยวข้องสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการวางแผนและสนับสนุนการตัดสินใจด้านการใช้ที่ดินและการใช้ทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตส้ม | 5.1 ดัชนีแบบระบบสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่<br><br>5.2 ระบบสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่<br><br><br><br>5.3 การคืนข้อมูลให้กับชุมชนในพื้นที่ศึกษา             | 5.1 ได้ต้นแบบโปรแกรมระบบสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่<br><br>5.2 ได้โปรแกรมระบบสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่ในรูปแบบ web based (on-line) โดยผ่านการใช้ทาง Internet พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูป (Window based) ที่สามารถ download ได้จาก web-site สารสนเทศส้มที่พัฒนาขึ้นดังกล่าว<br><br>5.3 ได้องค์ความรู้และสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับการผลิตส้มที่ถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกส้ม ชุมชน และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โดยผ่านโปรแกรมระบบสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่ |

**ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ต่อ สกว.:** สารสนเทศและองค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยในแต่ละวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย ฯ นี้ หากนำมาขยายผลและลงรายละเอียดมากขึ้นแบบแยกส่วน จะทำให้เกษตรกรผู้ปลูกส้ม และอุตสาหกรรมการผลิตส้มในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ ได้รับประโยชน์ยิ่งขึ้นไปเป็นเฉพาะเรื่องมากกว่านี้

ลงนาม .....

(หัวหน้าโครงการ)

24 ก.พ. 2554

## ส่วนที่ 2

### รายละเอียดผลการดำเนินงาน

## สารบัญ

### บทที่ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 ความสำคัญของปัญหา                                                       | 1  |
| 1.2 วัตถุประสงค์หลัก                                                        | 3  |
| 1.3 แนวคิดและกรอบการศึกษา                                                   | 4  |
| 1.4 พื้นที่ศึกษา                                                            | 7  |
| 1.4.1 พื้นที่ศึกษา; อำเภอฝาง อำเภอแม่สาย และอำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ | 7  |
| 1.4.2 พื้นที่ศึกษา; กลุ่มน้ำแม่สูน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่                | 10 |
| เอกสารอ้างอิง                                                               | 12 |

### บทที่ 2 ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน                                             | 13 |
| 2.1.1 ความสำคัญของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่                                      | 13 |
| 2.1.2 การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน                                   | 14 |
| 2.2 ฐานข้อมูลกลุ่มน้ำ                                                       | 19 |
| 2.2.1 กลุ่มน้ำ และความสำคัญของข้อมูลกลุ่มน้ำ                                | 19 |
| 2.2.2 การพัฒนาฐานข้อมูลกลุ่มน้ำ                                             | 20 |
| 2.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน               | 24 |
| 2.3.1 การแบ่งประเภทและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา             | 24 |
| 2.3.2 การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2544/45               | 26 |
| 2.3.3 การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2551/52               | 30 |
| 2.3.4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน                                    | 35 |
| 2.4 พื้นที่ปลูกส้ม; การเปลี่ยนแปลงและความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน | 37 |
| 2.4.1 การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของผลผลิตส้ม                   | 37 |
| 2.4.2 การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกส้ม                                       | 43 |
| 2.4.3 ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน                                | 45 |
| 2.5 ผลกระทบจากโรคของส้มในเชิงพื้นที่                                        | 52 |
| 2.5.1 สาเหตุเบื้องต้นเกี่ยวกับต้นไหมของส้ม                                  | 52 |
| 2.5.2 ผลกระทบของต้นไหม                                                      | 52 |
| 2.5.3 การแสดงอาการต้นไหมที่เกิดจากโรคของส้ม                                 | 53 |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.4 ข้อจำกัดของสภาพพื้นที่ที่ราบลุ่มต่ออาการต้นโทรมของส้ม (โรคของส้ม)                                                                                        | 53 |
| 2.5.5 การลดลงของพื้นที่ปลูกส้มจากต้นโทรมและโรคส้มในพื้นที่ศึกษา                                                                                                | 56 |
| 2.6 สรุป; ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่                                                                                                                             | 58 |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                                                                                  | 59 |
| <b>บทที่ 3 สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม</b>                                                             |    |
| 3.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินกับผลผลิตส้ม                                                                                                                          | 61 |
| 3.2 การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม (พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่)         | 62 |
| 3.2.1 วิธีการดำเนินงาน                                                                                                                                         | 62 |
| 3.2.2 ผลการดำเนินงาน                                                                                                                                           | 63 |
| 3.2.3 สรุปผลการศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม (พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่) | 75 |
| 3.3 การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม (พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่ฮูน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่)           | 81 |
| 3.3.1 สภาพภูมิประเทศและลักษณะสวนส้มในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่ฮูน                                                                                             | 81 |
| 3.3.2 วิธีการดำเนินงาน                                                                                                                                         | 82 |
| 3.3.3 ผลการดำเนินงาน                                                                                                                                           | 83 |
| 3.4 สรุป; สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม                                                                   | 87 |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                                                                                  | 88 |
| <b>บทที่ 4 ทรัพยากรน้ำ</b>                                                                                                                                     |    |
| 4.1 ข้อมูลทรัพยากรน้ำเบื้องต้น                                                                                                                                 | 90 |
| 4.1.1 พื้นที่ลุ่มน้ำฝาง                                                                                                                                        | 90 |
| 4.1.2 ทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง                                                                                                                           | 92 |
| 4.2 คุณภาพน้ำ                                                                                                                                                  | 96 |
| 4.2.1 วิธีดำเนินการศึกษาคุณภาพน้ำ                                                                                                                              | 97 |
| 4.2.2 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำ                                                                                                                                      | 97 |
| 4.3 ความต้องการน้ำของระบบการผลิตส้ม                                                                                                                            | 99 |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของล้มสายนํ้าผึ้งที่มีผลต่อความต้องการนํ้า                             | 100 |
| 4.3.2 วิธีการคำนวณความต้องการนํ้าของล้ม                                                         | 102 |
| 4.3.3 ความต้องการนํ้าของล้มและพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษา                                  | 104 |
| 4.4 สรุป; ทรัพยากรนํ้า                                                                          | 107 |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                   | 109 |
| <b>บทที่ 5 สถานการณ์ปริมาณนํ้าและความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและนํ้าท่วมสำหรับพื้นที่ปลูกล้ม</b> |     |
| 5.1 การคาดการณ์ปริมาณนํ้าท่า                                                                    | 111 |
| 5.1.1 แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT)                                            | 111 |
| 5.1.2 สมการหลักของแบบจำลอง SWAT                                                                 | 112 |
| 5.1.3 แบบจำลอง SWAT และข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data)                                         | 115 |
| 5.1.4 ขั้นตอนการประเมินปริมาณนํ้าด้วยแบบจำลอง SWAT                                              | 117 |
| 5.1.5 ผลการประเมินปริมาณนํ้าด้วยแบบจำลอง SWAT                                                   | 118 |
| 5.2 ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสำหรับพื้นที่ปลูกล้ม                                             | 124 |
| 5.2.1 การประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง                                            | 125 |
| 5.2.2 ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งของพื้นที่ปลูกล้ม                                              | 133 |
| 5.3 ความเสี่ยงต่อการเกิดนํ้าท่วมสำหรับพื้นที่ปลูกล้ม                                            | 134 |
| 5.3.1 การประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดนํ้าท่วม                                           | 135 |
| 5.3.2 ความเสี่ยงต่อการเกิดนํ้าท่วมของพื้นที่ปลูกล้ม                                             | 144 |
| 5.4 สรุป; สถานการณ์ปริมาณนํ้าและความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและนํ้าท่วมสำหรับพื้นที่ปลูกล้ม      | 145 |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                   | 146 |
| <b>บทที่ 6 ระบบสารสนเทศสํานักพื้นที่</b>                                                        |     |
| 6.1 แนวคิดและการออกแบบระบบสารสนเทศสํานักพื้นที่                                                 | 149 |
| 6.1.1 แนวคิดและการออกแบบระบบสารสนเทศสํานักแบบ Web-based                                         | 150 |
| 6.1.2 แนวคิดและการออกแบบระบบสารสนเทศสํานักแบบ Window-based                                      | 156 |
| 6.2 การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสํานักพื้นที่                                                   | 160 |
| 6.2.1 การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสํานักแบบ Web-based                                           | 160 |
| 6.2.2 การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสํานักแบบ Window-based                                        | 163 |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3 การคืนข้อมูลให้กับชุมชนในพื้นที่ศึกษา                                                          | 166 |
| 6.4 สรุปการพัฒนาระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่                                                       | 166 |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                      | 167 |
| <b>บทที่ 7 บทสรุป</b>                                                                              |     |
| 7.1 ด้านการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่                                                           | 169 |
| 7.2 ด้านการศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม | 171 |
| 7.3 ด้านการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทรัพยากรน้ำ                                                      | 172 |
| 7.4 ด้านการวิเคราะห์สถานการณ์ปริมาณน้ำ และประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วม             | 173 |
| 7.5 ด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่                                                       | 175 |
| 7.6 ด้านการพัฒนาศูนย์กลางการทางวิจัย                                                               | 176 |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                      | 177 |
| <b>ภาคผนวก</b>                                                                                     |     |
| ภาคผนวก ก.                                                                                         | 179 |
| ภาคผนวก ข.                                                                                         | 189 |
| ภาคผนวก ค.                                                                                         | 200 |

## สารบัญภาพ

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ภาพที่ 1-1 แนวคิดและกรอบการศึกษาของโครงการวิจัย “การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเปลือกกล่อน )สายน้ำผึ้ง(” | 6  |
| ภาพที่ 1-2 พื้นที่ศึกษาโครงการวิจัย ฯ; อำเภอฝาง แม่อาว และไชยปราการ                                                            | 8  |
| ภาพที่ 1-3 พื้นที่ศึกษาโครงการวิจัย ฯ; ลุ่มน้ำแม่สุ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่                                                | 11 |
| ภาพที่ 2-1 ขั้นตอนการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของโครงการวิจัย ฯ                                                                | 14 |
| ภาพที่ 2-2 ขั้นตอนการพัฒนาข้อมูลพื้นฐาน                                                                                        | 15 |
| ภาพที่ 2-3 ข้อมูลขอบเขตจังหวัด                                                                                                 | 16 |
| ภาพที่ 2-4 ข้อมูลขอบเขตอำเภอ                                                                                                   | 16 |
| ภาพที่ 2-5 ข้อมูลขอบเขตตำบล                                                                                                    | 16 |
| ภาพที่ 2-6 ข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้าน                                                                                               | 16 |
| ภาพที่ 2-7 ข้อมูลเส้นทางคมนาคมหลัก                                                                                             | 17 |
| ภาพที่ 2-8 ข้อมูลเส้นทางคมนาคมรวม                                                                                              | 17 |
| ภาพที่ 2-9 ข้อมูลกลุ่มชุดดิน                                                                                                   | 18 |
| ภาพที่ 2-10 ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดิน                                                                                          | 18 |
| ภาพที่ 2-11 ข้อมูลเส้นทางน้ำ                                                                                                   | 18 |
| ภาพที่ 2-12 ข้อมูลอ่างและบ่อกักเก็บน้ำ                                                                                         | 18 |
| ภาพที่ 2-13 ขั้นตอนการพัฒนาฐานข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง                                                                    | 20 |
| ภาพที่ 2-14 การพัฒนาข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำด้วย ArcSWAT module (Watershed Delineation)                                             | 21 |
| ภาพที่ 2-15 ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM)                                                                                    | 22 |
| ภาพที่ 2-16 ข้อมูลภูมิประเทศแบบแสงเงา                                                                                          | 22 |
| ภาพที่ 2-17 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง                                                                                      | 22 |
| ภาพที่ 2-18 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย                                                                                     | 22 |
| ภาพที่ 2-19 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น                                                                              | 23 |
| ภาพที่ 2-20 ขั้นตอนการพัฒนาฐานข้อมูลและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน                                             | 24 |
| ภาพที่ 2-21 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษา อำเภอฝาง แม่อาว ไชยปราการ ปีการผลิต 2544/45                            | 28 |
| ภาพที่ 2-22 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น ปีการผลิต 45/2544                                                | 29 |
| ภาพที่ 2-23 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษา อำเภอฝาง แม่อาว ไชยปราการ ปีการผลิต 2551/52                            | 33 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ภาพที่ 2-24 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น ปีการผลิต 2551/52                                                                                                                      | 34 |
| ภาพที่ 2-25 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2545 และปี 2551                                                                                                                                    | 36 |
| ภาพที่ 2-26 ลักษณะของพื้นที่สวนส้มเปรียบเทียบกับไม้ผลหรือไม้ยืนต้นชนิดอื่นจากข้อมูล<br>ภาพถ่ายออร์โธรี                                                                                              | 38 |
| ภาพที่ 2-27 พื้นที่ปลูกส้ม ในพื้นที่ศึกษา อ.ฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ ปีการผลิต 45/2544                                                                                                               | 39 |
| ภาพที่ 2-28 พื้นที่ปลูกส้ม ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น ปีการผลิต 45/2544                                                                                                                       | 39 |
| ภาพที่ 2-29 โครงสร้างของ สมมุติฐาน ตัวแปร และค่าเงื่อนไขของระบบฐานความรู้ (KBS) ที่<br>ใช้ในการจำแนกพื้นที่สวนส้มออกจากชั้นข้อมูลไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tr) ด้วย<br>วิธีการใช้ระบบฐานความรู้ร่วม (KBS) | 42 |
| ภาพที่ 2-30 พื้นที่ปลูกส้ม ในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮายและไชยปราการปีการผลิต<br>2551/52                                                                                                            | 43 |
| ภาพที่ 2-31 พื้นที่ปลูกส้ม ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อย แม่สุ่น ปีการผลิต 2551/52                                                                                                                      | 43 |
| ภาพที่ 2-32 ลักษณะทิศทางการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษา                                                                                                                                  | 44 |
| ภาพที่ 2-33 รายละเอียดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษา                                                                                                                                    | 44 |
| ภาพที่ 2-34 หน้าต่างโปรแกรม MCDA-GIS เมื่อเริ่มเปิดใช้โปรแกรม                                                                                                                                       | 46 |
| ภาพที่ 2-35 การปรับค่ามาตรฐานของชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์ในโปรแกรม MCDA-GIS                                                                                                                               | 47 |
| ภาพที่ 2-36 โครงสร้างของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม                                                                                                                 | 48 |
| ภาพที่ 2-37 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มโดยใช้โปรแกรม<br>MCDA-GIS                                                                                                              | 49 |
| ภาพที่ 2-38 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ในโปรแกรม MCDA-GIS                                                                                                                               | 49 |
| ภาพที่ 2-39 ระดับความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับการปลูกส้มในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด                                                                                                                         | 51 |
| ภาพที่ 2-40 ระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้ม ที่มีอยู่ในปัจจุบัน (ปีการผลิต 2551 /52)                                                                                                              | 51 |
| ภาพที่ 2-41 สวนส้มที่ปลูกบนที่ราบลุ่ม และดิ่งส้ม 13 เดือน (เก็บเกี่ยวช่วง มี.ค. 53) ซึ่งแสดง<br>อาการของโรครากเน่ากระจายทั่วทั้งสวนส้ม                                                              | 52 |
| ภาพที่ 2-42 สวนส้มในพื้นที่ราบลุ่ม )ที่นาเก่า(อายุ 10-20 ปี                                                                                                                                         | 54 |
| ภาพที่ 2-43 ผลผลิตที่มีคุณภาพ อายุ 10 เดือน เก็บเกี่ยวในช่วงเดือน ม.ค.53                                                                                                                            | 54 |
| ภาพที่ 2-44 ลักษณะของต้นตอคลีโอพัตราที่เกษตรกรใช้ปลูกในพื้นที่ราบลุ่ม                                                                                                                               | 54 |
| ภาพที่ 2-45 ต้นส้มที่ใช้กิ่งตอน เกษตรกรทดลองนำมาปลูกในพื้นที่ราบลุ่มแสดงอาการของโรค<br>รากเน่า ไม่สามารถให้ผลผลิตต่อไปได้                                                                           | 54 |
| ภาพที่ 2-46 สวนส้มที่ปักดินบนพื้นที่ดอน                                                                                                                                                             | 55 |
| ภาพที่ 2-47 สวนส้มที่แสดงอาการโรครินเนิงบนพื้นที่ดอน                                                                                                                                                | 55 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ภาพที่ 2-48 ผลสัมขนาดมะนาวของต้นส้มปกติและเป็นโรคกรีนนิ่ง                                                                                                                                                | 55 |
| ภาพที่ 2-49 ส่วนยอดของต้นที่ปกติและต้นที่เป็นโรคกรีนนิ่ง                                                                                                                                                 | 55 |
| ภาพที่ 2-50 ลักษณะอาการส้มตาแดง                                                                                                                                                                          | 55 |
| ภาพที่ 2-51 ลักษณะอาการ dieback                                                                                                                                                                          | 55 |
| ภาพที่ 2-52 สวนส้มที่ใช้กิ่งตอนบนพื้นที่ราบลุ่ม                                                                                                                                                          | 56 |
| ภาพที่ 2-53 ลักษณะต้นส้มที่ไม่สามารถให้ผลผลิตได้ในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยว                                                                                                                                   | 56 |
| ภาพที่ 2-54 ลักษณะอาการโรครากเน่าโคนเน่า และการแก้ไข )ก (รากถอดปล้อง ซึ่งเป็นอาการหนึ่งของโรครากเน่า )ข (ใช้สารเคมีเมตาแลกซิลช่วยรักษาโรครากเน่า )ค (การตัดทิ้ง) ง (ส้มปลูกใหม่ เกษตรกรเลือกใช้กิ่งเสียบ | 56 |
| ภาพที่ 2-55 พื้นที่ปลูกส้มที่ล้มเลิกไปจากปีการผลิต 44/45 เนื่องจากได้รับผลกระทบจากต้นไทรและโรคส้ม                                                                                                        | 57 |
| ภาพที่ 3-1 คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอฟาง จังหวัดเชียงใหม่                                                                                                                         | 66 |
| ภาพที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอฟาง จังหวัดเชียงใหม่                                                                                                                   | 67 |
| ภาพที่ 3-2 คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอแม่ฮาด จังหวัดเชียงใหม่                                                                                                                      | 70 |
| ภาพที่ 3-2 (ต่อ) คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอแม่ฮาด จังหวัดเชียงใหม่                                                                                                                | 71 |
| ภาพที่ 3-3 คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่                                                                                                                   | 74 |
| ภาพที่ 3-3 (ต่อ) คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่                                                                                                             | 75 |
| ภาพที่ 3-4 ลักษณะสวนส้มบนพื้นที่ลาดชัน                                                                                                                                                                   | 81 |
| ภาพที่ 3-5 ลักษณะสวนส้มบนพื้นที่ราบเชิงเขา                                                                                                                                                               | 81 |
| ภาพที่ 3-6 ลักษณะสวนส้มบนพื้นที่ราบลุ่ม                                                                                                                                                                  | 82 |
| ภาพที่ 3-7 คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาด                                                                                                                                 | 84 |
| ภาพที่ 3-7 (ต่อ) คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาด                                                                                                                           | 85 |
| ภาพที่ 4-1 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง                                                                                                                                                                       | 92 |
| ภาพที่ 4-2 ขอบเขตลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำฝาง                                                                                                                                                                | 92 |
| ภาพที่ 4-3 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง                                                                                                                                                    | 93 |
| ภาพที่ 4-4 ปริมาณน้ำท่ารวมของสถานีวัดน้ำ 4 สถานีในพื้นที่ศึกษา                                                                                                                                           | 95 |
| ภาพที่ 4-5 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2527-2550 ของน้ำแม่กก น้ำแม่ฝาง น้ำแม่สาว และน้ำแม่กิมหลวง ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง                                                                  | 96 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ภาพที่ 4-6 ปริมาณน้ำฝนในเขตพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง ปี 2552-2553                                                                                            | 96  |
| ภาพที่ 4-7 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยขุนมาว ปี พ.ศ.2551                                                                                     | 105 |
| ภาพที่ 4-8 ปฏิทินการเกษตรแสดงความหลากหลายและช่วงเวลาของการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาาย และไชยปราการ                                      | 106 |
| ภาพที่ 4-9 ผลการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของส้มสายน้ำผึ้งในพื้นที่ลุ่มน้ำ แม่มาว อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปีการผลิต 2549/50-2551/52               | 107 |
| ภาพที่ 5-1 การวิเคราะห์ข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำด้วย DEM                                                                                                   | 116 |
| ภาพที่ 5-2 กระบวนการประเมินปริมาณน้ำโดยแบบจำลอง SWAT                                                                                                      | 118 |
| ภาพที่ 5-3 กราฟปริมาณน้ำท่าพื้นที่ลุ่มน้ำฝางปี พ.ศ 2552-2543 .จากแบบจำลอง SWAT                                                                            | 119 |
| ภาพที่ 5-4 กราฟปริมาณน้ำท่าพื้นที่ลุ่มน้ำฝางปี พ.ศ 2552-2543 .จากแบบจำลอง SWAT หลัง การปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง                                  | 119 |
| ภาพที่ 5-5 กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายเดือน ปี 2552-2543ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง (simulated) และค่าที่ได้จากการวัดจริง (observed) ณ สถานี 30201 | 120 |
| ภาพที่ 5- 6 การสอบเทียบระหว่างค่าปริมาณน้ำที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการวัดจริง                                                                      | 121 |
| ภาพที่ 5-7 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายเดือน ปี 2552-2543ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการวัดจริง หลังการปรับเทียบในแบบจำลอง                | 122 |
| ภาพที่ 5-8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการวัดจริง หลังการปรับเทียบ                                                              | 122 |
| ภาพที่ 5-9 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำฝางจากแบบจำลอง SWAT                                                                                                 | 123 |
| ภาพที่ 5-10 ปริมาณน้ำในลำน้ำห้วยไคร้ที่เกิดการแห้งขอดในฤดูแล้ง                                                                                            | 125 |
| ภาพที่ 5-11 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง                                                                           | 126 |
| ภาพที่ 5-12 การกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 8 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.)                                              | 130 |
| ภาพที่ 5-13 ผลการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 8 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.)                                            | 131 |
| ภาพที่ 5-14 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยแล้งในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาาย และไชยปราการ                                                       | 133 |
| ภาพที่ 5-15 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกส้มที่มีโอกาสเสี่ยงภัยแล้งในอำเภอฝาง แม่อาาย และไชยปราการ                                                            | 134 |
| ภาพที่ 5-16 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม                                                                           | 138 |
| ภาพที่ 5-17 การกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 11 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.)                                             | 141 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ภาพที่ 5-18 ผลการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 11 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วม<br>ด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.)                                    | 142 |
| ภาพที่ 5-19 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงน้ำท่วมในอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ                                                                 | 143 |
| ภาพที่ 5-20 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกส้มที่มีโอกาสเสี่ยงน้ำท่วมในอำเภอฝาง แม่ฮาย และ<br>ไชยปราการ                                                      | 144 |
| ภาพที่ 6-1 แนวคิดและวิธีการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม “Minnesota<br>MapServer”                                                            | 152 |
| ภาพที่ 6-2 กลไกการทำงานในการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม “Minnesota<br>MapServer”                                                           | 152 |
| ภาพที่ 6-3 ตัวอย่างของ Map File เมื่อผู้ใช้ส่งคำสั่งขอดูแผนที่เพื่อแสดงขอบเขตอำเภอฝาง<br>แม่ฮาย และไชยปราการ                                           | 153 |
| ภาพที่ 6-4 ผังการไหลของข้อมูล (DFD) ที่อธิบายภาพรวมของระบบและความสัมพันธ์ที่<br>เกี่ยวข้อง                                                             | 154 |
| ภาพที่ 6-5 ผังการไหลของข้อมูลในการออกแบบของระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่แบบ<br>Web-based                                                                  | 155 |
| ภาพที่ 6-6 การออกแบบของการพัฒนา “ระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่แบบ Window-based”<br>ด้วยโปรแกรม MapWindow GIS ร่วมกับ VB.net 2008                          | 157 |
| ภาพที่ 6-7 โครงสร้างของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ใน ระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่<br>แบบ “Window-based”                                                         | 159 |
| ภาพที่ 6-8 หน้าแรก (Homepage) ของระบบสารสนเทศสืบแบบ Web-based                                                                                          | 161 |
| ภาพที่ 6-9 ตัวอย่างหน้าเว็บ (webpage) ในส่วนองค์ความรู้ของระบบสารสนเทศสืบแบบ<br>Web- based                                                             | 161 |
| ภาพที่ 6-10 ตัวอย่างหน้าเว็บหลักของระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่ที่พัฒนาด้วยโปรแกรม<br>“Minnesota MapServer”                                              | 162 |
| ภาพที่ 6-11 ตัวอย่างการทำงานบางส่วนของระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่ ๔                                                                                     | 163 |
| ภาพที่ 6-12 “ระบบสารสนเทศสืบ” แบบ Window-based เมื่อเริ่มต้นเปิดโปรแกรม                                                                                | 164 |
| ภาพที่ 6-13 องค์ประกอบในการทำงานของระบบสารสนเทศสืบแบบ Window-based                                                                                     | 164 |
| ภาพที่ 6-14 การแสดงชั้นข้อมูลพื้นที่ศึกษาระดับอำเภอ และระดับลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาย                                                                          | 165 |
| ภาพที่ 6-15 การแสดงข้อมูลอรรถาธิบาย )คุณสมบัติ(                                                                                                        | 165 |
| ภาพที่ 6-16 การจัดวาง Layout เพื่อพิมพ์แผนที่                                                                                                          | 165 |
| ภาพที่ 6-17 กิจกรรมการฝึกอบรมโปรแกรมสารสนเทศสืบเพื่อการคืนข้อมูลให้ชุมชน<br>เมื่อวันที่ 6, 7 และ 8 ต.ค .53 ที่ อบต.ศรีดงเย็น อบต.แม่ฮาย และ อบต.แม่ฮาย | 167 |

## สารบัญตาราง

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ตารางที่ 1-1 สภาพภูมิสังคมของพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ                                                                                             | 9  |
| ตารางที่ 1-2 พืชเศรษฐกิจหลักในอำเภอฝาง ไชยปราการ และแม่ฮาย ปี 2551/52                                                                                             | 10 |
| ตารางที่ 2-1 ผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง<br>แม่ฮาย ไชยปราการ ปีการผลิต 2544/45                                          | 28 |
| ตารางที่ 2-2 ผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อย<br>แม่ฮาน ปีการผลิต 2544/45                                                 | 29 |
| ตารางที่ 2-3 ผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่<br>อำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาน ในปีการผลิต 2544/45 | 30 |
| ตารางที่ 2-4 สมมุติฐาน ตัวแปร และค่าเงื่อนไขของการใช้ระบบฐานความรู้ร่วม (KBS)<br>สำหรับการจำแนกพื้นที่                                                            | 32 |
| ตารางที่ 2-5 ผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง<br>แม่ฮาย ไชยปราการ ปีการผลิต 2551/52                                          | 33 |
| ตารางที่ 2-6 ผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อย<br>แม่ฮาน ปีการผลิต 2551/52                                                 | 34 |
| ตารางที่ 2-7 ผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่<br>อำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาน ในปีการผลิต 2551/52 | 35 |
| ตารางที่ 2-8 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากปี 2545 เปรียบเทียบกับปี 2551                                                                                   | 36 |
| ตารางที่ 2-9 สมมุติฐาน ตัวแปร และค่าเงื่อนไขของระบบฐานความรู้ (KBS) ที่ใช้ในการจำแนก<br>พื้นที่สวนส้ม                                                             | 42 |
| ตารางที่ 2-10 ลักษณะและเนื้อที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้มจากปีการผลิต 2544/45<br>เปรียบเทียบกับปีการผลิต 2551/52                                                | 44 |
| ตารางที่ 2-11 ประเภทฟังก์ชันและค่าพารามิเตอร์สำหรับปรับมาตรฐานค่าของหลักเกณฑ์<br>ที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม                               | 47 |
| ตารางที่ 2-12 ผลการกำหนดค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสม<br>สำหรับการปลูกส้ม                                                            | 48 |
| ตารางที่ 2-13 ระดับคะแนนความเหมาะสมของการปลูกส้ม                                                                                                                  | 50 |
| ตารางที่ 2-14 ระดับความเหมาะสมสำหรับการปลูกส้มของอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ                                                                                     | 50 |
| ตารางที่ 2-15 ระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน (ปีการผลิต 2551/52)                                                                                     | 51 |
| ตารางที่ 3-1 คุณสมบัติดินที่วิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์                                                                                                          | 62 |
| ตารางที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัติดินที่วิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์                                                                                                    | 63 |
| ตารางที่ 3-2 วิธีการวิเคราะห์สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาน                                                                                          | 83 |
| ตารางที่ 3-3 ระดับความสมบูรณ์ในสวนส้มแต่ละพื้นที่ซึ่งมีลักษณะกายภาพแตกต่างกัน                                                                                     | 83 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

|                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ตารางที่ 3-4 ผลการวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม                                                                                       | 85  |
| ตารางที่ 4-1 รายชื่อและตำแหน่งสถานีวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง                                                                        | 93  |
| ตารางที่ 4-2 คุณสมบัติของน้ำในพื้นที่ปลูกส้มจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินและช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเกษตร           | 98  |
| ตารางที่ 4-3 การแบ่งคุณภาพน้ำชลประทานโดยอาศัยค่าการนำไฟฟ้าเป็นเกณฑ์                                                                            | 99  |
| ตารางที่ 4-4 การแบ่งคุณภาพน้ำชลประทานโดยอาศัยค่า SAR                                                                                           | 99  |
| ตารางที่ 4-5 ระยะเวลาการออกดอกติดผลและฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิตส้มในจังหวัดเชียงใหม่                                                                 | 101 |
| ตารางที่ 4-6 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) ของส้มในช่วงต่าง ๆ                                                                                  | 104 |
| ตารางที่ 4-7 ผลการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของส้มสายน้ำผึ้งในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่มาว อำเภอฟาง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปีการผลิต 2549/50 - 2551/52 | 106 |
| ตารางที่ 5-1 ค่าความชื้นในดินเบื้องต้น (AMC) แบ่งตามฤดูกาลเพาะปลูก                                                                             | 113 |
| ตารางที่ 5-2 ค่า CN condition II แบ่งตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดินประเภทต่าง ๆ                                                         | 114 |
| ตารางที่ 5-3 ปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย ระดับคะแนน และเกณฑ์การเสี่ยงภัยแล้ง                                                                         | 128 |
| ตารางที่ 5-4 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยแล้ง                                                                                      | 132 |
| ตารางที่ 5-5 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกส้มที่มีโอกาสเสี่ยงภัยแล้ง                                                                               | 133 |
| ตารางที่ 5-6 ปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย ระดับคะแนน และเกณฑ์การเสี่ยงน้ำท่วม                                                                         | 138 |
| ตารางที่ 5-6 (ต่อ) ปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย ระดับคะแนน และเกณฑ์การเสี่ยงน้ำท่วม                                                                   | 139 |
| ตารางที่ 5-7 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงน้ำท่วม                                                                                      | 142 |
| ตารางที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูก ส้มที่มีโอกาสเสี่ยงน้ำท่วม                                                                              | 143 |
| <b>ตารางภาคผนวก</b>                                                                                                                            |     |
| ตารางภาคผนวกที่ 2-1 ข้อมูลขนาดพื้นที่ที่ขอบเขตลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำย่อย                                                                         | 203 |
| ตารางภาคผนวกที่ 3-1 คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอฟาง จังหวัดเชียงใหม่                                                                | 204 |
| ตารางภาคผนวกที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอฟาง จังหวัดเชียงใหม่                                                          | 205 |
| ตารางภาคผนวกที่ 3-2 คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอแม่อาว จังหวัดเชียงใหม่                                                             | 210 |
| ตารางภาคผนวกที่ 3-2 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอแม่อาว จังหวัดเชียงใหม่                                                       | 211 |
| ตารางภาคผนวกที่ 3-3 คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่                                                          | 215 |
| ตารางภาคผนวกที่ 3-3 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่                                                    | 216 |
| ตารางภาคผนวกที่ 3-4 คุณสมบัติของดินที่ไม่ได้ปลูกส้ม ในพื้นที่อำเภอไชยปราการ ฝาง และแม่อาว จังหวัดเชียงใหม่                                     | 217 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ตารางภาคผนวกที่ 3-5 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกส้มในเขตลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น อ.ฝาง จ.เชียงใหม่             | 218 |
| ตารางภาคผนวกที่ 3-5 )ต่อ( คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกส้มในเขตลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น อ.ฝาง จ.เชียงใหม่       | 219 |
| ตารางภาคผนวกที่ 4-1 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอไชยปราการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน พฤศจิกายน 2552 | 221 |
| ตารางภาคผนวกที่ 4-2 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอไชยปราการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน มกราคม 2553    | 222 |
| ตารางภาคผนวกที่ 4-3 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอไชยปราการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน มีนาคม 2553    | 223 |
| ตารางภาคผนวกที่ 4-4 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอไชยปราการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน พฤษภาคม 2553   | 224 |
| ตารางภาคผนวกที่ 4-5 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอไชยปราการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน มิถุนายน 2553  | 225 |
| ตารางภาคผนวกที่ 4-6 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอไชยปราการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน กรกฎาคม 2553   | 226 |
| ตารางภาคผนวกที่ 4-7 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอไชยปราการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน สิงหาคม 2553   | 227 |
| ตารางภาคผนวกที่ 6-1 กำหนดการฝึกอบรมโปรแกรมสารสนเทศส้มเพื่อการคืนข้อมูลให้ชุมชน                            | 228 |
| ตารางภาคผนวกที่ 6-2 รายชื่อและหน่วยงานผู้เข้าฝึกอบรมโปรแกรมสารสนเทศส้มเพื่อการคืนข้อมูลให้ชุมชน           | 229 |
| ตารางภาคผนวกที่ 7-1 รายชื่อฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่พัฒนาได้จากโครงการวิจัย ฯ                               | 230 |

## บทที่ 1

### กรอบแนวคิดของการศึกษา

ถาวร อ่อนประไพ<sup>1</sup>

-----

#### 1.1 ความสำคัญของปัญหา

การผลิตส้มเป็นการเกษตรอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่ทำรายได้ให้กับเกษตรกรและประเทศไทยเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบัน พื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ได้ชื่อว่าเป็นพื้นที่ผืนสุดท้ายที่สำคัญสำหรับการเกษตรอุตสาหกรรมส้มในประเทศไทย (อำไพวรรณ, 2552) เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกว่าเขตปลูกอื่น ๆ จนกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของพื้นที่ สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ (2551) รายงานว่า ในปีการผลิต 2551/52 จังหวัดเชียงใหม่มีเนื้อที่ปลูกส้มทั้งหมด 67,221 ไร่ มีเกษตรกรผู้ปลูกส้ม (รวมทั้งรายเล็กและรายใหญ่) ประมาณ 2,900 ราย โดยเนื้อที่ปลูกส้มส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 94 อยู่ในพื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ และพันธุ์ส้มที่เกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ปลูกส่วนใหญ่ คือ พันธุ์สายน้ำผึ้ง ประมาณร้อยละ 96 พันธุ์สีทอง ร้อยละ 3 และที่เหลือประมาณร้อยละ 1 เป็นพันธุ์อื่น ๆ เช่น ฟรุ๊ตมอนด์ และโอเชียน เป็นต้น ซึ่งผลผลิตส้มที่ออกสู่ตลาดในช่วงที่ผ่านมาอยู่ในระหว่าง ต.ค.2551 – พ.ค.2552 ประมาณที่ 234,740 ตัน โดยประมาณร้อยละ 85 ของผลผลิตส้มทั้งหมดออกสู่ตลาดในช่วงกลาง พ.ย.2551 - ก.พ.2552

ที่ผ่านมา การผลิตส้มของประเทศไทยได้ประสบปัญหาต่าง ๆ มากมายที่ทำให้สวนส้มได้รับความเสียหายเป็นจำนวนมาก โดยมีสาเหตุ เช่น ราคาส้มตกต่ำเนื่องจากผลผลิตที่ออกสู่ตลาดมาก ปัจจัยการผลิตมีราคาแพงส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง การขาดแคลนแรงงานในสวนส้ม การเสื่อมคุณภาพของดิน สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมจากการใช้สารเคมีจำนวนมากในสวนส้มโดยไม่มีมาตรการที่ถูกต้อง รวมถึงการเสื่อมโทรมของดินส้มและสวนส้มที่ขาดการดูแลเนื่องจากต้นทุนการผลิตและต้นทุนการดูแลที่สูงขึ้น ตลอดจนการแพร่ระบาดของโรคและแมลง ซึ่งจากปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้น ทำให้เกษตรกรขาดทุนบางส่วนได้หันไปปลูกพืชชนิดอื่นทดแทน และบางส่วนได้เลิกอาชีพการปลูกส้ม ทั้งแปลงปล่อยให้เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง ทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สถานการณ์การของการปลูกส้มในพื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ซึ่งตลอดระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา พื้นที่การปลูกส้มได้ผ่านการใช้สารเคมีเกษตรอย่างต่อเนื่องปริมาณสูง ส่งผลให้คุณภาพของดินเสื่อมลง โรคและแมลงศัตรูพืชมีความต้านทานต่อยาปราบศัตรูพืช ทำให้ต้องใช้ยาในปริมาณสูงขึ้นและมี

---

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร  
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ความแรงเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการปนเปื้อนสารเคมีตกค้างสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนี้ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกส้มในประเทศไทยเดือดร้อนและได้รับผลกระทบเป็นอย่างมากจนเลิก การทำสวนส้มหรือเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่น ๆ ทดแทน หรือแม้กระทั่งเลิกอาชีพเกษตรกรรมไปประกอบอาชีพ อย่างอื่นแทน ซึ่งมีผลให้พื้นที่ปลูกส้มได้ลดลงไปเป็นลำดับ สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ (2551) ได้ รายงานว่า ในปีการผลิต 2550/51 พื้นที่ปลูกส้มของจังหวัดเชียงใหม่ใน 3 อำเภอหลัก (ฝาง แม่ฮาย และ ไชยปราการ) มีจำนวน 92,207 ไร่ ซึ่งพบว่าในปีการผลิต 2551/52 นี้ ได้ลดลงจำนวน 24,986 ไร่ เหลือ เพียง 67,221 ไร่ โดยในจำนวนนี้ มีเพียง 63,721 ไร่ เท่านั้นที่สามารถให้ผลผลิตได้อย่างสมบูรณ์

โดยเฉพาะปัญหาเรื่องการเสื่อมสภาพของดิน ได้เป็นสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งต่อการลดลง ของพื้นที่ปลูกส้มในเขตอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาเบื้องต้นของ พิทยาและคณะ (2551) กล่าวคือ สภาพดินที่ปลูกส้มโดยส่วนใหญ่ร้อยละ 70 มีสภาพเป็นกรดจัด (pH ต่ำ กว่า 5.5) และมากกว่าร้อยละ 80 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่สามารถ แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณที่สูง-สูงมาก (available P มากกว่า 40 ppm และ exchangeable K มากกว่า 100 ppm) จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกส้มในพื้นที่พบว่า เกษตรกรมีทัศนคติและองค์ความรู้เกี่ยวกับการ ผลิตส้มที่ไม่ถูกต้อง โดยมีเป้าหมายในการผลิตเพียงเพื่อให้ได้ผลผลิตต่อพื้นที่มากที่สุด ซึ่งที่ผ่านมา การผลิตส้มได้ให้ผลตอบแทนที่สูง ทำให้เกษตรกรไม่มีความลังเลกังวลในการลงทุน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การจัดการปุ๋ย น้ำ และสารเคมีเกษตรต่างๆ (พิทยาและคณะ, 2551) และเกษตรกรอีกส่วนหนึ่งใส่ปุ๋ยตาม วิธีของเกษตรกรผู้มีประสบการณ์ โดยไม่ได้คำนึงถึงสภาพดินที่แตกต่างกัน อีกส่วนหนึ่งใส่โดยอาศัยความ น่าจะเป็นและใช้ความเคยชิน โดยคิดว่าพืชส่วนใหญ่ก็ใช้ปุ๋ยคล้ายๆกันได้ จากการใส่ปุ๋ยด้วยวิธีเหล่านี้ น่าจะก่อให้เกิดปัญหาต่อดิน เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะยูเรียมากเกินไปจะทำให้ดินมีความ เป็นกรดเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลเสียต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีธาตุ อาหารหลักครบ 3 ธาตุ อย่างต่อเนื่องน่าจะมีผลทำให้เกิดปัญหาด้านการขาดสมดุลของธาตุอาหารพืชใน ดิน ซึ่งมีผลกระทบต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช ผลผลิตและคุณภาพของส้ม สำหรับเกษตรกรบางราย ยังมีความเข้าใจผิดว่า การใส่ปุ๋ยในปริมาณมาก ผลผลิตก็จะมากตาม เป็นต้น ภายใต้สภาวะการใน ปัจจุบัน ซึ่งต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น มีการระบาดของโรคและแมลงในพื้นที่ แต่ราคาส้มกลับลดต่ำลง เนื่อง ด้วยผลผลิตด้อยคุณภาพ หากเกษตรกรยังไม่มี การวางแผนระบบบริหารจัดการที่ดีพอ โดยการเปลี่ยน ทัศนคติเกี่ยวกับการผลิต และหาเทคโนโลยีการลดต้นทุน เกษตรกรซึ่งในปัจจุบันก็ประสบภาวะขาดทุนอยู่ แล้ว ก็จะทิ้งสวน ทำให้ปัญหาในพื้นที่ที่มีความรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากพื้นที่ทิ้งร้างกลายเป็นแหล่งสะสม โรคและแมลงและทำให้การแพร่กระจายของโรคและแมลงมีมากขึ้น ในอีกไม่ช้าพื้นที่ปลูกส้มผืนนี้คงต้อง ล่มสลาย หรืออาจมีการอพยพเคลื่อนย้ายแหล่งปลูกใหม่อีกครั้งก็เป็นได้

นอกจากนี้ ปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่จะทำให้การผลิตส้มและการเกษตรอุตสาหกรรมส้มคงอยู่ได้คือ "ทรัพยากรน้ำ" หรือ "แหล่งน้ำ" ในพื้นที่ปลูกส้มหรือพื้นที่ใกล้เคียง เนื่องจากส้มเป็นพืชที่ต้องการน้ำในปริมาณที่มาก อาจถือได้ว่าน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการปลูกส้ม โดยส้มเป็นพืชที่ต้องการน้ำอย่างสม่ำเสมอ ถ้าขาดน้ำหรือมีน้ำขังมากและนานเกินไประบบรากจะได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของส้ม หรือหากส้มขาดน้ำเป็นระยะ ๆ เป็นเวลานานจะทำให้ต้นส้มแคระแกรน ระบบรากไม่เจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตไม่ดี ผลส้มจะมีลักษณะเล็ก เนื้อแข็ง หรือถ้ามีน้ำขังมากเกินไปที่โคนต้น จะทำให้รากเน่าและถูกทำลายโดยเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุของโรค รากเน่าและโคนเน่า (จุฬพลและอภิรดี, 2544) จุฑามาศ (2546) ได้อธิบายว่า ต้นส้มต้องการน้ำมาก โดยเฉพาะในช่วงระยะออกดอกและติดผลอ่อน และต้องการน้ำน้อยในช่วงพัก ๆ ของการเจริญเติบโตของผลส้มหรือก่อนการเก็บเกี่ยวผลส้ม ซึ่งหากให้น้ำมากเกินไปในช่วงดังกล่าวจะทำให้ผลส้มมีรสชาติไม่ดี คุณภาพต่ำ ซึ่งนอกจากแหล่งน้ำและปริมาณน้ำแล้ว ควรต้องพิจารณาถึงคุณภาพน้ำด้วยว่ามีสิ่งเจือปนที่จะเป็นพิษต่อต้นส้มหรือไม่ คุณภาพของน้ำมีส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตของต้นส้มด้วย ส้มจะตอบสนองต่อสารพวกฟลูออไรด์และคลอไรด์ได้ไว ซึ่งสังเกตได้จากใบ โดยหากมีสารพวกนี้มากเกินไป ต้นส้มจะแสดงอาการใบไหม้ได้ นอกจากนี้ ต้นส้มยังมีความไวต่อโบรอนและลิเทียมมาก ซึ่งถ้าหากมีธาตุโบรอนมากเกินไประดับพอดี 0.5 ppm จะเป็นพิษต่อต้นส้มทันที ธาตุคลอรีนเป็นอีกธาตุหนึ่งที่เป็นพิษต่อต้นส้ม หากมีในน้ำมากเกินไปกว่า 150 – 200 ppm.

ปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำถือว่ามีผลอย่างมากในการปลูกส้ม โดยต้องมีการศึกษาถึงปริมาณแหล่งน้ำจากธรรมชาติหรือน้ำใต้ดินที่จะนำมาใช้ในการปลูกส้ม ซึ่งต้องมีอย่างเพียงพอทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมทั้งในช่วงที่อาจเกิดวิกฤติความแห้งแล้งขึ้นในบางปี จากการศึกษาของประเทศออสเตรเลีย พบว่า โดยทั่วไปสวนส้มที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะต้องการน้ำประมาณไร่ละ 1.4 ล้านลิตร/ปี (ดิเรก 2543; อ่างใน เปรมปรี 2544) ได้คิดคำนวณค่าความต้องการใช้น้ำของส้ม โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยทำการศึกษาจากข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยในรอบ 25 ปี ตามวิธีการที่ปรับปรุงของ Penman ซึ่งทำให้สามารถคำนวณหาความต้องการใช้น้ำของส้มในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตในแต่ละจังหวัดได้ ซึ่งเปรมปรี (2544) ระบุว่าสำหรับสวนส้มในประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำในปริมาณมากกว่าดังที่กล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง

## 1.2 วัตถุประสงค์หลัก

- (1) สำรวจ ติดตาม และวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถใช้เป็นข้อมูล Baseline เชิงพื้นที่ด้านกายภาพ ข้อมูลเชิงเวลาของผลผลิตส้ม และการใช้ทรัพยากร สำหรับใช้อธิบายสภาพพื้นที่ ลักษณะลุ่มน้ำ ทรัพยากรที่ดิน (ดิน น้ำ และป่าไม้) การใช้

ประโยชน์ที่ดิน และสถานการณ์ของพื้นที่ปลูกส้มที่มีอายุแตกต่างกัน รวมถึงพื้นที่ปลูกส้มที่ได้รับผลกระทบจากโรคของส้ม ตลอดจนใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประกอบการพัฒนาระบบเรียกใช้ด้านสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่

- (2) ศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม
- (3) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทรัพยากรน้ำโดยเฉพาะด้านปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน และวิเคราะห์ความต้องการน้ำของระบบการผลิตส้มและพืชอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษา
- (4) วิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ของปริมาณน้ำ ตลอดจนประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมที่จะมีผลต่อการผลิตส้มของพื้นที่ศึกษาในอนาคต
- (5) พัฒนาระบบเรียกใช้ด้านสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่ ที่สามารถเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการปลูกส้มและทรัพยากรที่ดิน เพื่อให้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกส้มและผู้เกี่ยวข้องสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการวางแผนและสนับสนุนการตัดสินใจด้านการใช้ที่ดินและการใช้ทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตส้ม

### 1.3 แนวคิดและกรอบการศึกษา

แนวคิดและกรอบการศึกษาในโครงการวิจัย ฯ นี้ เกิดจากความต้องการแก้ไขปัญหาดังที่กล่าวแล้วในข้างต้น โดยการบูรณาการองค์ความรู้ทางด้านการจัดการทรัพยากรดินและน้ำเข้ากับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatics Technology) เพื่อทำการศึกษาถึงสาเหตุและสภาพปัญหาที่แท้จริงอันเนื่องมาจากการใช้ทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตส้มของเกษตรกรจนก่อให้เกิดปัญหาในเชิงพื้นที่ โดยมุ่งหวังให้เกษตรกรและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเรื่องการปลูกส้มและการผลิตส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งจะได้เข้าถึงข้อมูลเพื่อรับทราบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาตลอดจนแนวทางแก้ไข โดยผ่านทางระบบสารสนเทศส้มที่ทางโครงการวิจัย ฯ ได้พัฒนาขึ้น

แนวคิดและกรอบการศึกษาในโครงการวิจัย ฯ (ภาพที่ 1-1) ส่วนที่ 1 เริ่มจากการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศทำการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ทั้งนี้ เพื่อใช้อธิบายสภาพพื้นที่และความเป็นไปของปัจจัยต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา เช่น ลักษณะลุ่มน้ำ ทรัพยากรที่ดิน (ดิน น้ำ และป่าไม้) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (รวมถึงพื้นที่ปลูกส้ม) เป็นต้น นอกจากนี้ ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ยังใช้เป็นข้อมูลฐานในการศึกษาทรัพยากรดินและน้ำที่เกี่ยวข้องในการผลิตส้ม และประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้ม

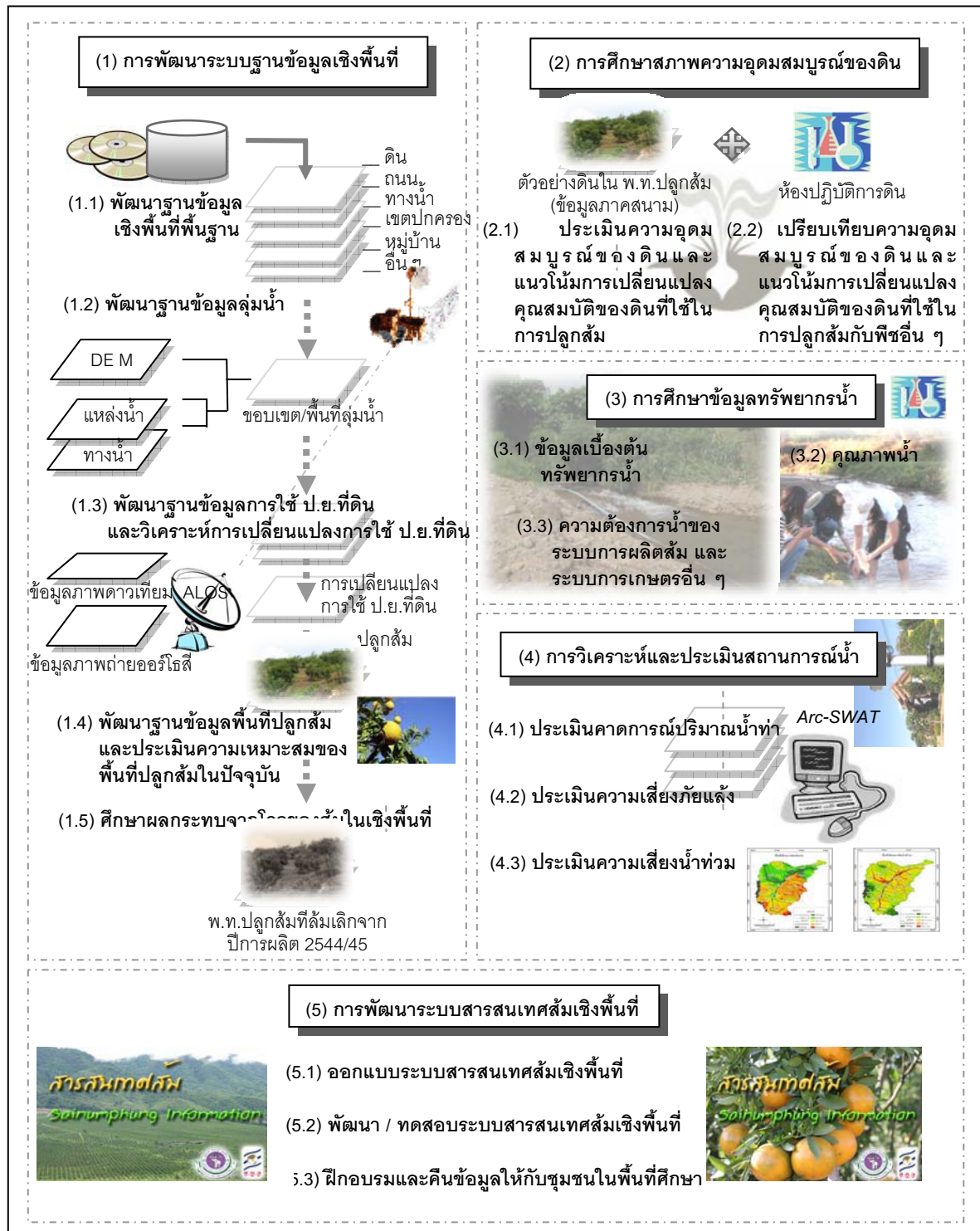
ส่วนที่ 2 ทำการศึกษาคุณสมบัติของดิน เพื่อประเมินสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้มในเขตพื้นที่ศึกษา โดยสำรวจเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวอย่างดินจากแปลงสวนส้มที่ถูกกำหนด และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงที่ไม่ได้ใช้ในการเกษตร หรือถูกรบกวนจากการเกษตรกรรมน้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 ทำการศึกษาทรัพยากรน้ำ เนื่องจากน้ำมีความสำคัญอย่างมากต่อการปลูกส้ม โดยเฉพาะด้านปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ โดยทำการศึกษาข้อมูลทรัพยากรน้ำด้วยการเก็บรวบรวมและศึกษาข้อมูลน้ำในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการอธิบายพฤติกรรมวิธีการ และปริมาณการใช้น้ำของสวนส้มและของพื้นที่เกษตรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องภายในพื้นที่ศึกษา รวมถึงทำการศึกษาคุณภาพน้ำ โดยการเก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำในปัจจุบัน เพื่ออธิบายคุณสมบัติของน้ำตามลุ่มน้ำที่สำคัญที่อาจมีผลกระทบต่อผลผลิตส้มในเขตพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ ทำการศึกษาความต้องการน้ำของระบบการผลิตส้มและพืชอื่น ๆ โดยที่น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญของการทำสวนส้ม แหล่งน้ำในธรรมชาติอาจถูกแปรเปลี่ยนสภาพจนเกิดการขาดแคลนน้ำหรือมีปริมาณน้ำเกินความต้องการในบางครั้ง จนอาจมีผลกระทบและเป็นปัญหาต่อระบบการผลิตส้มและระบบการเกษตรอื่น ๆ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการจัดหาแหล่งน้ำบนดินและใต้ดินเพื่อให้เพียงพอแก่ความต้องการ ทั้งนี้ เพื่อกำหนดแนวทางการจัดการน้ำและการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการผลิตส้มที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต ในเขตพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาฮาย และไชยปราการ

ส่วนที่ 4 ทำการวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์น้ำด้วยแบบจำลองการประเมินดินและน้ำ (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) ร่วมกับโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS 9.2 เพื่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ นอกจากนี้ ได้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมด้วยปัจจัยด้านกายภาพที่ส่งผลต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ในส่วนสุดท้าย (ส่วนที่ 5) ด้วยแนวความคิดเพื่อต้องการนำสารสนเทศและองค์ความรู้ที่ได้จากโครงการวิจัย ฯ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับเกษตรกรสวนส้มและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา ระบบสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการสื่อสารข้อมูลและองค์ความรู้เรื่องสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและทรัพยากรน้ำของแหล่งปลูกส้มในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนและสนับสนุนการตัดสินใจด้านการใช้ที่ดินตลอดจนทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตส้ม โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะการใช้งาน คือ (1) ระบบสารสนเทศส้มแบบ Web-based ที่มีการใช้ผ่านระบบเครือข่าย Internet และ (2) ระบบโปรแกรมสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่แบบ Window-based จากนั้นทำการฝึกอบรมระบบโปรแกรมและคืนข้อมูลให้กับชุมชน เกษตรกรผู้ปลูกส้ม นักวิชาการเกษตรตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของหน่วยงาน อบต. ในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้ เพื่อให้ชุมชนและท้องถิ่นสามารถ

นำระบบโปรแกรมสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่ไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนทางด้านการจัดการทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตส้ม ตลอดจนการวางแผนจัดการทรัพยากรที่ดินและการเกษตรในพื้นที่อำเภอฟางน้ำ และไชยปราการ ได้ ภาพที่ 1-1 แสดงแนวคิดและกรอบการศึกษาของโครงการวิจัย “การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเปลือกอ่อน (สายน้ำผึ้ง)”



ภาพที่ 1-1 แนวคิดและกรอบการศึกษาของโครงการวิจัย “การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเปลือกอ่อน (สายน้ำผึ้ง)”

## 1.4 พื้นที่ศึกษา

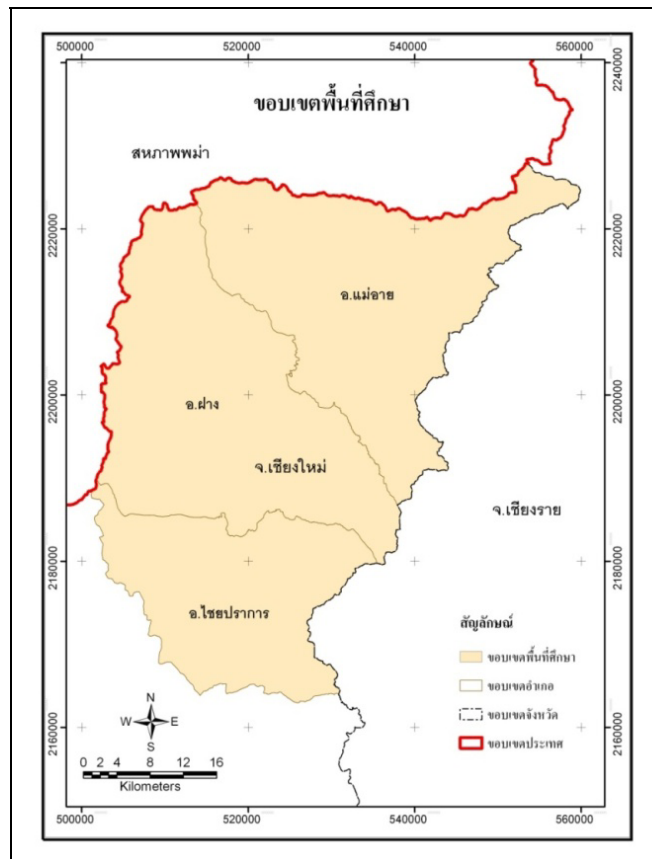
พื้นที่ศึกษาของโครงการวิจัย “การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเปลือกอ่อน (สายน้ำผึ้ง)” ถูกแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ตามรายละเอียดของการศึกษาในโครงการวิจัย คือ (1) พื้นที่ทั้งหมดของอำเภอฝาง อำเภอแม่อาย และ อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ (เป็นพื้นที่ที่มีขนาดใกล้เคียงกับพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง) ซึ่งเป็นระดับพื้นที่ที่โครงการวิจัยต้องการศึกษาลักษณะภาพรวมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ปลูกส้ม การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกส้ม สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ในการผลิตส้ม และข้อมูลทรัพยากรน้ำและคุณภาพน้ำ และ (2) พื้นที่ลุ่มน้ำแม่สูน เป็นระดับลุ่มน้ำย่อยซึ่งอยู่ในเขตอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นระดับพื้นที่ที่โครงการวิจัยต้องการศึกษารายละเอียดของการผลิตส้มในระดับลุ่มน้ำย่อย ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ปลูกส้ม การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกส้ม สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ในการผลิตส้ม ข้อมูลทรัพยากรน้ำและคุณภาพน้ำ ความต้องการน้ำของระบบการผลิตส้ม ในระดับลุ่มน้ำย่อย โดยพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ระดับ มีรายละเอียดต่อไปนี้

### 1.4.1 พื้นที่ศึกษา; อำเภอฝาง อำเภอแม่อาย และอำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

#### (1) ที่ตั้งและสภาพภูมิประเทศ

พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาย และไชยปราการ ตั้งอยู่ทางตอนบนของจังหวัดเชียงใหม่ มีเนื้อที่รวมทั้งสิ้น 2,135 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,334,375 ไร่ ตั้งอยู่ที่ประมาณเส้นละติจูดที่  $19^{\circ} 30' N$  ถึง  $20^{\circ} 15' N$  และ ลองจิจูดที่  $99^{\circ} 00' E$  ถึง  $99^{\circ} 35' E$  มีพื้นที่ติดต่อกับใกล้เคียงดังนี้ คือ ทิศเหนือ เป็นเขตชายแดนติดกับประเทศเมียนมาร์ (Myanmar) ทิศใต้ ติดกับ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ ทิศตะวันออก ติดกับ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ อ.แม่สรวย และ อ.แม่จัน จ.เชียงราย และทิศตะวันตก ส่วนหนึ่งติดกับ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ และอีกส่วนหนึ่งเป็นเขตชายแดนติดกับประเทศเมียนมาร์ (Myanmar) ภาพที่ 1-2 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่อำเภอฝาง แม่อาย และ ไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาย และไชยปราการ มีพื้นที่คาบเกี่ยวอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง มีลักษณะเป็นแอ่งที่ราบขนาดใหญ่ ล้อมรอบด้วยเทือกเขาหรือภูเขาเกิดเป็นแอ่งมีรูปร่างยาวรี ทอดตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา ที่ราบลุ่มน้ำ และที่ราบเชิงเขา แอ่งฝางมีแม่น้ำสายสำคัญที่ไหลผ่านคือ แม่น้ำฝาง ซึ่งไหลจากอำเภอไชยปราการขึ้นไปทางทิศเหนือผ่านอำเภอฝาง อำเภอแม่อาย และบรรจบกับแม่น้ำกกซึ่งไหลมาจากประเทศพม่า ผ่านทางวัดท่าตอน อำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณที่แม่น้ำทั้งสองสายมาบรรจบกันนี้ เรียกว่า “สบฝาง” แอ่งฝางเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติเหมาะสมต่อระบบเกษตรกรรม (จุฑพร, 2550)



ภาพที่ 1-2 พื้นที่ศึกษาโครงการวิจัย ฯ; อำเภอฝาง แม่เฒ่า และไชยปราการ

## (2) สภาพภูมิอากาศ

พื้นที่อำเภอฝาง แม่เฒ่า และไชยปราการเป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ จึงทำให้โดยทั่วไปมีฝนตกชุก สภาพอากาศเย็นชื้นตลอดปี แต่อุณหภูมิค่อนข้างสูงในฤดูแล้งซึ่งเคยวัดได้ถึง 35 องศาเซลเซียส และหนาวเย็นในฤดูหนาว ยอดดอยมีอากาศหนาวจัด (เฉพาะในเดือนธันวาคม - มกราคม) อุณหภูมิต่ำสุดที่วัดได้ประมาณ 10 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายน ประมาณ 236-305 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดปีประมาณ 1,500 มิลลิเมตร ในปี 2550 (ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิตเชียงใหม่, 2551)

## (3) สภาพเศรษฐกิจ – สังคม

พื้นที่ลุ่มน้ำฝาง (อำเภอฝาง แม่เฒ่า และไชยปราการ) เป็นแหล่งเกษตรกรรมที่สำคัญ มีผู้คนหลากหลายเผ่าพันธุ์ทั้งคนพื้นเมือง ไทยใหญ่ และ ชาวเขาเผ่าต่าง ๆ อพยพเข้ามาเพื่อแสวงหาที่ทำกิน และได้ตั้งถิ่นฐานกระจายอยู่ทั่วไปทั้งที่ราบลุ่มแม่น้ำเชิงเขาและบนพื้นที่สูง ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ในปัจจุบัน พื้นที่ลุ่มน้ำฝางเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่สำคัญของประเทศ กลุ่ม

ทุนขนาดใหญ่ให้ความสนใจเข้ามาประกอบธุรกิจด้านการเกษตร ซึ่งได้ขยายฐานจากเกษตรกรรายย่อย มาเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรแบบครบวงจรเพื่อส่งออก โดยเฉพาะกิจการสวนส้ม ทุกหมู่บ้านในพื้นที่ลุ่มน้ำฝางต่างมีสวนส้มอยู่ในเขตชุมชนทั้งที่เป็นสวนส้มของชาวบ้านในท้องถิ่นและมีผู้มาลงทุนจากภายนอก นอกจากนี้ ยังมีการก่อตั้งโรงงานขนาดเล็กถึงขนาดกลางที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร เช่น โรงงานแวกซ์ส้ม โรงงานหน่อไม้แป้น เห็ด ผักกระป๋อง ลินจี และ ลำไยกระป๋อง เป็นต้น ตารางที่ 1-1 แสดงข้อมูลสภาพภูมิสังคมทั่วไปของพื้นที่ศึกษา อำเภอฝาง แม่อาว และไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 1-1 สภาพภูมิสังคมของพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาว และไชยปราการ

| สภาพภูมิสังคม                      | อำเภอฝาง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | อำเภอแม่อาว                            | อำเภอไชยปราการ                                            |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1. เนื้อที่                        | 833.23 ตร.กม.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 767.16 ตร.กม.                          | 505.93 ตร.กม.                                             |
| 2. ลักษณะภูมิประเทศ                | พื้นที่เป็นแอ่งกระทะ มีภูเขาและป่าไม้ล้อมรอบและลาดเอียงลงสู่ส่วนกลางซึ่งเป็นพื้นที่ราบ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำลุ่มน้ำกก            | ที่ราบ 7.92 %<br>ภูเขาป่าไม้ 91.89 %<br>พื้นที่น้ำ 0.19 % |
| 3. สายน้ำสำคัญ                     | 1. แม่น้ำฝาง<br>2. ห้วยแม่ใจ<br>3. ลำน้ำแม่มาว<br>4. ลำน้ำแม่ฮูน<br>5. ลำน้ำแม่ซ่า                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1. แม่น้ำกก<br>2. แม่น้ำฝาง            | 1. แม่น้ำฝาง<br>2. หนองควายตก                             |
| 4. สภาพภูมิอากาศ                   | มีลักษณะทางภูมิอากาศแบบมรสุม มี 3 ฤดู คือ<br>1. ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือน มี.ค.-พ.ค.<br>2. ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือน มิ.ย.-ต.ค.<br>3. ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือน พ.ย.-ก.พ.<br>อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 20-25 องศา มีอากาศหนาวเย็นในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 10-19 องศาเซลเซียส บางปีอาจลดลงต่ำถึง 20 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายนประมาณ 34-39 องศาเซลเซียส ฤดูฝนปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200-1,400 มม. |                                        |                                                           |
| 5. การปกครอง                       | 4 ตำบล 44 หมู่บ้าน<br>1 เทศบาล 3 อบต.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 8 ตำบล 119 หมู่บ้าน<br>2 เทศบาล 8 อบต. | 7 ตำบล 93 หมู่บ้าน<br>1 เทศบาล 6 อบต.                     |
| 6. ข้อมูลเศรษฐกิจ<br>6.1 อาชีพหลัก | เกษตรกรรม ได้แก่ ทำสวนส้มสายน้ำผึ้ง สวนลันจี สวนพุทธรานม สวนบัวย ท่อสลี หอมหัวใหญ่ กระเทียม หอมแดง ฯลฯ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                        |                                                           |
| 6.2 อาชีพเสริม                     | 1. ทอผ้า จักสานจากไม้ไผ่ ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผลผลิตทางการเกษตร เช่น มันทอดกัลยา บัวยดอง ทอดอง ฯลฯ<br>2. เลี้ยงสัตว์ 3.การค้าขาย 4.การประกอบธุรกิจท่องเที่ยว 5.รับจ้าง                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                        |                                                           |

ที่มา: ปรับปรุงจาก พิทยา และคณะ (2551)

- พืชเศรษฐกิจหลักในอำเภอดงหลวง ไชยปราการ และแม่ฮาด

นอกเหนือจากส้มเขียวหวานแล้วในพื้นที่อำเภอดงหลวง แม่ฮาด และไชยปราการ ยังมีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจประเภทไม้ผล ข้าว พืชไร่ และพืชผักอีกหลายชนิด ตารางที่ 1-2 แสดงข้อมูลพืชเศรษฐกิจหลักที่มีการเพาะปลูกในอำเภอดงหลวง แม่ฮาด และไชยปราการ ในปี พ.ศ. 2551/2552

ตารางที่ 1-2 พืชเศรษฐกิจหลักในอำเภอดงหลวง ไชยปราการ และแม่ฮาด ปี 2551/2552

| พืชเศรษฐกิจหลัก   | พื้นที่ปลูก (ไร่) | พื้นที่ให้ผล (ไร่) | ผลผลิตเฉลี่ย (กก./ไร่) | ผลผลิตรวม (ตัน) |
|-------------------|-------------------|--------------------|------------------------|-----------------|
| อำเภอดงหลวง       |                   |                    |                        |                 |
| 1. ส้มสายน้ำผึ้ง  | 53,499            | 40,873             | 4,500                  | 183,929         |
| 2. ข้าวเหนียวนาปี | 41,184            | 41,184             | 710                    | 19,241          |
| 3. ลิ้นจี่        | 16,087            | 16,087             | 776                    | 12,484          |
| 4. ลำไย           | 5,252             | 5,252              | 900                    | 4,727           |
| 5. พริกขี้หนูสวน  | 465               | 465                | 1,800                  | 837             |
| พริกขี้หนูใหญ่    | 2,989             | 2,989              | 1,110                  | 3,318           |
| 6. หอมหัวใหญ่     | 2,782             | 2,642              | 3,900                  | 10,304          |
| 7. กระเทียม       | 4,683             | 4,683              | 3,300                  | 15,454          |
| อำเภอแม่ฮาด       |                   |                    |                        |                 |
| 1. ส้มสายน้ำผึ้ง  | 27,199            | 25,749             | 3,200                  | 82,397          |
| 2. ข้าวเหนียวนาปี | 76,669            | 76,669             | 750                    | 57,502          |
| 3. ลิ้นจี่        | 7,300             | 6,780              | 700                    | 4,746           |
| 4. กระเทียม       | 4,500             | 4,500              | 4,000                  | 18,000          |
| อำเภอไชยปราการ    |                   |                    |                        |                 |
| 1. กระเทียม       | 3,330             | 3,330              | 4,000                  | 13,320          |
| 2. ข้าวเหนียวนาปี | 5,458             | 5,458              | 750                    | 4,094           |
| 3. ลำไย           | 11,690            | 11,690             | 950                    | 11,106          |
| 4. ลิ้นจี่        | 9,956             | 9,956              | 747                    | 7,437           |

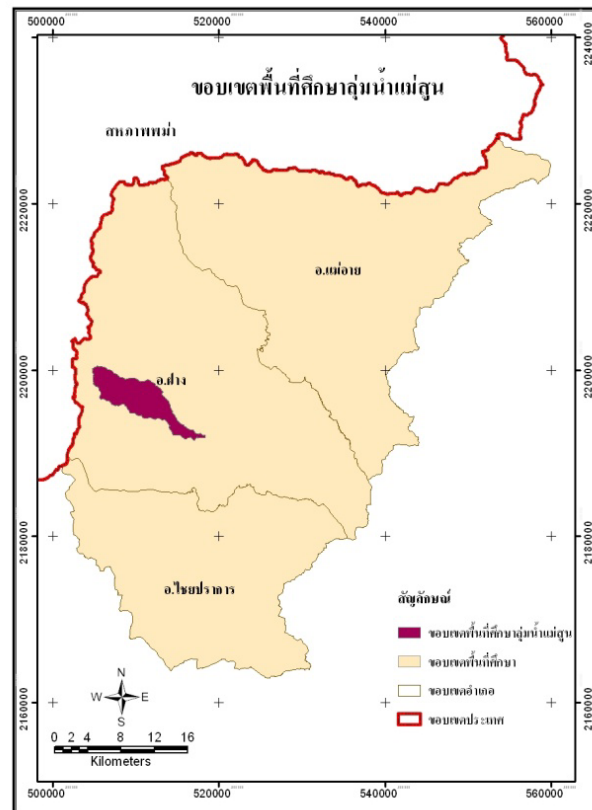
ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ (2551)

#### 1.4.2 พื้นที่ศึกษา; ลุ่มน้ำแม่ฮาด อำเภอดงหลวง จังหวัดเชียงใหม่

##### (1) ที่ตั้งและสภาพภูมิประเทศ

ลุ่มน้ำแม่ฮาด เป็นลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำฝางตั้งอยู่ที่อำเภอดงหลวง จังหวัดเชียงใหม่ ประมาณเส้นละติจูดที่ 19° 49' 10" เหนือ ถึง 19° 54' 2" เหนือ และลองจิจูดที่ 99° 10' 30" ตะวันออก ถึง 99° 2' 44"

ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของตำบลแม่สุ่น และบางส่วนของตำบลแม่งอน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่รวมประมาณ 39 ตารางกิโลเมตร (2,437 ไร่) ภาพที่ 1-3 แสดงที่ตั้งและขอบเขตของพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่สุ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 1-3 พื้นที่ศึกษาโครงการวิจัย ฯ; ลุ่มน้ำแม่สุ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำแม่สุ่น พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลาดเอียงเล็กน้อย บางส่วนเป็นลอนลูกคลื่น ลาดเอียงจากทิศตะวันตกซึ่งเป็นภูเขาและป่าไม้ ลงสู่ลำน้ำฝางซึ่งกั้นอาณาเขตระหว่างตำบลแม่สุ่นกับตำบลแม่คะทางด้านทิศตะวันออก ลักษณะของดินทางด้านทิศตะวันออกของตำบลแม่สุ่นซึ่งเป็นที่ราบลุ่มลำน้ำฝาง เป็นดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดและพืชผัก ส่วนทางด้านทิศตะวันตกเป็นที่ลาดชัน เชิงเขาลอนลูกคลื่น มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ เหมาะแก่การเพาะปลูกพืชไร่และไม้ผล ซึ่งมีการใช้สารเคมีเกษตร โดยเฉพาะปุ๋ยและยาในปริมาณสูง ในส่วนของแหล่งน้ำสำคัญที่ใช้หล่อเลี้ยงการเกษตรภายในลุ่มน้ำคือ ลำน้ำแม่สุ่นหลวง (สำนักงานเกษตรอำเภอฝาง, 2551)

## (2) สภาพเศรษฐกิจ – สังคม

ประชากรในลุ่มน้ำแม่สุ่นส่วนใหญ่อยู่ในตำบลแม่สุ่นซึ่งแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 17 หมู่บ้าน มีประชากรทั้งสิ้น 11,592 คน แยกเป็นชาย 5,741 คน หญิง 5,851 คน ประชากรส่วนใหญ่

นับถือศาสนาพุทธ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก (62.8%) ได้แก่ การทำสวนส้ม ปลูก  
ลิ้นจี่ ทำนา ปลูกกระเทียม และปลูกพืชตามฤดูกาล นอกจากนั้นมีอาชีพค้าขายและรับจ้างบ้างเล็กน้อย

### เอกสารอ้างอิง

จตุพร หล้าใจ. 2550. กระบวนการเรียกร้องสิทธิการจัดการทรัพยากรธรรมชาติของชุมชนในพื้นที่ลุ่มน้ำ  
ฝาง. วิทยานิพนธ์ ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จุฑามาศ อ่อนนิมิต. 2546. คู่มือการปลูกส้มเขียวหวาน. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 200 หน้า.

จุมพล ยูวะนิยม และอภิรดี อิมเอบ. 2544. การจัดการดินและน้ำเพื่อผลิตส้มเขียวหวานใน 4 จังหวัด  
ภาคเหนือ. ใน คู่มือการจัดการส้มเขียวหวาน. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. โครงการถ่ายทอด  
เทคโนโลยีส้มเขียวหวาน ภายใต้ความร่วมมือระหว่างกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และ  
ทบวงมหาวิทยาลัย. หน้า 1-34.

เปรมปรี ญ สงขลา. 2544. คู่มือการทำสวนส้มอย่างมืออาชีพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มิตรเกษตร  
การตลาดและโฆษณา. 374 หน้า.

พิทยา สรวมศิริ อำพรพร พรมศิริ สมบัติ ศรีชูวงศ์ จิราพร ตยุดิฎฎิกุล อังสนา อัศวพิศาล เกวลิน คุณา  
ศักดิ์ากุล ชวนพิศ บุญชิตศิริกุล ตรีณี นาพรหม ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข อรรพรณ ฉัตรสีรุ่ง  
ชูชาติ สันธทรัพย์ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และวิลาวัลย์ คำปวน. 2551. รายงานความก้าวหน้า  
โครงการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรผู้  
ปลูกส้ม เชียงใหม่ เพื่อการปรับตัวจากผลกระทบของการเปิดเสรีทางการค้า. คณะ  
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เสนอต่อกรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 257  
หน้า.

ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิตเชียงใหม่. 2551. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิราย  
เดือน ในรอบปี 2548 -2551. ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัยการผลิตเชียงใหม่ อ. ฝาง  
จ. เชียงใหม่.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2551. สถานการณ์การผลิตส้มเขียวหวาน จังหวัดเชียงใหม่ ปี  
2551/52 งานส่งเสริมการผลิตไม้ผล สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2 ตุลาคม 2551.

สำนักงานเกษตรอำเภอฝาง. 2551. แผนพัฒนาการเกษตรระดับตำบลแม่สุ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่  
ปี 2551-2553. 28 หน้า.

อำเภอพรหม ภราดรพันธุ์. 2552. ข้อมูลจากที่ประชุมการพัฒนาชุดโครงการวิจัยส้ม ครั้งที่ 1 เมื่อ 21  
เม.ย. 52. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

-----

## บทที่ 2

### ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

ถาวร อ่อนประไพ<sup>1</sup> ศศิประภา แถวถำ<sup>2</sup> รินทร์ระวี ณ ลำพูน<sup>2</sup>

จินดาวรรณ คำโมนะ<sup>2</sup> และ วาสนา วิรุณรัตน์<sup>3</sup>

-----

การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภายในพื้นที่ระดับลุ่มน้ำให้ทันสมัยและมีความถูกต้อง จะช่วยให้สามารถวางแผน จัดการ พัฒนา และติดตามประเมินผลการเปลี่ยนแปลงสภาพทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสามารถเก็บรักษาข้อมูลและเรียกแสดงผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว โครงการวิจัย ฯ พัฒนาฐานระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน (baseline) เชิงพื้นที่ด้านกายภาพ ข้อมูลเชิงเวลาของการผลิตส้ม การใช้ทรัพยากร และใช้อธิบายสภาพพื้นที่ ลักษณะลุ่มน้ำ ทรัพยากรที่ดิน (ดิน น้ำ และป่าไม้) การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสถานการณ์ของพื้นที่ปลูกส้ม รวมถึงพื้นที่ปลูกส้มที่ได้รับผลกระทบจากโรคของส้ม ตลอดจนใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประกอบการพัฒนาระบบเรียกใช้ด้านสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่ การพัฒนาฐานระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในโครงการวิจัย ฯ แบ่งงานออกเป็น (1) ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน (2) ฐานข้อมูลลุ่มน้ำ (3) การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (4) พื้นที่ปลูกส้ม; การเปลี่ยนแปลงและความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน และ (5) ผลกระทบจากโรคของส้มในเชิงพื้นที่ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 2.1 ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน

#### 2.1.1 ความสำคัญของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

การจัดเตรียมข้อมูลและการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของโครงการฯ ในช่วงระยะเวลาศึกษาวิจัยที่ผ่านมาโครงการฯ ได้พัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ภายในพื้นที่ 3 ระดับ คือ ระดับขอบเขตการปกครอง ลุ่มน้ำหลัก และลุ่มน้ำย่อย เพื่อให้ข้อมูลมีความทันสมัยและเหมาะสมกับพื้นที่แต่ละระดับ สำหรับนำไปใช้เป็นประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น วางแผน จัดการ พัฒนา และติดตามประเมินผลการเปลี่ยนแปลงสภาพทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ของพื้นที่ลุ่มน้ำได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

---

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

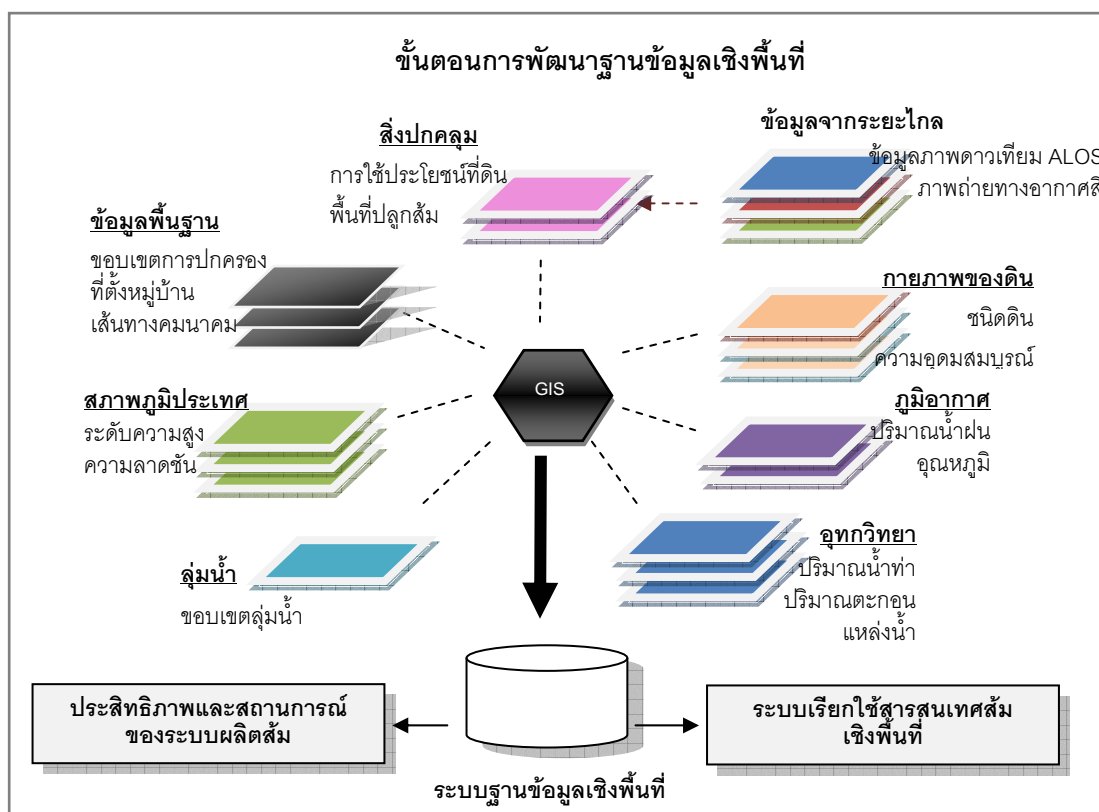
<sup>2</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>3</sup> นศ.ปริญญาเอก สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

FAO (1996) ได้ให้ความสำคัญของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ว่ามีความจำเป็นสำหรับงานระดับนโยบาย ในการวางแผนทั้งด้านอนุรักษ์ พัฒนา และฟื้นฟู โดยเฉพาะอย่างยิ่งฐานข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเป็น องค์ประกอบหลักที่สำคัญของฐานข้อมูลทรัพยากรในเชิงพื้นที่ที่ต้องพัฒนาขึ้นเพื่อให้มีความชัดเจนทั้งใน แ่งของเส้นสันปันน้ำที่แสดงขอบเขตที่แน่นอนและแนวโดยรอบของพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมทั้งตำแหน่งเชิงพื้นที่ และลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำนั้น ๆ เพื่อประโยชน์และประสิทธิภาพในการจัดการพัฒนา

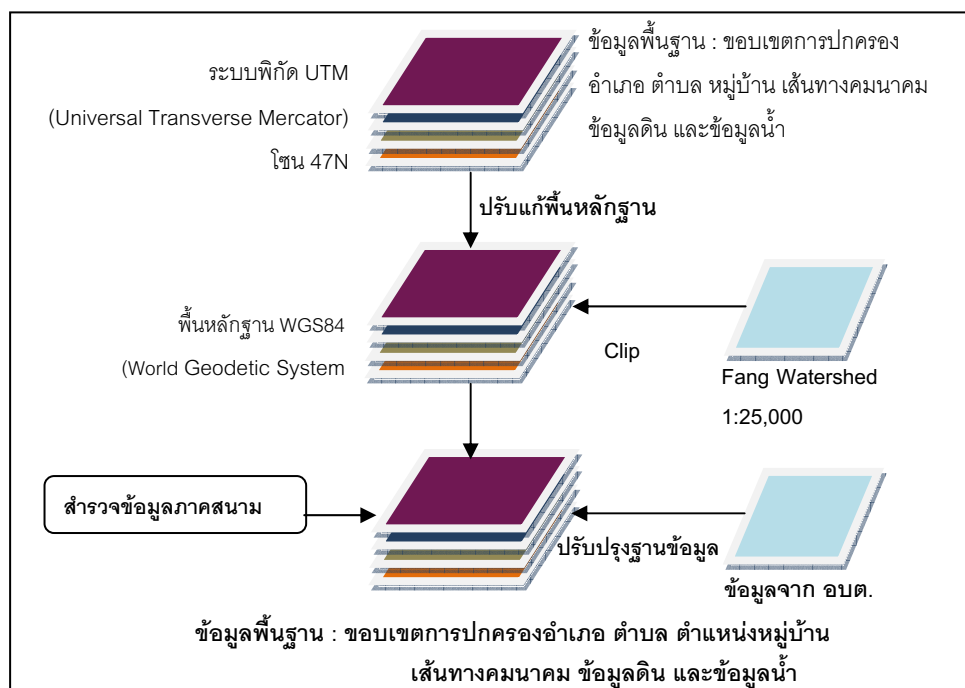
### 2.1.2 การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน

ขั้นตอนการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (ภาพที่ 2-1) ใช้วิธีปรับปรุงจากฐานข้อมูลที่มีอยู่เดิมจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน กรมป่าไม้ กรมแผนที่ทหาร และการสำรวจเก็บรวบรวม ข้อมูลจากภาคสนามในพื้นที่ และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) โดยทั้งหมดเป็นข้อมูลที่อยู่ใน มาตราส่วน 1:50,000 ในระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) โซน 47N บนพื้นหลักฐาน Indian1975 ซึ่งโครงการ ฯ ได้ทำการปรับแก้พื้นหลักฐานให้เป็นระบบ WGS84 (World Geodetic System 1984) รวมถึงการสัมภาษณ์ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่และเกษตรกรผู้ปลูกส้ม จากนั้นทำการวิเคราะห์ พัฒนา และปรับปรุงข้อมูลต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมจัดการข้อมูลทางระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS 9.2 (ESRI, 2007) จากนั้นใช้ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ศึกษา (อำเภอฝาง แม่ อาย และไชยปราการ) ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำหลัก และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นทำการตัด (clip) เข้ากับชั้นข้อมูลตามระดับขอบเขตที่ต้องการ



ภาพที่ 2-1 ขั้นตอนการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของโครงการวิจัย ฯ

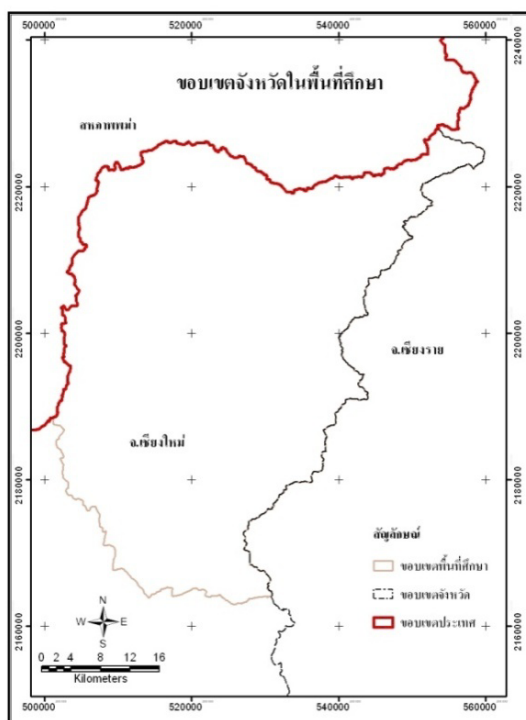
ภาพที่ 2-2 แสดงขั้นตอนการพัฒนาข้อมูลพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลขอบเขตการปกครอง (ในระดับตำบล อำเภอ จังหวัด) ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งหมู่บ้าน ข้อมูลทรัพยากรน้ำ (ได้แก่ เส้นทางน้ำ อ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำ และการใช้น้ำ) ข้อมูลเส้นทางคมนาคม และข้อมูลชุดดิน โดยผลการพัฒนาข้อมูลพื้นฐานได้จัดเก็บไว้ในลักษณะของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Personal Geodatabase ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS 9.2 ภาพที่ 2-3 แสดงชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่ศึกษา (อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ) ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ให้ชื่อชั้นข้อมูลว่า “Sainamphung\_Province” เนื้อที่จำนวน 1,316,445.85 ไร่ ภาพที่ 2-4 แสดงชั้นข้อมูลขอบเขตอำเภอที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่ศึกษา (Sainamphung\_Amphoe) จำนวน 3 อำเภอ คือ อำเภอฝาง 520,766.0 ไร่ อำเภอแม่ฮาย 479,474.2 ไร่ และอำเภอไชยปราการ เนื้อที่จำนวน 316,205.6 ไร่



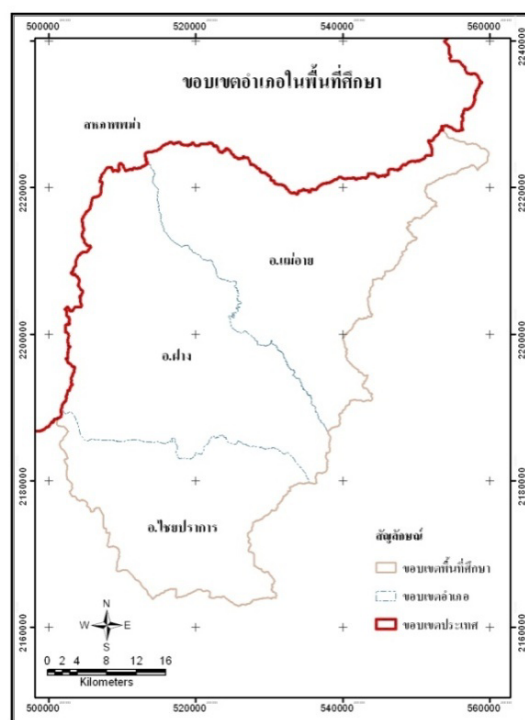
ภาพที่ 2-2 ขั้นตอนการพัฒนาข้อมูลพื้นฐาน

ภาพที่ 2-5 แสดงชั้นข้อมูลขอบเขตตำบลที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่ศึกษา (Sainamphung\_Tambon) จำนวน 19 ตำบล ได้แก่ ตำบลศรีดงเย็น เนื้อที่จำนวน 187,936.3 ไร่ ตำบลปงดำ 6,652.4 ไร่ ตำบลแม่ทะลบ 61,118.6 ไร่ ตำบลหนองบัว 60,498.0 ไร่ ตำบลแม่ฮ่า 26,858.1 ไร่ ตำบลแม่คะ 99,042.2 ไร่ ตำบลแม่ฮ่อน 52,962.3 ไร่ ตำบลแม่ฮอน 62,552.8 ไร่ ตำบลสันทราย 25,067.5 ไร่ ตำบลบ้านหลวง 96,118.2 ไร่ ตำบลเวียง 61,601.0 ไร่ ตำบลสันตันหมื้อ 17,069.9 ไร่ ตำบลแม่นาวาง 117,208.9 ไร่ ตำบลม่อนปิ่น 100,706.3 ไร่ ตำบลโป่งน้ำร้อน 91,985.3 ไร่ ตำบลมะลิกา 28,077.7 ไร่ ตำบลแม่ฮาย 55,848.5 ไร่ ตำบลแม่สาว 115,177.6 ไร่ และตำบลท่าตอน 49,963.4 ไร่ มีโครงสร้างข้อมูลเป็นพื้นที่รูปปิด (polygon) และภาพที่ 2-6 แสดงชั้นข้อมูลตำแหน่งของหมู่บ้าน “Sainamphung\_Villages” โดยอยู่ใน

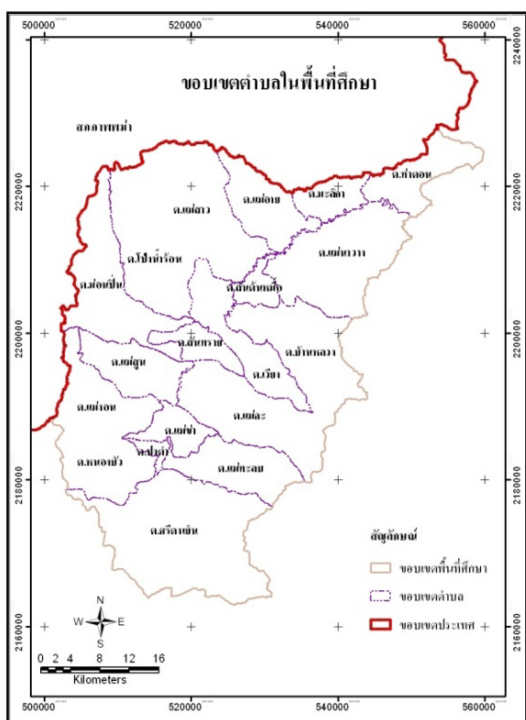
กลุ่มเดียวกับฐานข้อมูลขอบเขตการปกครอง มีโครงสร้างข้อมูลเป็นจุด (point) มีข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้าน  
จำนวนทั้งสิ้น 292 หมู่บ้าน



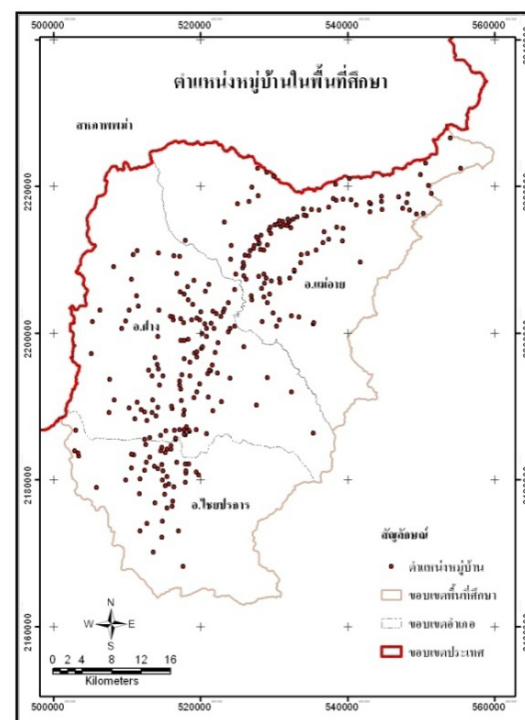
ภาพที่ 2-3 ข้อมูลขอบเขตจังหวัด



ภาพที่ 2-4 ข้อมูลขอบเขตอำเภอ

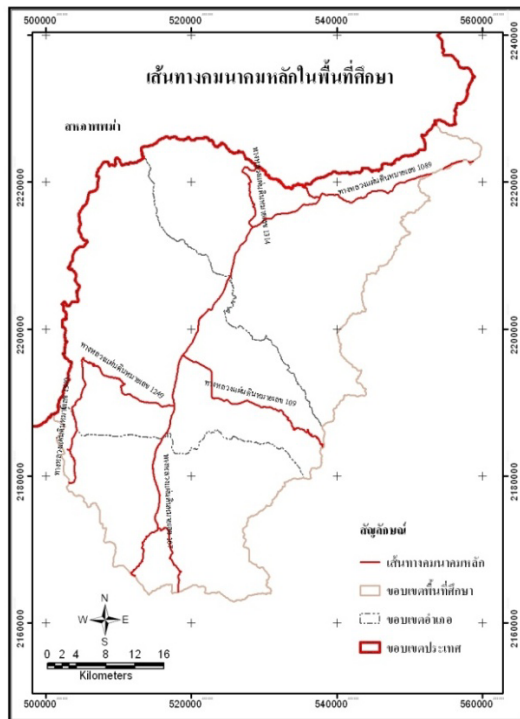


ภาพที่ 2-5 ข้อมูลขอบเขตตำบล

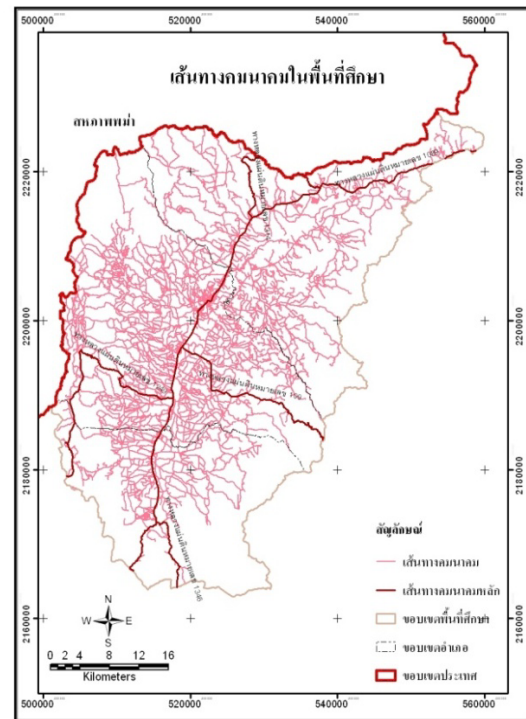


ภาพที่ 2-6 ข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้าน

ภาพที่ 2-7 และภาพที่ 2-8แสดงชั้นข้อมูลเส้นทางการคมนาคมหลักและเส้นทางการคมนาคมรวมในพื้นที่ศึกษา (อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ) ชื่อชั้นข้อมูล “Sainamphung\_Transport” มีโครงสร้างข้อมูลเป็นเส้นโครงข่าย (polyline) ผลการพัฒนาแสดงข้อมูลตำแหน่งและเส้นทางการคมนาคม (ทางบก) มีทั้งถนนพื้นแข็งและพื้นอ่อน มีเส้นทางหลักที่สำคัญ คือ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 107, 109, 1089, 1249, 1314, 1340 และ 1346 ทางหลวงชนบท ชม. 3001 และ 3004



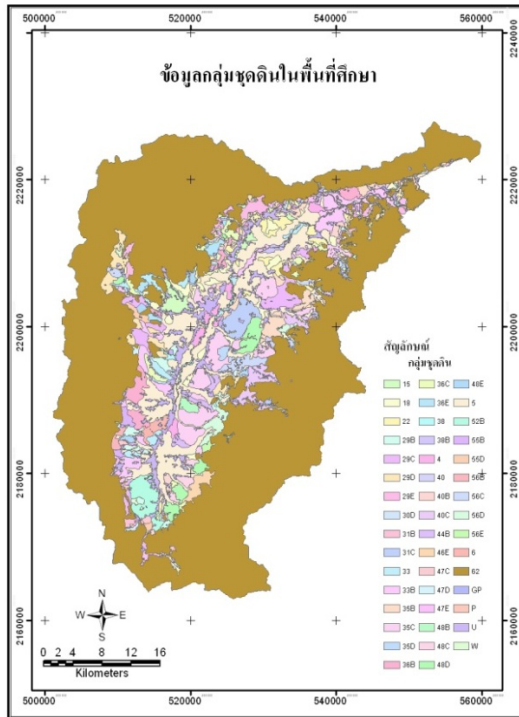
ภาพที่ 2-7 ข้อมูลเส้นทางการคมนาคมหลัก



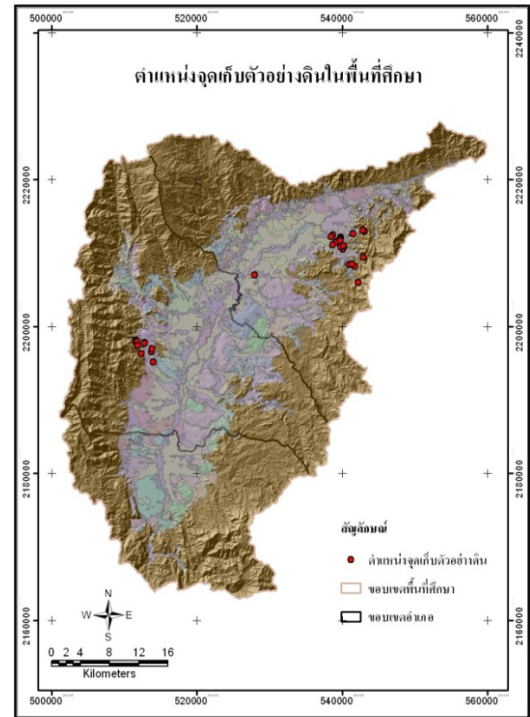
ภาพที่ 2-8 ข้อมูลเส้นทางการคมนาคมรวม

ภาพที่ 2-9 แสดงชั้นข้อมูล “กลุ่มชุดดิน” (Sainamphung\_Soil group) ในพื้นที่ศึกษา มีโครงสร้างข้อมูลเป็นพื้นที่รูปปิด (polygon) แสดงตำแหน่งและพื้นที่ข้อมูลกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 41 ชุดดิน และภาพที่ 2-10 ตำแหน่งการเก็บสำรวจตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติความอุดมสมบูรณ์ของดิน และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม ตามลำดับ

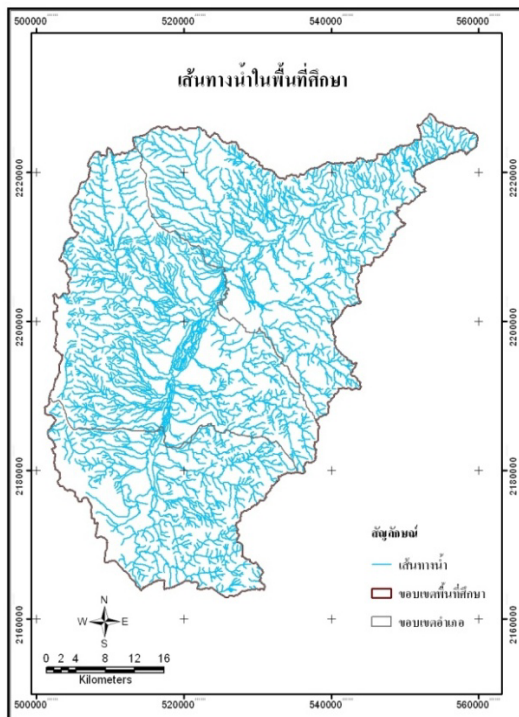
ฐานข้อมูลทรัพยากรน้ำที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย ข้อมูลเส้นทางน้ำและแม่น้ำสายหลักที่สำคัญตามธรรมชาติ และข้อมูลแหล่งกักเก็บน้ำในพื้นที่ศึกษา (อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ) ซึ่งให้ชื่อชั้นข้อมูลว่า “Sainamphung\_Stream line” โดยมีแม่น้ำสายหลักที่ไหลผ่านตลอดทั้งพื้นที่ คือ น้ำแม่ฝาง (ภาพที่ 2-11) ส่วนข้อมูลอ่างเก็บน้ำและบ่อน้ำ แสดงข้อมูลพื้นที่อ่างเก็บน้ำ 13 แห่ง และบ่อเก็บน้ำจำนวน 516 แห่ง รวมทั้งสิ้น 529 แห่ง ให้ชื่อชั้นข้อมูลนี้ว่า “Sainamphung\_Water body” โครงสร้างข้อมูลเป็นพื้นที่รูปปิด (polygon) (ภาพที่ 2-12)



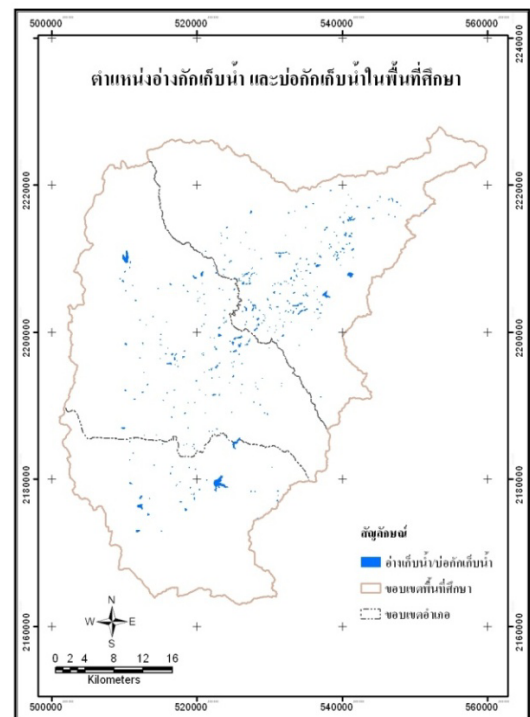
ภาพที่ 2-9 ข้อมูลกลุ่มชุดดิน



ภาพที่ 2-10 ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดิน



ภาพที่ 2-11 ข้อมูลเส้นทางน้ำ



ภาพที่ 2-12 ข้อมูลอ่างและบ่อกักเก็บน้ำ

## 2.2 ฐานข้อมูลลุ่มน้ำ

### 2.2.1 ลุ่มน้ำ และความสำคัญของข้อมูลลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำ คือ พื้นที่ซึ่งล้อมรอบด้วยสันปันน้ำ (boundary) ซึ่งเป็นที่รับน้ำฝนของแม่น้ำสายหลักในพื้นที่นั้น ๆ เมื่อฝนตกลงมาในลุ่มน้ำจะไหลลงสู่ลำธารสายย่อย (sub-order) แล้วรวมกันสู่ลำธารสายใหญ่ (order) และไหลสู่แม่น้ำสายหลัก (mainstream) ในที่สุดไหลออกปากทางของลุ่มน้ำนั้น ๆ (outlet) พื้นที่ลุ่มน้ำ จึงหมายถึงหน่วยของพื้นที่หนึ่งที่มีลักษณะดังที่กล่าวในข้างต้น และประกอบด้วยทรัพยากรด้านกายภาพ ชีวภาพ สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ – สังคม ที่ปะปนรวมกันอย่างกลมกลืนจนมีพฤติกรรมร่วมกันและมีลักษณะเฉพาะ

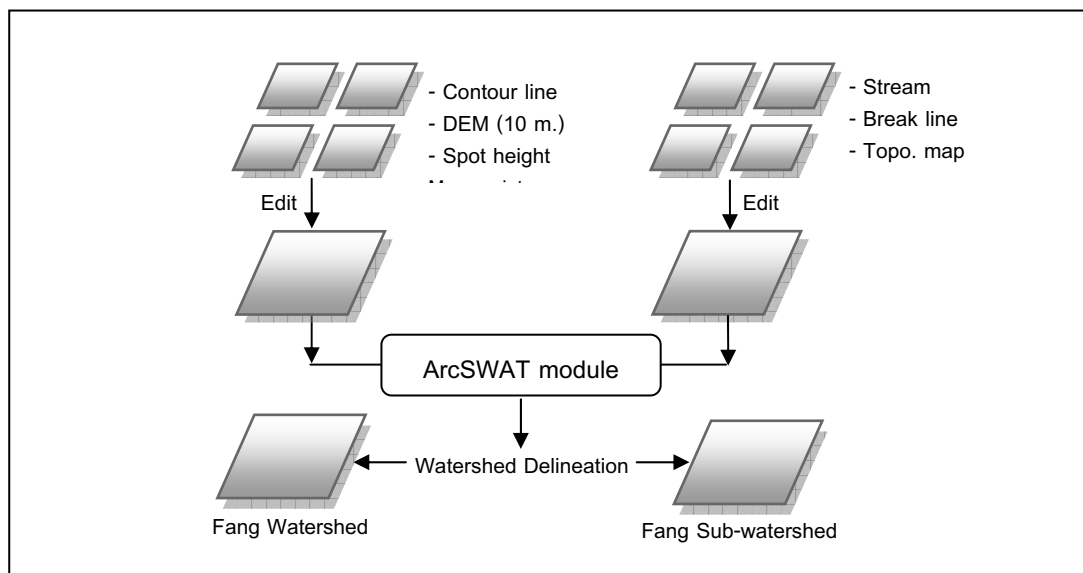
ข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีความสำคัญต่อการศึกษาและวิจัยในหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และสังคมมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพฤติกรรมและกิจกรรมการประกอบอาชีพของมนุษย์ในปัจจุบันที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และเกิดผลกระทบต่อพื้นที่ลุ่มน้ำโดยตรง การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในที่สุดผลกระทบได้ย้อนกลับมาเป็นความเสียหายที่เกิดกับมนุษย์เองอย่างประมาทค่ามิได้ โดยเฉพาะผู้ที่อาศัยดำรงชีพอยู่ในลุ่มน้ำนั้น ๆ ตัวอย่างผลกระทบจากทรัพยากรน้ำ ได้แก่ ภัยแล้งรุนแรง และน้ำท่วมฉับพลัน เป็นต้น

การพัฒนาข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำในโครงการวิจัย ฯ นี้ ได้เริ่มต้นจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีพื้นที่เทียบเคียงกับพื้นที่ศึกษา (อำเภอฝาง แม่าย และไชยปราการ) คือ “พื้นที่ลุ่มน้ำฝาง” ซึ่งมีลักษณะเป็นแอ่งที่ราบขนาดใหญ่ ธรณีสัณฐานฝางหรือแอ่งฝางนั้นเป็นที่ลุ่ม ล้อมรอบด้วยเทือกเขาหรือภูเขา ซึ่งเป็นผลจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกตามแนวแผ่นเปลือกโลก ทำให้ผิวโลกได้รับแรงดึง (Oligocene - Miocene) เกิดเป็นแอ่งมีรูปร่างยาวรี ทอดตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ตามทิศทางของแรงกระทำ (Pull – Apart Basin) เหตุนี้เองที่ทำให้แอ่งฝางมีถึงสามอำเภอในแอ่งเดียว พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา เป็นที่ราบลุ่มน้ำ และที่ราบเชิงเขา โดยแอ่งที่ราบลุ่มน้ำฝางอยู่ระหว่างแนวโอบล้อมของเทือกเขาแดนลาวทางทิศเหนือ อ้อมลงมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จรดกับเทือกเขาผีปันน้ำทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่ทอดตัวปิดล้อมลงมาทางใต้ ตามแนวเทือกเขาของดอยเวียงผา ในเขตอำเภอไชยปราการจังหวัดเชียงใหม่ แอ่งฝางมีแม่น้ำสายสำคัญที่ไหลผ่าน คือ น้ำแม่ฝาง ซึ่งไหลจากอำเภอไชยปราการขึ้นไป ทางทิศเหนือผ่านอำเภอฝาง อำเภอแม่าย และบรรจบกับน้ำแม่กก ซึ่งไหลมาจากประเทศพม่า ผ่านทางวัดท่าตอน ตำบลท่าตอน อำเภอแม่าย จังหวัดเชียงใหม่บริเวณที่แม่น้ำทั้งสองสายมาบรรจบกันนี้ เรียกว่า “สบฝาง” เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติเหมาะสมต่อระบบเกษตรกรรม

## 2.2.2 การพัฒนาฐานข้อมูลลุ่มน้ำ

ข้อมูลเชิงพื้นที่ของ “ลุ่มน้ำฝาง” ถูกพัฒนาด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.2 (ArcSWAT module) (ESRI, 2007; SWAT, 2008) ที่มาตราส่วน 1: 25,000 โดยใช้ชุดข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) ซึ่งโครงการ ฯ ได้ทำการวิเคราะห์และพัฒนาขึ้นจากข้อมูลเส้นชั้นความสูงของกรมแผนที่ดิน โดยใช้ข้อมูลเส้นทางน้ำ (stream center line) อ้างอิงกับข้อมูลแผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งชุดข้อมูลระดับความสูงเชิงเลขนี้แสดงค่าระดับความสูงของสภาพภูมิประเทศที่มีขนาดรายละเอียดของกริด 10 เมตร เพื่อให้เหมาะสมกับการพัฒนาฐานข้อมูลชนิดต่าง ๆ ที่มาตราส่วน 1: 25,000 ภาพที่ 2-13 แสดงขั้นตอนการพัฒนาฐานข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง สำหรับการพัฒนาฐานข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษาสามารถสรุปขั้นตอนได้ ดังนี้

(1) ตรวจสอบและจัดการชุดข้อมูลทั้งหมดให้อยู่บนระบบพิกัดและพื้นหลักฐานเดียวกัน บนพื้นหลักฐาน WGS84 ได้แก่ ข้อมูลเส้นชั้นความสูง (contour line) ที่ช่วงชั้นความสูง 10 เมตร จุดควบคุมระดับความสูง (mass point) จุดอ้างอิงสูงสุด (spot height) เส้นทางน้ำซึ่งใช้เป็นแนวอ้างอิงต่ำสุด (break line) โดยเฉพาะในส่วนของข้อมูลเส้นทางน้ำที่ต้องทำการตรวจสอบข้ออย่างละเอียดกับข้อมูลแผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร และตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีและข้อมูลภาคสนาม

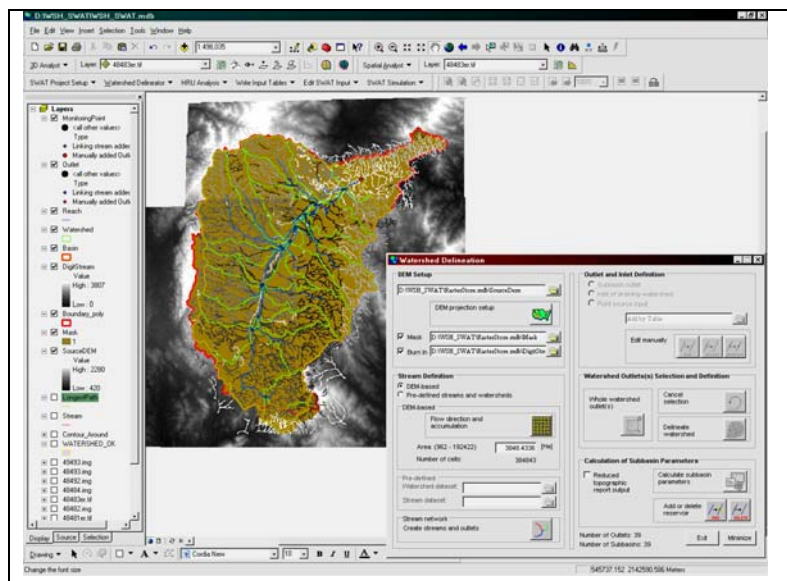


ภาพที่ 2-13 ขั้นตอนการพัฒนาฐานข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง

(2) สร้างข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM) โดยวิเคราะห์จากข้อมูลเส้นชั้นความสูง (contour line) ร่วมกับข้อมูลจุดกำหนดสูง (spot height) ด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.2; 3D Analysis module

(ESRI, 2007) (ภาพที่ 2-14) ทำการตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลแผนที่สภาพภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร

(3) ตรวจสอบและใช้ข้อมูลเส้นทางน้ำ (กรมแผนที่ทหาร, 2550) เป็นแนวเส้นอ้างอิงที่ต่ำสุดของภูมิประเทศ (break line) ตามส่วนต่าง ๆ ให้ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง และทำการแก้ไขรายละเอียดให้สามารถใช้เป็นชั้นข้อมูลประกอบในการสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำได้ เช่น การแก้ไขข้อมูลเส้นทางน้ำเส้นคู่ให้เป็นเส้นเดี่ยว (stream center line) การตัดข้อมูลแหล่งน้ำที่เป็นพื้นที่รูปปิด (polygon) ออก และการเชื่อมต่อเส้นทางน้ำให้ถูกต้องและต่อเนื่องทั้งหมด พร้อมทั้งตรวจสอบและปรับปรุงรายชื่อเส้นทางน้ำทุกสายให้ตรงตามความเป็นจริงกับในท้องถิ่นหรือในสภาพภูมิประเทศจริง

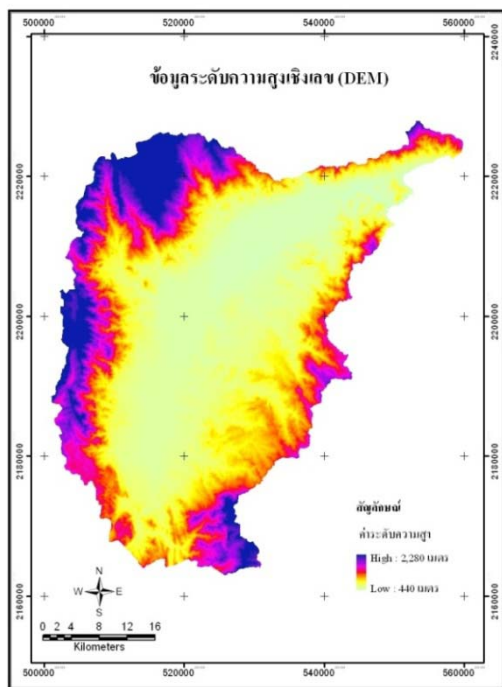


ภาพที่ 2-14 การพัฒนาข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำ ด้วย ArcSWAT module (Watershed Delineation)

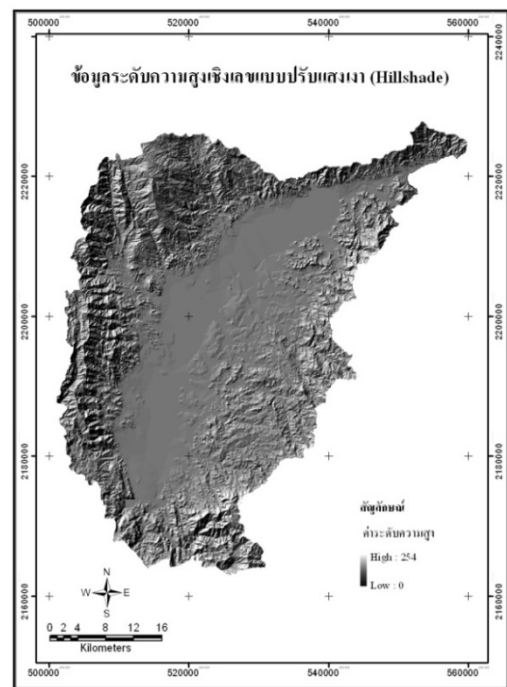
(4) สร้างชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำฝางด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.2 (ArcSWAT module) โดยใช้ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM) (ภาพที่ 2-15 และ ภาพที่ 2-16) ขนาดรายละเอียดกริด 10 เมตร เพื่อให้มีความเหมาะสมที่มาตราส่วน 1: 25,000 ร่วมกับข้อมูลเส้นทางน้ำด้วยวิธี Watershed Delineation ข้อมูลที่ใช้พัฒนาชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำประกอบด้วย ข้อมูลขอบเขตลุ่มน้ำฝาง (Fang watershed) (ภาพที่ 2-17) เส้นทางน้ำ (drainage line) จุดรวมน้ำ (drainage point) ทิศทางการไหลของน้ำ (flow direction) จากนั้นทำการสร้างข้อกำหนดเส้นทางน้ำ ได้แก่ flow direction และ flow accumulation กำหนดโครงข่ายทางน้ำ กำหนดจุด outlet และ inlet สร้างลุ่มน้ำย่อย (watershed delineation) และคำนวณพารามิเตอร์ของลุ่มน้ำย่อย (calculation of subbasin parameters) ทำให้ได้ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง และลุ่มน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำฝาง จำนวน 26 ลุ่มน้ำ (ภาพที่ 2-18) ซึ่งรวมพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่สุ่นด้วย (ภาพที่ 2-19) ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำมีโครงสร้างข้อมูลเป็นพื้นที่รูปปิด (polygon) และให้ชื่อชั้นข้อมูลนี้ว่า “FangWatershed” และ “FangSubwatershed”

ตามลำดับ โดยตารางภาคผนวกที่ 2-1 แสดงข้อมูลขนาดพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำย่อย ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น

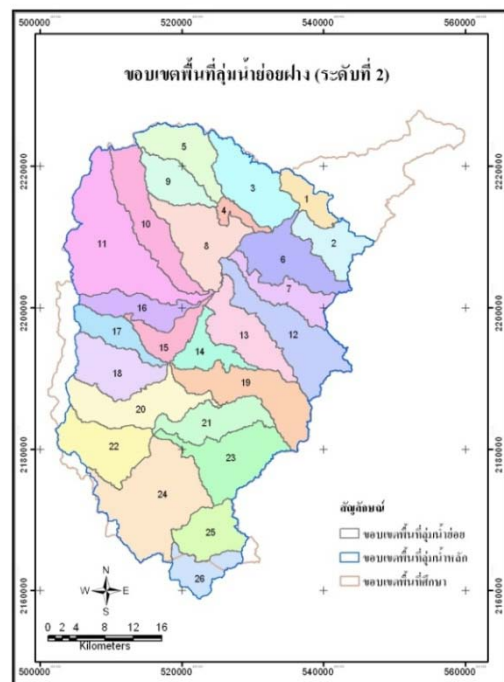
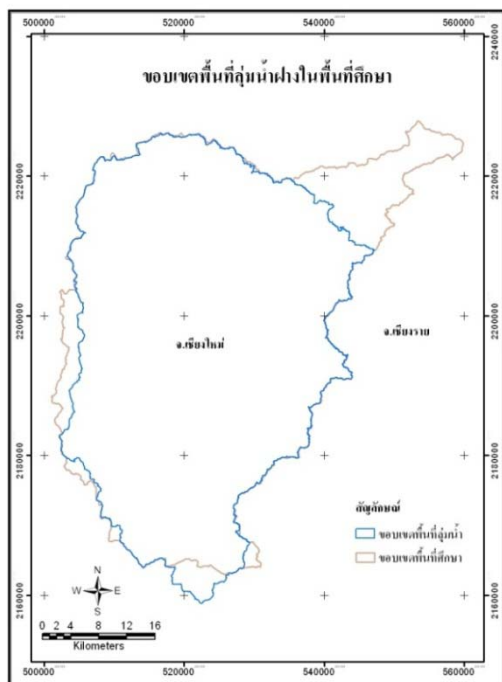
(5) ตรวจสอบความถูกต้องของรายละเอียดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำด้วยข้อมูลแผนที่สภาพภูมิประเทศ ข้อมูลภาพถ่ายเทียม ALOS ร่วมกับข้อมูลสภาพภูมิประเทศ (view shade) ที่สร้างจากข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM)



ภาพที่ 2-15 ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (DEM)

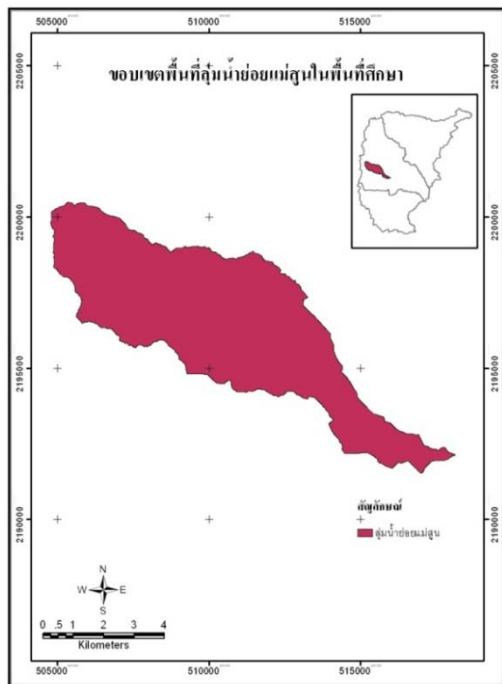


ภาพที่ 2-16 ข้อมูลภูมิประเทศแบบแสงเงา



ภาพที่ 2-17 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง

ภาพที่ 2-18 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย



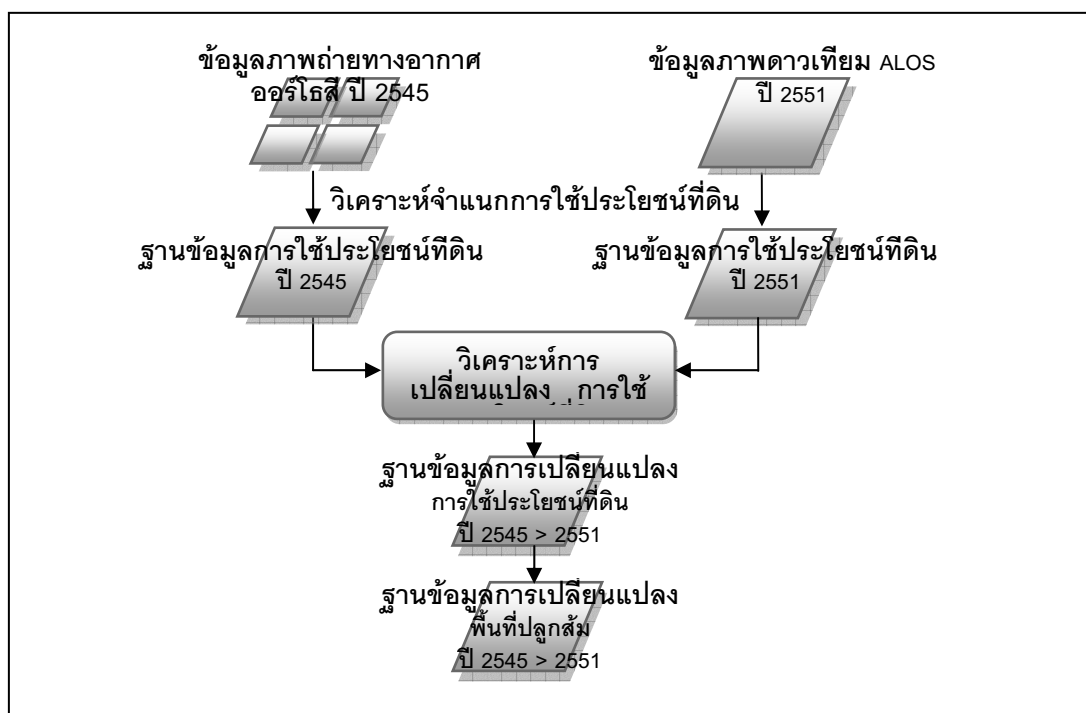
ภาพที่ 2-19 ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น

## 2.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ รวมถึงพื้นที่ปลูกส้ม ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ระดับ คือ (1) พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ และ (2) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์ในการศึกษาสถานการณ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและระบบการใช้ที่ดินในการทำสวนส้มและการเกษตรกรรมอื่น ๆ รวมถึงเพื่อใช้ในการวางแผนจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการทำสวนส้มในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ระดับ การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลจากระยะไกล (Remote Sensing) ด้วยกรรมวิธีข้อมูลภาพเชิงเลข (Digital Image Processing) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบภูมิสารสนเทศ (Geo-informatics system) โดยการดำเนินงานได้แยกข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ตามความแตกต่างของช่วงเวลาในการบันทึกและชนิดของข้อมูล คือการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีเชิงเลข ปี พ.ศ.2545 เทียบกับข้อมูลภาพถ่ายเทียม ALOS ปี พ.ศ.2551 ผลการดำเนินงานทำให้ได้ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ของทั้งสองช่วงเวลา (ปีการผลิต 2544/45 และ 2551/52) และสามารถนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ รวมถึงพื้นที่สวน

ส้ม ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ระดับ ในช่วงระยะเวลา 7 ปีที่ผ่านมา ภาพที่ 2-20 แสดงขั้นตอนการพัฒนาฐานข้อมูลและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ และพื้นที่สวนส้มของโครงการวิจัย ฯ

การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ จะได้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน (baseline) เบื้องต้นสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตลอดจนใช้เป็นฐานข้อมูลประกอบการประเมินสถานการณ์ทรัพยากรในพื้นที่ เช่น สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณน้ำ ความต้องการน้ำ หรือประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วม ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านการใช้ที่ดินและน้ำต่อไป



ภาพที่ 2-20 ขั้นตอนการพัฒนาฐานข้อมูลและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

### 2.3.1 การแบ่งประเภทและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) คือ กิจกรรมทางสังคมหรือทางเศรษฐกิจที่ปรากฏบนพื้น การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ โครงการวิจัย ฯ ได้ใช้กระบวนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในระดับบริเวณกว้างการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยทั่วไปในพื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการนั้น นอกจากพื้นที่ป่าแล้ว ส่วนใหญ่ทำการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร โดยการทำเกษตรหลักได้แก่ สวนส้ม สวนลิ้นจี่ การทำนาข้าว และการปลูกพืชไร่ ในการนี้โครงการวิจัย ฯ ได้ทำการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ ที่นา (paddy; Pd) พืชไร่ (field crop; Fc) ไม้ผล

หรือไม้ยืนต้น (tree; Tr) ป่าไม้ (forest; Fo) ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (urban; Ur) และแหล่งน้ำ (water body; Wb) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทได้พิจารณาถึง ขนาด (size) สี (color) เงา (shadow) ความหยาบละเอียด (texture) ที่ตั้ง (site) และสภาพแวดล้อม (environment) ของพื้นที่แต่ละประเภทซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างกัน

(1) ที่นา (Paddy; Pd): เป็นพื้นที่ราบลุ่มใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ มีบริเวณกว้างอยู่บริเวณตอนกลางของกลุ่มน้ำฝางและที่ราบเล็ก ๆ ในหุบเขา มีการกั้นคันนาเพื่อขังน้ำ ฤดูกาลการทำนาปีอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป (มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2553) หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้วในช่วงเดือนธันวาคม – มกราคม พื้นที่นาจะถูกเปลี่ยนสภาพเป็นพืชไร่และมีการทำนาปรังบางส่วน เมื่อพิจารณาข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกซึ่งเป็นภาพที่บันทึกได้ในช่วงฤดูแล้ง พบว่า พื้นที่นามีลักษณะเป็นที่โล่งกว้างมีร่องรอยของการเก็บเกี่ยวผลผลิต บางบริเวณมีการไถพรวนเตรียมพื้นที่สำหรับปลูกพืชรอบที่สองต่อไป

(2) พืชไร่ (Field Crop; Fc): เป็นพืชที่ปลูกโดยใช้เนื้อที่มาก ส่วนใหญ่ปลูกบนที่ดอน มีระบบการปลูกหรือการดูแลที่ไม่ซับซ้อน แหล่งน้ำสำหรับพืชไร่ส่วนใหญ่เป็นระบบเกษตรแบบอาศัยน้ำฝน โดยพืชที่นิยมปลูกกันได้แก่ ข้าวโพด ข้าวไร่ และกระเทียม มีการใช้พื้นที่นาสำหรับปลูกพืชไร่หลังฤดูการเก็บเกี่ยวข้าว เช่น ข้าวโพด พริก และกระเทียม เป็นต้น ในการจำแนกพืชไร่ โครงการวิจัยพิจารณาถึงชนิดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นพืชหลักเป็นสำคัญ

(3) ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tree; Tr): เป็นกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรที่มีการจัดการและการใช้พื้นที่อย่างเป็นระบบแบบแผน มีรูปแบบการปลูกแบบเป็นแถวเป็นแนว เว้นระยะห่างระหว่างต้นเพื่อการดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวผลผลิต ไม้ผลหรือไม้ยืนต้นที่สำคัญในพื้นที่ศึกษาได้แก่ ส้ม ลิ้นจี่ ลำไย และมะม่วง เกษตรกรนิยมปลูกลิ้นจี่มาแต่ดั้งเดิม ส่วนส้มเขียวหวานเริ่มเข้ามาปลูกกันอย่างแพร่หลายในช่วงปี พ.ศ.2540 และเริ่มลดลงในช่วงปี พ.ศ. 2551 (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2552) ซึ่งภายหลังได้มีการปลูกพืชอื่นทดแทนได้แก่ มะม่วง มะละกอ ตะกั่ว และยางพารา เป็นต้น

(4) ป่าไม้ (Forest; Fo): พื้นที่ป่าไม้ถูกจำแนกเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินทางธรรมชาติอย่างหนึ่ง แยกออกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นซึ่งส่วนใหญ่เป็นการใช้พื้นที่ตามกิจกรรมของมนุษย์ ธรรมชาติของป่าไม้มีลักษณะเรือนยอดคล้ายไม้ผลหรือไม้ยืนต้นที่ขึ้นอยู่อย่างกระจัดกระจายหนาแน่น มีต้นไม้หลายชนิดและไม่เป็นแบบแผนทั่วทั้งพื้นที่ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 (2550) ได้จำแนกสภาพป่าไม้ในบริเวณพื้นที่ศึกษา (กลุ่มน้ำฝาง) ตามส่วนประกอบของพันธุ์ไม้และสภาพความสูงของพื้นที่ ดังนี้

(4.1) ป่าเบญจพรรณ (Mixed Deciduous Forest) พบกระจัดกระจายทั่วไปตลอดพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 600–800 เมตร ป่าชนิดนี้เป็นป่าโปร่งพรรณไม้ที่พบได้แก่ สัก แดง ประดู่ มะค่าโมง เกิดแดง รกฟ้า ส่วนพื้นล่างเป็นพวงหรีด กก และไม้ชนิดต่าง ๆ

(4.2) ป่าเต็งรัง (Dry Dipterocarp Forest) พบในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลต่ำกว่า 1,000 เมตร ลักษณะพรรณไม้ที่พบได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง มะขามป้อม พะยอม ส่วนไม้พื้นล่างเป็นจำพวกหญ้าชนิดต่าง ๆ

(4.3) ป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest) ป่าชนิดนี้อยู่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 1,000 เมตรขึ้นไป ลักษณะของป่าชนิดนี้มีความโปร่งมากกว่า ป่าดิบชื้น เนื่องจากต้นไม้มีขนาดเล็กกว่า ชนิดพรรณไม้ที่พบได้แก่ กำลังเสือโคร่ง นางพญาเสือโคร่ง มณฑาป่า จำปี ปา สนสามใบ และไม้ตระกูลก่อ ได้แก่ ก่อเดือย ก่อแป้น ก่อตาหมู ก่อนก ก่อน้ำ ส่วนไม้พื้นล่างจะเป็นพวกผักกูด มอส ผักกะสัง และหญ้าชนิดต่าง ๆ

(5) ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (Urban; Ub): เป็นกิจกรรมการใช้ที่ดินที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่รวมตัวกันในพื้นที่บริเวณหนึ่ง มีการกิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องพึ่งพาอาศัยกัน เช่น ครอบครัวยุคใหม่ โรงเรียน วัด ร้านค้า โรงงาน รวมกันเป็นหมู่บ้านหรือเมือง (จำนง, 2545) โดยทั่วไปชุมชนและสิ่งก่อสร้างจะอยู่ในบริเวณพื้นที่ราบภายในลุ่มน้ำ มีกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น พืชผัก การเลี้ยงสัตว์ ที่อยู่อาศัย สถานที่สำคัญ และทางคมนาคม ลักษณะที่แสดงออกของพื้นที่ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้างด้วยข้อมูลจากระยะไกล จะมีค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชพรรณน้อย

(6) แหล่งน้ำ (Water Body; Wb): เป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักชนิดหนึ่งที่มีลักษณะแตกต่างออกไปจากการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดอื่น ๆ อย่างเด่นชัด เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการดูดซับช่วงคลื่นจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไว้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับทรัพยากรหรือการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ โดยเฉพาะในช่วงคลื่น Infrared แหล่งน้ำจะปรากฏในข้อมูลภาพจากดาวเทียมอย่างเด่นชัด แหล่งน้ำมีทั้งแหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติ ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง เป็นต้น และแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้อุปโภคบริโภค การเกษตร การอุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ บ่อสระ ฝาย เป็นต้น นอกจากนี้ แล้วเกษตรกรมักสร้างบ่อกักเก็บน้ำขนาดเล็กไว้ใช้ในสวนส้มหรือแปลงเกษตรของตนเอง ดังนั้น จึงพบแหล่งน้ำขนาดเล็กอยู่ทั่วไปในพื้นที่อำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ

### 2.3.2 การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2544/45

#### (1) วิธีการพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2544/45

การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2544/45 ใช้วิธีการวิเคราะห์จำแนกข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีซิเชนซ์เลข ขนาดรายละเอียดภาพ(resolution) 0.5 เมตร (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545) เทคนิคการจำแนกภาพนั้นใช้หลักการแปลข้อมูลด้วยสายตา (visual interpretation) (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) วิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายทางอากาศ ใช้วิธีการวาดภาพขอบเขตพื้นที่ตามลักษณะที่ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

(digitization) โดยจำแนกออกเป็น 6 กลุ่มการใช้ที่ดินด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ พร้อมด้วยบันทึกชื่อชนิดการใช้ที่ดินในตารางอรรถาธิบาย ในกระบวนการวิเคราะห์จะพิจารณาถึงรูปร่าง รายละเอียดของภูมิประเทศที่ปรากฏบนภาพถ่าย ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกันไปด้วย ขนาด(size) สี (color) เงา(shadow) ความหยาบละเอียด(texture) ที่ตั้ง (site)และสภาพแวดล้อมของวัตถุ (environment) ทั้งนี้ผู้วิเคราะห์จะต้องมีคุณสมบัติที่ดีในการจำแนก อันได้แก่ มีความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษา มีความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดของภาพที่ศึกษาอย่างชัดเจน มีความสามารถในการตัดสินใจอย่างเด็ดขาดชัดเจนโดยไม่เกิดความโน้มเอียงเมื่อทำการวินิจฉัยภาพ นอกจากนี้ต้องมีประสบการณ์และความชำนาญเครื่องมือในการวิเคราะห์ เพราะผู้ที่มีประสบการณ์มีความสามารถในการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมีลักษณะเป็นชั้นข้อมูลในแบบพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม (polygon) สามารถคำนวณถึงความยาวรอบพื้นที่และขนาดพื้นที่ภายในข้อมูลตาราง (attribute data) หรือข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่อธิบายลักษณะเฉพาะทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของแต่ละพื้นที่ที่กำหนดขอบเขตไว้ (สุเพชร, 2552) ชั้นข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ได้สามารถซ้อนทับร่วมกับแผนที่หรือชั้นข้อมูลพื้นฐานอื่น ๆ ของพื้นที่ศึกษาเพื่อแสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่สมบูรณ์สำหรับผู้ใช้งานในลำดับต่อไปได้

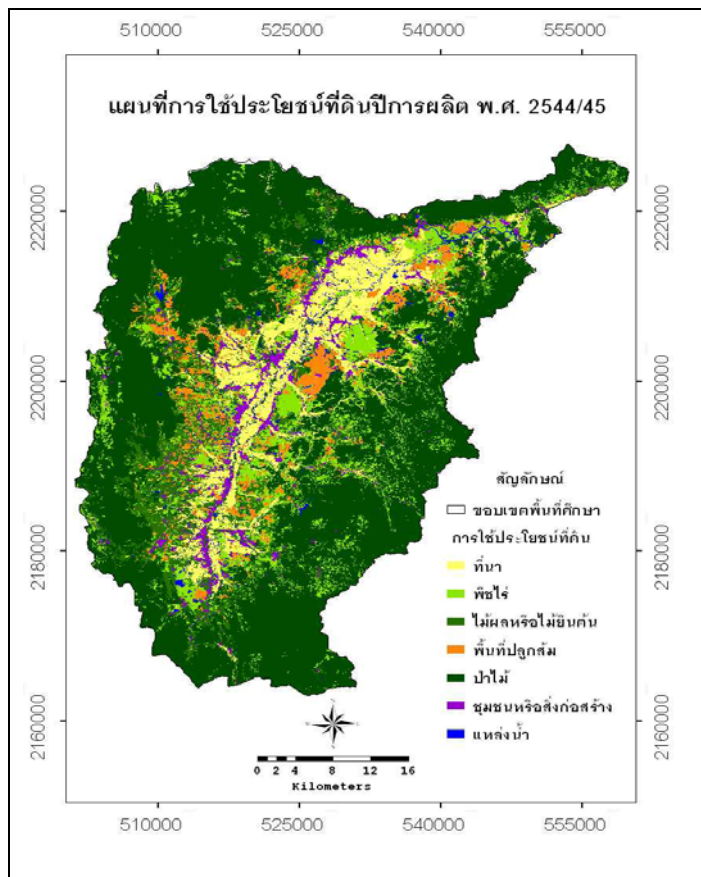
## (2) ผลการพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2544/45

### (2.1) พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ

พื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ มีเนื้อที่รวมทั้งสิ้น 1,313,191.0 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรของพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ และไม้ผลหรือไม้ยืนต้น ตามการกำหนดชนิดการใช้ที่ดินออกเป็น 6 ประเภท พบว่า มีพื้นที่นา(Pd) ทั้งสิ้น 125,048.7 ไร่ พืชไร่ (Fc) 165,156.4 ไร่ ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tr) 203,102.3 ไร่ ป่าไม้ (Fo) 759,811.9 ไร่ ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (Ub) 42,702.2 ไร่ และแหล่งน้ำ (Wb) 17,369.5 ไร่ พื้นที่ปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้นกระจายอยู่อย่างหนาแน่น ในพื้นที่ทั้ง 3 อำเภอ พืชที่นิยมปลูกคือ ลำไยและลิ้นจี่ สำหรับที่นาส่วนใหญ่อยู่บริเวณตอนเหนือของอำเภอฝาง ตอนกลางของอำเภอแม่ฮาย และบางส่วนในอำเภอไชยปราการ ตารางที่ 2-1 และภาพที่ 2-21 แสดงผลการวิเคราะห์จำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ในช่วงปีการผลิต 2544/45 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีเฟอเรนซ์

**ตารางที่ 2-1 ผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน**  
พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ข่าย ไชยปราการ ปีการผลิต 2544/45

| ที่ | ประเภทการใช้ที่ดิน                | เนื้อที่ (ไร่)     |
|-----|-----------------------------------|--------------------|
| 1   | ที่นา (Paddy; Pd)                 | 125,048.7          |
| 2   | พืชไร่ (Field; Fc)                | 165,156.4          |
| 3   | ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tree; Tr)     | 203,102.3          |
| 4   | ป่าไม้ (Forest; Fo)               | 759,811.9          |
| 5   | ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (Urban; Ub) | 42,702.2           |
| 6   | แหล่งน้ำ (Water body; Wb)         | 17,369.5           |
|     | <b>รวม</b>                        | <b>1,313,191.0</b> |



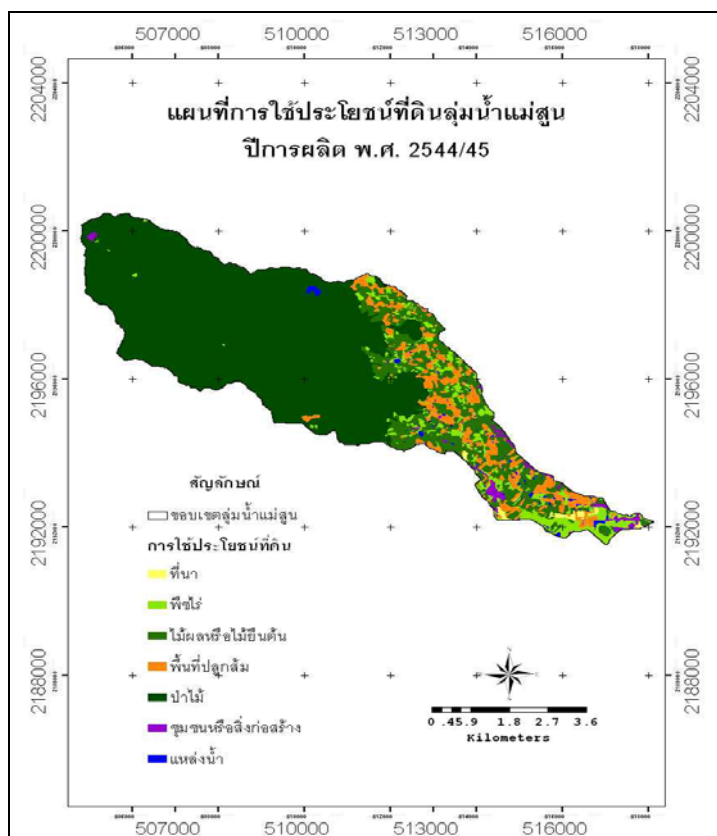
**ภาพที่ 2-21 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษา**  
อำเภอฝาง แม่ข่าย ไชยปราการ ปีการผลิต 2544/45

## (2.2) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น ตั้งอยู่ในตำบลแม่สุ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ มีเนื้อที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งสิ้น 24,492.0 ไร่ สามารถจำแนกเนื้อที่การใช้ประโยชน์ที่ดินได้คือ พื้นที่นา(Pd) 137.7 ไร่ พืชไร่ (Fc) 1,520.2 ไร่ ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tr) 5,717.4 ไร่ ป่าไม้ (Fo) 16,598.6 ไร่ ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (Ub) 327.8 ไร่ และแหล่งน้ำ (Wb) 190.3 ไร่ ตารางที่ 2-2 และภาพที่ 2-22 แสดงผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ในช่วงปีผลผลิต 2544/45 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรีซิแซน

**ตารางที่ 2-2** ผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน  
พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อย แม่สุ่น ปีการผลิต 2544/45

| ที่ | ประเภทการใช้ที่ดิน                | เนื้อที่ (ไร่)  |
|-----|-----------------------------------|-----------------|
| 1   | ที่นา (Paddy; Pd)                 | 137.7           |
| 2   | พืชไร่ (Field; Fc)                | 1,520.2         |
| 3   | ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tree; Tr)     | 5,717.4         |
| 4   | ป่าไม้ (Forest; Fo)               | 16,598.6        |
| 5   | ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (Urban; Ub) | 327.8           |
| 6   | แหล่งน้ำ (Water body; Wb)         | 190.3           |
|     | <b>รวม</b>                        | <b>24,492.0</b> |



## ภาพที่ 2-22 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำย่อยแม่สูน ปีการผลิต 2544/45

### (3) การตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2544/45

การตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีซิเങเลข พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่าย ไชยปราการ และพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่สูน ในปีการผลิต 2544/45 ใช้การตรวจสอบด้วยวิธีตารางคำนวณ Confusion matrix (Chust, et al., 2004; Congalton, 1991; Congalton and Green, 1991) โดยนำผลของการจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมาเปรียบเทียบกับตำแหน่งบริเวณพื้นที่ที่มีข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินตามสภาพจริง คือ จุดจากการสำรวจในภาคสนาม (ground truth) เพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการจำแนก ๆ ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก ๆ พบว่า มีค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) 98.00% และค่า kappa statistic ( $k^{\wedge}$ ) .9708 รายละเอียดค่าความถูกต้องของการจำแนกในแต่ละชนิดการใช้ประโยชน์ที่ดินดังแสดงในตารางที่ 2-3

**ตารางที่ 2-3** ผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่อำเภอฝาง แม่าย ไชยปราการ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สูน ในปีการผลิต 2544/45

| Classes | Pd | Fc | Tr | Fo | Ub | Wb | Total | User's acc. (%)                        | Prod. acc.(%) |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------|----------------------------------------|---------------|
| Pd      | 44 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 44    | 100.00                                 | 100.00        |
| Fc      | 2  | 74 | 1  | 1  | 0  | 0  | 78    | 94.87                                  | 95.00         |
| Tr      | 0  | 0  | 76 | 0  | 0  | 0  | 76    | 100.00                                 | 100.00        |
| Fo      | 0  | 0  | 0  | 44 | 0  | 0  | 44    | 100.00                                 | 100.00        |
| Ub      | 0  | 0  | 0  | 0  | 34 | 0  | 34    | 100.00                                 | 100.00        |
| Wb      | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 19 | 22    | 86.36                                  | 86.00         |
| Total   | 48 | 75 | 77 | 45 | 34 | 19 | 298   | Overall accuracy 98.00 %               |               |
|         |    |    |    |    |    |    |       | Kappa statistic ( $k^{\wedge}$ ) .9708 |               |

### 2.3.3 การพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2551/52

#### (1) วิธีการพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2551/52

การจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วงปีผลผลิต 2551/52 ของพื้นที่ศึกษา ได้ใช้การวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลด้วยภาพดาวเทียม ALOS (Advanced Land Observing Satellite) ระบบข้อมูล AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2) บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2551 ประกอบด้วยข้อมูล 4 ช่วงคลื่น (bands) ได้แก่ Band 1: 0.12 – 0.55 ไมโครเมตร, Band 2: 0.52 – 0.60 ไมโครเมตร, Band 3: 0.61 – 0.69 ไมโครเมตร และ Band 4: 0.76-0.89 ไมโครเมตร ขนาดรายละเอียดของจุดภาพ เท่ากับ 10 เมตร ความกว้างแนวถ่ายภาพ 70 เมตร (JAXA, 2009)

โดยทั่วไป การจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยข้อมูลภาพถ่ายเทียมในกรรมวิธีข้อมูลภาพเชิงตัวเลข (Digital Image Processing) มีหลายวิธี ทั้งในรูป Hard classification และ soft classification เช่น Supervise classification, Unsupervised classification, Decision tree regression และ Neural network classification (Jensen, 1996; Mather, 1988; Lillesand and Kiefer, 2000) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมา พบว่า การจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยข้อมูลภาพถ่ายเทียมในประเทศไทย (และพื้นที่ประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้) ค่อนข้างยากและสลับซับซ้อน โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรม ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรในพื้นที่นี้มีความหลากหลายและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งแปลงเกษตรกรรมส่วนใหญ่เป็นลักษณะเกษตรแบบท้องถิ่นที่มีพื้นที่ขนาดเล็กจนถึงปานกลาง มีชนิดพืชพันธุ์หลากหลายตามความแตกต่างของพื้นที่ และท้องถิ่น ลักษณะต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ทำให้เกิดความสลับซับซ้อนและความยากต่อการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยข้อมูลภาพถ่ายเทียม

โครงการวิจัย ฯ ได้เล็งเห็นความสำคัญของข้อมูลทางด้านกายภาพ (เช่น ชนิดดิน สภาพภูมิประเทศ) และข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจ-สังคม ครุภัณฑ์ และประชากร ที่จะสามารถบ่งบอกพฤติกรรมและความสัมพันธ์ที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่หรือท้องถิ่นนั้น ซึ่งทั้งข้อมูลกายภาพและข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจ-สังคม ดังกล่าว สามารถที่จะนำมาพัฒนาเป็นฐานข้อมูลในเชิงพื้นที่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายเทียมเพื่อการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีการจำแนกแบบใช้ระบบฐานความรู้ (Knowledge Base System: KBS) เข้าร่วม (สุทัศน์, 2552; ERDAS, 2001; Leica, 2006) การดำเนินการจำแนกข้อมูลภาพจากดาวเทียมด้วยหลักวิธีระบบฐานความรู้ (Knowledge Base System: KBS) เป็นการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบเชื่อมโยงกันประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) กำหนดสมมติฐาน (hypothesis) หรือกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินผลลัพธ์ที่กำหนดเป็น 6 กลุ่ม เช่นเดียวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินปีผลผลิต 2544/45 คือ ที่นา (paddy; Pd) พืชไร่ (field crop; Fc) ไม้ผล/ไม้ยืนต้น (tree; Tr) ป่าไม้ (forest; Fo) ชุมชน/สิ่งก่อสร้าง (urban; Ur) และแหล่งน้ำ (water body; Wb)

(2) นำเข้าชั้นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ ซึ่งหมายถึงตัวแปร (variables) หรือชั้นข้อมูลที่เป็นเงื่อนไขของการวิเคราะห์ตามฐานความรู้เพื่อช่วยในการจำแนก ซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อมูลภาพ (Raster) เช่น ข้อมูลภาพถ่ายเทียม ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลดิน และข้อมูลแหล่งน้ำ เป็นต้น

(3) กำหนดค่าเงื่อนไข (condition values) ของตัวแปรหรือชั้นข้อมูลที่เป็นเงื่อนไขของการวิเคราะห์ซึ่งเป็นค่าจำเพาะที่เกิดจากฐานความรู้ของตัวแปรสำหรับกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท โดยกระบวนการวิเคราะห์จะทำการดึงขอบเขตของข้อมูลตั้งต้นหลาย ๆ ชั้นข้อมูลเงื่อนไข ใน

ขอบเขตที่ตรงตามค่าคุณสมบัติจำเพาะของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท แล้วทำการประมวลผลผลลัพธ์แสดงเป็นข้อมูลภาพซึ่งแสดงถึงขอบเขตประเภทการใช้ที่ดินทั้ง 6 กลุ่มดังกล่าวข้างต้น

ตารางที่ 2-4 แสดงสมมุติฐาน ตัวแปร และค่าเงื่อนไขของการใช้ระบบฐานความรู้ร่วม (KBS) ร่วมกับข้อมูลภาพจากดาวเทียม ALOS เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ และพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่ฮูน

**ตารางที่ 2-4 สมมุติฐาน ตัวแปร และค่าเงื่อนไขของการใช้ระบบฐานความรู้ร่วม (KBS) สำหรับการจำแนกพื้นที่**

| สมมุติฐาน (Hypothesis) | ตัวแปร (Variable)  | ค่าเงื่อนไข (Condition value)    |
|------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Paddy                  | Vegetation Index   | NDVI : 0.01 - 0.09               |
|                        | Spectrum Value     | Band 2: 82.75 - 93.75            |
|                        |                    | Band 4: 81.87 - 92.05            |
|                        | Topography         | DEM : < 700 m.<br>Slope : 0 - 5  |
| Field Crop             | Vegetation Index   | NDVI : 0.08 - 0.17               |
|                        | Spectrum Value     | Band 2: 73.79 - 79.44            |
|                        |                    | Band 4: 126.41 - 149.03          |
|                        | Topography         | DEM : <= 700 m.<br>Slope : 0 - 5 |
| Tree                   | Vegetation Index   | NDVI : 0.13 - 0.37               |
|                        | Spectrum Value     | Band 3: 44.48 - 64.16            |
|                        |                    | Band 4: 87.30 - 109.83           |
|                        | Topography         | DEM : < 1200 m.<br>Slope : < 35  |
| Forest                 | Soil               | Soil series : != 62              |
|                        | Vegetation Index   | NDVI : 0.28 - 0.46               |
|                        | Spectrum Value     | Band 3: 36.87 - 48.15            |
|                        |                    | Band 4: 91.38 - 113.54           |
| Non-agriculture Area   | Topography         | DEM : > 650 m.<br>Slope : > 25   |
|                        | Soil               | Soil series : = 62               |
|                        | Vegetation Index   | NDVI : 0.01 - 0.11               |
|                        | Spectrum Value     | Band 2:                          |
| Water Body             | Village polygon    | near : 1 km.                     |
|                        | Vegetation Index   | NDVI : - 0.02 - 0.10             |
|                        | Spectrum Value     | Band 1: 83.03 - 88.32            |
|                        | Water Body Polygon | near : 5 m.                      |

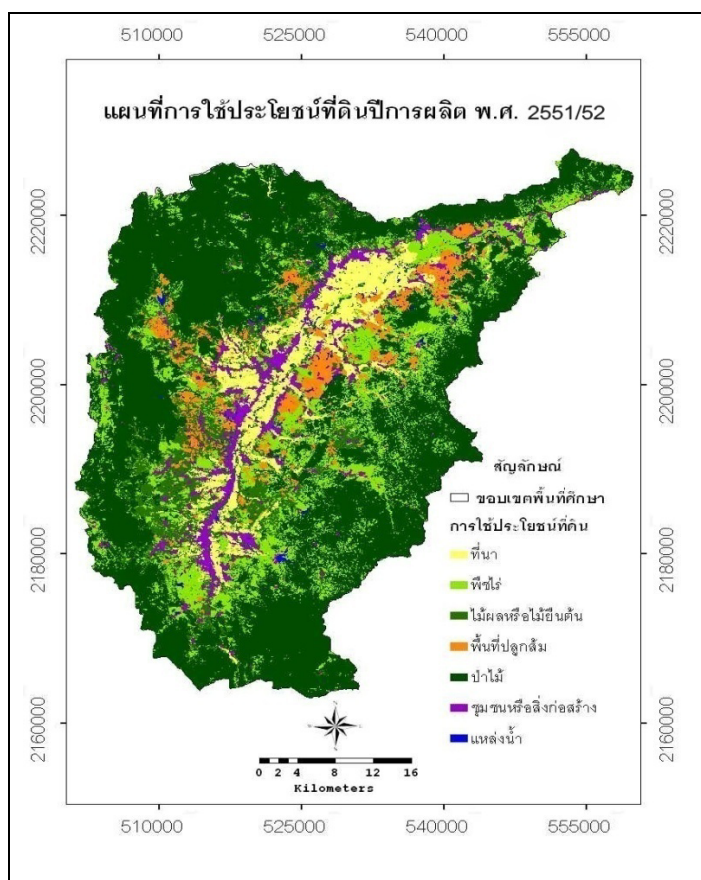
(2) ผลการพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2551/52

(2.1) พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ

ผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วงปีผลผลิต 2551/52 ด้วย ข้อมูลดาวเทียม ALOS โดยการใช้ระบบฐานความรู้ (KBS) ได้จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ออกเป็น 6 ประเภท โดยมีเนื้อที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนี้ ที่นา (Pd) 100,991.4 ไร่ พืชไร่ (Fc) 225,163.1 ไร่ ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tr) 209,950.5 ไร่ ป่าไม้ (Fo) 696,963.1 ไร่ ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (Ub) 68,582.5 ไร่ และแหล่งน้ำ (Wb) 11,540.3 ไร่ (ตารางที่ 2-5 และภาพที่ 2-23)

**ตารางที่ 2-5** ผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน  
พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาว ไชยปราการ ปีการผลิต 2551/52

| ที่ | ประเภทการใช้ที่ดิน                | เนื้อที่ (ไร่)     |
|-----|-----------------------------------|--------------------|
| 1   | ที่นา (Paddy; Pd)                 | 100,991.4          |
| 2   | พืชไร่ (Field; Fc)                | 225,163.1          |
| 3   | ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tree; Tr)     | 209,950.5          |
| 4   | ป่าไม้ (Forest; Fo)               | 696,963.1          |
| 5   | ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (Urban; Ub) | 68,582.5           |
| 6   | แหล่งน้ำ (Water body; Wb)         | 11,540.3           |
|     | <b>รวม</b>                        | <b>1,313,191.0</b> |



**ภาพที่ 2-23** ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ศึกษา

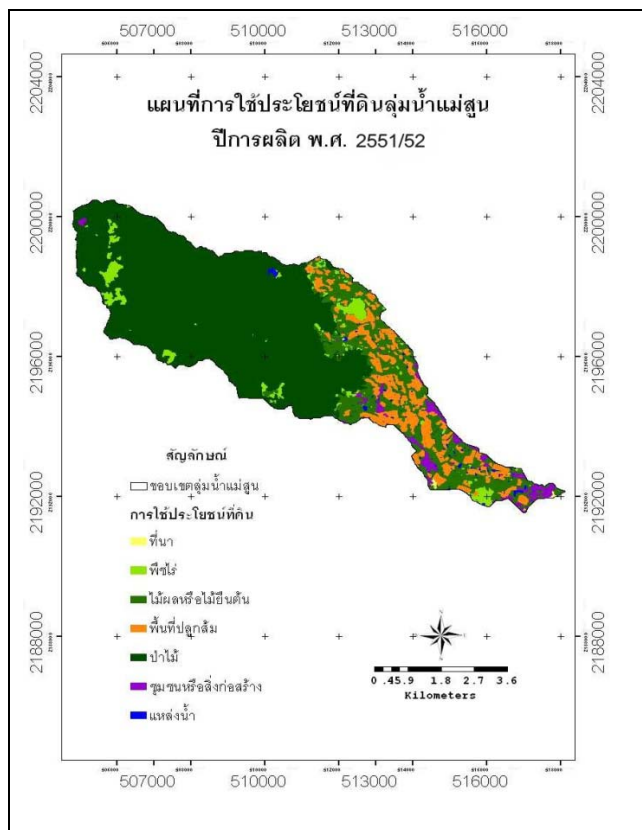
อำเภอฝาง แม่ข่าย ไซยปรากการ ปีการผลิต 2551/52

## (2.2) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น

สำหรับพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น มีเนื้อที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวม 24,492.0 ไร่ ได้แก่ ที่นา (Pd) 55.7 ไร่ พืชไร่ (Fc) 1,398.9 ไร่ ไม้ผล/ไม้ยืนต้น (Tr) 6,371.0 ไร่ ป่าไม้ (Fo) 16,066.2 ไร่ ชุมชน/สิ่งก่อสร้าง (Ub) 539.5 ไร่ และแหล่งน้ำ (Wb) 60.8 ไร่ ตารางที่ 2-6 และภาพที่ 2-24 แสดงผลการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วงปีผลผลิต 2551/52 ด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียม ALOS โดยวิธีระบบฐานความรู้ (KBS)

**ตารางที่ 2-6** ผลการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน  
พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อย แม่สุ่น ปีการผลิต 2551/52

| ที่ | ประเภทการใช้ที่ดิน                | เนื้อที่ (ไร่)  |
|-----|-----------------------------------|-----------------|
| 1   | ที่นา (Paddy; Pd)                 | 55.7            |
| 2   | พืชไร่ (Field; Fc)                | 1,398.9         |
| 3   | ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tree; Tr)     | 6,371.0         |
| 4   | ป่าไม้ (Forest; Fo)               | 16,066.2        |
| 5   | ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (Urban; Ub) | 539.5           |
| 6   | แหล่งน้ำ (Water body; Wb)         | 60.8            |
|     | <b>รวม</b>                        | <b>24,492.0</b> |



ภาพที่ 2-24 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำย่อยแม่สูน ปีการผลิต 2551/52

### (3) การตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2551/52

การตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียม ALOS พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สูน ในปีการผลิต 2551/52 ใช้วิธีการตรวจสอบด้วยตารางคำนวณ Confusion matrix (Chust, et al., 2004; Congalton, 1991; Congalton and Green, 1991) เช่นเดียวกับการตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีการผลิต 2544/45 ผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนก พบว่ามีค่าความถูกต้องรวม (overall accuracy) 96.00% และค่า kappa statistic ( $k^2$ ) .9451 รายละเอียดค่าความถูกต้องของการจำแนกในแต่ละชนิดการใช้ประโยชน์ที่ดินดังแสดงในตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 ผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สูน ในปีการผลิต 2551/52

| Classes | Pd | Fc | Tr | Fo | Ub | Wb | Total | User's acc. (%) | Prod. acc. (%) |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------|-----------------|----------------|
| Pd      | 29 | 1  | 2  | 0  | 0  | 0  | 32    | 90.63           | 91.00          |
| Fc      | 2  | 72 | 1  | 1  | 0  | 0  | 76    | 94.74           | 95.00          |
| Tr      | 0  | 0  | 48 | 0  | 0  | 2  | 50    | 96.00           | 96.00          |
| Fo      | 0  | 0  | 0  | 37 | 0  | 0  | 37    | 100.00          | 100.00         |
| Ub      | 0  | 0  | 2  | 0  | 32 | 0  | 34    | 94.12           | 94.00          |

|       |    |    |    |    |    |    |     |                                        |        |
|-------|----|----|----|----|----|----|-----|----------------------------------------|--------|
| Wb    | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 20 | 20  | 100.00                                 | 100.00 |
| Total | 31 | 73 | 53 | 38 | 32 | 22 | 249 | Overall accuracy 96.00 %               |        |
|       |    |    |    |    |    |    |     | Kappa statistic ( $k^{\wedge}$ ) .9451 |        |

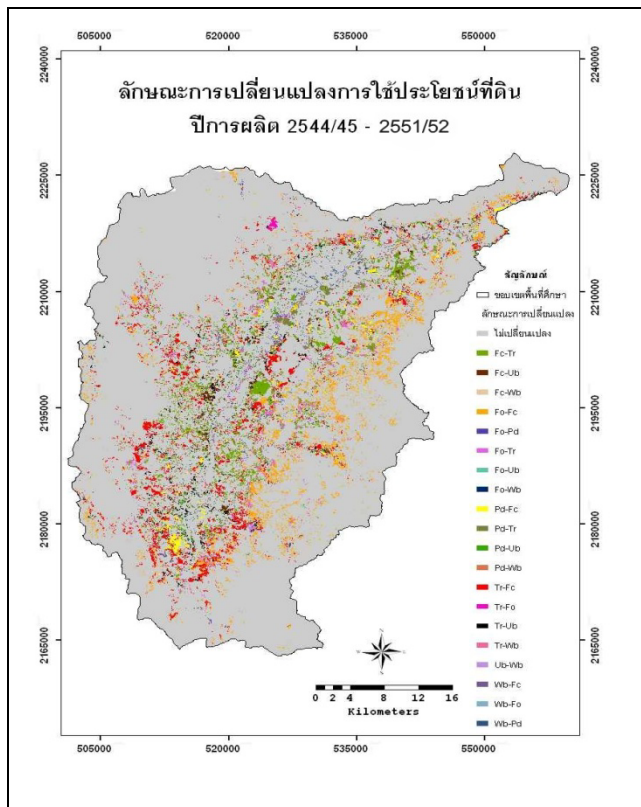
### 2.3.4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกลุ่มการใช้ที่ดินทั้ง 6 ประเภท ที่ได้จากผลการจำแนกข้อมูลการประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2545 เปรียบเทียบกับข้อมูลการประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2551 โดยใช้วิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (change detection) ในเชิงพื้นที่ พบว่า พื้นที่การประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ร้อยละ 84.78 ยังคงสภาพการใช้พื้นที่ลักษณะเดิม (ไม่มีการเปลี่ยนแปลง) สำหรับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลง มากที่สุด ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนเป็นพืชไร่ คือ 47,980.0 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.65 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือไม้ผลหรือไม้ยืนต้นถูกเปลี่ยนเป็นพืชไร่ จำนวน 45,032.5 ไร่ (ร้อยละ 3.43) พืชไร่ถูกเปลี่ยนเป็นไม้ผลหรือไม้ยืนต้น จำนวน 35,856.5 ไร่ (ร้อยละ 2.73) และการเปลี่ยนแปลงในลักษณะอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2-8 และภาพที่ 2-25 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาจากปี พ.ศ.2545 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ.2551

ตารางที่ 2-8 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากปี 2545 เปรียบเทียบกับปี 2551

| ลักษณะการเปลี่ยนแปลง                       | รหัส  | เนื้อที่ (ไร่) | ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง |
|--------------------------------------------|-------|----------------|-------------------------|
| ไม่เปลี่ยนแปลง                             | 0     | 1,113,288.4    | 84.78                   |
| พืชไร่ > ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น                | Fc>Tr | 35,856.5       | 2.73                    |
| พืชไร่ > ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง             | Fc>Ub | 8,773.0        | 0.67                    |
| พืชไร่ > แหล่งน้ำ                          | Fc>Wb | 0.5            | 0.00                    |
| ป่าไม้ > พืชไร่                            | Fo>Fc | 47,980.0       | 3.65                    |
| ป่าไม้ > ที่นา                             | Fo>Pd | 2,042.6        | 0.16                    |
| ป่าไม้ > ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น                | Fo>Tr | 11,996.8       | 0.91                    |
| ป่าไม้ > ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง             | Fo>Ub | 2,172.8        | 0.17                    |
| ป่าไม้ > แหล่งน้ำ                          | Fo>Wb | 199.3          | 0.02                    |
| ที่นา > พืชไร่                             | Pd>Fc | 10,418.5       | 0.79                    |
| ที่นา > ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น                 | Pd>Tr | 13,149.3       | 1.00                    |
| ที่นา > ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง              | Pd>Ub | 5,116.0        | 0.39                    |
| ที่นา > แหล่งน้ำ                           | Pd>Wb | 558.4          | 0.04                    |
| ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น > พืชไร่                | Tr>Fc | 45,032.5       | 3.43                    |
| ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น > ป่าไม้                | Tr>Fo | 572.5          | 0.04                    |
| ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น > ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง | Tr>Ub | 8,158.7        | 0.62                    |
| ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น > แหล่งน้ำ              | Tr>Wb | 390.6          | 0.03                    |
| ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง > แหล่งน้ำ           | Ub>Wb | 195.4          | 0.01                    |
| แหล่งน้ำ > พืชไร่                          | Wb>Fc | 3,176.6        | 0.24                    |
| แหล่งน้ำ > ป่าไม้                          | Wb>Fo | 970.2          | 0.07                    |
| แหล่งน้ำ > ที่นา                           | Wb>Pd | 3,142.3        | 0.24                    |

|     |             |        |
|-----|-------------|--------|
| รวม | 1,313,191.0 | 100.00 |
|-----|-------------|--------|



ภาพที่ 2-25 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2545 และปี 2551

## 2.4 พื้นที่ปลูกส้ม; การเปลี่ยนแปลงและความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน

### 2.4.1 การพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของผลผลิตส้ม

ฐานข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มถูกพัฒนาต่อเนื่องมาจากฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ทั้งนี้ ฐานข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มจะใช้ประโยชน์ในการอธิบายสถานภาพของพื้นที่ปลูกส้มทั้งในปัจจุบันและช่วงเวลาที่ผ่านมา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินสถานการณ์ของการผลิตส้มเปลือกกล่อน เช่น พื้นที่ปลูกส้มในอดีตและปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกส้ม ความต้องการใช้น้ำของการผลิตส้ม และการประเมินสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินสำหรับการผลิตส้ม เป็นต้น

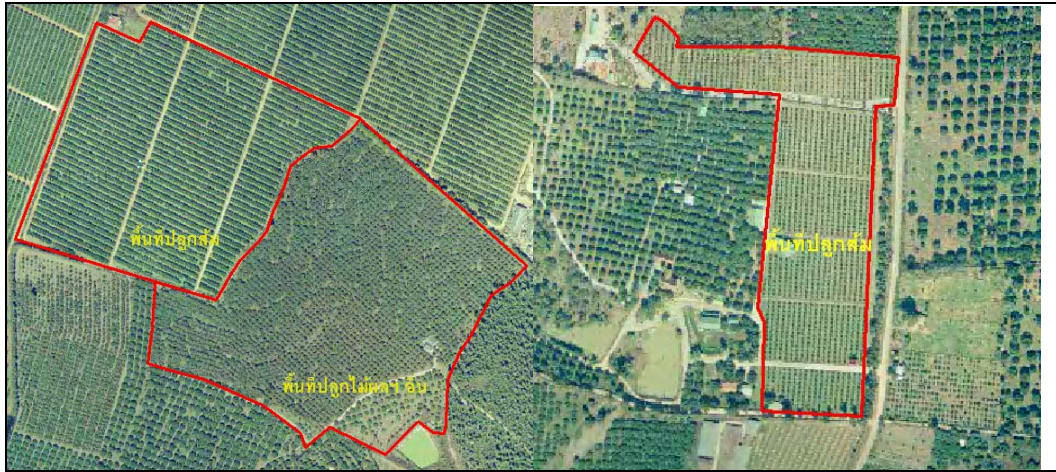
วิธีการพัฒนาฐานข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากกรรมวิธีการพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ที่กล่าวไว้ในข้างต้น ซึ่งผลจากการพัฒนาฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำนวน 6 ประเภทหลัก คือ ที่นา (paddy; Pd) พืชไร่ (field crop; Fc) ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (tree; Tr) ป่าไม้ (forest; Fo) ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง (Urban; Ub) และ แหล่งน้ำ (water body; W) ดังนั้น การพัฒนาฐานข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มของพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ระดับ (พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาด และไชยปราการ และพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำแม่ฮาด) จึงพัฒนาต่อเนื่องมาจากข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าว โดย

ลักษณะของข้อมูลพื้นที่ปลูกส้ม นั้น ได้ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (tree; Tr) ซึ่งในกรรมวิธีการวิเคราะห์จำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน หมายความว่า ต้องดำเนินการวิเคราะห์จำแนกข้อมูลพื้นที่ไม้ผลหรือไม้ยืนต้นอย่างละเอียดขึ้น โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มแยกออกมาจากข้อมูลพื้นที่ไม้ผลหรือไม้ยืนต้นให้ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

#### (1) การพัฒนาฐานข้อมูลพื้นที่สวนส้ม ปีการผลิต 2544/45

โครงการวิจัย ฯ ได้ดำเนินการวิเคราะห์จำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มของพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ และพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่สูน นอกจากข้อมูลประเภทพื้นที่ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (tree; Tr) ด้วย 2 วิธีการ ตามลักษณะแหล่งข้อมูล (data source) ที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน กล่าวคือ ข้อมูลพื้นที่สวนส้มในปีการผลิต 2544/45 ที่ดำเนินการจำแนกออกจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทพื้นที่ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (tree; Tr) ด้วยข้อมูลภาพออร์โธรีโสีเชิงเลข รายละเอียดสูง ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์และหลักการจำแนกข้อมูลด้วยการแปลด้วยสายตา (visual interpretation) ด้วยลักษณะขนาด (size) รูปร่าง (shape) สี (color) ระดับสี (tone) เงา (shadow) ความหยาบละเอียด (texture) ที่ตั้ง (site) และสภาพแวดล้อม (environment) โดยการนำเข้าข้อมูลด้วยการวาดภาพขอบเขตพื้นที่สวนส้มตามภาพถ่ายทางอากาศบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ (digitization) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

การจำแนกข้อมูลด้วยการแปลด้วยสายตา (Visual interpretation) พื้นที่สวนส้มมีลักษณะที่โดดเด่นจากการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือการผลิตพืชเกษตรชนิดอื่น พื้นที่ปลูกส้มมีระบบการปลูกแบบแปลง ซึ่งปลูกได้ทั้งที่ดอนและที่ลุ่ม บนที่ดอนมีระยะระหว่างต้น 4 เมตร ระยะระหว่างแถว 6 เมตร ที่ลุ่มที่มีการยกร่องระยะระหว่างต้น 6 เมตร ความหนาแน่นของพื้นที่ปลูกส้มจะเบาบางกว่าไม้ผลหรือไม้ยืนต้นชนิดอื่น ต้นส้มสมบูรณ์ อายุมากกว่า 10 ปี จะมีทรงพุ่มกว้างประมาณ 1.5 – 2 เมตร ลักษณะที่ปรากฏของสวนส้มในพื้นที่ศึกษาจะมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน อาจแตกต่างกันบ้างด้วยสีหรือความหนาแน่น อันเนื่องมาจากอายุและความสมบูรณ์ของต้นส้ม ภาพที่ 2-26 แสดงลักษณะของพื้นที่สวนส้มเปรียบเทียบกับไม้ผลไม้ยืนต้นชนิดอื่นจากข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรีโสี

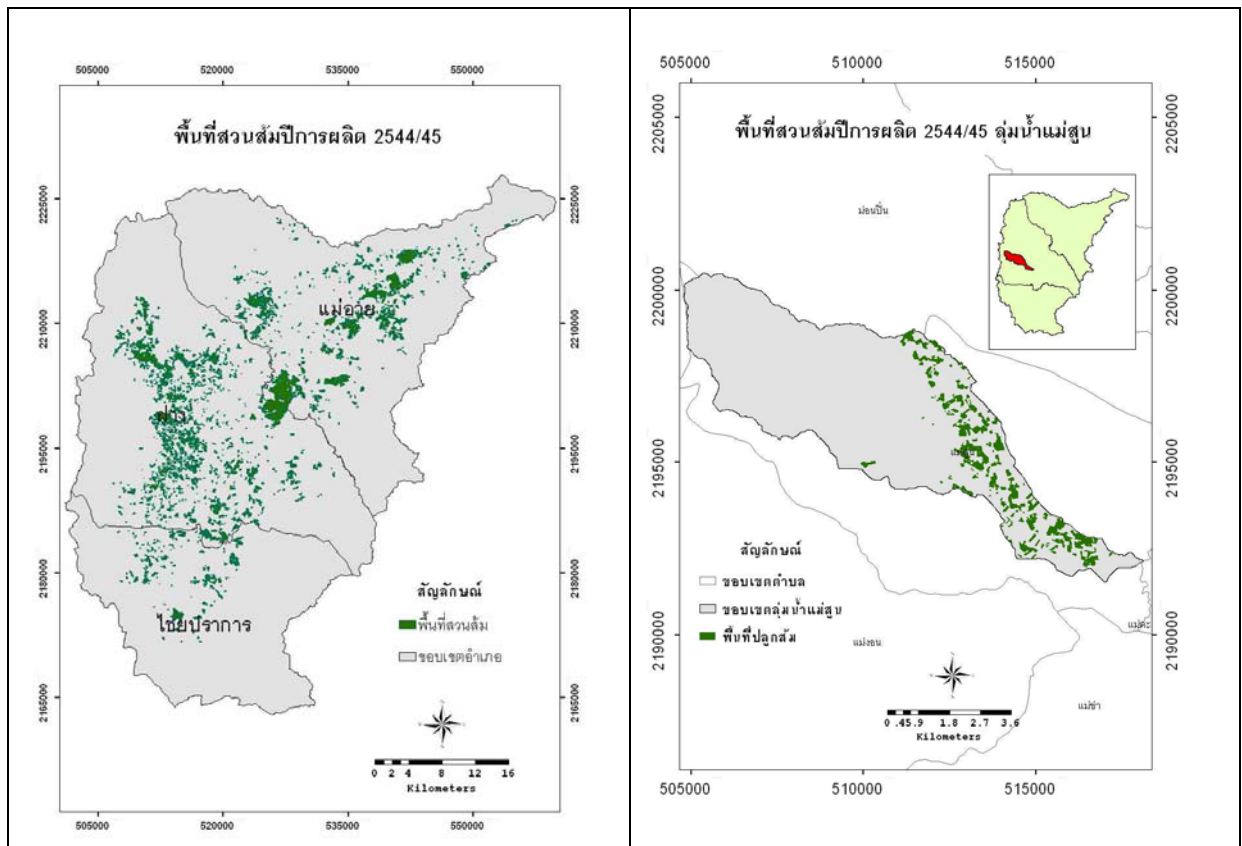


ภาพที่ 2-26 ลักษณะของพื้นที่สวนส้มเปรียบเทียบกับไม้ผลหรือไม้ยืนต้นชนิดอื่นจากข้อมูลภาพถ่ายออร์โธ

ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกส้มจากภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข ปีการผลิต 2544/45 โดยวิธีการจำแนกข้อมูลด้วยการแปลด้วยสายตา ในระดับมาตราส่วน 1 : 4,000 พบว่า มีพื้นที่ปลูกส้มทั้งสิ้น 65,075.1 ไร่ กระจายตัวอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะในเขตอำเภอฝางและแม่อายมีพื้นที่ปลูกส้มกระจายอยู่อย่างหนาแน่นทั้งสวนส้มขนาดใหญ่และรายย่อย

สำหรับในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สุณมีพื้นที่ปลูกส้มทั้งสิ้น 1,931.4 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นสวนส้มของเกษตรกรรายย่อยที่เริ่มปลูกใหม่ และมีลักษณะของการเตรียมพื้นที่เพื่อปลูกส้มในอนาคต ซึ่งแต่ละสวนมีขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 1 ไร่ ไปจนถึง 100 ไร่ ภาพที่ แสดงพื้นที่ปลูกส้มปีการผลิต 2544/45 ของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ศึกษาย่อยลุ่มน้ำสุณ

ภาพที่ 2-27 และภาพที่ 2-28 แสดงผลการจำแนกพื้นที่ปลูกส้มจากภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข ปีการผลิต 2544/45 ของพื้นที่ศึกษาในอำเภอฝาง แม่อาย และไชยปราการ และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สุณตามลำดับ



ภาพที่ 2-27 พื้นที่ปลูกส้ม ในพื้นที่ศึกษา อ.ฝาง แม่ฮาด และไชยปราการ ปีการผลิต 2544/45

ภาพที่ 2-28 พื้นที่ปลูกส้ม ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำแม่ฮาด ปีการผลิต 2544/45

## (2) การพัฒนาฐานข้อมูลพื้นที่สวนส้ม ปีการผลิต 2551/52

ข้อมูลพื้นที่สวนส้มในปีการผลิต 2551/52 ดำเนินการจำแนกออกจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ไม่ผลหรือไม้ยืนต้น (tree; Tr) ด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียม ALOS (บันทึกข้อมูลเมื่อ 16 พ.ย. 2551) โดยวิธีการวิเคราะห์จำแนกด้วยการใช้ระบบฐานความรู้ (Knowledge Based Classification: KBS) โดยมีสมมติฐาน ตัวแปร และค่าเงื่อนไขในการใช้ระบบฐานความรู้เพื่อการจำแนกพื้นที่สวนส้มออกจากพื้นที่ไม่ผลและไม้ยืนต้น ดังแสดงในตารางที่ 2-9 และภาพที่ 2-29 ตามลำดับ ข้อมูลพื้นฐานที่นำเข้าสู่กระบวนการ KBS เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกส้มนั้น โครงการวิจัย ฯ ได้จัดเตรียมข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายหรือบ่งชี้เงื่อนไขของความเป็นพื้นที่ปลูกส้ม ซึ่งข้อมูลตัวแปรอาจมีทั้งรูปแบบราสเตอร์ (raster) และ เวกเตอร์ (vector) อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อนำชั้นข้อมูลตัวแปรเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทาง KBS จำเป็นต้องปรับลักษณะชั้นข้อมูลทั้งหมดให้เป็นชนิดเดียวกันในรูปแบบราสเตอร์ raster โดยข้อมูลตัวแปรที่นำเข้าสู่สำหรับการวิเคราะห์นี้ ประกอบด้วย

1) ชั้นข้อมูลภาพดาวเทียม ALOS band 2 ค่าความยาวช่วงคลื่น 0.52 – 0.60 ไมโครเมตร เป็นช่วงคลื่นการบันทึกวัตถุที่แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชพรรณที่เจริญเติบโตแล้ว ชั้นข้อมูลภาพดาวเทียม band 2 นี้ มีประโยชน์ต่อการจำแนกต้นส้มออกจากไม้ยืนต้นชนิดอื่นที่อายุการเจริญเติบโตที่ต่างกัน รวมถึงการแยกออกจากพื้นที่ที่ไม่มีสิ่งปกคลุมชนิดพืชพรรณอื่น ๆ

2) ชั้นข้อมูลภาพดาวเทียม ALOS band 3 ค่าความยาวช่วงคลื่น 0.63 – 0.69 ไมโครเมตร มีประโยชน์และศักยภาพในการแสดงความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่าง ๆ กัน ซึ่งการนำเข้าข้อมูลภาพ band 3 นี้ สามารถช่วยแยกพื้นที่ปลูกส้มกับพื้นที่ไม้ผลหรือไม้ยืนต้นชนิดอื่นได้ด้วยลักษณะการสะท้อนที่แยกออกจากพืชเกษตรอื่น ๆ ดังกล่าวได้

3) ชั้นข้อมูลภาพดาวเทียม ALOS band 4 ค่าความยาวช่วงคลื่น 0.76-0.89 ไมโครเมตร ใช้ตรวจวัดปริมาณมวลชีวะ แสดงความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช่น้ำ ช่วงคลื่นดังกล่าวสามารถแยกพื้นที่พื้นที่ปลูกพืชได้ละเอียด

4) ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Differential Vegetation Indices: NDVI) เป็นการคำนวณข้อมูลภาพดาวเทียมบนพื้นฐานของการดูดซับสีของพืชสีเขียว แสดงถึงความหนาแน่นของพืชพรรณที่ปกคลุมบนพื้นผิว ซึ่งพื้นที่ปลูกส้มนั้นมีความสามารถในการปกคลุมของพืชพรรณที่แตกต่างจากไม้ผลหรือไม้ยืนต้นและการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น การคำนวณค่า NDVI นั้นได้มาจากสมการ

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

โดยที่ NIR = ค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพดาวเทียมในช่วงคลื่น Near Infrared

RED = ค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพดาวเทียมในช่วงคลื่น Visible - Red

ดังนั้น สำหรับข้อมูลภาพดาวเทียม ALOS

$$NDVI = (band\ 4 - band\ 3) / (band\ 4 + band\ 3)$$

5) ค่าระดับความสูง (Elevation) เป็นลักษณะทางกายภาพ และเป็นปัจจัยทางอ้อมของสภาพพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการเจริญเติบโตได้อย่างมีคุณภาพของพืชแต่ละชนิด Nair (1993) ได้ให้คำจำกัดความว่า พื้นที่สูงควรเป็นพื้นที่ที่มีความสูงมากกว่า 900 เมตร พื้นที่สูงที่มีลักษณะเป็นภูเขาสูงควรจัดเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ไม่เหมาะแก่การเกษตรกรรม

6) ค่าความลาดชัน (Slope) มีความสำคัญต่อการพิจารณาเลือกพื้นที่ปลูกส้มของเกษตรกร สภาพความลาดชันเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลูกส้มในแง่การจัดการ ความเหมาะสมสำหรับปลูกส้ม นั้นควรปลูกในพื้นที่ดอนซึ่งมีการระบายน้ำดี อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจในภาคสนามพบว่าในพื้นที่

ศึกษานั้นมีทั้งพื้นที่ปลูกส้มในที่ลุ่มซึ่งมีความลาดชันต่ำและที่ดอนที่มีความลาดชันปานกลาง เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกส้มสามารถปรับรูปแบบการจัดการให้เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ได้ สำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมากเกษตรกรจะไม่สามารถทำการเพาะปลูกพืชได้เนื่องจากที่ลาดชันสูงส่วนใหญ่เป็นที่สูง มีความเสี่ยงต่อการพังทลายของดินและยากต่อการจัดการการผลิต

7) ดิน (Soil) ปัจจัยทางดินสำหรับการปลูกส้มเป็นปัจจัยทางเคมีและการจัดการ ในเชิงพื้นที่เป็นการยากที่จะใช้ชุดดินในการจำแนกพื้นที่ปลูกส้ม เนื่องจากเกษตรกรทั่วไปปลูกส้มได้ในทุกสภาพดิน หากดินที่ปลูกนั้นบกพร่องหรือไม่เหมาะสมเกษตรกรสามารถปรับสภาพดินให้ดีขึ้นได้ เมื่อพิจารณาจากฐานข้อมูลชุดดินแล้ว พบว่า มีบางชุดดินที่ไม่สามารถทำการเกษตรได้ ได้แก่ชุดดินที่ 62 เป็นกลุ่มที่มีศักยภาพไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืช เนื่องจากเป็นดินตื้น มีหินโผล่ที่ผิวดินเป็นส่วนใหญ่ และพื้นที่เป็นภูเขาสูงชัน มีความลาดเทเฉลี่ยเกิน 35 % ยากต่อการชะล้างพังทลายของดิน จึงเหมาะสมที่จะรักษาไว้เป็นพื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและเป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร และชุดดินที่ 58 เป็นดินอินทรีย์ที่มีคุณภาพต่ำเป็นกรดจัด ขาดธาตุอาหารพืชต่าง ๆ อย่างรุนแรง และยากต่อการใช้เครื่องมือทางการเกษตร เนื่องจากเป็นที่ลุ่มต่ำและดินยุบตัว หากมีการระบายน้ำออกเมื่อดินแห้งจะติดไฟได้ง่าย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2531) ในกรณีนี้ จึงกล่าวได้ว่าพื้นที่ปลูกส้มสามารถปรากฏได้ในพื้นที่ชุดดินจัดตั้งอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากชุดดินที่ 62 และ 58

8) ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (Watershed class) สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2533) ได้ทำการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและกำหนดนโยบายการใช้ที่ดิน โดยใช้ปัจจัยสภาพภูมิประเทศ ระดับความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเล ลักษณะทางธรณีวิทยา ลักษณะทางปฐพีวิทยา และสภาพป่าไม้ที่เหลืออยู่ ในการแบ่งชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของประเทศไทยออกเป็น 5 ระดับ (1A, 1B, 2, 3, 4 และ 5) โครงการวิจัย ฯ ได้ให้ความสำคัญกับพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1A ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ป่าโดยสมบูรณ์ การเปิดพื้นที่เพื่อทำสวนส้มยังไปไม่ถึง ถึงแม้ตามสภาพจริงของการใช้พื้นที่อาจมีการรุกร้าขอบเขตที่กฎหมายกำหนดไว้ โดยเฉพาะในเขตลุ่มน้ำชั้นที่ 2 และ 1B ดังนั้นในสภาพจริง โดยพฤติกรรมการใช้พื้นที่ของมนุษย์ พื้นที่ที่มีโอกาสเป็นสวนส้มได้นั้นจึงหมายรวมถึงพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 5 ไปจนถึง 1B

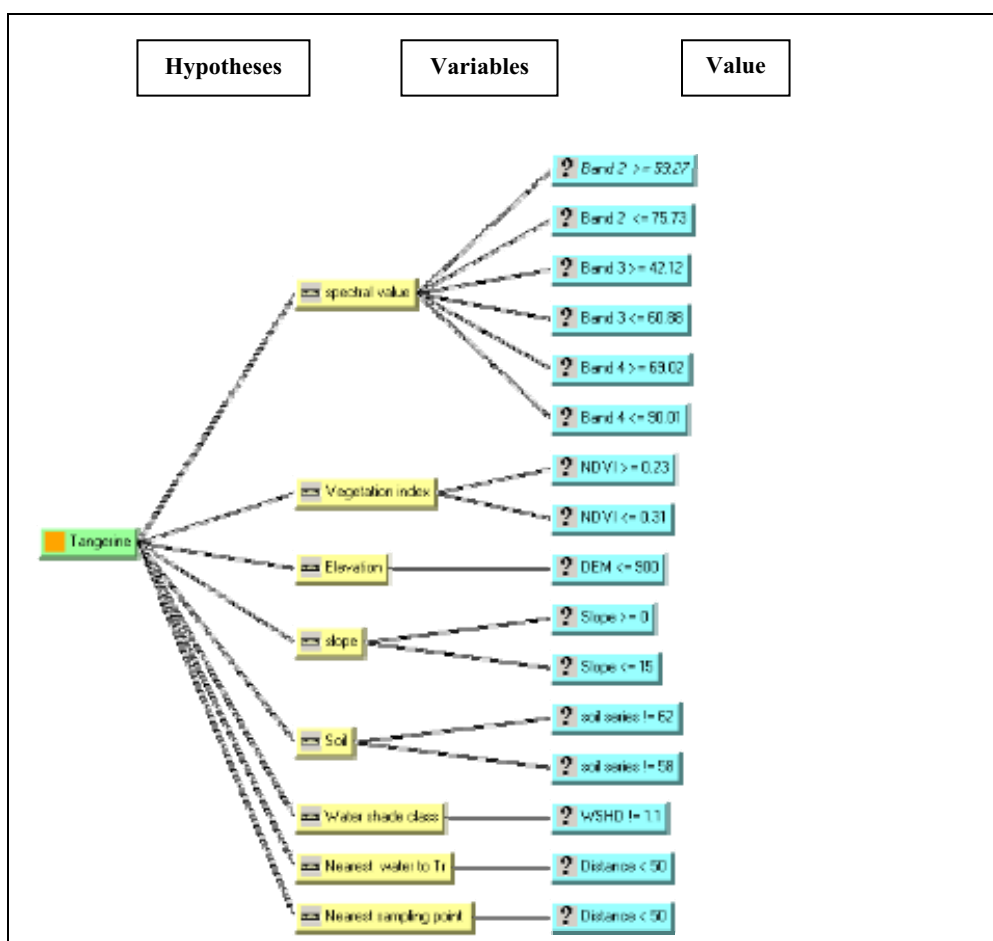
9) แหล่งน้ำ (Water source) ส้มเป็นพืชที่ต้องการน้ำอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกส้มจึงต้องพิจารณาถึงแหล่งน้ำเป็นสำคัญในการเลือกพื้นที่ปลูกส้ม อย่างไรก็ตาม บริเวณสวนส้มที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำธรรมชาติก็สามารถปลูกส้มได้ โดยเกษตรกรทำแหล่งเก็บน้ำไว้ในสวนส้ม จากการสำรวจภาคสนาม พบว่า ทุกสวนส้มมีการสร้างบ่อกักเก็บน้ำไว้ในพื้นที่ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ปลูกส้มแล้ว

10) จุดเก็บตัวอย่าง (Sampling point) จุดเก็บตัวอย่างพื้นที่สวนส้มใช้เป็นตัวแทนเพื่อกำหนดค่าการสะท้อนในข้อมูลภาพถ่ายเทียมและการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งสวนส้ม เพื่อ

ความถูกต้องในการเก็บข้อมูล คณะผู้วิจัยได้เลือกเก็บจุดตัวอย่างที่มีระยะห่างจากขอบสวนเข้ามาบริเวณ กลางสวนส้ม เพื่อเป็นฐานข้อมูลตำแหน่งสวนส้มและแสดงว่าพื้นที่โดยรอบตำแหน่งอ้างอิง ในระยะ 50 เมตร เป็นอย่างน้อยนั้นคือบริเวณของสวนส้ม

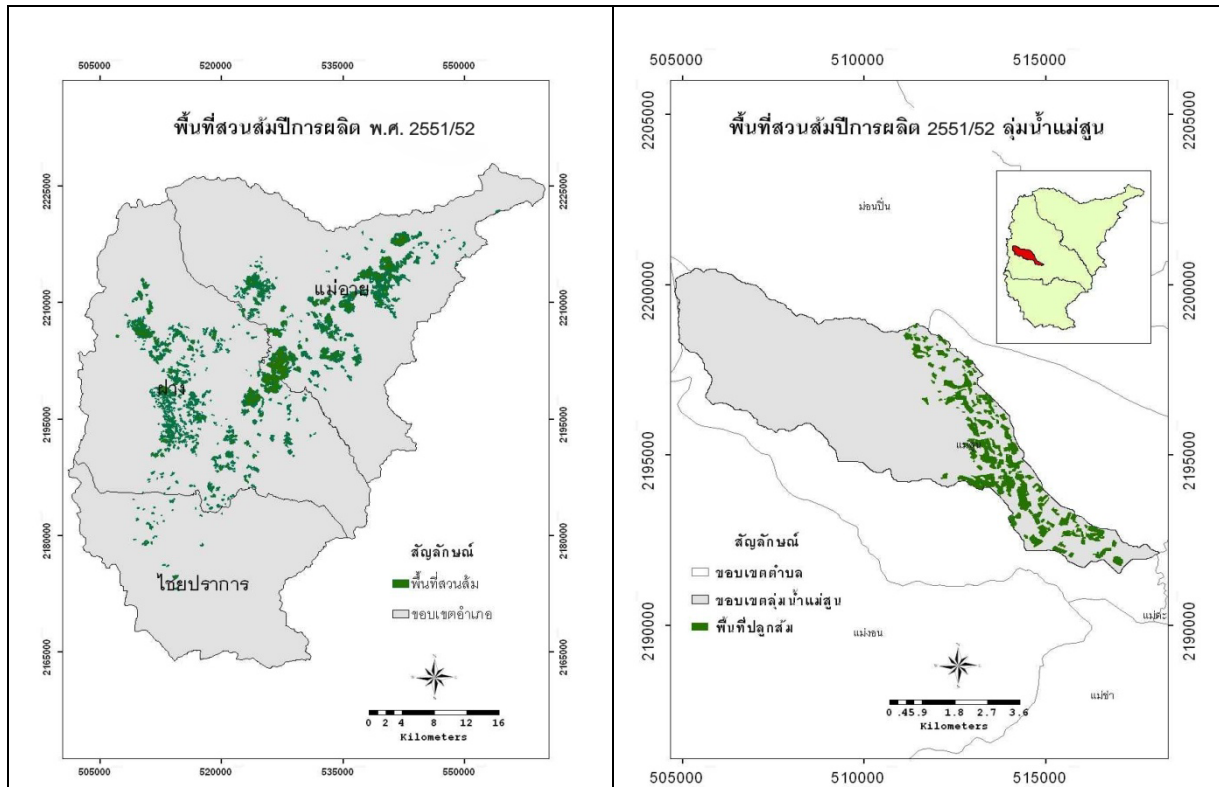
ตารางที่ 2-9 สมมุติฐาน ตัวแปร และค่าเงื่อนไขของระบบฐานความรู้ (KBS) ที่ใช้ในการ จำแนกพื้นที่สวนส้ม

| สมมุติฐาน (Hypothesis) | ตัวแปร (Variable)             | ค่าเงื่อนไข (Condition value) |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Tangerine (Tng)        | Spectrum of Tr.               | Band 2: 59.27 – 75.73         |
|                        |                               | Band 3: 42.12 – 60.88         |
|                        |                               | Band 4: 69.02 – 90.01         |
|                        | Vegetation index of Tr.       | NDVI : 0.23 – 0.31            |
|                        | Elevation of Tr.              | DEM : < = 900 m.              |
|                        | Slope of Tr.                  | Slope : 0 – 15%               |
|                        | Soil                          | Soil series not 62 and 58     |
|                        | Water shade class             | Water shade class not 1A      |
|                        | Nearest water to Tr.          | Distance <= 50 m.             |
|                        | Nearest sampling point to Tr. | Distance <= 50 m.             |



ภาพที่ 2-29 โครงสร้างของ สมมุติฐาน ตัวแปร และค่าเงื่อนไขของระบบฐานความรู้ (KBS) ที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่สวนส้มออกจากชั้นข้อมูลไม้ผลหรือไม้ยืนต้น (Tr) ด้วยวิธีการใช้ระบบฐานความรู้ร่วม (KBS)

ผลการจำแนกพื้นที่ปลูกส้มจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ALOS ปีการผลิต 2551/52 โดยวิธีระบบฐานความรู้ (Knowledge Based System: KBS) พบว่า มีพื้นที่ปลูกส้มทั้งสิ้น 63,804.0 ไร่ กระจายตัวอยู่ในบริเวณอำเภอฝาง แม่ฮาย และบางส่วนของอำเภอไชยปราการ สำหรับในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ฮายมีพื้นที่สวนส้มเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่หนาแน่นไปด้วยสวนส้มของเกษตรกรรายย่อย มีพื้นที่ปลูกส้ม 2,447.5 ไร่ ภาพที่ 2-30 และภาพที่ 2-31 แสดงพื้นที่ปลูกส้มปีการผลิต 2551/52 ของพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ และพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฮาย ตามลำดับ



ภาพที่ 2-30 พื้นที่ปลูกส้ม ในพื้นที่ศึกษา อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ ปีการผลิต 2551/52

ภาพที่ 2-31 พื้นที่ปลูกส้ม ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฮาย แม่ฮาย ปีการผลิต 2551/52

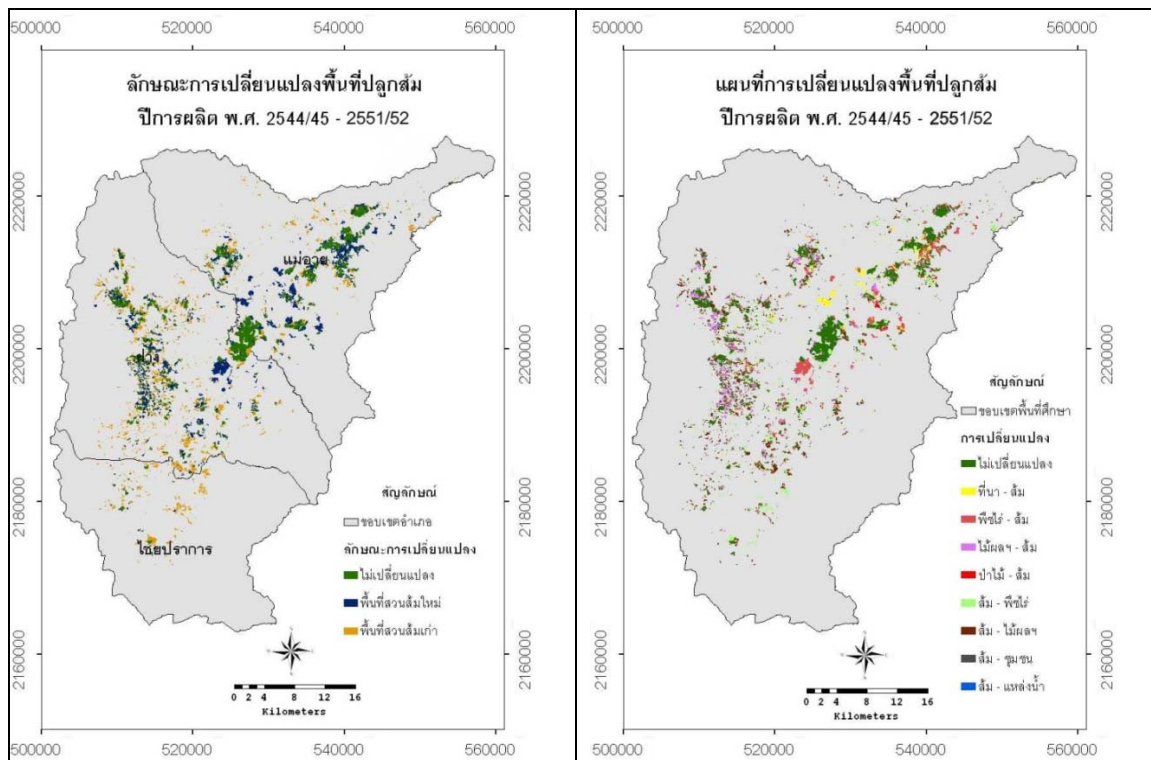
#### 2.4.2 การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกส้ม

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทิศทางการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่ของพื้นที่ปลูกส้มว่าได้มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นปริมาณเท่าใด และมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร โดยเปรียบเทียบจากผลการจำแนกพื้นที่ปลูกส้มปีการผลิต 2544/45 และ 2551/52 โดยวิธีการวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ (overlaying) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) พบว่า พื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ มีจำนวนลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณอำเภอไชยปราการ และพื้นที่ปลูกส้มของเกษตรกรรายย่อย เมื่อพิจารณาผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมปีการผลิต 2551/52 มีสวนส้มทั้งสิ้น

63,804.0 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกส้มเดิม 33,897.7 ไร่ และสวนส้มจากการขยายพื้นที่ใหม่ที่เปลี่ยนมาจากพื้นที่พืชไร่ ป่าไม้ ที่นา และไม้ผลหรือไม้ยืนต้นชนิดอื่น รวมทั้งสิ้น 29,906.2 ไร่ สำหรับปีการผลิต 2544/45 เดิมมีเนื้อที่ปลูกส้ม 65,075.1 ไร่ ถูกเปลี่ยนแปลงไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น ได้แก่ พืชไร่ ไม้ผลหรือไม้ยืนต้นชนิดอื่น ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง และแหล่งน้ำ เป็นเนื้อที่ทั้งสิ้น 31,177.4 ไร่ ดังแสดงทิศทางและรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงในตารางที่ 2-10 ภาพที่ 2-32 และภาพที่ 2-33 ตามลำดับ

**ตารางที่ 2-10** ลักษณะและเนื้อที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้ม  
จากปีการผลิต 2544/45 เปรียบเทียบกับปีการผลิต 2551/52

| ทิศทางการเปลี่ยนแปลง   | ลักษณะการเปลี่ยนแปลง        | เนื้อที่ (ไร่) |
|------------------------|-----------------------------|----------------|
| คงที่ (ไม่เปลี่ยนแปลง) | พื้นที่สวนส้มเดิม           | 33,897.8       |
| เพิ่มขึ้น              | พืชไร่ > ส้ม                | 13,808.5       |
|                        | ป่าไม้ > ส้ม                | 1,670.1        |
|                        | ที่นา > ส้ม                 | 4,573.8        |
|                        | ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น > ส้ม    | 9,853.8        |
|                        | รวมพื้นที่สวนส้มใหม่        | 29,906.2       |
| ลดลง                   | ส้ม > พืชไร่                | 11,868.8       |
|                        | ส้ม > ไม้ผลหรือไม้ยืนต้น    | 17,337.7       |
|                        | ส้ม > ชุมชนหรือสิ่งก่อสร้าง | 1,855.0        |
|                        | ส้ม > แหล่งน้ำ              | 115.9          |
|                        | รวมพื้นที่สวนส้มที่หายไป    | 31,177.4       |
| -                      | รวมพื้นที่สวนส้มในปัจจุบัน  | 63,804.0       |



**ภาพที่ 2-32** ลักษณะทิศทางการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษา

**ภาพที่ 2-33** รายละเอียดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษา

### 2.4.3 ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน

ในปัจจุบัน พื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอฝาง แม่อาฮาย และไชยปราการ เป็นไปอย่างไม่ถูกต้อง ไม่เหมาะสมกับสภาพและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ทั้งในส่วนของพื้นที่ปลูกส้มที่อยู่บนพื้นที่สูงและในพื้นที่ราบลุ่ม (โดยเฉพาะพื้นที่นาเดิม) ตัวอย่างเช่น พื้นที่ปลูกส้มบนพื้นที่สูง เกษตรกรมักทำสวนส้มบนพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก มีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดิน มีการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในอัตราที่ไม่เหมาะสม ซึ่งนอกจากจะเป็นสาเหตุของการตกค้างของสารพิษและดินเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วแล้ว ยังมีโอกาสที่สารพิษจะชะล้างไปกับน้ำและสะสมอยู่ในแหล่งน้ำในพื้นที่ราบในตอนล่างของกลุ่มน้ำได้ หรือในสถานการณ์การปลูกส้มในพื้นที่ราบลุ่มที่เคยเป็นพื้นที่นาข้าวมาก่อน ลักษณะทางกายภาพของดินและสภาพพื้นที่ราบลุ่มที่ง่ายต่อน้ำท่วมซึ่งอาจมีผลกระทบต่อระบบรากของต้นส้มได้

การศึกษาความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาฮาย และไชยปราการ ในส่วนนี้ เป็นการวิเคราะห์สภาพความเหมาะสมในเชิงพื้นที่ด้วยปัจจัยและหลักเกณฑ์ (โดยเฉพาะทางด้านกายภาพ) ที่มีผลต่อการปลูกและการให้ผลผลิตของส้ม โดยใช้โปรแกรมระบบตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ (Multi-Criteria Decision Analysis - GIS; MCDA-GIS) (เมธีและคณะ, 2551) (ภาพที่ 2-34) ด้วยวิธีบูรณาการการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เข้ากับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

#### (1) การกำหนดหลักเกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์ความเหมาะสม (Criterion setting)

การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มใช้วิธีการประเมินจากปัจจัย 15 หลักเกณฑ์ที่มีผลต่อการปลูก การเจริญเติบโต ตลอดจนการให้ผลผลิตของส้ม ซึ่งประกอบด้วย (1) ความลาดชันของพื้นที่ (2) อุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี (3) ปริมาณน้ำฝนต่อปี (4) ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน (5) สัดส่วนพื้นที่แหล่งน้ำต่อพื้นที่ตำบล (6) ลักษณะเนื้อดิน (7) การระบายน้ำของดิน (8) ความเป็นกรดด่างของดิน (9) ความลึกของหน้าดิน (10) ปริมาณแคลเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (11) ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (12) ปริมาณแมกนีเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (13) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (14) ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง และ (15) ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม โดยทั้ง 15 หลักเกณฑ์ได้ถูกสำรวจและเก็บรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การสำรวจข้อมูลภาคสนาม การวิเคราะห์และคำนวณปัจจัยหรือองค์ประกอบโดยเฉพาะทางกายภาพด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นต้น และจัดเก็บในรูปแบบชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีขนาดรายละเอียด มาตรฐาน และขอบเขตพื้นที่ศึกษาให้อยู่ในมาตรฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ระบบเดียวกัน โดยทั้งหมดดำเนินการด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



ภาพที่ 2-34 หน้าต่างโปรแกรม MCDA-GIS เมื่อเริ่มเปิดใช้โปรแกรม

## (2) การปรับค่ามาตรฐานของหลักเกณฑ์ ฯ (Criterion standardization)

เนื่องจากปัจจัยที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มมีคุณสมบัติเฉพาะอย่าง มีหน่วยของแต่ละปัจจัยและช่วงค่าของหลักเกณฑ์ที่ทำให้เกิดความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องทำการปรับค่ามาตรฐานให้แต่ละปัจจัยก่อนการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการ Fuzzy membership function ซึ่งเป็นฟังก์ชันหนึ่งของโปรแกรม MCDA-GIS วิธีการปรับค่ามาตรฐานมีความแตกต่างกันตามลักษณะของการตอบสนองของปัจจัยต่อค่าความเหมาะสมของพื้นที่ ซึ่งได้ทั้งในลักษณะยิ่งมามากยิ่งดี (benefit), ยิ่งมามากยิ่งไม่ดี (cost) หรือมีทั้งสองลักษณะตามช่วงค่าข้อมูล โดยลักษณะของการปรับค่ามีทั้งที่เป็นเส้นโค้ง (Sigmoidal, J-Shaped) และที่เป็นเส้นตรง (Linear) เป็นต้น โดยในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้ม มีการปรับค่ามาตรฐานของปัจจัยต่าง ๆ ในหลายลักษณะ กล่าวคือ ฟังก์ชันเส้นตรง แบบยิ่งมามากยิ่งสำคัญ ใช้สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อความเหมาะสมในการปลูกส้มในด้านบวกเมื่อมีค่ามากขึ้น ซึ่งได้แก่สัดส่วนพื้นที่แหล่งน้ำต่อพื้นที่ตำบล ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน ความลึกของดิน และปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ปัจจัยที่มีผลต่อความเหมาะสมในการปลูกส้มในเชิงลบเมื่อมีค่าเพิ่มมากขึ้นได้ทำการปรับค่าโดยใช้ฟังก์ชันเส้นตรง แบบยิ่งมามากยิ่งไม่สำคัญ ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อการปลูกส้มในเชิงลบเมื่อมีค่าทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงจากระดับความเหมาะสมใช้ฟังก์ชันแบบเหลี่ยมคางหมู ตารางที่ 2-11 แสดงประเภทฟังก์ชันและค่าพารามิเตอร์สำหรับปรับมาตรฐานค่าของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม และภาพที่ 2-35 แสดงตัวอย่างของการปรับค่ามาตรฐานของชั้นข้อมูลที่ใช้เป็นหลักเกณฑ์การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มในโปรแกรม MCDA-GIS

ตารางที่ 2-11 ประเภทฟังก์ชันและค่าพารามิเตอร์สำหรับปรับมาตรฐานค่าของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม

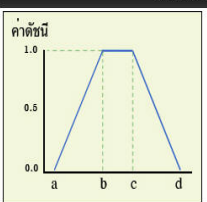
| หลักเกณฑ์ย่อย                                    | วิธีการปรับค่ามาตรฐาน       | a    | b    | c    | d    |
|--------------------------------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|
| 1. ความลาดชันของพื้นที่                          | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ | 12   | 12   | 12   | 35   |
| 2. อุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี                           | แบบเหลี่ยมคางหมู            | 13   | 25   | 30   | 35   |
| 3. ปริมาณน้ำฝนต่อปี                              | แบบเหลี่ยมคางหมู            | 1100 | 1500 | 2000 | 3000 |
| 4. ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน                     | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ | 500  | 500  | 500  | 2000 |
| 5. สัดส่วนพื้นที่แหล่งน้ำต่อพื้นที่ตำบล          | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งสำคัญ    | 0.1  | 0.4  | 0.4  | 0.4  |
| 6. ลักษณะเนื้อดิน                                | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งสำคัญ    | 0    | 1.0  | 1.0  | 1.0  |
| 7. การระบายน้ำของดิน                             | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งสำคัญ    | 2    | 5    | 5    | 5    |
| 8. ความเป็นกรดด่างของดิน                         | แบบเหลี่ยมคางหมู            | 4.5  | 5.6  | 6.5  | 8.4  |
| 9. ความลึกของหน้าดิน                             | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งสำคัญ    | 50   | 100  | 100  | 100  |
| 10. ปริมาณแคลเซียม (Ca) ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้   | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งสำคัญ    | 0    | 4.0  | 4.0  | 4.0  |
| 11. ปริมาณโพแทสเซียม (K) ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้  | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งสำคัญ    | 0    | 100  | 100  | 100  |
| 12. ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งสำคัญ    | 0    | 2.1  | 2.1  | 2.1  |
| 13. ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์           | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งสำคัญ    | 0    | 35   | 35   | 35   |
| 14. ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง                  | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ | 1    | 1    | 1    | 4    |
| 15. ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม                  | เส้นตรง ยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ | 1    | 1    | 1    | 4    |

รูปชื่อข้อมูลหลักเกณฑ์ : D:\MCDA6\VectorOutput\ShpFuzz\FuzzyFinal.shp

วิธีการตัดสินใจ : ☒ SAW ☐ TOPSIS

| เลือกแบบจำลองเพื่อปรับค่ามาตรฐาน  | เลือกแบบจำลองเพื่อปรับค่ามาตรฐาน | ค่าแบบจำลองที่ปรับค่ามาตรฐานแล้ว         |
|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|
| ชื่อหลักเกณฑ์                     | แบบจำลองที่ปรับค่ามาตรฐาน        | ค่าแบบจำลองที่ปรับค่ามาตรฐานแล้ว         |
| ความลาดชัน                        | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ   | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR00... |
| อุณหภูมิ                          | แบบเหลี่ยมคางหมู                 | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR00... |
| ปริมาณน้ำฝน                       | แบบเหลี่ยมคางหมู                 | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR00... |
| ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน         | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ   | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR00... |
| ขนาดพื้นที่แหล่งน้ำต่อพื้นที่ตำบล | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ      | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR00... |
| เนื้อดิน                          | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ      | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR00... |
| การระบายน้ำ                       | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ      | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR00... |
| ความเป็นกรดด่าง                   | แบบเหลี่ยมคางหมู                 | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR00... |
| ความลึกของหน้าดิน                 | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ      | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR00... |
| Ca                                | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ      | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR01... |
| K                                 | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ      | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR01... |
| Mg                                | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ      | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR01... |
| P                                 | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งสำคัญ      | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR01... |
| เสี่ยงภัยแล้ง                     | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ   | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR01... |
| เสี่ยงน้ำท่วม                     | เส้นตรง แบบยิ่งมากยิ่งไม่สำคัญ   | D:\MCDA5\VectorOutput\ShpFuzz\shpCR01... |

แบบจำลองที่ใช้ปรับค่ามาตรฐาน



กำหนดค่าที่ใช้คำนวณ

หลักเกณฑ์ อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

a: 13 b: 25 c: 30 d: 35 ค่าต่ำสุด: 0.00 ค่าสูงสุด: 25.77

คำนวณเงิน :

แบบเหลี่ยมคางหมู

ปรับค่ามาตรฐาน

ภาพที่ 2-35 การปรับค่ามาตรฐานของชั้นข้อมูลหลักเกณฑ์ในโปรแกรม MCDA-GIS

### (3) การกำหนดค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์ (Criterion weighting)

เนื่องจากแต่ละหลักเกณฑ์มีผลต่อประสิทธิภาพในการปลูกส้มและการให้ผลผลิตของส้มมากน้อยแตกต่างกัน ปัจจัยหรือหลักเกณฑ์ต่าง ๆ จึงมีความสำคัญไม่เท่ากัน และจึงต้องมีการกำหนดค่า

ความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์เพื่อให้สามารถนำมาเปรียบเทียบและจัดลำดับความสำคัญของหลักเกณฑ์ได้ ซึ่งวิธีการและขั้นตอนการกำหนดค่าความสำคัญสำหรับแต่ละหลักเกณฑ์นั้นได้ใช้วิธีการประชุมให้เหตุผลร่วมกันของนักวิชาการและคณะผู้วิจัยโดยใช้โปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.) (เมธีและคณะ, 2549) เป็นเครื่องมือช่วย ซึ่งใช้หลักการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมและการประเมินแบบ AHP: Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1980) แล้วทำการวิเคราะห์สรุปผล ภาพที่ 2-36 แสดงโครงสร้างของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ และผลของค่าความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 2-12



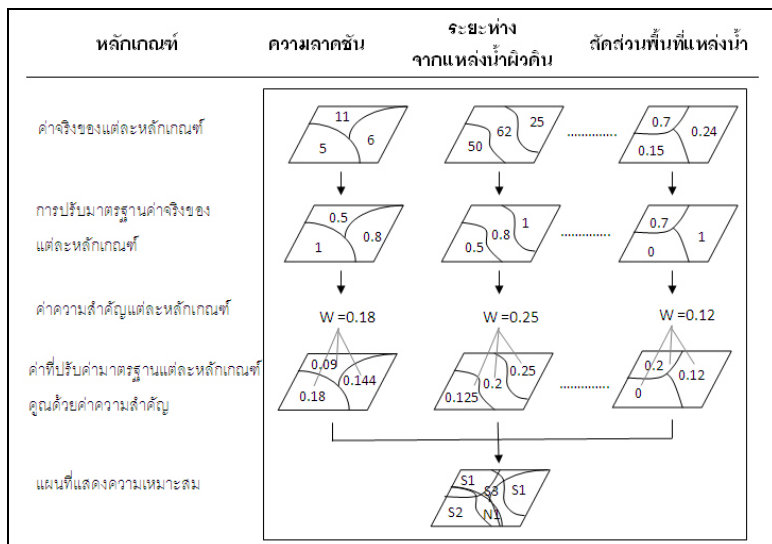
ภาพที่ 2-36 โครงสร้างของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม

ตารางที่ 2-12 ผลการกำหนดค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม

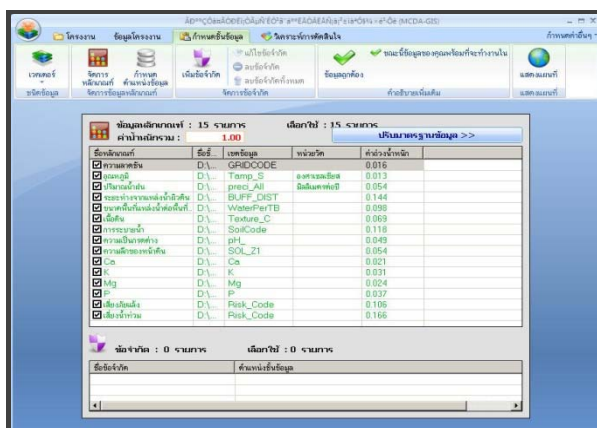
| หลักเกณฑ์                            | ค่าความสำคัญ |
|--------------------------------------|--------------|
| ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม          | 0.166        |
| ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน            | 0.144        |
| การระบายน้ำของดิน                    | 0.118        |
| ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง          | 0.106        |
| สัดส่วนพื้นที่แหล่งน้ำต่อพื้นที่ตำบล | 0.098        |
| ลักษณะเนื้อดิน                       | 0.069        |
| ปริมาณน้ำฝนต่อปี                     | 0.054        |
| ความลึกของหน้าดิน                    | 0.054        |
| ความเป็นกรดต่างของดิน                | 0.049        |
| ปริมาณ P ที่เป็นประโยชน์             | 0.037        |
| ปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้      | 0.031        |
| ปริมาณ Mg ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้     | 0.024        |
| ปริมาณ Ca ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้     | 0.021        |
| ความลาดชันของพื้นที่                 | 0.016        |
| อุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี                  | 0.013        |

#### (4) การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้ม

ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้ม ได้ใช้โปรแกรมระบบตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ (Multi-Criteria Decision Analysis - GIS; MCDA-GIS) (เมธีและคณะ, 2551) ด้วยวิธีบูรณาการการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เข้ากับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยนำเข้าชั้นข้อมูล 15 หลักเกณฑ์ภายใต้ขอบเขตพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ (ที่ได้ทำการกำหนดค่าความสำคัญไว้แล้วในขั้นตอนข้างต้น) ทำการปรับค่ามาตรฐาน (criterion standardization) ของแต่ละชั้นข้อมูล เนื่องจากข้อมูลมีหน่วยและช่วงค่าที่แตกต่างกัน จากนั้นโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมโดยนำไปคูณด้วยค่าความสำคัญ แล้วซ้อนทับชั้นข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกันเพื่อแสดงเป็นแผนที่แสดงความเหมาะสม ภาพที่ 2-37 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มด้วยโปรแกรม MCDA-GIS และภาพที่ 2-38 แสดงการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ในโปรแกรม MCDA-GIS ตามลำดับ



ภาพที่ 2-37 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มโดยใช้โปรแกรม MCDA-GIS



ภาพที่ 2-38 การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละหลักเกณฑ์ในโปรแกรม MCDA-GIS

(5) ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ปลูกส้ม

ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาาย และไชยปราการ โดยใช้โปรแกรม MCDA-GIS พบว่า ค่าความเหมาะสมต่ำสุดและสูงสุดมีค่า 0.127 และ 0.833 ตามลำดับ ผลที่ได้ดังกล่าวสามารถจัดช่วงคะแนนตามระดับความเหมาะสมของพื้นที่เป็น 4 ระดับคือ เหมาะสมมาก (S1) เหมาะสมปานกลาง (S2) เหมาะสมน้อย (S3) ไม่เหมาะสม (N1) โดยระยะห่างระหว่างช่วงชั้นความเหมาะสม คือ 0.176 ดังตารางที่ 2-13

ตารางที่ 2-13 ระดับคะแนนความเหมาะสมของการปลูกส้ม

| ระดับความเหมาะสม | สัญลักษณ์ | ช่วงคะแนน     |
|------------------|-----------|---------------|
| เหมาะสมมาก       | S1        | 0.657 – 0.833 |
| เหมาะสมปานกลาง   | S2        | 0.481 - 0.656 |
| เหมาะสมน้อย      | S3        | 0.304 - 0.480 |
| ไม่เหมาะสม       | N1        | 0.127 - 0.303 |

เมื่อแบ่งระดับความเหมาะสมออกเป็น 4 ระดับพบว่าพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาาย และไชยปราการ ทั้งหมดมีระดับความเหมาะสมในการปลูกส้มระดับเหมาะสมมาก (S1) เพียงร้อยละ 4.0 เหมาะสมปานกลาง (S2) ร้อยละ 39.5 เหมาะสมน้อย (S3) ร้อยละ 50.0 และ ไม่เหมาะสม (N1) ร้อยละ 6.5 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 2-14

ตารางที่ 2-14 ระดับความเหมาะสมสำหรับการปลูกส้มของอำเภอฝาง แม่อาาย และไชยปราการ

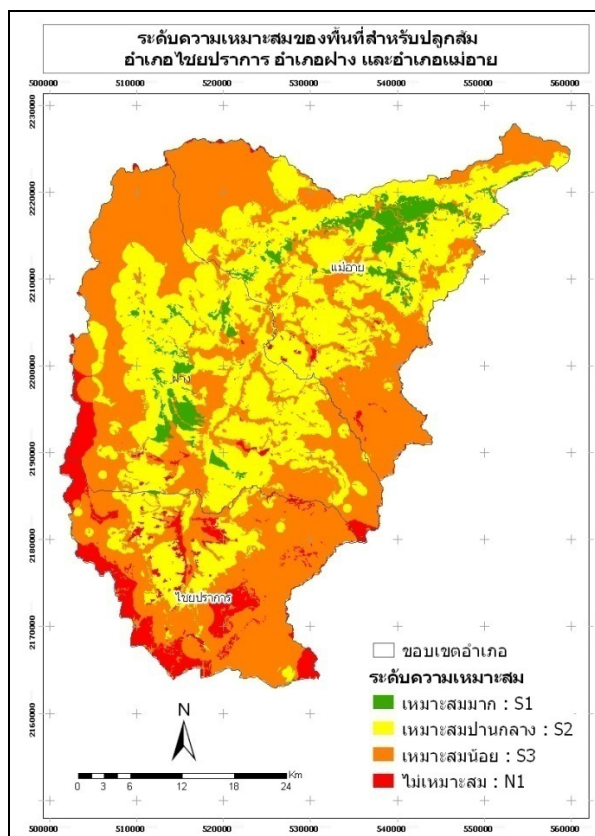
| ระดับความเหมาะสม    | พื้นที่ (ไร่) | ร้อยละของพื้นที่ทั้งหมด |
|---------------------|---------------|-------------------------|
| เหมาะสมมาก (S1)     | 52,980.6      | 4.0                     |
| เหมาะสมปานกลาง (S2) | 519,008.7     | 39.5                    |
| เหมาะสมน้อย (S3)    | 656,401.1     | 50.0                    |
| ไม่เหมาะสม (N1)     | 84,800.7      | 6.5                     |
| รวม                 | 1,313,191.0   | 100.0                   |

หากพิจารณาระดับความเหมาะสมสำหรับการปลูกส้มของพื้นที่ทั้งหมด มีพื้นที่ในระดับเหมาะสมมาก (S1) จำนวน 52,980.6 ไร่ ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอฝางและอำเภอแม่อาายในบริเวณที่ราบเชิงเขาซึ่งมีความลาดชัน ลักษณะทางกายภาพของดินมีการระบายน้ำได้ดี เนื้อดินเป็นดินร่วนหรือร่วนปนทรายซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม อีกทั้งพื้นที่ซึ่งมีน้ำกกและน้ำฝางไหลผ่าน และมีแหล่งน้ำสำหรับการเกษตรอยู่จำนวนมาก เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยด้านความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมพบว่ามีความเสี่ยงน้อย ทั้งนี้ปัจจัยทางด้านน้ำเป็นปัจจัยที่ถูกกำหนดค่าความสำคัญไว้สูงที่สุด พื้นที่ที่มีความเหมาะสมด้านแหล่งน้ำจึงมีความเหมาะสมต่อการปลูกส้มซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาาย และไชยปราการ

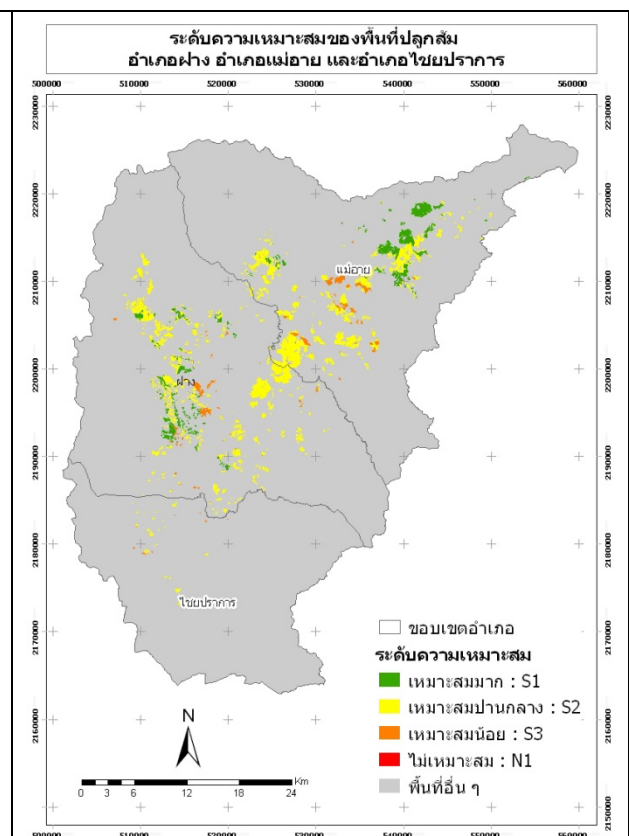
เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มเฉพาะพื้นที่สวนส้มจริงในปีการผลิต 2551/52 ทั้งหมด 63,804 ไร่ พบว่า ในปี 2551 มีพื้นที่ปลูกส้มอยู่ในระดับเหมาะสมมาก (S1) 13,762 ไร่ เหมาะสมปานกลาง (S2) 44,633.8 ไร่ เหมาะสมน้อย (S3) 5,385.8 ไร่ และ ไม่เหมาะสม (N1) 22.5 ไร่ โดยคิดเป็น ร้อยละ 1.0, 3.4, 0.4 และ 0.0 ของพื้นที่ทั้งหมดตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2-15 ภาพที่ 2-39 แสดงระดับความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับการปลูกส้มในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดของอำเภอฝาง แม่เอย และไชยปราการ และภาพที่ 2-40 แสดงระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มที่มีอยู่ในปัจจุบัน (ปีการผลิต 2551/52) ตามลำดับ

ตารางที่ 2-15 ระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน (ปีการผลิต 2551/52)

| ระดับความเหมาะสม | พื้นที่ (ไร่) | ร้อยละของพื้นที่ทั้งหมด |
|------------------|---------------|-------------------------|
| เหมาะสมมาก (S1)  | 13,762.0      | 1.0                     |
| เหมาะสมปานกลาง   | 44,633.8      | 3.4                     |
| เหมาะสมน้อย (S3) | 5,385.8       | 0.4                     |
| ไม่เหมาะสม (N1)  | 22.5          | 0.0                     |
| พื้นที่อื่น ๆ    | 1,249,386.9   | 95.1                    |
| รวม              | 1,313,191.0   | 100.0                   |



ภาพที่ 2-39 ระดับความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับการปลูกส้มในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด



ภาพที่ 2-40 ระดับความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มที่มีอยู่ในปัจจุบัน (ปีการผลิต 2551/52)

## 2.5 ผลกระทบจากโรคของส้มในเชิงพื้นที่

### 2.5.1 สาเหตุเบื้องต้นเกี่ยวกับต้นโทรมของส้ม

จากการสำรวจข้อมูลในภาคสนาม พบว่า สวนส้มในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ มีปัญหาต้นส้มโทรมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะสวนส้มของเกษตรกรรายย่อยซึ่งมีต้นทุนน้อย เนื่องจากส้มเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูงและตลอดปี จึงต้องการธาตุอาหารและการดูแลเอาใจใส่ที่มากกว่าพืชชนิดอื่น หากเกษตรกรไม่มีความรู้ ขาดการดูแลช่วงใดช่วงหนึ่ง หรือมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม หรือการจัดการสวนส้มที่ไม่ถูกต้องของเกษตรกร เช่น การไว้ผลส้มมากเกินไป เนื่องจากส้มออกดอกติดผลตลอดปี หากเกษตรกรไม่ทำการปลิดผลอ่อนของส้มทิ้งบ้าง เพื่อต้องการได้ผลผลิตทุกล้นทุกขนาด อาจทำให้เกิดปัญหาการแย่งอาหารกันเองของส่วนต่าง ๆ ในต้นส้ม นอกจากนี้ เกษตรกรมีการชะลอการเก็บผลผลิตส้มเพื่อรอให้ราคาส้มสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบรุนแรงกับต้นส้ม มีผลทำให้ต้นส้มโทรมอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผลเป็นส่วนที่มีความสามารถในการดึงอาหารที่สังเคราะห์ได้จากใบและอาหารที่เก็บไว้ยังส่วนต่าง ๆ ของต้นส้ม เช่น กิ่ง ก้าน ได้ดีกว่าส่วนรากหรือส่วนอื่น ๆ ของต้นส้ม ดังนั้น เมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวแต่เกษตรกรไม่ยอมเก็บผลผลิต รากและส่วนอื่นจะถูกแย่งอาหาร ทำให้ต้นส้มอ่อนแอ โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ต้นส้มโทรม (ภาพที่ 2-41) และหากมีปัจจัยอื่นเข้าเสริม เช่น เป็นส้มที่ปลูกโดยการปักกิ่งตอน และปลูกบนสภาพพื้นที่ราบลุ่มที่เคยเป็นพื้นที่นา การถ่ายเทอากาศในดินไม่ดีเท่าที่ควร ดินขาดสมดุลธาตุอาหาร จะยิ่งทำให้ส้มแสดงอาการต้นโทรมรุนแรงมากขึ้น และยากที่จะฟื้นฟูให้กลับมามีสภาพดีได้เหมือนเดิม



ภาพที่ 2-41 สวนส้มที่ปลูกบนที่ราบลุ่ม และตั้งส้ม 13 เดือน (เก็บเกี่ยวในช่วง มี.ค. 53) ซึ่งแสดงอาการของโรครากเน่ากระจายทั่วทั้งสวนส้ม

### 2.5.2 ผลกระทบของต้นส้มโทรม

เมื่อต้นส้มโทรม ทำให้ศักยภาพการให้ผลผลิตลดน้อยลง หรือบางสวนอาจไม่สามารถเก็บผลผลิตได้เลย เมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ทำให้เกษตรกรขาดทุน ซึ่งหมายถึงเกษตรกรไม่มีเงินทุนที่จะนำมาซื้อปัจจัยการผลิตในปีถัดไป จากการสัมภาษณ์เกษตรกรสวนส้ม พบว่า เกษตรกรมีความเชื่อว่าหากมีการให้

ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดโรคและแมลงมากขึ้น จะสามารถฟื้นฟูส้มในสวนที่มีการอาการต้นโทรมให้ดีขึ้นมาได้นั้น เกษตรกรจึงกู้เงินจากธนาคารเพื่อนำมาซื้อปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น ทำให้เป็นหนี้มากขึ้น ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้ว หากส้มแสดงอาการต้นโทรม มักยากเกินไปที่จะฟื้นฟู ซึ่งต้องใช้ต้นทุนสูง โดยเฉพาะเกษตรกรที่มีต้นทุนน้อยจะไม่สามารถทำได้ ซึ่งในปัจจุบันจะพบว่า มีพื้นที่สวนส้มถูกทิ้งร้างกลายเป็นแหล่งสะสมและแพร่กระจายโรคส้มเป็นจำนวนมาก เกษตรกรหลายรายตัดสินใจโค่นทำลายสวนส้มที่ทรุดโทรมทิ้งเพื่อปลูกพืชอื่นแทน หรือปลูกส้มใหม่อีกครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับที่อุบลและคณะ (2542) ได้ให้ข้อมูลว่า ในการปลูกส้มมักจะประสบปัญหาที่สำคัญคือ ต้นโทรมหลังการปลูก 4-5 ปี หรือหลังจากให้ผลผลิตแล้ว 1-2 ปี และจะแสดงอาการทรุดโทรมลงเรื่อย ๆ รวมถึงการตอบสนองต่อปริมาณน้ำและธาตุอาหารน้อยกว่าปกติ ผลผลิตลดลง และตายในที่สุด

### 2.5.3 การแสดงอาการต้นโทรมที่เกิดจากโรคของส้ม

กองโรคพืชและจุลชีววิทยา (อ้างใน อุบลและคณะ, 2542) รายงานว่า การทรุดโทรมของต้นส้มมีสาเหตุมาจากโรคที่สำคัญ 4 ชนิด คือ (1) โรคกรีนนิ่ง เกิดจากเชื้อ *Candidatus Liberibacter spp.* โดยมีเพลี้ยไก่แจ้ส้มเป็นแมลงพาหะ โดยเชื้อสาเหตุของโรคอาศัยอยู่ในท่ออาหารของต้นส้มและติดไปกับส่วนที่นำไปขยายพันธุ์ (2) โรคทริสทริชา เกิดจากเชื้อไวรัส *Citrus Tristeza virus* ซึ่งมีเพลี้ยอ่อนส้มเป็นแมลงพาหะ และเชื้อไวรัสอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อส้มจึงระบาดโดยติดไปกับกิ่งพันธุ์ (3) โรครากเน่าโคนเน่า เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ซึ่งอยู่ในดินระบาดรุนแรงในช่วงฤดูฝน การใช้ดินตอด้านทานโรคจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ และ (4) โรคแคงเกอร์ เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *Citri*

### 2.5.4 ข้อจำกัดของสภาพพื้นที่ราบลุ่มต่ออาการต้นโทรมของส้ม (โรคของส้ม)

ลักษณะต้นโทรมของส้มที่พบส่วนใหญ่แสดงอาการคล้ายลักษณะของโรคกรีนนิ่งและโรครากเน่า แต่ไม่ค่อยพบลักษณะอาการของโรคทริสทริชาและโรคแคงเกอร์มากนัก ลักษณะที่พบคือต้นส้มแสดงอาการเหลือง ใบเหลืองซีด เส้นกลางใบและเส้นแขนงใบมีสีเขียว และใบที่แตกใหม่มีลักษณะหนากว่าปกติ มีขนาดเล็ก เรียวยาว ปลายใบชี้ตั้งขึ้นและโค้งงอ ผลส้มมีขนาดเล็กหลุดร่วงก่อนสุก ทำให้ได้ผลผลิตน้อย มีอาการแห้งตาย (dieback) ในบางกิ่ง สำหรับต้นที่แสดงอาการรุนแรงจะเป็นทุกกิ่งทั่วทั้งต้น ซึ่งต้นจะโทรมลงไปเรื่อย ๆ และตายในที่สุด ลักษณะอาการเหล่านี้พบกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา โดยมีข้อสังเกตคือ พื้นที่ราบลุ่มในช่วงฤดูฝนจะพบส้มที่แสดงอาการโทรมจากโรครากเน่าโคนเน่าอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งหากไม่ทำการป้องกันหรือแก้ไขอย่างถูกวิธี ต้นส้มที่เป็นโรครากเน่าโคนเน่าบนพื้นที่ราบลุ่มมีโอกาสต้นโทรมได้เร็วกว่าต้นส้มที่ปลูกบนพื้นที่ดอน สำหรับอาการของโรคกรีนนิ่งในสวนส้มที่ปลูกบนพื้นที่ราบลุ่มจะแสดงให้เห็นในช่วงฤดูแล้ง สำหรับต้นส้มที่ปลูกบนพื้นที่ลาดชัน (ซึ่งเป็นกึ่งดอน) จะแสดงอาการของโรคกรีนนิ่งให้เห็นชัดเจนในช่วงอายุตั้งแต่ 7 ปีขึ้นไป (อายุส้มส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษาที่แสดงอาการโทรมของโรคกรีนนิ่ง)

ในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ สวนส้มส่วนใหญ่ขยายพันธุ์โดยใช้กิ่งตอนซึ่งกล่าวได้ว่าทุกต้นมีโรคกรีนนิ่งแฝงอยู่แล้ว แต่จะแสดงอาการเมื่อใดนั้นขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ รวมทั้งการจัดการของเกษตรกรเอง ตลอดจนปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สนับสนุนให้เกิดเร็วและรุนแรงมากขึ้น ในกรณีของพื้นที่ราบลุ่มนี้ การแสดงอาการต้นโทรมที่เกิดจากโรครากเน่านั้นมีโอกาสเกิดมากกว่าสวนส้มบนพื้นที่ดอน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของดินที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตและขยายของเชื้อ *Phytophthora parasitica* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรครากเน่าเป็นอย่างมาก เกษตรกรจึงไม่ควรปลูกส้มบนพื้นที่ราบลุ่ม หรือหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ ควรมีการเตรียมการป้องกันเหตุการณ์หรือปัญหาที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากการแก้ไขปัญหานี้ในภายหลังนั้นมีต้นทุนค่อนข้างสูง ซึ่งอาจไม่คุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลตอบแทนที่จะได้รับรวมถึงเวลาที่เสียไป



ภาพที่ 2-42 สวนส้มในพื้นที่ราบลุ่ม (ที่นาเก่า)  
อายุ 10-20 ปี



ภาพที่ 2-43 ผลผลิตส้มที่มีคุณภาพ อายุ 10  
เดือน เก็บเกี่ยวในช่วงเดือน ม.ค.53



ภาพที่ 2-44 ลักษณะของต้นตอคลีโอพัตราที่  
เกษตรกรใช้ปลูกในพื้นที่ราบลุ่ม



ภาพที่ 2-45 ต้นส้มที่ใช้กิ่งตอน เกษตรกรทดลอง  
นำมาปลูกในพื้นที่ราบลุ่มแสดง  
อาการของโรครากเน่า ไม่สามารถให้  
ผลผลิตต่อไปได้



ภาพที่ 2-46 สวนส้มที่ปกติบนพื้นที่ดอน



ภาพที่ 2-47 สวนส้มที่แสดงอาการโทรมของโรคกรีนนิ่งบนพื้นที่ดอน



ภาพที่ 2-48 ผลส้มขนาดมะนาวของต้นส้มปกติและเป็นโรคกรีนนิ่ง



ภาพที่ 2-49 ส่วนยอดของต้นที่ปกติและต้นที่เป็นโรคกรีนนิ่ง



ภาพที่ 2-50 ลักษณะอาการส้มตาแดง



ภาพที่ 2-51 ลักษณะอาการ dieback



ภาพที่ 2-52 สวนส้มที่ใช้กิ่งตอนบนพื้นที่ราบลุ่ม



ภาพที่ 2-53 ลักษณะต้นส้มที่ไม่สามารถให้ผลผลิตได้ในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยว

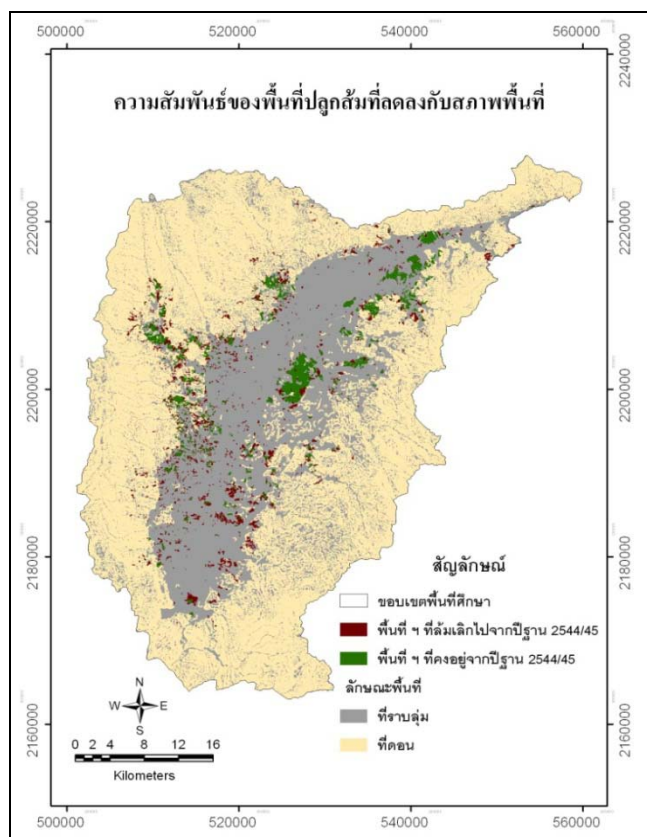


ภาพที่ 2-54 ลักษณะอาการโรครากเน่าโคนเน่า และการแก้ไข (ก) รากถอดปล้อง ซึ่งเป็นอาการหนึ่งของโรครากเน่า (ข) ใช้สารเคมีเมตาแลกซิลช่วยรักษาโรครากเน่า (ค) การตัดทิ้ง (ง) ส้มปลูกใหม่ เกษตรกรเลือกใช้กิ่งเสียบ

### 2.5.5 การลดลงของพื้นที่ปลูกส้มจากต้นโทรมและโรคส้มในพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกส้มในโครงการวิจัย ฯ (ข้อ 2.4.2) โดยการเปรียบเทียบพื้นที่สวนส้มที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีซิเจนเลข ในปีการผลิต 2544/45 เข้ากับพื้นที่สวนส้มที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพจากดาวเทียม ALOS ในปีการผลิต 2551/52 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ พบว่า ในปัจจุบัน (ปีการผลิต 2551/52) มีพื้นที่สวนส้มที่ลดลงจากปีการผลิต 2544/45 คิดเป็นพื้นที่จำนวน 31,177.4 ไร่ พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ปลูกส้มเดิมในปีการผลิต 2544/45 ที่ให้ผลผลิตส้มแก่เกษตรกรตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา และในปีการผลิต 2551/52 ซึ่งสำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ (2552) ได้รายงานพื้นที่ปลูกในเขตอำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ พบว่าลดลงกว่า 30% เมื่อเทียบกับปี 2544/2545 และมีแนวโน้มว่าจะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยพื้นที่ที่ลดลงจากปีการผลิต 2544/45 นั้นอยู่ในสภาพที่ไม่ปรากฏรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการผลิตส้มเดิมแล้ว เป็นพื้นที่ทิ้งร้างหรือเปลี่ยนรูปแบบการใช้ที่ดินเป็นประเภทอื่น ๆ ไป จากผลการวิเคราะห์ (ภาพที่ 2-55) แสดงให้เห็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากโรค

สัมมนี้อยู่ทั่วไปในเขตพื้นที่อำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกส้มขนาดเล็กของเกษตรกรรายย่อย และบางส่วนที่เป็นพื้นที่ปลูกส้มขนาดใหญ่ มีเนื้อที่มากกว่า 10 ไร่ ในบริเวณที่ราบลุ่มของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ และตอนกลางของกลุ่มน้ำฝาง ในเขตอำเภอฝางและไชยปราการ



ภาพที่ 2-55 พื้นที่ปลูกส้มที่ล้มเลิกไปจากปีการผลิต 44/45  
เนื่องจากได้รับผลกระทบจากต้นไทรและโรคส้ม

การกระจายตัวของพื้นที่ปลูกส้มที่ล้มเลิกไปอันเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อพิจารณาสภาพพื้นที่ปลูกสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ พื้นที่ราบลุ่มและพื้นที่ดอน โครงการวิจัย ฯ แบ่งเขตพื้นที่ราบลุ่มและที่ดอนด้วยปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ความสูงของพื้นที่และความลาดชัน โดยกำหนดให้พื้นที่ราบลุ่ม ซึ่งแต่เดิมเป็นพื้นที่ปลูกข้าว แหล่งชุมชนและสิ่งก่อสร้าง จากการเปรียบเทียบชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับเส้นชั้นความสูง โดยสุ่มสำรวจค่าระดับความสูงของพื้นที่ราบทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง พบว่า กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ราบลุ่มส่วนใหญ่อยู่บนความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย 500 เมตร สำหรับสภาพความลาดชัน เกษม (2546) ได้อธิบายความหมายของพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 ว่า เป็นพื้นที่ราบลุ่ม หรือเนินลาดเอียงเล็กน้อย ต่ำกว่า 5% ดินลึกถึงลึกมาก ความอุดมสมบูรณ์สูง มีความคงทนต่อการชะล้างพังทลาย สามารถใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรมโดยเฉพาะการทำนาและกิจกรรมอื่น ๆ โครงการวิจัย ฯ ได้ทำการซ้อนทับพื้นที่ปลูกส้มที่ล้มเลิกไปพร้อมกับชั้นข้อมูลสภาพพื้นที่ เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของพื้นที่ปลูกส้มที่ลดลงกับลักษณะ

ทางกายภาพของพื้นที่ พบว่า พื้นที่ปลูกส้มที่ล้มเลิกไปจากปีการผลิต พ.ศ. 2444/45 จำนวน 31,177.4 ไร่ นั้นอยู่ในเขตพื้นที่ราบลุ่มจำนวนทั้งสิ้น 21,665.96 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 69.5 ของพื้นที่ปลูกส้มที่ล้มเลิกไปทั้งหมด นอกจากนี้ จำนวนที่เหลือร้อยละ 30.5 ( 9,511.38 ไร่) เป็นพื้นที่ส้มที่อยู่บนที่ดอน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างทางกายภาพของพื้นที่ เป็นตัวบ่งบอกความแตกต่างของคุณสมบัติของดิน ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกส้มในแต่ละสภาพพื้นที่จำเป็นต้องมีองค์ความรู้เกี่ยวกับการบริหารจัดการสวนให้เหมาะสมกับพื้นที่ของตนเอง เนื่องจากแต่ละสภาพพื้นที่มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ดังนั้นการจัดการที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่จะช่วยทำให้ต้นส้มมีอายุยืนและสมบูรณ์พอที่จะให้ผลผลิตต่อไป

## 2.6 สรุป: ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

กิจกรรมงานวิจัยในส่วนของ “ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่” นี้ เป็นส่วนเริ่มต้นของโครงการวิจัย “การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเปลือกกล่อน (สายน้ำผึ้ง)” ซึ่งต้องการข้อมูลและสารสนเทศทั้งในรูปแบบเชิงพื้นที่ (spatial data) และที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ (non-spatial data) มาร่วมใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ในงานส่วนต่าง ๆ ของโครงการวิจัย ฯ ที่สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน (baseline) เชิงพื้นที่ด้านกายภาพ ข้อมูลเชิงเวลาของการผลิตส้ม การใช้ทรัพยากร และใช้อธิบายสภาพพื้นที่ ลักษณะลุ่มน้ำ ทรัพยากรที่ดิน (ดิน น้ำ และป่าไม้) การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสถานการณ์ของพื้นที่ปลูกส้ม รวมถึงพื้นที่ปลูกส้มที่ได้รับผลกระทบจากโรคของส้ม ตลอดจนใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประกอบการพัฒนาระบบเรียกใช้ด้านสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่

การพัฒนาฐานระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในโครงการวิจัย ฯ แบ่งงานออกเป็น (1) ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน (2) ฐานข้อมูลลุ่มน้ำ (3) การใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (4) พื้นที่ปลูกส้ม; การเปลี่ยนแปลงและความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน และ (5) ผลกระทบจากโรคของส้มในเชิงพื้นที่ ซึ่งทั้งหมดนี้ทำให้ได้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการวิเคราะห์ด้านทรัพยากรดินและน้ำที่เกี่ยวกับการจัดการผลผลิตส้ม เช่น ข้อมูลดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ลุ่มน้ำ หรือสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ในฐานะปัจจัยหรือหลักเกณฑ์ด้านต่าง ๆ ในการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามเชิงพื้นที่ต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การลดลงของพื้นที่ปลูกส้ม การประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้ม การประเมินโอกาสความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วม เป็นต้น นอกจากนี้ ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ต่าง ๆ เหล่านี้ ได้ถูกนำเข้าใน “ระบบสารสนเทศส้ม” ทั้งที่เป็นแบบ Window-based และแบบ “Web-based” เพื่อสื่อสารองค์ความรู้ด้านทรัพยากรดินและน้ำที่เกี่ยวกับการผลิตส้มในรูปแบบเชิงพื้นที่ เพื่อความเข้าใจต่อผู้ใช้ “ระบบสารสนเทศส้ม” ได้ง่ายขึ้น

ผลที่ได้รับจากบทที่ 2; ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ โครงการวิจัย ฯ ได้ดำเนินการคัดลอก (copy) ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่พัฒนาได้ทั้งหมดจากในส่วนนี้ส่งมาพร้อมกับรายงานฉบับสมบูรณ์นี้ด้วยแล้ว (ติดอยู่ที่ปกหลังของรายงาน) ดังแสดงรายชื่อฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในตารางภาคผนวกที่ 7-1

## เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. 2550. ข้อมูลทางน้ำเชิงเลข. ศูนย์ข้อมูลทางแผนที่. กรมแผนที่ทหาร. กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2531.รายละเอียดชุดดินจัดตั้งในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553. หลักการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายเทียมด้วย  
สายตา. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

เกษม จันทรแก้ว. 2546. การจัดการลุ่มน้ำ: การกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของประเทศไทย. นิทรรศการ  
งานวิจัย 60 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำนง อติวัฒนสิทธิ์. 2545. สังคมวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ  
หน้า 133

มูลนิธิข้าวไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2553. รู้เรื่องข้าว.[ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา :

[http://www.thairice.org/html/aboutrice/about\\_rice3.htm](http://www.thairice.org/html/aboutrice/about_rice3.htm). (9 กันยายน 2553)

เมธี เอกะสิงห์ เจริญพล สำราญพงษ์ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ ประภัสสร พันธุ์สมพงษ์ และเทวินทร์ แก้ว  
เมืองมูล. 2551. ระบบวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ใน รายงาน  
การสัมมนาาระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 4 ระหว่างวันที่ 27-28 พฤษภาคม 2551 ณ ศูนย์ประชุม  
นานาชาติเอ็มเพรส เชียงใหม่. หน้า 75-89.

เมธี เอกะสิงห์ เทวินทร์ แก้วเมืองมูล และ ชาฤทธิ์ สุ่มเหม. 2549. โปรแกรมวิเคราะห์แบบหลาย  
หลักเกณฑ์เพื่อใช้งานในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ. รายงานการประชุมวิชาการ ศวพค ปี  
2549. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร. 22 -23 กันยายน 2549 ณ โรงแรมกรีนเลค รีสอร์ท  
จังหวัดเชียงใหม่.

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2533. การกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ. สำนักงาน  
คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 67 หน้า.

สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16. 2550. ข้อมูลทั่วไป: ชุนน้ำฝาง. สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 16 จังหวัด  
เชียงใหม่. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สุทัศน์ สุรวาณิช. 2552. จำลองพืชด้วยการประยุกต์ Object Oriented กับ Knowledge-based.  
สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

สุเพชร จิระจกุล. 2552. เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1. พิมพ์ครั้งที่ 1.  
เอส.อาร์.พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด. หน้า 93.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2552. สถานการณ์การผลิตส้มเขียวหวาน จังหวัดเชียงใหม่ ปี  
2551/52 งานส่งเสริมการผลิตไม้ผล สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2545. ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศสี มาตราส่วน 1: 4000. ศูนย์สารสนเทศ  
ทางเกษตร. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อุบล คือประโคน ไมตรี พรหมมินทร์ สุชาติ วิจิตรานนท์ และประไพศรี พิทักษ์ไพรวรรณ. 2542. การผลิตและ  
ขยายพันธุ์ส้มปลอดโรค. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ  
สหกรณ์ กรุงเทพฯ, หน้า 47-59.

Chust, G., D. Ducrot and J.L. Pretus. 2004. Land Cover Mapping with Patch-Derived  
Landscape Indices. *Landscape and Urban Planning* 69: 437-449.

Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classification of remotely  
sensed data. *Remote Sensing of Environment*. 37: 35-46.

Congalton, R. G. and K. Green. 1991. Assessing the Accuracy of Remote Sensing Data:  
Principle and Practices. *Environmental Science: Engineering GIS: Mapping Remote  
Sensing*. P 45.

ERDAS. 2001. Using Expert Classifier: ERDAS IMAGINE Expert Classifier Overview. ERDAS  
Incorporation: USA.

ERSI. 2007. GIS for Water Resources. [Online]. Available:  
[http://www.esri.com/industries/water\\_resources/index.html](http://www.esri.com/industries/water_resources/index.html) (29 August 2009).

FAO. 1996. Computer-assisted Watershed Planning and Management: Technologies for  
national planning. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

JAXA. 2009. Outline of the Advanced Land Observing Satellite. Japan Aerospace Exploration  
Agency. [online]. Available: [http : // www.jaxa.jp](http://www.jaxa.jp) (8 august 2009)

Jensen, J.R. 1996. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective  
(2<sup>nd</sup> ed.). Prentice-Hall.

Leica. 2006. ERDAS Imagine version 9. 0. Leica Geosystem. Geospatial Imaging, LLC.  
Atlanta, GA.

Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 2000. Remote Sensing and Image Interpretation (4<sup>th</sup> ed.).  
Wiley.

Mather, P.M. 1988. Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction. New  
York: Wiley.

Nair, P.K.R. 1993. An Introduction to Agroforestry. Kluwer academic publishers. The  
Netherlands.

Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw Hill Company, New York.

SWAT. 2008. ArcSWAT 2.0. [Online]. Available:  
<http://www.brc.tamus.edu/swat/arcsWat.html> (September 17, 2008).

-----

### บทที่ 3

#### สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม

ชูชาติ สันทรทรัพย์<sup>1</sup> และ วาสนา วิญญรัตน์<sup>2</sup>

-----

#### 3.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินกับผลผลิตส้ม

จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแหล่งปลูกส้มขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศไทย (63,147 ไร่) โดยมีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในที่ อำเภอฝาง (53,499 ไร่) อำเภอแม่อาย (27,199 ไร่) และอำเภอไชยปราการ (4,972 ไร่) (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2551) ซึ่งพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สูงที่เป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทย การใช้พื้นที่สูงเพื่อการเกษตรย่อมมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ทั้งบนที่สูงและพื้นที่ราบ เพราะการเกษตรบนพื้นที่ที่มีความลาดชันย่อมมีการชะล้างพังทลายของดินในอัตราสูง ดินเสื่อมคุณภาพได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งการใช้สารเคมีเพื่อการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชบนที่สูงไม่เพียงแต่จะตกค้างบนพื้นที่สูง ยังมีโอกาสถูกชะล้างไปกับน้ำและไปสะสมอยู่ในแหล่งน้ำในพื้นที่ราบได้อีกด้วย เมื่อดินเสื่อมคุณภาพ เกษตรกรที่ปลูกส้มบนที่สูงย่อมแก้ปัญหาโดยการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งปุ๋ยเคมีที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ ปุ๋ยผสมที่มีธาตุอาหารพืชครบทั้ง 3 ธาตุ การใช้ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารครบทั้ง 3 ธาตุอย่างต่อเนื่องและใช้ในอัตราสูง ทำให้มีการตกค้างของปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ดินเป็นกรดมากขึ้น และเกิดการขาดสมดุลของธาตุอาหารพืชในดิน เพราะมีปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) ในดินมากเกินไป ทำให้มีผลเสียต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช ซึ่งจากการศึกษาการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรปลูกส้มในพื้นที่อำเภอฝาง พบว่าร้อยละ 52 ของปุ๋ยที่ใช้เป็นปุ๋ยสูตรเสมอ (15-15-15 หรือ 16-16-16) และใช้ในอัตรา 2.0 – 3.0 กก./ต้น/ปี (Chanvichit, 2009) และจากการศึกษาเบื้องต้นของพิทยา และคณะ (2551) ในพื้นที่ปลูกส้มเขตอำเภอฝาง แม่อาย และไชยปราการ ชี้ให้เห็นถึงการเสื่อมสภาพของดินในพื้นที่ปลูกส้ม โดยพบว่าสภาพของดินที่ใช้ปลูกส้มร้อยละ 70 มีสภาพเป็นกรดจัด และมากกว่าร้อยละ 80 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับสูง-สูงมาก การลดลงของความอุดมสมบูรณ์ดิน ปัญหาระบาดของโรคและแมลงในพื้นที่ ต้นทุนการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น และปัญหาราคาผลผลิตที่ตกต่ำ ทำให้เกษตรกรขาดทุนบางส่วนได้หันไปปลูกพืชชนิดอื่นทดแทน และบางส่วนได้เลิกอาชีพการปลูกส้ม ทั้งแปลงปล่อยให้เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง ทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สถานการณ์ของการ

---

<sup>1</sup> ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>2</sup> นศ.ปริญญาเอก สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอดงหลวง แม่ฮาด และไชยปราการ ทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้เพื่อจะทราบถึงสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับตัดสินใจของเกษตรกรที่จะแก้ปัญหาการผลิตส้มที่ไม่มีคุณภาพและมีปริมาณผลผลิตต่ำให้ได้ผลผลิตที่มีปริมาณและคุณภาพที่ดี เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศโดยนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้าไปจัดการ เช่น การฟื้นฟูสภาพของดิน เป็นต้น

### 3.2 การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม (พื้นที่ศึกษาอำเภอดงหลวง แม่ฮาด และไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่)

#### 3.2.1 วิธีการดำเนินงาน

(1) ทำการสำรวจพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอดงหลวง แม่ฮาด และไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่เพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพพื้นที่การปลูกส้ม ขนาดของพื้นที่ อายุของต้นส้มที่ปลูก และประวัติการใช้ที่ดิน เพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดพื้นที่ในการเก็บข้อมูล

(2) คัดเลือกพื้นที่เพื่อทำการเก็บข้อมูลดิน โดยอาศัยหลักเกณฑ์การพิจารณาจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในข้อ (1) ซึ่งอาจแบ่งพื้นที่การศึกษาได้ดังนี้

สถานที่ปลูกส้ม: เขตพื้นที่ปลูกส้มอำเภอดงหลวง แม่ฮาด และไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

ลักษณะของพื้นที่: พื้นที่ปลูกส้มบนพื้นที่ราบลุ่ม (เป็นพื้นที่ที่ปรับเปลี่ยนมาจากพื้นที่ทำนา) และพื้นที่ปลูกส้มที่เป็นพื้นที่ลาดชันตามเชิงเขา

อายุของสวนส้ม: สวนส้มที่มีอายุในระหว่าง 5 – 10 ปี

(3) การเก็บข้อมูล: ทำการเก็บตัวอย่างดินจากสวนส้มในแต่ละพื้นที่ที่กำหนด (Composite sampling) ที่ระดับความลึก 20 ซม. รวมทั้งเก็บตัวอย่างดินในบริเวณที่ไม่ถูกรบกวนหรือรบกวนจากการทำการเกษตรน้อยที่สุดในพื้นที่ใกล้เคียง และดินที่ใช้ในการปลูกพืชชนิดอื่นนอกเหนือจากการทำสวนส้ม เช่น ดินนา ดินปลูกผัก ดินที่ใช้ทำสวนลิ้นจี่ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติดินที่ใช้ในการปลูกส้ม สำหรับคุณสมบัติของดินที่ทำการตรวจวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 คุณสมบัติดินที่วิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์

| ลำดับที่ | รายการวิเคราะห์                                               | หน่วย                   | วิธีการวิเคราะห์                |
|----------|---------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1        | pH                                                            | pH unit                 | pH meter (ดิน:น้ำ;1:2)          |
| 2        | การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)                      | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | EC meter (ดิน:น้ำ;1:5)          |
| 3        | อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter, OM)                            | %                       | Walkly & Black                  |
| 4        | ไนโตรเจนในรูปไนเตรต (Extractable Nitrate, $\text{NO}_3^-$ -N) | mg/kg                   | KCl /UV-Spectrophotometer       |
| 5        | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus, avai.P)        | mg/kg                   | Bray II/ Molybdenum blue Method |

ตารางที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัติดินที่วิเคราะห์และวิธีการวิเคราะห์

| ลำดับที่ | รายการวิเคราะห์                                                 | หน่วย | วิธีการวิเคราะห์                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|
| 6        | โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้<br>(Exchangeable Potassium, exch.K)  | mg/kg | NH <sub>4</sub> OAC pH7/AES                                  |
| 7        | แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้<br>(Exchangeable Calcium, exch.Ca)     | mg/kg | NH <sub>4</sub> OAC pH7/AAS                                  |
| 8        | แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้<br>(Exchangeable Magnesium, exch.Mg) | mg/kg | NH <sub>4</sub> OAC pH7/AAS                                  |
| 9        | กำมะถันที่สกัดได้<br>(Extractable Sulfur, extr.S)               | mg/kg | Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )/BaCl <sub>2</sub> method |
| 10       | เหล็กที่เป็นประโยชน์<br>(Available Iron, avai.Fe)               | mg/kg | DTPA/AAS                                                     |
| 11       | แมงกานีสที่เป็นประโยชน์<br>(Available Manganese, avai.Mn)       | mg/kg | DTPA/AAS                                                     |
| 12       | ทองแดงที่เป็นประโยชน์<br>(Available Copper, avai.Cu)            | mg/kg | DTPA/AAS                                                     |
| 13       | สังกะสีที่เป็นประโยชน์<br>(Available Zinc, avai.Zn)             | mg/kg | DTPA/AAS                                                     |
| 14       | โบรอนที่สกัดได้<br>(Extractable Boron, extr.B)                  | mg/kg | CaCl <sub>2</sub> -manital/ Azomethine- H method             |

(4) การวิเคราะห์ แปลผลข้อมูล และสรุปผลการศึกษา เพื่อชี้ให้เห็นถึงสถานภาพของความอุดมสมบูรณ์ดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางวิจัยเพื่อพัฒนาคุณภาพของส้มให้มีลักษณะตรงตามที่ต้องการ

### 3.2.2 ผลการดำเนินงาน

#### (1) สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกส้ม อำเภอฝาง

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อเป็นตัวแทนของดินที่ปลูกส้มในเขตพื้นที่อำเภอฝาง จำนวนทั้งสิ้น 114 แปลง จากเกษตรกร 44 ราย ในตำบลแม่สูน ม่อนปิ่น โป่งน้ำร้อน สันทราย และเวียง และนำมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณสมบัติดิน ดังแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 3-1 และการกระจายตัวของคุณสมบัติดินแต่ละชนิดแสดงไว้ในภาพที่ 3-1 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินที่ใช้ปลูกส้มในเขตพื้นที่อำเภอฝาง สามารถสรุปได้ ดังนี้

(1.1) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH): ดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอฝาง มี pH ของดินอยู่ในช่วง 4.42 - 6.71 ซึ่งดินจะมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงกรดจัดมาก โดยร้อยละ 34.2 ของดินมีสภาพเป็นกรดปานกลางจนถึงกรดจัดมาก โดยร้อยละ 58.8 มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลาง (5.5 – 6.5) ซึ่งเป็นช่วง pH ที่เหมาะสมกับการปลูกพืชโดยทั่วไป และมีเพียงร้อยละ 7 เท่านั้นที่มี pH อยู่ในช่วง 6.5 – 7.0

(1.2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC): ค่า  $EC_{1:5}$  ของดิน อยู่ในช่วงอยู่ในช่วง 7.78 - 122.0  $\mu\text{S/cm}$  โดยร้อยละ 2.6 มีค่า  $EC_{1:5}$  น้อยกว่า 10  $\mu\text{S/cm}$  ร้อยละ 83.4 ของตัวอย่างดินที่วิเคราะห์ มีค่า  $EC_{1:5}$  อยู่ในช่วง 10 - 50  $\mu\text{S/cm}$  และร้อยละ 6.1 มีค่า  $EC_{1:5}$  อยู่ในช่วง 50 - 70  $\mu\text{S/cm}$  และมีเพียงร้อยละ 7.9 ที่มีค่า  $EC_{1:5}$  สูงกว่า 70  $\mu\text{S/cm}$

(1.3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ในดิน : ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปลูกส้ม อยู่ในช่วง 0.83-5.20% โดยร้อยละ 2.7 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำจนถึงต่ำ (< 1.5%) ร้อยละ 27.1 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับปานกลาง (1.5 – 2.5%) และร้อยละ 42.1 ของดินมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง (2.5-3.5%) และร้อยละ 28.1 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับที่สูง-สูงมาก (> 3.5%)

(1.4) ปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ -N): ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในดินปลูกส้ม กระจายตัวอยู่ในช่วง 0 – 44.20 mg/kg โดยร้อยละ 37.7 ของดินมีไนเตรทต่ำกว่า 5 mg/kg ร้อยละ 45.6 มีไนเตรทอยู่ในช่วง 5-20 mg/kg ร้อยละ 15.8 มีไนเตรทอยู่ในช่วง 20-40 mg/kg และมีเพียงร้อยละ 0.9 ของตัวอย่างดินที่มีไนเตรทมากกว่า 40 mg/kg

(1.5) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P): ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาตรวจ กระจายตัวอยู่ในช่วง 6.00 – 1589.0 mg/kg โดยร้อยละ 79.8 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (> 60 mg/kg) ร้อยละ 7.9 อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป (40-60 mg/kg) ร้อยละ 10.5 อยู่ในระดับปานกลาง (10-40 mg/kg) และร้อยละ 1.8 อยู่ในระดับต่ำ (<10 mg/kg)

(1.6) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K): ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าอยู่ในช่วง 100.75-1022.15 mg/kg โดยร้อยละ 80.7 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่สูง-สูงมาก (> 200 mg/kg) ร้อยละ 14.0 อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป (120-200 mg/kg) และร้อยละ 5.3 อยู่ในระดับปานกลาง (60-100 mg/kg)

(1.7) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca): ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบอยู่ในช่วง 119.0 – 5,145 mg/kg โดยร้อยละ 22.8 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 750 mg/kg ร้อยละ 48.3 อยู่ในระดับ 750 – 1,500 mg/kg (ระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป) ร้อยละ 19.3 อยู่ในช่วง 1500 – 2000 mg/kg และร้อยละ 9.6 อยู่ในระดับที่สูงกว่า 2,000 mg/kg

(1.8) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg): ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าอยู่ในช่วง 23.0 – 341.0 mg/kg โดยร้อยละ 78.1 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณ

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำกว่า 200 mg/kg และมีเพียงร้อยละ 21.9 เท่านั้นที่อยู่ในระดับเหมาะสม (250 - 450 mg/kg)

(1.9) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (available Fe): ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 21.27 – 321.15 mg/kg มีเพียงร้อยละ 4.4 เท่านั้นที่มีเหล็กที่เป็นประโยชน์น้อยกว่า 30 mg/kg ร้อยละ 16.7 ของดินมีปริมาณเหล็กอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (30-60 mg/kg) ร้อยละ 57.9 มีปริมาณเหล็กค่อนข้างสูง (60-120 mg/kg) และร้อยละ 21.0 มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์สูงมากกว่า 120 mg/kg

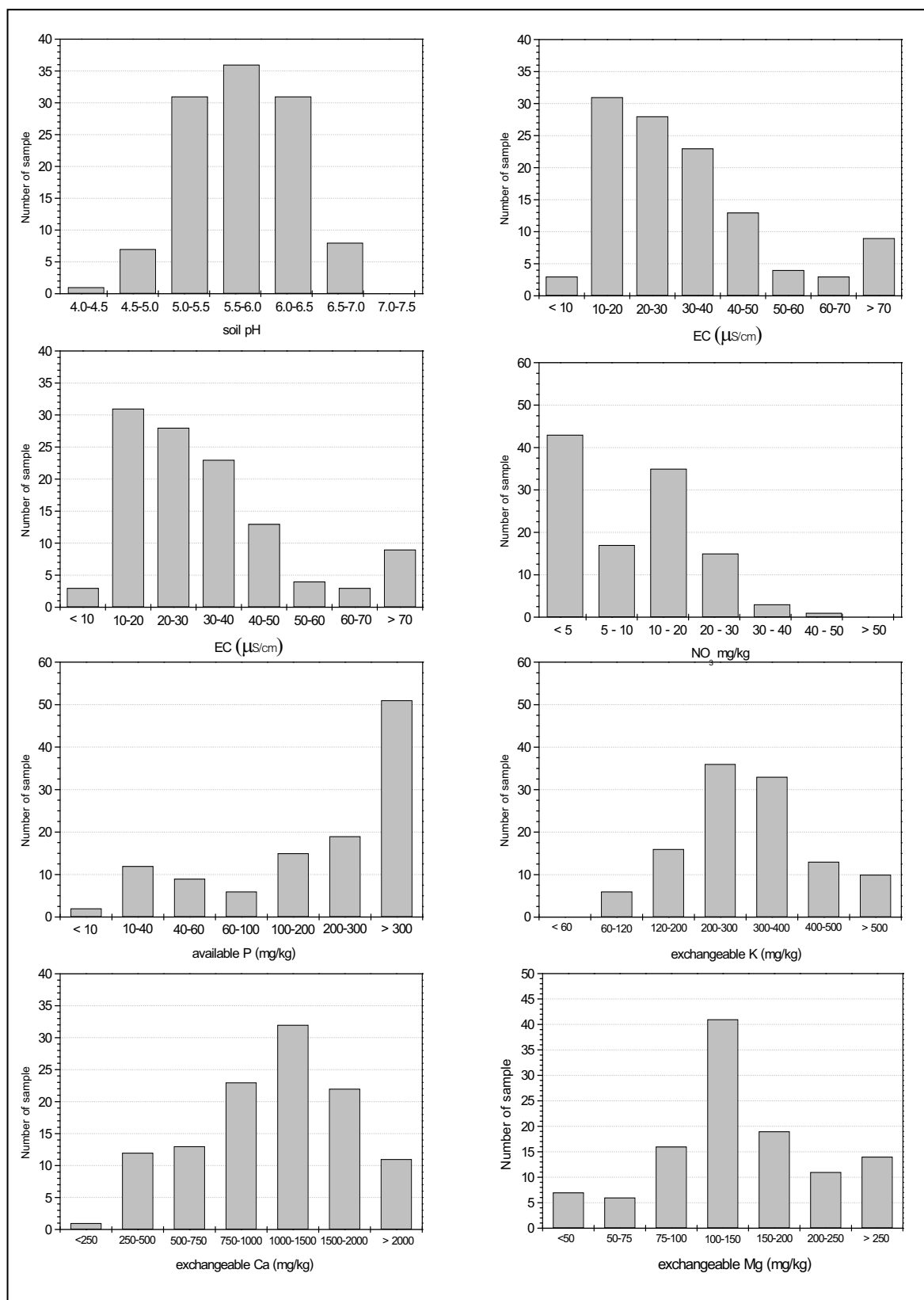
(1.10) ปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์ (available Cu): ปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 1.18 – 36.35 mg/kg โดยร้อยละ 7.0 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณทองแดงต่ำกว่า 2.0 mg/kg ร้อยละ 58.8 มีปริมาณทองแดงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (2.0 – 6.0 mg/kg) และร้อยละ 34.2 มีทองแดงมากกว่า 6.0 mg/kg

(1.11) ปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (available Mn): ปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 1.43 – 173.90 mg/kg โดยร้อยละ 79.8 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณแมงกานีสอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (20-60 mg/kg) ร้อยละ 14.9 มีปริมาณแมงกานีสค่อนข้างสูง (60-100 mg/kg) และมีเพียงร้อยละ 5.3 เท่านั้นที่มีปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์สูงมากกว่า 100 mg/kg

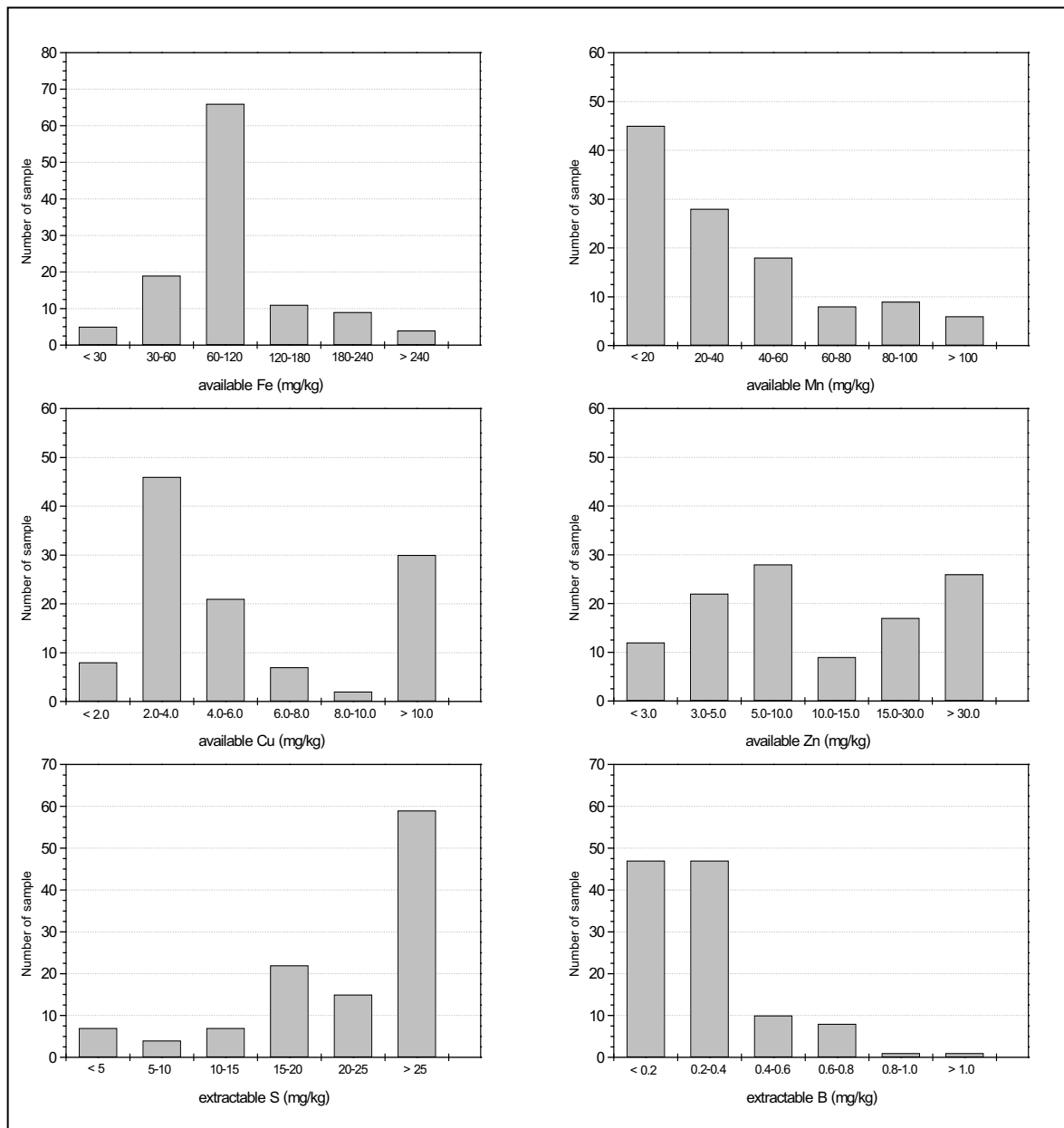
(1.12) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (available Zn): ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 1.23 – 96.95 mg/kg โดยร้อยละ 10.5 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณสังกะสีต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ต่ำกว่า 3.0 mg/kg) ร้อยละ 51.8 มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (3.0 – 15.0 mg/kg) และร้อยละ 37.7 มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ มากกว่า 15.0 mg/kg

(1.13) ปริมาณโบรอนที่สกัดได้ (extractable B): ปริมาณโบรอนที่สกัดได้กระจายตัวอยู่ในช่วง 0.03 – 1.10 mg/kg ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนตัวอย่างดินร้อยละ 99.1 ของดินทั้งหมดที่นำมาตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณโบรอนต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ช่วงที่เหมาะสม 1.0 – 6.0 mg/kg) และมีเพียงร้อยละ 0.9 เท่านั้นที่มีปริมาณโบรอนสูงกว่า 1.0 mg/kg

(1.14) ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ (extractable S): ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้กระจายตัวอยู่ในช่วง 0.0 – 82.68 mg/kg โดยร้อยละ 48.2 ของดินที่นำมาตรวจ มีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ช่วงที่เหมาะสม 25 – 125 mg/kg) และร้อยละ 51.8 มีปริมาณซัลเฟอร์มากกว่า 25 mg/kg



ภาพที่ 3-1 คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

## (2) สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกส้ม อำเภอแม่ฮาด

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อเป็นตัวแทนของดินที่ปลูกส้มในเขตพื้นที่อำเภอแม่ฮาด จำนวนทั้งสิ้น 84 แปลง จากเกษตรกร 50 ราย ในตำบลแม่นาวาง สันตันทมื่อ บ้านหลวงและตำบลมะลิกา และนำมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณสมบัติดิน ดังแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 3-2 และการกระจายตัวของคุณสมบัติดินแต่ละชนิดแสดงไว้ในภาพที่ 3-2

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่ใช้ปลูกส้มในเขตพื้นที่อำเภอแม่เมาะ พอสรุปได้โดยสังเขป ดังนี้

(2.1) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) : ดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ มี pH ของดิน อยู่ในช่วง 4.30 - 6.69 ซึ่งดินจะมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงกรดจัดมาก โดยร้อยละ 63.1 ของดินมีสภาพเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัดมาก ร้อยละ 34.5 มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลาง (5.5 - 6.5) ซึ่งเป็นช่วง pH ที่เหมาะสมกับการปลูกพืชโดยทั่วไป มีเพียงร้อยละ 2.4 เท่านั้นที่มี pH อยู่ในช่วง 6.5 - 7.0

(2.2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) : ค่า  $EC_{1:5}$  ของดิน อยู่ในช่วงอยู่ในช่วง 8.15 - 146.90  $\mu\text{S/cm}$  โดยร้อยละ 1.2 มีค่า  $EC_{1:5}$  ต่ำกว่า 10  $\mu\text{S/cm}$  ร้อยละ 69 ของตัวอย่างดินที่วิเคราะห์ มีค่า  $EC_{1:5}$  10 - 50  $\mu\text{S/cm}$  และร้อยละ 15.5 มีค่า  $EC_{1:5}$  อยู่ในช่วง 50 - 70  $\mu\text{S/cm}$  และมีเพียงร้อยละ 14.3 ที่มีค่า  $EC_{1:5}$  สูงกว่า 70  $\mu\text{S/cm}$

(2.3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ในดิน : ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปลูกส้ม อยู่ในช่วง 0.27 - 8.47% โดยร้อยละ 7.2 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำจนถึงต่ำ (< 1.5%) ร้อยละ 32.1 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับปานกลาง (1.5 - 2.5%) และร้อยละ 36.9 ของดินมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง (2.5-3.5%) และร้อยละ 23.8 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับที่สูง-สูงมาก (> 3.5%)

(2.4) ปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรท ( $\text{N-NO}_3$ ) : ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในดินปลูกส้ม กระจายตัวอยู่ในช่วง 0 - 55.24 mg/kg โดยร้อยละ 36.9 ของดินมีไนเตรทต่ำกว่า 5 mg/kg ร้อยละ 30.9 มีไนเตรทอยู่ในช่วง 5-20 mg/kg ร้อยละ 26.2 มีไนเตรทอยู่ในช่วง 20-40 mg/kg และมีเพียงร้อยละ 6 ของตัวอย่างดินที่มีไนเตรทมากกว่า 40 mg/kg

(2.5) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) : ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาตรวจ อยู่ในช่วง 4.00 - 828.91 mg/kg โดยร้อยละ 72.6 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้อยู่ในระดับสูง - สูงมาก (> 60 mg/kg) ร้อยละ 8.3 อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป (40-60 mg/kg) ร้อยละ 16.7 อยู่ในระดับปานกลาง (10-40 mg/kg) และร้อยละ 2.4 อยู่ในระดับต่ำ (<10 mg/kg)

(2.6) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) : ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าอยู่ในช่วง 69.0-758.75 mg/kg โดยร้อยละ 79.8 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่สูง-สูงมาก (> 200 mg/kg) ร้อยละ 17.9 อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป (120-200 mg/kg) และร้อยละ 2.4 อยู่ในระดับปานกลาง (60-100 mg/kg)

(2.7) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca) : ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบอยู่ในช่วง 129.50 - 4,793 mg/kg โดยร้อยละ 29.8 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณแคลเซียมที่

แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 750 mg/kg ร้อยละ 39.3 อยู่ในระดับ 750 – 1,500 mg/kg (ระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป) ร้อยละ 16.7 อยู่ในช่วง 1500 – 2000 mg/kg และร้อยละ 14.3 อยู่ในระดับที่สูงกว่า 2,000 mg/kg

(2.8) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg) : ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าอยู่ในช่วง 19.0 - 517.0 mg/kg โดยร้อยละ 81 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำกว่า 200 mg/kg และมีเพียงร้อยละ 19 เท่านั้นที่อยู่ในระดับเหมาะสม (250 - 450 mg/kg)

(2.9) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (available Fe) : ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 27.24 – 468.80 mg/kg มีเพียงร้อยละ 2.4 เท่านั้นที่มีเหล็กที่เป็นประโยชน์น้อยกว่า 30 mg/kg ร้อยละ 17.9 ของดินมีปริมาณเหล็กอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (30-60 mg/kg) ร้อยละ 52.4 มีปริมาณเหล็กค่อนข้างสูง (60-120 mg/kg) และร้อยละ 27.4 มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์สูงมากกว่า 120 mg/kg

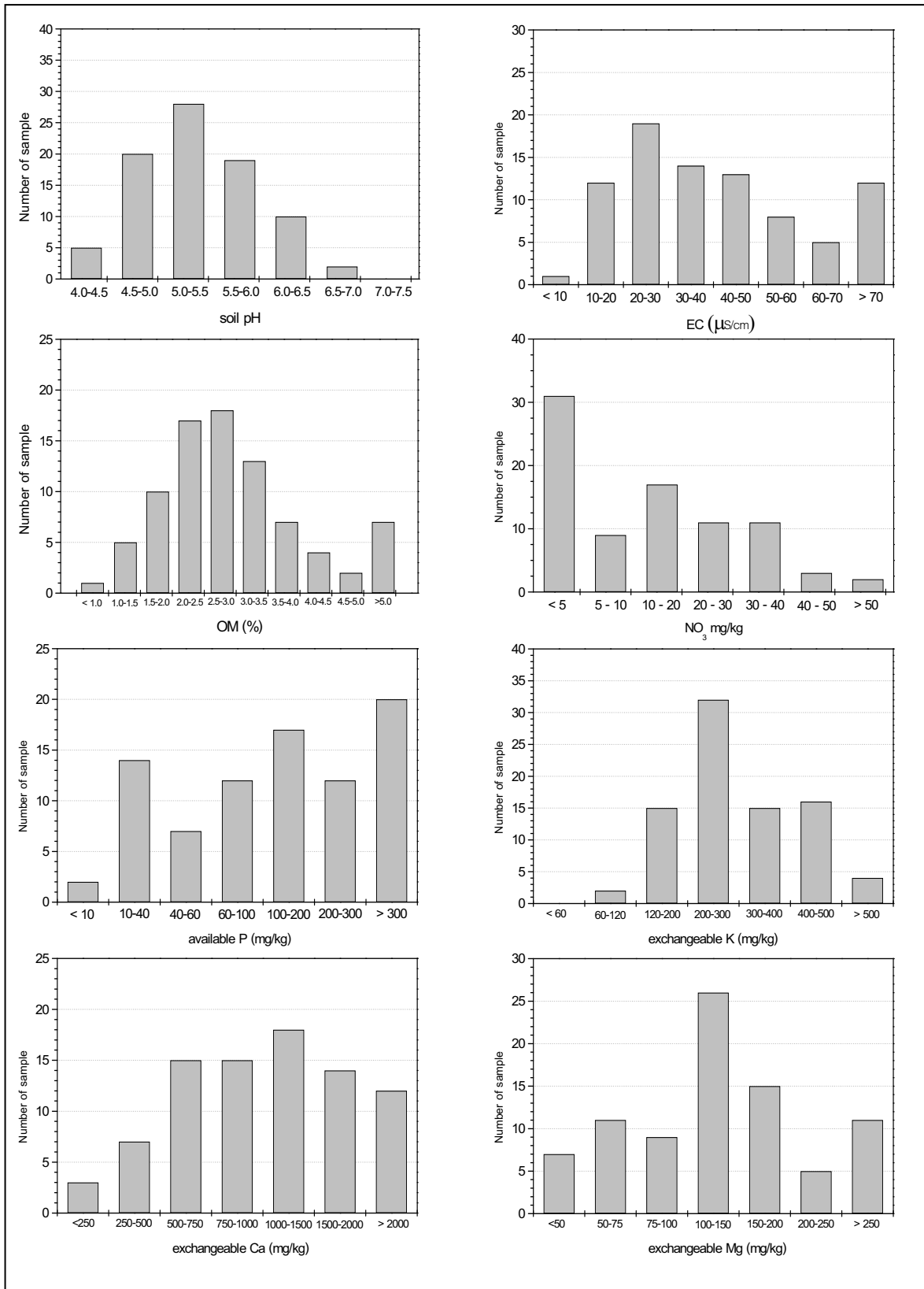
(2.10) ปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์ (available Cu) : ปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 0.99 – 13.95 mg/kg โดยร้อยละ 10.7 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณทองแดงต่ำกว่า 2.0 mg/kg ร้อยละ 65.5 มีปริมาณทองแดงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (2.0 – 6.0 mg/kg) และร้อยละ 23.8 มีทองแดงมากกว่า 6.0 mg/kg

(2.11) ปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (available Mn) : ปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 5.56 – 276.80 mg/kg โดยร้อยละ 34.5 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณแมงกานีสอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (20-60 mg/kg) ร้อยละ 34.5 มีปริมาณแมงกานีสค่อนข้างสูง (60-100 mg/kg) และร้อยละ 31.0 มีปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์สูงมากกว่า 100 mg/kg

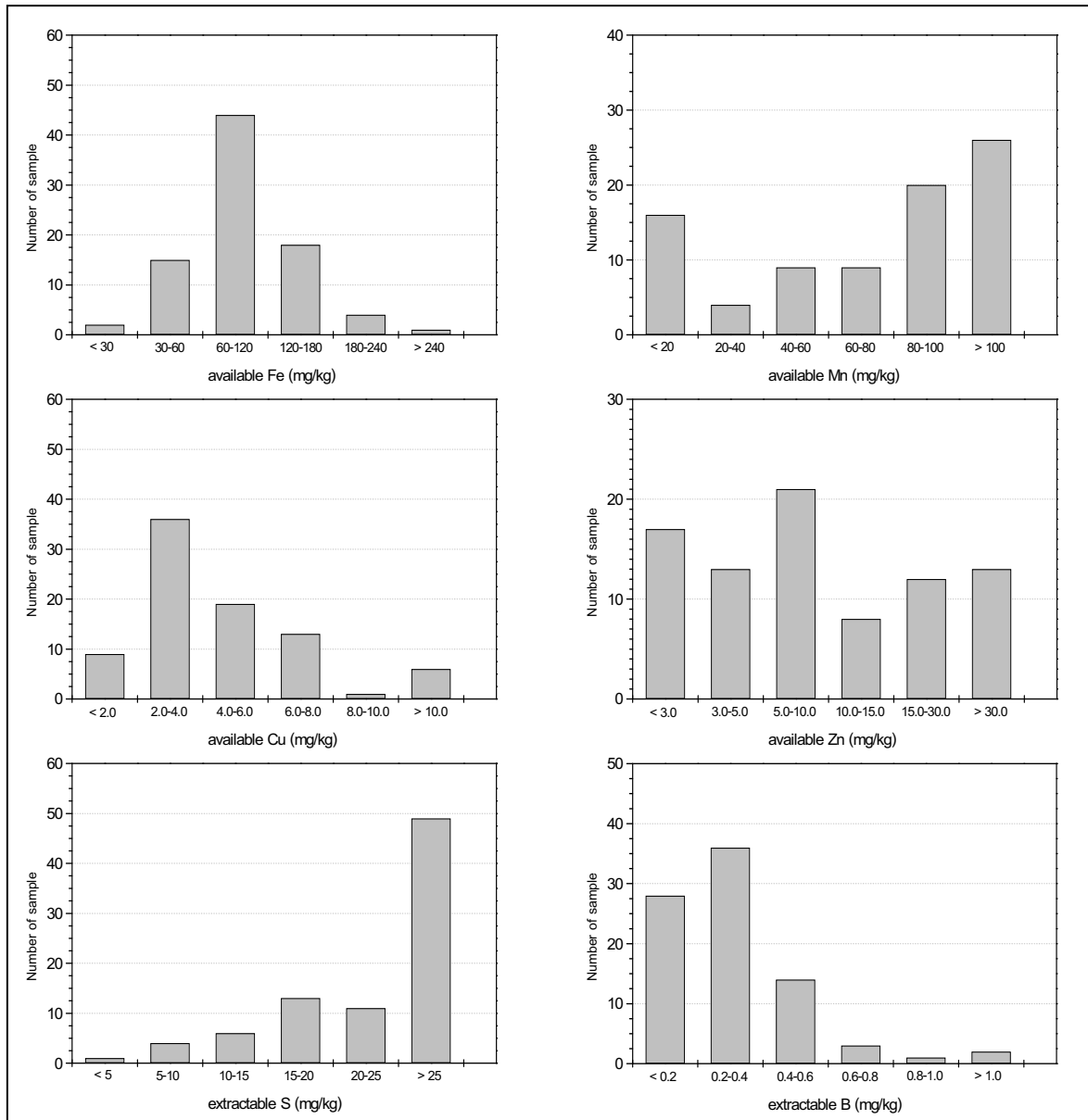
(2.12) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (available Zn) : ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 0.42 – 47.76 mg/kg โดยร้อยละ 20.2 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณสังกะสีต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ต่ำกว่า 3.0 mg/kg) ร้อยละ 50 มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (3.0 – 15.0 mg/kg) และร้อยละ 29.8 มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ มากกว่า 15.0 mg/kg

(2.13) ปริมาณโบรอนที่สกัดได้ (extractable B) : ปริมาณโบรอนที่สกัดได้กระจายตัวอยู่ในช่วง 0.06 – 1.16 mg/kg ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนตัวอย่างดินร้อยละ 97.6 ของดินทั้งหมดที่นำมาตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณโบรอนต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ช่วงที่เหมาะสม 1.0 – 6.0 mg/kg) และมีเพียงร้อยละ 2.4 เท่านั้นที่มีปริมาณโบรอนสูงกว่า 1.0 mg/kg

(2.14) ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ (extractable S) : ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้กระจายตัวอยู่ในช่วง 0.52 – 93.55 mg/kg โดยร้อยละ 41.7 ของดินที่นำมาตรวจ มีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ช่วงที่เหมาะสม 25 – 125 mg/kg) และร้อยละ 58.3 มีปริมาณซัลเฟอร์มากกว่า 25 mg/kg



ภาพที่ 3-2 คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 3-2 (ต่อ) คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่

### (3) สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกส้ม อำเภอไชยปราการ

จากการสำรวจพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอไชยปราการ พบว่าพื้นที่การปลูกส้มลดลงอย่างมาก สืบเนื่องมาจากต้นส้มแสดงอาการต้นโทรม ใบเล็กออกเหลือง ทำให้ผลผลิตลดลงไม่คุ้มการลงทุน เกษตรกรบางรายได้ทั้งสิ้น ปล่อยต้นส้มยืนต้นตาย บางรายทำการตัดส้มทิ้ง ปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นทดแทน จึงทำให้พื้นที่ปลูกส้มลดลงอย่างมาก สำหรับการเก็บตัวอย่างดินเพื่อเป็นตัวแทนของดินที่ปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอไชยปราการนั้น ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวนทั้งสิ้น 27 ตัวอย่าง จากเกษตรกร 10 ราย ในตำบลศรีดงเย็น แม่ทะลบ หนองบัว และปงดำ และนำมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณสมบัติดิน ซึ่งผลการ

วิเคราะห์แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 3-3 และการกระจายตัวของคุณสมบัติดินแต่ละชนิดแสดงไว้ในภาพที่ 3-3

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่ใช้ปลูกส้มในเขตพื้นที่อำเภอไชยปราการ สามารถสรุปได้ดังนี้

(3.1) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH) : ดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอไชยปราการ มี pH ของดินอยู่ในช่วง pH 5.0 – 6.7 โดยร้อยละ 33 ของดินมีสภาพเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัด ร้อยละ 45 มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย และมีเพียงร้อยละ 22 เท่านั้นที่เป็นกลาง

(3.2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC): ค่า  $EC_{1:5}$  ของดิน อยู่ในช่วงอยู่ในช่วง 12.24 -58.70  $\mu\text{S/cm}$  โดยร้อยละ 78 ของตัวอย่างดินที่วิเคราะห์ มีค่า  $EC_{1:5}$  ต่ำกว่า 30  $\mu\text{S/cm}$  และมีเพียงร้อยละ 22 เท่านั้นที่มีค่า  $EC_{1:5}$  สูงกว่า 40  $\mu\text{S/cm}$

(3.3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ในดิน : ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปลูกส้ม อยู่ในช่วง 0.80 – 6.77% โดยร้อยละ 19 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำจนถึงต่ำ (< 1.5%) ร้อยละ 26 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับปานกลาง (1.5 – 2.5%) และร้อยละ 15 ของดินมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง (2.5-3.5%) และร้อยละ 40 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับที่สูง-สูงมาก (> 3.5%)

(3.4) ปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรท ( $\text{N-NO}_3$ ): ปริมาณไนเตรทไนโตรเจนในดินปลูกส้ม กระจายตัวอยู่ในช่วง 0 – 50.47 mg/kg โดยมากกว่าร้อยละ 51.9 ของดินมีไนเตรทต่ำกว่า 5 mg/kg ร้อยละ 25.9 มีไนเตรทอยู่ในช่วง 5-20 mg/kg ร้อยละ 14.8 มีไนเตรทอยู่ในช่วง 20-40 mg/kg และมีเพียงร้อยละ 7 ของตัวอย่างดินที่มีไนเตรทมากกว่า 40 mg/kg

(3.5) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) : ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาตรวจ พบอยู่ในช่วง 21.00 – 366.00 mg/kg โดยร้อยละ 70 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้อยู่ในระดับสูง - สูงมาก (> 60 mg/kg) ร้อยละ 19 อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป และร้อยละ 11 อยู่ในระดับปานกลาง (10-40 mg/kg)

(3.6) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) : ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบอยู่ในช่วง 72 – 433.75 mg/kg โดยร้อยละ 63 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่สูงถึงสูงมาก (> 200 mg/kg) ร้อยละ 18.5 อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป (120 – 200 mg/kg) และร้อยละ 18.5 อยู่ในระดับปานกลาง (60 - 100 mg/kg)

(3.7) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca) : ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบอยู่ในช่วง 89.0 -2,216 mg/kg โดยร้อยละ 26 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณแคลเซียม

ที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 750 mg/kg ร้อยละ 33 อยู่ในระดับ 750 – 1,500 mg/kg (ระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไป) และร้อยละ 41 อยู่ในระดับที่สูงกว่า 1,500 mg/kg

(3.8) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg) : ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่าอยู่ในช่วง 22.0 - 408.0 mg/kg โดยร้อยละ 70 ของดินที่นำมาตรวจมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำกว่า 200 mg/kg และมีเพียงร้อยละ 30 เท่านั้นที่อยู่ในระดับเหมาะสม (250 - 450 mg/kg)

(3.9) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (available Fe) : ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 35.0 – 253.8 mg/kg โดยร้อยละ 51.9 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณเหล็กอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (30-60 mg/kg) ร้อยละ 25.9 มีปริมาณเหล็กค่อนข้างสูง (60-120 mg/kg) และร้อยละ 22.2 มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์สูงมากกว่า 120 mg/kg

(3.10) ปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์ (available Cu) : ปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 1.38 – 5.49 mg/kg โดยร้อยละ 51.9 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณทองแดงต่ำกว่า 2.0 mg/kg และร้อยละ 48.1 มีปริมาณทองแดงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (2.0 – 6.0 mg/kg)

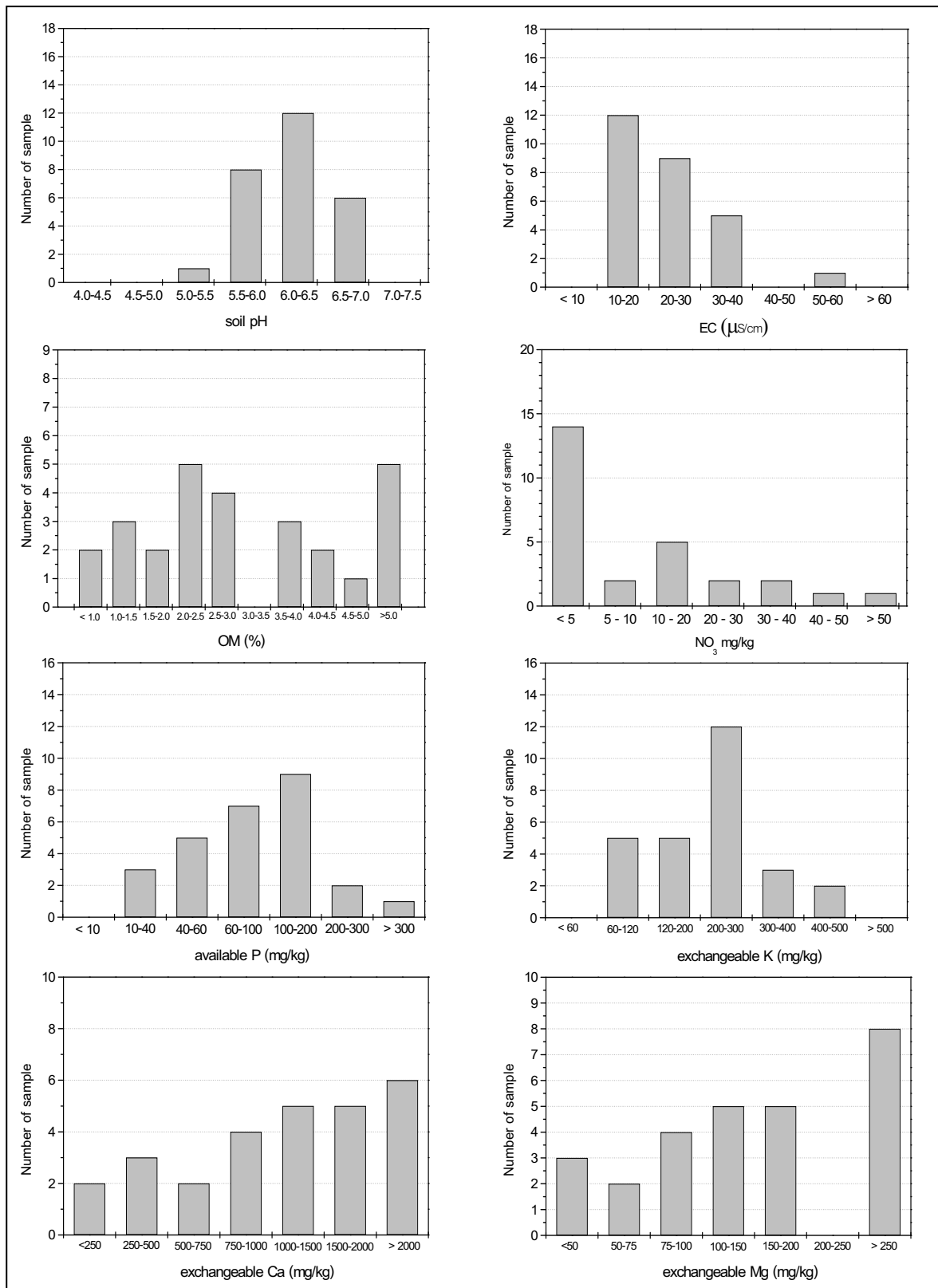
(3.11) ปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (available Mn) : ปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 23.75 – 75.80 mg/kg โดยร้อยละ 81.5 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณแมงกานีสอยู่ในช่วงที่เหมาะสม (20-60 mg/kg) และร้อยละ 18.5 มีปริมาณแมงกานีสค่อนข้างสูง (60-100 mg/kg)

(3.12) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ (available Zn) : ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์กระจายตัวอยู่ในช่วง 1.71 – 30.0 mg/kg โดยร้อยละ 29.6 ของดินที่ตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณสังกะสีต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ต่ำกว่า 3.0 mg/kg) ร้อยละ 59.1 มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (3.0 – 15.0 mg/kg) และมีเพียงร้อยละ 18.5 เท่านั้นที่มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์สูงกว่า 15.0 mg/kg

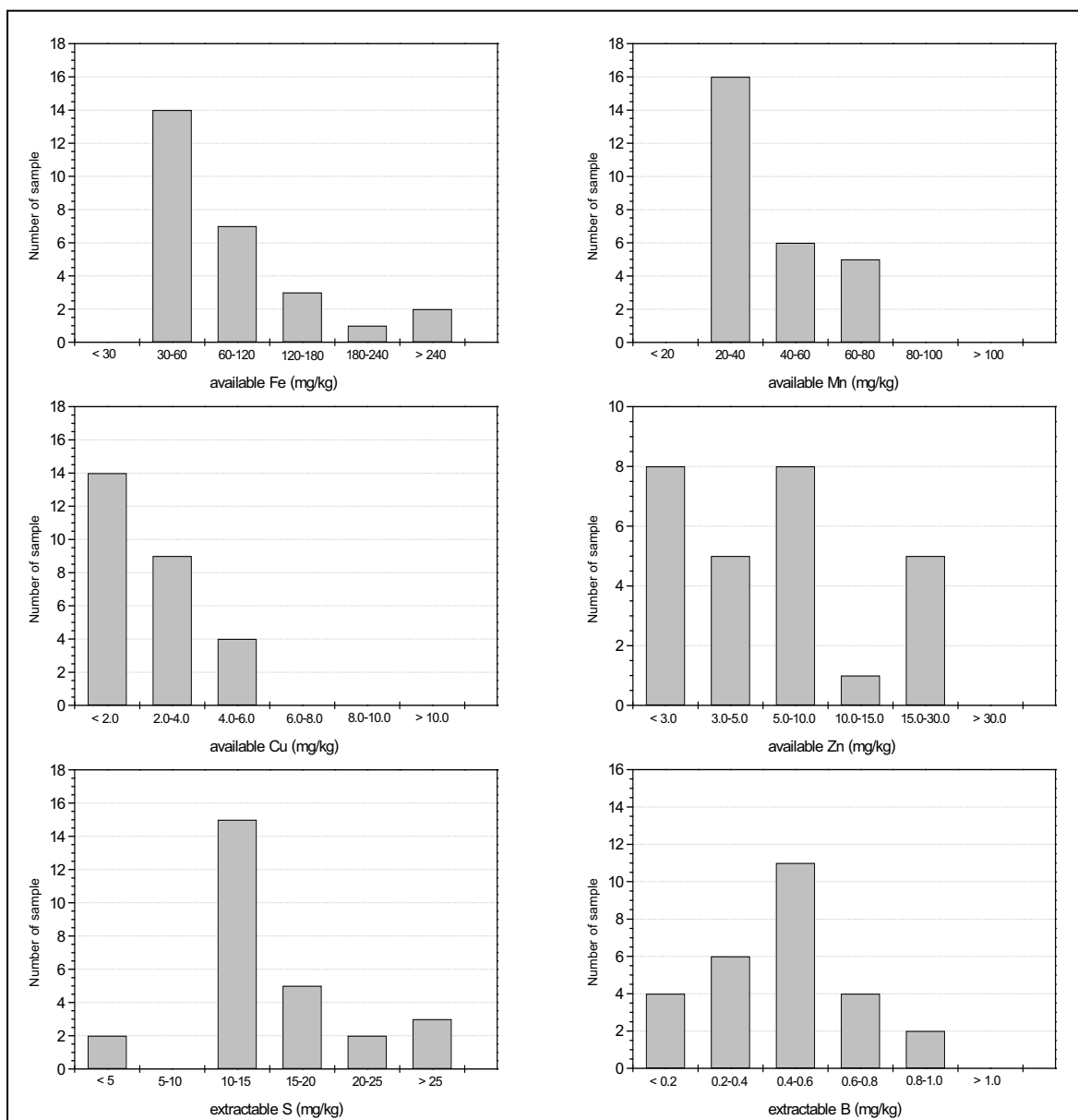
(3.13) ปริมาณโบรอนที่สกัดได้ (extractable B) : ปริมาณโบรอนที่สกัดได้กระจายตัวอยู่ในช่วง 0.1 – 0.89 mg/kg ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนตัวอย่างดินทั้งหมดที่นำมาตรวจวิเคราะห์ มีปริมาณโบรอนต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ช่วงที่เหมาะสม 1.0 – 6.0 mg/kg)

(3.14) ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ (extractable S) : ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้กระจายตัวอยู่ในช่วง 0.0 – 29.02 mg/kg โดยร้อยละ 88.9 ของดินที่นำมาตรวจ มีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (ช่วงที่เหมาะสม 25 – 125 mg/kg) โดยมีเพียงร้อยละ 11.1 เท่านั้นที่มีปริมาณซัลเฟอร์

|   |   |   |   |   |   |   |   |       |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| ม | า | ก | ก | ว | า | 2 | 5 | mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|



ภาพที่ 3-3 คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่



ภาพที่ 3-3 (ต่อ) คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

### 3.2.3 สรุปผลการศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม (พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่)

คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างดิน เพื่อศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากตัวอย่างดินที่ใช้ปลูกส้ม จำนวนทั้งสิ้น 225 ตัวอย่าง จากเกษตรกรรวม 104 ราย และเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ได้ปลูกส้ม จำนวน 18 ตัวอย่าง ในพื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ โดยนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของดิน ณ ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากการศึกษาชี้ให้เห็นความเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดิน ดังนี้

### (1) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (Soil pH)

สภาพของดินที่ใช้ปลูกส้มทั้ง 3 อำเภอ ดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกรดจัดมาก (pH 4.30 – 6.74) โดยร้อยละ 58.7 มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในระดับที่เหมาะสม (pH 5.5 - 7.0) และร้อยละ 41.3 ของดินปลูกส้ม มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำกว่า 5.5 ซึ่งดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5.5 นี้ ควรได้รับการปรับปรุง โดยยกระดับความเป็นกรด-ด่างของดินขึ้น และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่ไม่ได้ใช้ทำการเกษตร (ดินป่า pH อยู่ในช่วง 5.19 – 6.69 ) ในตารางภาคผนวกที่ 3-4 จะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม มีแนวโน้มลดลงต่ำลง (เป็นกรดเพิ่มขึ้น) อย่างไรก็ตาม การใช้พื้นที่ทำนามีแนวโน้มทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินลดลงเช่นกัน ในขณะที่การใช้พื้นที่ดินเพื่อปลูกผัก (หอม/พริก) และปลูกลิ้นจี่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ใกล้เคียงกับพื้นที่ดินที่ไม่ได้ใช้ทำการเกษตรและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ( pH อยู่ในช่วง 6.27 – 7.02)

### (2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC)

ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) เป็นดัชนีที่บ่งชี้ความเค็มของดิน (soil salinity) ซึ่งดินโดยทั่วไป (อนุภาคดินเหนียวน้อยกว่าร้อยละ 40) ที่มีค่า  $EC_{1:5}$  ต่ำกว่า  $190 \mu S/cm$  ถือว่ามีความเค็มในระดับต่ำ  $EC_{1:5}$  อยู่ในช่วง  $190-450 \mu S/cm$  มีความเค็มปานกลาง และหาก  $EC_{1:5}$  มากกว่า  $450 \mu S/cm$  ขึ้นไปถือว่ามีความเค็มในระดับสูง (Mass and Hoffman, 1977) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดินในพื้นที่ปลูกส้มทั้งสามพื้นที่ ค่า  $EC_{1:5}$  กระจายตัวอยู่ในช่วง 7.78 -  $146.49 \mu S/cm$  ซึ่งยังคงถือว่าดินมีความเค็มต่ำและจากตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์พบว่า ร้อยละ 70 มีค่า  $EC_{1:5}$  ต่ำกว่า  $40 \mu S/cm$  และมีเพียงร้อยละ 2 เท่านั้นที่มีค่า  $EC_{1:5}$  สูงกว่า  $100 \mu S/cm$  เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้ใช้ทำการเกษตร (ดินป่า, ค่า  $EC_{1:5}$  อยู่ในช่วง 14 –  $39 \mu S/cm$ ) ดินนา (ค่า  $EC_{1:5}$  อยู่ในช่วง 16 -  $27 \mu S/cm$ ) ดินสวนลิ้นจี่ (ค่า  $EC_{1:5}$  อยู่ในช่วง 23 -  $55 \mu S/cm$ ) และดินที่ใช้ปลูกผัก (หอม/พริก, ค่า  $EC_{1:5}$  อยู่ในช่วง 113 –  $333 \mu S/cm$ ) จะเห็นได้ว่าดินที่ใช้ปลูกส้ม มีค่า EC ใกล้เคียงกับ ดินป่า ดินนา และดินปลูกลิ้นจี่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ดินมีความเค็มอยู่ในระดับต่ำไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อการผลิตพืช อย่างไรก็ตามดินที่ใช้ปลูกผัก มีแนวโน้มทำให้ระดับความเค็มของดินเพิ่มสูงขึ้นมาอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอาจมีปัญหาลำหรับการผลิตพืชที่มีความไวต่อความเค็มของดินได้

### (3) อินทรีย์วัตถุในดิน (OM)

อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) เป็นดัชนีหนึ่งที่ใช้บ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปลูกส้มกระจายตัวตั้งแต่ปริมาณต่ำจนถึงสูงมาก (0.27 – 8.47%) โดยมีเพียงร้อยละ 6 ของดินเท่านั้นที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำจนถึงต่ำ (< 1.5%) ร้อยละ 29 ของดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับปานกลาง (1.5 – 2.5%) และร้อยละ 65 ของดินมี

อินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ( $OM > 2.5\%$ ) ซึ่งจากข้อมูลชี้ให้เห็นว่าเกษตรกรผู้ปลูกส้มส่วนใหญ่รักษาระดับของอินทรีย์วัตถุในดินไว้ได้ค่อนข้างดี โดยทั่วไปแล้วในดินป่าหรือดินที่เปิดพื้นที่ทำการเกษตรใหม่ ดินจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ซึ่งจากตารางภาคผนวกที่ 3-4 จะเห็นว่าดินป่าธรรมชาติส่วนใหญ่ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง (มากกว่า  $2.5\%$ ) และเมื่อใช้พื้นที่ทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง ปริมาณอินทรีย์วัตถุจะค่อย ๆ ลดลง หากไม่มีการเพิ่มเติมปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดินในרבที่เพียงพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้พื้นที่ในการทำนา ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มลดต่ำลง ( $1.99 - 2.16\%$ ) เนื่องจากการทำนาส่วนใหญ่เกษตรกรไม่ได้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งจะแตกต่างจากการทำสวน ที่เกษตรกรมีการปรับปรุงบำรุงดินอย่างสม่ำเสมอด้วยการใช้ปุ๋ยหมัก/ปุ๋ยคอก ซึ่งจะเห็นได้ว่า ระดับอินทรีย์วัตถุในดินสวนลั่นจี่ยังคงอยู่ในระดับที่สูง ( $3.73 - 4.32\%$ ) และดินที่ใช้ปลูกผักส่วนใหญ่จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับสูงเช่นกัน ( $5.50 - 6.73\%$ )

#### (4) ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน: ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

ปริมาณไนโตรเจนในรูปไนเตรทในดินที่ปลูกส้ม มีปริมาณน้อยมากจนตรวจไม่พบถึง  $55.24 \text{ mg/kg}$  ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับดินที่ไม่ได้ปลูกส้ม (ดินป่า ดินนา ดินปลูกลั่นจี่ และดินปลูกผัก) ที่มีปริมาณไนเตรทอยู่ในช่วง  $0 - 43.33 \text{ mg/kg}$  (ตารางภาคผนวกที่ 3-4) ระดับปริมาณไนเตรทในดินที่เหมาะสมสำหรับไม้ผลนั้น ไม่มีการรายงานไว้ อย่างไรก็ตามสำหรับการปลูกลั่นจี่ (Menzel et al. 1992) และแมคาดาเมีย (Stephenson and Cull, 1986) ในดินที่มีการชะล้างสูง (highly leachable soil) ปริมาณไนเตรทในดิน (ดินลึก  $15 \text{ cm}$ ) ที่มากกว่า  $60 \text{ mg/kg}$  และ  $40 \text{ mg/kg}$  จะมากเกินไปความต้องการของพืชทั้งสองตามลำดับ

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avai.P) ในดินที่ใช้ปลูกส้มนั้น พบว่ากระจายตัวอยู่ในช่วง  $4.0 - 1,589 \text{ mg/kg}$  โดยทั่วไปแล้วในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II) ต่ำกว่า  $10 \text{ mg/kg}$  จะไม่เพียงพอต่อการปลูกพืช สำหรับระดับ avai.P ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช อยู่ในช่วง  $35-60 \text{ mg/kg}$  (ปรับปรุงจาก นันทรัตน์ และคณะ, 2545) จากผลการวิเคราะห์ avai.P ในดินปลูกส้มพบว่า มีเพียงร้อยละ 1.8 เท่านั้นที่มีปริมาณ avai.P ในระดับที่ไม่เพียงพอ ร้อยละ 22 มีปริมาณ avai.P ในระดับที่เหมาะสม และมากกว่าร้อยละ 76 มีปริมาณ avai.P ในระดับที่สูงจนถึงสูงมาก เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้ใช้ทางการเกษตร (ตารางภาคผนวกที่ 3-4) จะเห็นได้ว่าดินที่ใช้ปลูกส้มมีการสะสม avai.P ในดินในปริมาณสูง ในขณะที่ดินที่ไม่ได้ใช้ในการเกษตรมีปริมาณ avai.P ไม่สูงมากนัก ( $<97.0 \text{ mg/kg}$ ) โดยทั่วไปแล้วดินป่าจะมีปริมาณ avai.P ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีปริมาณน้อยกว่า  $20 \text{ mg/kg}$  (ข้อมูลการวิเคราะห์ดิน ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) การสะสมของ avai.P ในดินนั้น ส่วนใหญ่เกิดจากการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่สูง เช่น 15-15-15 หรือ 16-16-16 หรือ 8-24-24 ซึ่งเป็นปุ๋ยที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ในการปลูกส้ม ประกอบกับธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ฟอสฟอรัส (รูป

ฟอสเฟต) ในดินจึงเข้าทำปฏิกิริยากับอลูมิเนียม หรือ เหล็ก หรือแคลเซียมในดิน และเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำยากขึ้น จึงทำให้มีการสะสมฟอสฟอรัสในดินในปริมาณค่อนข้างสูง

ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.K) ในดินที่ปลูกส้ม นั้น เป็นไปในลักษณะเดียวกับปริมาณ avai.P กล่าวคือปริมาณ exch.K กระจายตัวในช่วงค่อนข้างกว้าง 69.0 - 1,022 mg/kg ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในดินที่มี exch.K ( $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7) ในระดับต่ำกว่า 60 mg/kg ถือว่าไม่เพียงพอต่อการผลิตพืช ระดับที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 100-200 mg/kg (ปรับปรุงจาก นันทวัฒน์ และคณะ, 2545) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ปริมาณ exch.K ในดินปลูกส้มพบว่า ร้อยละ 28 มีปริมาณของ exch.K อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช และร้อยละ 72 ของตัวอย่างดิน มีปริมาณ exch.K อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (>200 mg/kg) การเพิ่มสูงขึ้นของ exch.K ในดินปลูกส้ม แสดงให้เห็นถึงการสะสมของโพแทสเซียมในดิน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลจากปริมาณโพแทสเซียมในดิน มีปริมาณสูงอยู่แล้ว ซึ่งจากการวิเคราะห์ดินป่าจากแหล่งต่าง ๆ จะมีปริมาณ exch.K แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ซึ่งกระจายตัวอยู่ในช่วง 197 -858 mg/kg การสะสมโพแทสเซียมในดินปลูกส้มอีกส่วนหนึ่งนั้นเป็นผลจากการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรผู้ปลูกส้มในลักษณะเดียวกับปุ๋ยฟอสฟอรัส คือใช้ปุ๋ยที่มีโพแทสเซียมสูง เช่น 8-24-24, 0-0-50, 0-0-60 ใช้ในปริมาณสูงและใช้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 1-2 เดือนก่อนการเก็บส้ม เกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้ปุ๋ยเหล่านี้ในปริมาณ 1-2 กิโลกรัม/ต้น เพื่อเพิ่มคุณภาพ (ความหวาน) ของส้ม การสะสมของโพแทสเซียมในดินนอกจากจะพบในดินปลูกส้มแล้ว ในดินที่เกษตรกรใช้ปลูกผัก (หอม/พริก) ก็มีการสะสมฟอสฟอรัสในดินในปริมาณที่สูงเช่นกัน (680 – 967 mg/kg) ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยสูตรเสมอ 15-15-15 หรือ 16-16-16 เป็นหลักในการปลูกผักและใส่ทุกรอบการผลิต จึงทำให้มีการสะสมโพแทสเซียมในปริมาณสูงสำหรับในดินนานั้น มักไม่ค่อยพบการสะสมโพแทสเซียม ตรวจพบปริมาณ exch.K อยู่ในช่วง 86 – 190 mg/kg ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ปุ๋ยสำหรับนาข้าว เกษตรกรส่วนใหญ่จะไม่ใช้ปุ๋ยสูตรที่มีธาตุอาหารโพแทสเซียม เช่น 46-0-0 หรือ 21-0-0 หรือ 16-20-0 อีกทั้งการทำนาจะมีการขังน้ำในพื้นที่และมีการระบายน้ำออกก่อนการเก็บเกี่ยว ทำให้โพแทสเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ละลายน้ำได้ดี ส่วนหนึ่งสูญเสียจากดิน ไปกับการระบายน้ำ สำหรับปริมาณ exch.K ในดินที่ปลูกส้มนี้ ก็เป็นไปในลักษณะเดียวกับสวนส้ม กล่าวคือ การสะสมของโพแทสเซียมในดินขึ้นอยู่กับการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร และโดยทั่วไปมีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณที่สูงกว่า 200 mg/kg

จากข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักอย่างต่อเนื่องในปริมาณสูง เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปุ๋ยตกค้างอยู่ในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณ avai.P และ exch.K ซึ่งการสะสมของธาตุอาหารทั้งสองตัวนี้ในปริมาณที่สูง อาจจะทำให้สมดุลของธาตุอาหารในดินเสียไป ส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารตัวอื่น ๆ ได้ ดินที่มีการสะสมปริมาณฟอสฟอรัสสูง และมีปริมาณเหล็กและสังกะสีในปริมาณจำกัด อาจทำให้ความเป็นประโยชน์ของเหล็กและสังกะสีลดลงได้เนื่องจากเกิดสารประกอบเหล็กหรือสังกะสี

ฟอสเฟตทำให้การละลายตัวของธาตุทั้งสองลดลง และอนุมูลฟอสเฟตไปขัดขวางการดูดหลักและสังกะสีที่ราก (Marscher 1995, Zhu et. al, 2001) และในดินที่มีโพแทสเซียม แคลเซียม หรือแอมโมเนียมในปริมาณที่สูงก็จะไปยับยั้งการดูดธาตุแมกนีเซียมของพืชเนื่องจากธาตุทั้งสองเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน ซึ่งอาจทำให้พืชเกิดอาการขาดแมกนีเซียมขึ้นมาได้ (Metson, 1974) โดยเฉพาะในการปลูกพืชที่ต้องการปริมาณแมกนีเซียมในปริมาณสูงเช่น ยาสูบ ส้ม มันฝรั่ง ฝ้าย และถั่วเหลือง (Adams, 1984) ซึ่งชาตรีและคณะ (2548) พบลักษณะอาการขาดแมกนีเซียมในค่น้ำเห็ดหอมที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน (ระยะหลังย้ายปลูก 15 วัน) โดยค่น้ำที่แสดงอาการผิดปกติ มีการสะสมแมกนีเซียมในใบต่ำกว่าพืชที่ไม่แสดงอาการผิดปกติ (0.38 : 0.49 % Mg) และจากการวิเคราะห์ดิน ณ จุดที่พืชแสดงอาการผิดปกติ พบว่าดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่พอเพียงต่อการปลูกพืชโดยทั่วไป (250 – 260 mg/kg) แต่มีปริมาณโพแทสเซียมสูงถึง 910 - 990 mg /kg

#### (5) ปริมาณธาตุอาหารรองในดิน: แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์

ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Ca) ในดินที่ปลูกส้ม พบการกระจายตัวอยู่ในช่วงค่อนข้างกว้าง 89 - 5,145 mg/kg อย่างไรก็ตาม exch.Ca ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 61.3) มีปริมาณ exch.Ca ในระดับที่เพียงพอ-เหมาะสมต่อการปลูกพืช (750 – 2,000 mg/kg) (ปรับปรุงจาก นันทวัฒน์ และคณะ, 2545) และร้อยละ 13 มีปริมาณ exch.Ca สูงกว่า 2,000 mg/kg มีเพียงร้อยละ 12.5 เท่านั้นที่มี ปริมาณ exch.Ca ต่ำกว่า 500 mg/kg ซึ่งอาจจะมีปัญหาการขาดแคลเซียมได้ ในจำนวนดินที่มี exch.Ca ต่ำกว่า 500 mg/kg นี้มากกว่าร้อยละ 71 มีปัญหาดินเป็นกรดจัดตามมาด้วย ( $\text{pH} < 5.5$ ) สำหรับแนวทางในการแก้ไขนั้น ควรใช้ปูนเพื่อยกระดับ pH ของดินขึ้นมาให้มากกว่า 6.0 ก็จะช่วยเพิ่มปริมาณ exch.Ca ในดินขึ้นมาได้ โดยส่วนใหญ่แล้วปริมาณ Ca ในดินนั้นจะผันแปรไปตามวัตถุต้นกำเนิดดิน ในดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นเขาหินปูน เช่นตัวอย่างดินป่า ถ้ำดับเต่า อำเภอไชยปราการ จะมีปริมาณ exch.Ca อยู่ในปริมาณสูงมาก (5,375 mg/kg) ในขณะที่ดินป่าจะแหล่งอื่นๆ ที่ไม่ใช่เขตเขาหินปูน มี exch.Ca อยู่ในช่วง 408 – 984 mg/kg เท่านั้น สำหรับดินนาในเขตพื้นที่อำเภอฝาง ส่วนใหญ่ก็จะมีปริมาณ exch.Ca ต่ำกว่า 500 mg/kg ซึ่งก็อาจจะเกิดจากการชะล้างไปกับน้ำเมื่อเกษตรกรรมระบบน้ำออกจากนาข้าวก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต สำหรับดินสวนลิ้นจี่นั้นประมาณ exch.Ca อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพียงพอต่อการปลูกพืช 1,440 – 1,728 mg/kg

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch.Mg) นั้นพบว่ามีกระจายตัวอยู่ในช่วง 19 – 517 mg/kg ปริมาณ exch.Mg ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยทั่วไปนั้นอยู่ในช่วง 200 – 400 mg/kg จากข้อมูลการศึกษาพบว่า มากกว่าร้อยละ 78 ของดินปลูกส้ม มีระดับ exch.Mg ต่ำกว่า 200 mg/kg และร้อยละ 10 ของดินปลูกส้มมีระดับ exch.Mg ต่ำ ( $< 60$  mg/kg) อาจไม่เพียงพอต่อการผลิตพืช (Marx et. al., 1999) และนอกจากนี้ร้อยละ 70 ของดินที่มีปัญหาปริมาณแมกนีเซียมต่ำ พบปัญหาดินเป็นกรดจัด ( $\text{pH} < 5.5$ ) ร่วมด้วย ดังนั้นในการแก้ไขปัญหา ควรใช้ปูนโดโลไมท์ในการยกระดับ pH ขึ้นมาให้สูงกว่า 6.0 ซึ่งจะ

ช่วยเพิ่มปริมาณ  $\text{exch.Mg}$  ในดินขึ้นมาด้วย เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้ใช้ปุ๋ย (ตารางภาคผนวกที่ 3-4) ก็พบในลักษณะเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของ  $\text{exch.Ca}$  โดยดินที่ใช้ในการทำนา ส่วนใหญ่ก็จะมีปริมาณ  $\text{exch.Mg}$  ต่ำ (35-134 mg/kg) กว่าดินที่ใช้ทำประโยชน์ชนิดอื่น ซึ่งในดินป่า ดินที่ใช้ปลูกผัก และดินสวนลั่นจั้นนั้นมีปริมาณ  $\text{exch.Mg}$  ไม่แตกต่างกันมากนัก (94.30 - 317 mg/kg) ยกเว้นในดินป่า ถั่วตัดเต่า อำเภอไชยปราการ จะมีปริมาณ  $\text{exch.Mg}$  อยู่ในปริมาณสูงมาก (894 mg/kg)

ปริมาณซัลเฟตในรูปซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}\text{-S}$ ) : โดยทั่วไปแล้วพืชจะดูดใช้ซัลเฟตในรูปซัลเฟต และจากการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตที่สกัดได้ ( $\text{extr. SO}_4^{2-}\text{-S}$ ) ในดินปลูกส้ม พบว่าปริมาณ  $\text{extr. SO}_4^{2-}\text{-S}$  อยู่ในระดับที่ตรวจวัดไม่ได้จนถึง 93.5 mg/kg โดยร้อยละ 48 ของดินมีปริมาณ  $\text{extr. SO}_4^{2-}\text{-S}$  ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (25-125 mg/kg) ซึ่งปัญหาการขาดซัลเฟตในดินปลูกส้ม ส่วนใหญ่น่าจะเกิดจากดินมีปริมาณซัลเฟตต่ำอยู่แล้ว ซึ่งพบว่าในดินป่าธรรมชาติส่วนใหญ่แล้วมีปริมาณซัลเฟตน้อยมากจนตรวจไม่พบ (ตารางภาคผนวกที่ 3-4) การลดลงของซัลเฟตในดินบางส่วนอาจเกิดจากการชะล้าง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูง ทั้งนี้เนื่องจากอนุมูลซัลเฟตมีประจุลบ ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ไม่ค่อยถูกดินดูดซับไว้ จึงสูญเสียไปกับน้ำได้ดี การใช้พื้นที่ในการปลูกส้ม หรือทำการเกษตรชนิดอื่น มีแนวโน้มทำให้ปริมาณของซัลเฟตในดินเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการเกษตรมีการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งบางสูตรจะมีส่วนผสมของซัลเฟตอยู่ด้วย เช่นปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50)

#### (6) ปริมาณจุลธาตุอาหารในดิน: เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโบรอน

โดยทั่วไปแล้วในดินที่มีปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ ( $\text{avai.Fe}$ ) สูงกว่า 5.0 mg/kg แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ ( $\text{avai.Mn}$ ) สูงกว่า 1.0 mg/kg สังกะสีที่เป็นประโยชน์ ( $\text{avai.Zn}$ ) สูงกว่า 1.5 mg/kg ทองแดงที่เป็นประโยชน์ ( $\text{avai.Cu}$ ) สูงกว่า 0.5 mg/kg และโบรอนที่สกัดได้ ( $\text{extr.B}$ ) สูงกว่า 1.0 mg/kg ถือว่าเพียงพอต่อการผลิตพืชโดยทั่วไป (Soil and Plant Analysis Council, Inc. 1999) จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในพื้นที่ปลูกส้มที่ทำการศึกษ พบว่าดินปลูกส้มมีปริมาณ  $\text{avai.Fe}$  อยู่ในช่วง 21 - 468 mg/kg ปริมาณ  $\text{avai.Mn}$  อยู่ในช่วง 1.4 - 277 mg/kg ปริมาณ  $\text{avai.Zn}$  อยู่ในช่วง 0.42 - 97 mg/kg ปริมาณ  $\text{avai.Cu}$  อยู่ในช่วง 1 - 36 mg/kg และปริมาณ  $\text{extr.B}$  อยู่ในช่วง 0.03 - 1.16 mg/kg จากข้อมูลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าดินปลูกส้มโดยส่วนใหญ่แล้วไม่มีปัญหาการขาดจุลธาตุอาหาร (ยกเว้นธาตุโบรอน) ปริมาณจุลธาตุอาหารส่วนใหญ่จะสูงกว่าระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชโดยทั่วไปจนถึงสูงมาก เช่นปริมาณ  $\text{avai.Fe}$  และ  $\text{avai.Mn}$  ที่พบว่ามีร้อยละ 7 มีปริมาณ  $\text{avai.Fe}$  สูงกว่า 200 mg/kg และร้อยละ 13 มีปริมาณ  $\text{avai.Mn}$  สูงกว่า 100 mg/kg ซึ่งตัวอย่างที่พบปริมาณ  $\text{avai.Fe}$  และ  $\text{avai.Mn}$  ในระดับสูง ดินส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรดจัด ( $\text{pH} < 5.5$ ) แต่ในดินที่  $\text{pH}$  ของดินสูงขึ้นใกล้ 7.0 และมีปริมาณ  $\text{exch.Ca}$  สูง ปริมาณ  $\text{avai.Fe}$  จะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เช่นในดินป่า ถั่วตัดเต่า ดินปลูกหอม/พริก ในอำเภอไชยปราการ พบปริมาณ  $\text{avai.Fe}$  อยู่ในช่วง 2-9 mg/kg เท่านั้น ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า  $\text{pH}$  ของดินมีบทบาทสำคัญ

ต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารอย่างยิ่ง โดยเฉพาะจุลธาตุอาหาร สำหรับธาตุโบรอนนั้นจะแตกต่างจากจุลธาตุอาหารตัวอื่น ซึ่งพบว่าร้อยละ 99 ของตัวอย่างดินสวนส้มมีปริมาณโบรอนในดินต่ำกว่า 1.0 mg/kg เช่นเดียวกับดินที่ไม่ได้ใช้ในการปลูกส้ม เช่น ดินป่า ดินนา ดินปลูกผัก และดินสวนลิ้นจี่ (ตารางภาคผนวกที่ 3-4) ปริมาณโบรอนในดินอยู่ในระดับต่ำมากจนบางตัวอย่างดินตรวจไม่พบโบรอน ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ดินในเขตพื้นที่ศึกษามีปริมาณโบรอนในระดับต่ำมาก

### 3.3 การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม (พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่สูน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่)ui

#### 3.3.1 สภาพภูมิประเทศและลักษณะสวนส้มในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่สูน

สภาพภูมิประเทศของลุ่มน้ำแม่สูน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลาดเอียงเล็กน้อย บางส่วนเป็นลอนลูกคลื่น ลาดเอียงจากทิศตะวันตกซึ่งเป็นภูเขาและป่าไม้ ลงสู่ลำน้ำฝางซึ่งกั้นอาณาเขตระหว่างตำบลแม่สูนกับตำบลแม่คะทางด้านทิศตะวันออก ลักษณะของดินทางด้านทิศตะวันออกของตำบลแม่สูนซึ่งเป็นที่ราบลุ่มลำน้ำฝาง เป็นดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดไร่และพืชผัก ส่วนทางด้านทิศตะวันตกเป็นที่ลาดชันเชิงเขาลอนลูกคลื่น มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ เหมาะแก่การเพาะปลูกพืชไร่และไม้ผล ซึ่งมีการใช้สารเคมีเกษตร โดยเฉพาะปุ๋ยและยาในปริมาณสูง ในส่วนของแหล่งน้ำสำคัญที่ใช้หล่อเลี้ยงการเกษตรภายในลุ่มน้ำคือ ลำน้ำแม่สูนหลวง (สำนักงานเกษตรอำเภอฝาง, 2551)



ภาพที่ 3-4 ลักษณะสวนส้มบนพื้นที่ลาดชัน



ภาพที่ 3-5 ลักษณะสวนส้มบนพื้นที่ราบเชิงเขา



ภาพที่ 3-6 ลักษณะสวนส้มบนพื้นที่ราบลุ่ม

ในอดีตที่ผ่านมา เกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำน้อยแม่สุ่นใช้พื้นที่เพื่อทำนา ปลูกพืชไร่ และไม้ผล (ลิ้นจี่) เป็นหลัก ต่อมาเมื่อมีการส่งเสริมการปลูกส้มมากขึ้นจนกลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีราคาสูงและได้รับความนิยม ประมาณ ปี 2543 เกษตรกรส่วนใหญ่ได้ปรับเปลี่ยนพื้นที่เดิมเป็นสวนส้ม จึงทำให้พื้นที่ของสวนส้มมีอยู่บนที่ลาดชันและที่ราบเชิงเขา รวมถึงสวนส้มบนพื้นที่ราบลุ่มซึ่งพัฒนามาจากนาข้าว หรือแปลงพืชไร่ สวนส้มที่ปลูกบนพื้นที่ที่แตกต่างกันตามลักษณะทางกายภาพ เกษตรกรต้องมีการเตรียมดิน การจัดการดิน และปุ๋ยที่แตกต่างกัน ในกรณีสวนส้มบนพื้นที่ราบลุ่มต้องยกทรงปลูก เพื่อระบายน้ำออกจากแปลง เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินที่สูงอาจก่อให้เกิดปัญหากับระบบรากส้มในภายหลังได้ และเนื่องจากพื้นที่ราบลุ่มส่วนใหญ่เคยเป็นที่นามาก่อน ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว อาจต้องมีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุมากกว่าพื้นที่อื่นๆ เพื่อให้ได้ลักษณะทางกายภาพของดิน เช่น ความหนาแน่น ความพรุน โครงสร้างดินดีขึ้น เนื่องจากส้มเป็นพืชที่มีระบบรากอ่อนแอ (พิทยาและคณะ, 2551) ต้องการดินที่มีการถ่ายเทน้ำและอากาศที่ดี จึงจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ตามที่ต้องการ สำหรับสวนส้มบนพื้นที่ลาดชัน การสูญเสียธาตุอาหารไปกับการชะล้างมีค่อนข้างสูง ดังนั้นในเทคนิควิธีการเตรียมหลุมปลูกและการใส่ปุ๋ย เพื่อลดการชะล้างมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อส้มที่ปลูกบนพื้นที่ลาดชัน

### 3.3.2 วิธีการดำเนินงาน

- (1) คัดเลือกเกษตรกรผู้ปลูกส้มรายย่อยที่มีพื้นที่ปลูกอยู่ในตำบลแม่สุ่นจำนวน 200 คน โดยคัดจากรายชื่อเกษตรกรที่ได้รับการรับรอง GAP ในปี.ศ.2551 จำนวน 904 ราย
- (2) เก็บข้อมูลการจัดการสวนของเกษตรกรที่คัดเลือกไว้โดยใช้แบบสอบถามจำนวน 200 ชุด
- (3) ประเมินสภาพสวนของเกษตรกรที่คัดเลือกไว้ โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และการออกสำรวจพื้นที่ ทำการเลือกเกษตรกรผู้ปลูกส้มรายย่อย (พื้นที่ปลูกน้อยกว่า 50 ไร่) จำนวน 50 ราย โดยกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ปลูกส้มในเขตลุ่มน้ำน้อยแม่สุ่น
- (4) เก็บตัวอย่างดินในสวนส้ม เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน คือ pH, %อินทรีย์วัตถุ, available P, exchangeable K Ca Mg, extractable Fe Zn Mn และCu โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ที่ระบุไว้ในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 วิธีการวิเคราะห์สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำน้อยแม่สุ่น

| วิเคราะห์                   | วิธีการ                                                                                                                      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH                          | ดิน:น้ำ 1:1 วัดด้วย pH meter                                                                                                 |
| EC                          | ดิน:น้ำ 1:5 วัดด้วย EC meter                                                                                                 |
| Organic matter              | Walkley & Black                                                                                                              |
| Available P                 | สกัดด้วย Bray II พัฒนาสีด้วย ammonium molybdate, antimony potassium tartrate, ascorbic acid วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer |
| Exchangeable K              | สกัดด้วย $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1 M pH 7 วัดโดย Flame photometer                                                            |
| Exchangeable Ca และ Mg      | สกัดด้วย $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1 M pH 7 วัดโดย Atomic absorption spectrophotometer                                         |
| Extractable Fe Zn Mn และ Cu | สกัดด้วย DTPA วัดโดย Atomic absorption spectrophotometer                                                                     |

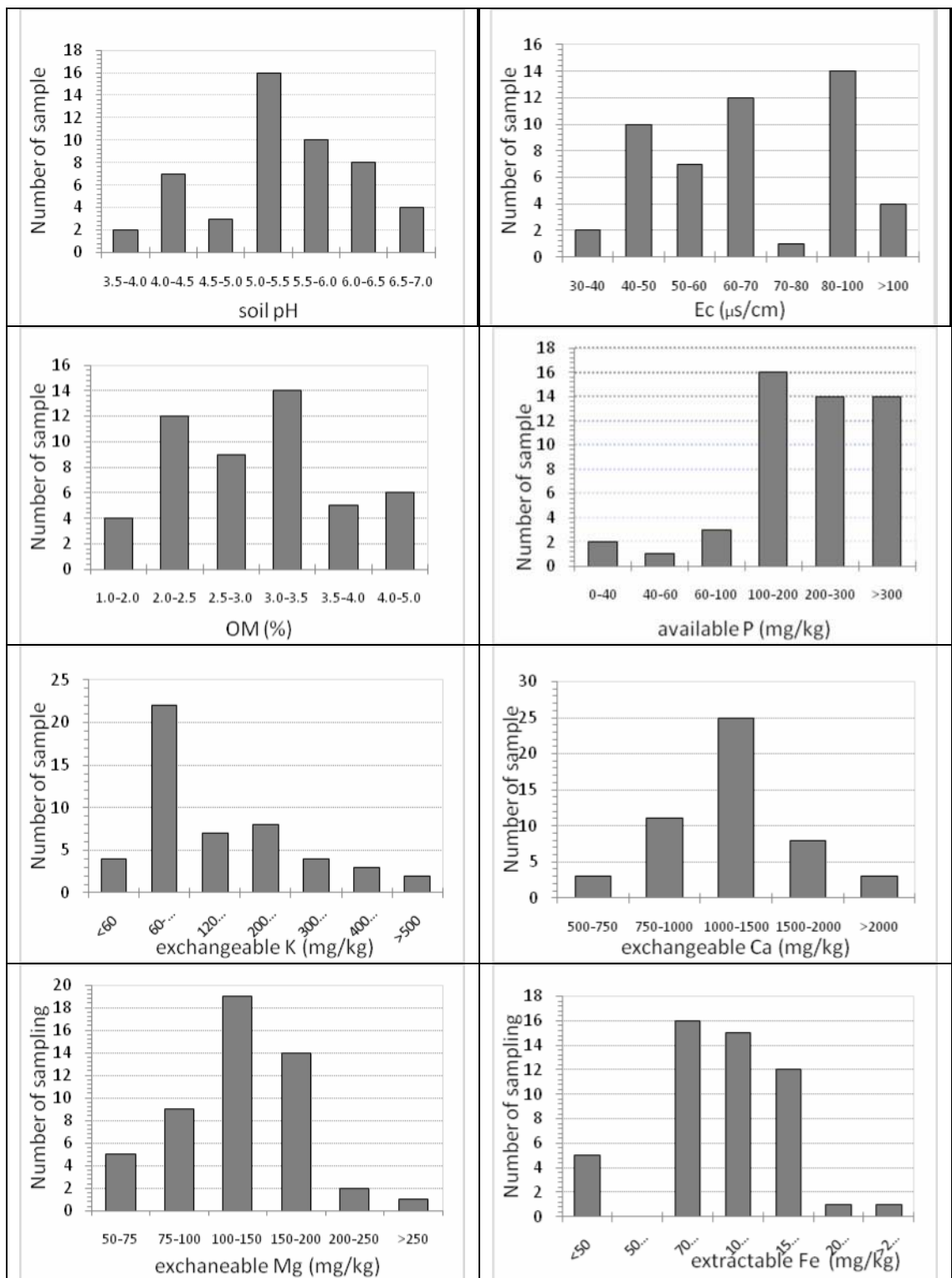
### 3.3.3 ผลการดำเนินงาน

จากตารางในพื้นที่ลาดชัน จำนวนสวนส้มที่มีความสมบูรณ์ 80 % มีประมาณ 36 % ของจำนวนสวนทั้งหมดในพื้นที่นี้ ในขณะที่ในพื้นที่ราบเชิงเขา มีสวนที่มีความสมบูรณ์ 80% มีประมาณ 29 % ส่วนในพื้นที่ราบลุ่ม ไม่พบสวนที่มีความสมบูรณ์ในระดับดังกล่าวเลย สำหรับสวนส้มที่มีความสมบูรณ์ในระดับ 40 % มีอยู่ในทุกพื้นที่ โดยมีประมาณ 54.5% เป็นพื้นที่ราบลุ่ม 29.4% เป็นพื้นที่ราบเชิงเขา และ 41% เป็นพื้นที่ลาดชัน สัดส่วนของจำนวนสวนส้มที่มีความสมบูรณ์ต่ำกว่า 40% ในพื้นที่ราบลุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนสวนส้มตัวอย่างทั้งหมด มีมากถึง 47.5% รองลงมาคือ สวนส้มในพื้นที่ราบเชิงเขาซึ่งมีประมาณ 41% ในขณะที่พื้นที่ลาดชันมีสวนส้มที่มีความสมบูรณ์ต่ำกว่า 40% มีประมาณ 14% เท่านั้น ผลการศึกษา ระดับความสมบูรณ์ในสวนส้มแต่ละพื้นที่ซึ่งมีลักษณะกายภาพแตกต่างกันดังแสดงไว้ในตารางที่ 3-3

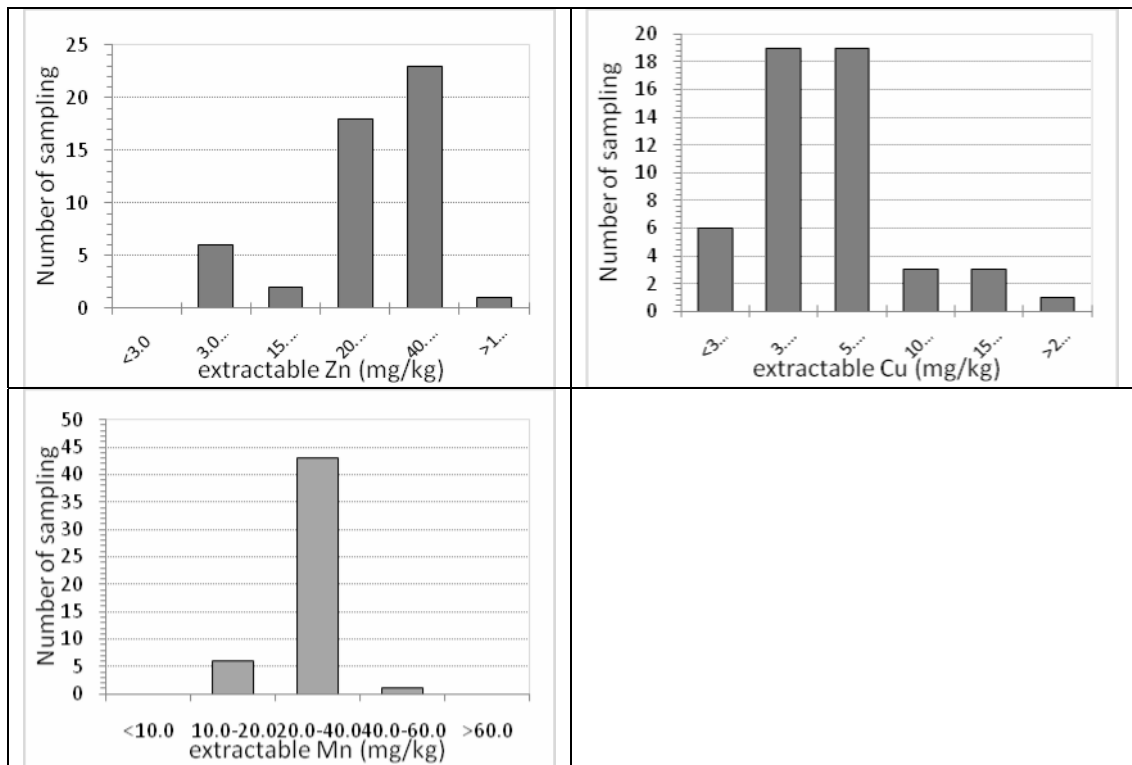
ตารางที่ 3-3 ระดับความสมบูรณ์ในสวนส้มแต่ละพื้นที่ซึ่งมีลักษณะกายภาพแตกต่างกัน

| ระดับความสมบูรณ์ |        | ลักษณะกายภาพของพื้นที่ |               |            |
|------------------|--------|------------------------|---------------|------------|
|                  |        | ที่ลาดชัน              | ที่ราบเชิงเขา | ที่ราบลุ่ม |
| 80%              | จำนวน  | 8                      | 5             | 0          |
|                  | ร้อยละ | 36.4                   | 29.4          | 0.0        |
| 60%              | จำนวน  | 2                      | 0             | 0          |
|                  | ร้อยละ | 9.1                    | 0.0           | 0.0        |
| 40%              | จำนวน  | 9                      | 5             | 6          |
|                  | ร้อยละ | 40.9                   | 29.4          | 54.5       |
| 30%              | จำนวน  | 1                      | 1             | 2          |
|                  | ร้อยละ | 4.5                    | 5.9           | 18.2       |
| 20%              | จำนวน  | 2                      | 6             | 3          |
|                  | ร้อยละ | 9.1                    | 35.3          | 27.3       |
| รวม              | จำนวน  | 12                     | 17            | 11         |
|                  | ร้อยละ | 100.0                  | 100.0         | 100.0      |

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินที่ใช้ปลูกส้มในเขตลุ่มน้ำย่อยแม่สูนสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 3-7 และตารางภาคผนวกที่ 3-5



ภาพที่ 3-7 คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น



ภาพที่ 3-7 (ต่อ) คุณสมบัติบางประการของดินปลูกส้ม ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น

โดยในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สุ่น พบว่า ร้อยละของสวนที่สภาพดินเหมาะสมสำหรับการปลูกส้มสายน้ำผึ้ง ในแต่ละปัจจัย เมื่อเทียบกับเกณฑ์การวิเคราะห์ดินของนนทบุรี และคณะ (2545) ดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ผลการวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม

| คุณสมบัติของดิน         | ช่วงที่ <sup>1</sup><br>เหมาะสม | ค่าที่วิเคราะห์ได้<br>จากสวนเกษตรกร | ร้อยละของสวนที่มีค่า<br>วิเคราะห์อยู่ในช่วง<br>เหมาะสม |
|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Soil pH                 | 5.5-6.5                         | 3.9-6.8                             | 46.0                                                   |
| Organic Matter (%)      | 2.0-3.0                         | 1.4-4.9                             | 42.0                                                   |
| Available P (mg/kg)     | 35-60                           | 20.8-684.7                          | 2.0                                                    |
| Exchangeable K (mg/kg)  | 100-120                         | 28.0-755.0                          | 4.0                                                    |
| Exchangeable Ca (mg/kg) | 800-1500                        | 595.6-2,686.7                       | 72.0                                                   |
| Exchangeable Mg (mg/kg) | 250-400                         | 56.1-292.1                          | 2.0                                                    |
| Extractable Fe (mg/kg)  | 60-70                           | 38.1-321.4                          | 0.0                                                    |
| Extractable Mn (mg/kg)  | 20-60                           | 13.3-40.6                           | 88.0                                                   |
| Extractable Zn (mg/kg)  | 3-15                            | 9.7-143.7                           | 6.0                                                    |
| Extractable Cu (mg/kg)  | 3-5                             | 1.7-27.1                            | 40.0                                                   |

<sup>1</sup> ที่มา: นนทบุรี และคณะ (2545)

จากผลการวิเคราะห์ดินทั้งหมด 50 สวนพบว่า มี ร้อยละ 88 ของจำนวนสวนทั้งหมด มีปริมาณ Mn ที่สามารถสกัดได้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม และมีร้อยละ 72 ของจำนวนสวนทั้งหมด มีปริมาณ Ca ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับที่เหมาะสม สำหรับ pH ดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณ Ca ที่สามารถสกัดได้ มีร้อยละ 46, 42 และร้อยละ 40 ของจำนวนสวนทั้งหมด ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณธาตุอาหารที่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ดินของนนทบุรี และคณะ (2545) คือ ปริมาณ P ที่สามารถเป็นประโยชน์ได้ ปริมาณ K และ Mg ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้มีเพียงร้อยละ 2, 4 และ 2 ของจำนวนสวนทั้งหมด ตามลำดับ อีกทั้งปริมาณ Fe และ Zn ที่สามารถสกัดได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ส่วนใหญ่ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มเช่นกัน

ในส่วนของปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ พบว่า ร้อยละ 98 ของจำนวนดินจากพื้นที่สวนส้มของเกษตรกรทั้งหมด มีปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้อยู่ในระดับสูงกว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มของนนทบุรี และคณะ (2545) คือดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มควรมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในช่วง 35-60 มก. P/กก. ในสภาพดินเช่นนี้ โดยทั่วไปพืชจะไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจึงเป็นการสูญเปล่า เพราะไม่เพียงแต่ผลผลิตที่ไม่เพิ่มขึ้นแล้ว การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มากเกินไปจนความจำเป็น ยังอาจชักนำให้พืชไม่สามารถดูดใช้ธาตุสังกะสีได้ดี และอาจเป็นผลทำให้ต้นพืชขาดความสมดุลของธาตุอาหาร ซึ่งมีผลกระทบทั้งผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตได้ด้วย

ในส่วนของปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ พบว่า ดินจากพื้นที่สวนส้มของเกษตรกรทุกกลุ่ม มีทั้งสวนที่มีระดับของโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ต่ำ (<100 มก. K/กก.) และสูง (>120 มก. K/กก.) สำหรับดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้มควรมีโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 100-120 มก. K/กก. (นนทบุรี และคณะ, 2545) การที่ดินในสวนส้มของเกษตรกรมีโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในระดับสูงกว่าระดับที่เหมาะสม ต้นส้มย่อมไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ดังนั้นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อการดูดใช้ธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Brady and Weil (2002) ซึ่งพบว่า หากมีปริมาณแมกนีเซียมและโพแทสเซียมในดินสูงกว่าแคลเซียมก็อาจทำให้พืชดูดใช้แคลเซียมได้น้อยลง ดังนั้นในสวนเกษตรกรที่มีโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้สูงอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยที่มีธาตุนี้เลย ซึ่งจะเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง

ในส่วนของจัดการสวนและธาตุอาหารพืชของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา พบว่า เกษตรกรทุกสวนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างใช้ปุ๋ยผสมสูตร 15-15-15 เป็นประจำ โดยบางส่วนใช้ปุ๋ยสูตรนี้สูตรเดียวตลอดฤดูกาลผลิต แต่บางส่วนใช้ในช่วงที่ส้มมีการเติบโตทางกิ่งและใบและใช้ปุ๋ยสูตรอื่นร่วมด้วย อาทิเช่น ปุ๋ยสูตร 0-52-34 ในช่วงเปิดตาดอก และ 13-13-21 ในช่วงติดผลถึงก่อนการเก็บเกี่ยว และโดยส่วนใหญ่เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยว 46-0-0 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยผสม นอกจากนี้บางส่วนมีการแยกใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยว ซึ่งให้ธาตุอาหาร

หลักแต่ละตัว อาทิเช่น 46-0-0, 0-46-0, 0-0-60 และ 15-0-0 ร่วมกับปุ๋ยผสมอีกด้วย สำหรับปริมาณการใส่ปุ๋ยส่วนใหญ่คล้ายกัน คือ อยู่ในช่วง 0.3-1.0 กก./ต้น/เดือน นอกจากนี้เกษตรกรส่วนใหญ่ยังมีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ เพื่อป้องกันการขาดธาตุอาหารพืช แต่เนื่องด้วยอายุสัมที่ปลูกส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80) มีอายุอยู่ในช่วง 7-10 ปี ซึ่งจากการจัดการปุ๋ยในรูปแบบที่ใช้สูตรเสมอมาโดยตลอด 7-10 ปีที่ปลูกส้ม แสดงให้เห็นว่า พฤติกรรมการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรส่งผลกระทบต่อคุณภาพของดินในระยะยาว ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ และปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ลักษณะในการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษามีความสอดคล้องภาวณี และคณะ (2551) ซึ่งรายงานไว้ว่า สำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ของเกษตรกรผู้ปลูกส้มสูงกว่าความต้องการของพืช ทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินสูงกว่าระดับมาตรฐาน อีกทั้งยังไม่ทำให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตสูงขึ้น

### 3.4 สรุป: สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม

จากข้อมูลความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกส้มในเขตอำเภอดงหลวง แม่ฮาด และไชยปราการ ซึ่งใช้ปลูกส้มมาประมาณ 5-10 ปี พบว่า คุณสมบัติดินบางประการมีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินจะมากหรือน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจในการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย ของเกษตรกรผู้ปลูกส้มเป็นหลัก จากผลการศึกษาพบว่า pH ของดินมีแนวโน้มลดลง โดยมากกว่าร้อยละ 40 ของดินมีสภาพเป็นกรดจัด ( $\text{pH} < 5.5$ ) แต่ดินส่วนใหญ่ยังคงมีอินทรีย์วัตถุในระดับค่อนข้างสูง ( $> 2.5\%$ ) อย่างไรก็ตาม พบว่าดินมีการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้น โดยมากกว่าร้อยละ 76 ของดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่า  $60 \text{ mg/kg}$  และมากกว่าร้อยละ 72 ของดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่า  $200 \text{ mg/kg}$  เนื่องจากผลตกค้างของปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรใช้เป็นหลัก ดินส่วนใหญ่ยังคงมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่เหมาะสมและเพียงพอต่อพืช ( $> 750 \text{ mg/kg}$ ) แต่แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ส่วนใหญ่มีปริมาณ ต่ำกว่า  $200 \text{ mg/kg}$  เนื่องจากคุณสมบัติของดินเดิม ส่วนปริมาณซัลเฟอร์มีอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน โดยร้อยละ 48 ของดินมีปริมาณซัลเฟอร์ต่ำกว่า  $25 \text{ mg/kg}$  อย่างไรก็ตามปริมาณซัลเฟอร์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ และบางส่วนเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณของจุลธาตุอาหาร (Fe, Mn, Cu, Zn) พบว่าดินส่วนใหญ่มีจุลธาตุอาหารในระดับที่เพียงพอ แต่มีปริมาณโบรอนในระดับต่ำ ( $< 1.0 \text{ mg/kg}$ ) กล่าวได้ว่า ดินในพื้นที่ปลูกส้มในเขตอำเภอดงหลวง แม่ฮาด และไชยปราการ มีปริมาณโบรอนไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช

จากผลการศึกษาคูณภาพดินที่ใช้ปลูกส้มในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาด พบว่า ดินมีแนวโน้มที่จะเสื่อมลง เนื่องจากการจัดการดินที่ไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของตนเอง อีกทั้งพฤติกรรมการใส่ปุ๋ยที่ไม่

เหมาะสมของเกษตรกรที่ติดต่อกันเป็นเวลานาน (อายุของต้นส้มโดยเฉลี่ยในพื้นที่ 7-10 ปี) ซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร และเกิดผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์รวมทั้งการดูดใช้ธาตุอาหารของส้มในเวลาต่อมา นอกจากนี้สภาพดินที่เสื่อมลง ยังเป็นปัจจัยส่งเสริมให้ส้มอ่อนแอต่อโรครากเน่าโคนเน่าโดยเฉพาะสวนส้มที่ปลูกบนพื้นที่ราบลุ่ม ซึ่งในปัจจุบันจะเห็นว่ามีพื้นที่ส้มโทรมและทิ้งร้างเป็นจำนวนมาก เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการและเป็นปัญหาที่สะสมเป็นเวลานานกว่าที่จะแสดงผล ซึ่งเมื่อต้นส้มแสดงอาการโทรมก็ยากเกินกว่าที่จะฟื้นฟูให้กลับมาสมบูรณ์และให้ผลผลิตดีดังเดิม สำหรับเกษตรกรที่ส้มยังสามารถให้ผลผลิตต่อไปได้ หากยังยึดหลักในการจัดการดินและปุ๋ยในรูปแบบเดิม จะทำให้ความรุนแรงของการขาดธาตุอาหารของต้นส้มเพิ่มสูงขึ้น สำหรับแนวทางแก้ไขที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ในปัจจุบัน คือ ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบเพื่อป้องกัน ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนสูงขึ้นโดยใช้เหตุหากมีการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมตั้งแต่เริ่มแรกของการปลูกส้ม เกษตรกรจะสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้อย่างมาก เนื่องจากต้นทุนการผลิตโดยส่วนใหญ่ในการปลูกส้มคือ ค่าสารเคมีกำจัดโรคแมลงและปุ๋ย อีกทั้งยังเป็นการชะลอการเสื่อมโทรมของดินเพื่อให้สามารถผลิตส้มหรือพืชชนิดอื่นต่อไปได้

## เอกสารอ้างอิง

- ชาติรี สิทธิกุล ชูชาติ สันธทรัพย์ อุษณีย์ ฉัตรตระกูล และอัญชัญ ชมพูปวง. 2548. การพัฒนาการผลิตผักคุณภาพและถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกผักปลอดสารพิษในโรงตาข่ายกันแมลง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นันทรัตน์ ศุภกานีดิ ปัญจพร เลิศรัตน์ และสิริ สุวรรณเขตนิกม. 2545. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ "การประเมินความต้องการธาตุอาหารของส้มโดยการวิเคราะห์พืช. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 102 หน้า.
- พิทยา สรวมศิริ อำพรพร พรมศิริ สมบัติ ศรีชูวงศ์ จิราพร ตยุดิภูมิกุล อังสนา อัครพิศาล เกวลิน คุณาศักดากุล ชวนพิศ บุญชิตสิริกุล ตรีณี นาพรหม ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข อรวรรณ ฉัตรสีรุ่ง ชูชาติ สันธทรัพย์ เยาวลักษณ์ จันท์บาง และวิลาวัลย์ คำปวน. 2551. รายงานความก้าวหน้าโครงการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรผู้ปลูกส้ม เชียงใหม่ เพื่อการปรับตัวจากผลกระทบของการเปิดเสรีทางการค้า. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เสนอต่อกรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 257 หน้า.
- ภาวินี จันทรวิจิตร ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และนันทรัตน์ ศุภกานีดิ. 2551. การใช้ความสมดุลธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงผลผลิตและคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้ง: การประเมินตำแหน่งใบส้มที่เหมาะสมสำหรับการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. วารสารเกษตร. มิ.ย. 2551, 24(2) หน้า 117-124.

- สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2551. สถานการณ์การผลิตส้มเขียวหวานจังหวัดเชียงใหม่ 2551/2552. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://chiangmai.doe.go.th/reports/สถานการณ์การผลิตส้มเขียวหวานปี2551/52.pdf> (5 พฤษภาคม 2553).
- สำนักงานเกษตรอำเภอฝาง. 2551. แผนพัฒนาการเกษตรระดับตำบลแม่สุ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2551-2553. 28 หน้า.
- Adams, F. 1984. Crop response to lime in the southern United States. In "Soil Acidity and Liming" (Ed. F. Adams.) pp. 211-66. ASA, CSSA, SSSA Inc. Madison, Wisconsin.
- Brady, N.C. and R. R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall, New Jersey, USA. 960 p.
- Chanvichit, P. 2009. Use of Nutrient Balance for Improving Fruit Yield and Quality of Tangerine cv. Sainampung. Ph.D thesis. Chiang Mai University.
- Marscher, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plant. 2<sup>nd</sup> edition, Academic Press. London.
- Marx, E.S., Hart, J. and R.G. Stevens. 1999. Soil test interpretation guide. Oregon State University Extension Service. USA.
- Mass, E.V. and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage, Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers 103, 115-130.
- Menzel, C.M., Barry, G.A., and Simpson, D.R. 1992. Observations on the concentrations of soil nutrients in lychee orchards in subtropical Australia. Journal of South African Society of Horticultural Science 2, 36-40
- Metson, A.J. 1974. Magnesium in New Zealand Soils 1. Some factors governing the availability of soil magnesium: a review. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 2, 277 – 319.
- Soil and Plant Analysis Council, Inc. 1999. Soil Analysis Handbook of Reference Method. CRC Press, New York.
- Stephenson, R.A. and Cull, B.W. 1986. Some observations on nutrient levels of three soils growing macadamias in south-east Queensland. Scientia Horticulturace 30, 83-95.
- Zhu, Y.G., Smith, S.E. and Smith, F.A. 2001. (Zn)-phosphorus (P) interaction in two cultivars of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) differing in P uptake efficiency. Annals of Botany 88, 941-945.
-

## บทที่ 4

### ทรัพยากรน้ำ

ชูชาติ สันทรทรัพย์<sup>1</sup> วาสนา วิรุณรัตน์<sup>2</sup> ถาวร อ่อนประไพ<sup>3</sup> และ สุกัญญา พรพิภาค<sup>4</sup>

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการผลิตส้ม เนื่องจากส้มเป็นพืชที่ต้องการน้ำในปริมาณที่มาก และสม่ำเสมอ หากขาดน้ำหรือมีน้ำขังมากและนานเกินไประบบรากจะได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต คุณภาพ และปริมาณผลผลิตของส้ม การศึกษาถึงทรัพยากรน้ำโดยเฉพาะในเรื่อง แหล่งน้ำและปริมาณน้ำที่สามารถใช้เพื่อการผลิตส้มจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่เกิดจาก สภาพทางกายภาพของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ ที่ถือเป็นต้นทุนทางธรรมชาติที่สำคัญต่อการปลูกส้ม ในแง่มุมของ ข้อมูลทรัพยากรน้ำ ข้อมูลของจำนวนและที่ตั้งแหล่งน้ำ ตลอดจนปริมาณน้ำจึงมีความสำคัญ และมีความสัมพันธ์กับฐานข้อมูลกลุ่มน้ำที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น (2. การพัฒนาฐานข้อมูลกลุ่มน้ำ)

#### 4.1 ข้อมูลทรัพยากรน้ำเบื้องต้น

##### 4.1.1 พื้นที่ลุ่มน้ำฝาง

ปริมาณน้ำมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่รองรับน้ำนั้น ๆ ที่เรียกว่า “พื้นที่ลุ่มน้ำ” (watershed) ซึ่งหมายถึง พื้นที่ที่ถูกล้อมรอบด้วยสันปันน้ำ (boundary) หรือแนวสูงสุดของภูเขา ซึ่งรองรับน้ำฝนลงสู่แม่น้ำสายหลักในพื้นที่นั้น ๆ กล่าวคือ เมื่อฝนตกลงมาในพื้นที่ลุ่มน้ำ น้ำฝนจะไหลจากสันปันน้ำลงสู่ลำธารสายย่อย (sub-order) หลายสาย แล้วรวมกันสู่ลำธารสายใหญ่ (order) จากนั้นไหลสู่แม่น้ำสายหลัก (mainstream) ในที่สุดไหลออกปากทางของกลุ่มน้ำนั้น ๆ (outlet) จากลักษณะดังกล่าว ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น โครงสร้างทางธรณีวิทยา ชนิดดิน สภาพภูมิประเทศ ความลาดชัน ตลอดจนพืชพรรณสิ่งปกคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ จึงมีความสำคัญในการกำหนดปริมาณน้ำตลอดจนความชุ่มชื้นหรือความแห้งแล้งของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น

- ที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มน้ำฝาง

พื้นที่ศึกษาของโครงการวิจัย ฯ ส่วนใหญ่ตกอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง (หากไม่นับพื้นที่ศึกษาบางส่วนที่ถูกกำหนดขอบเขตโดยเขตการปกครองของอำเภอฝาง แม่เอย และไชยปราการ และตกอยู่ใน

<sup>1</sup> ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>2</sup> นศ.ปริญญาเอก สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>3</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>4</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

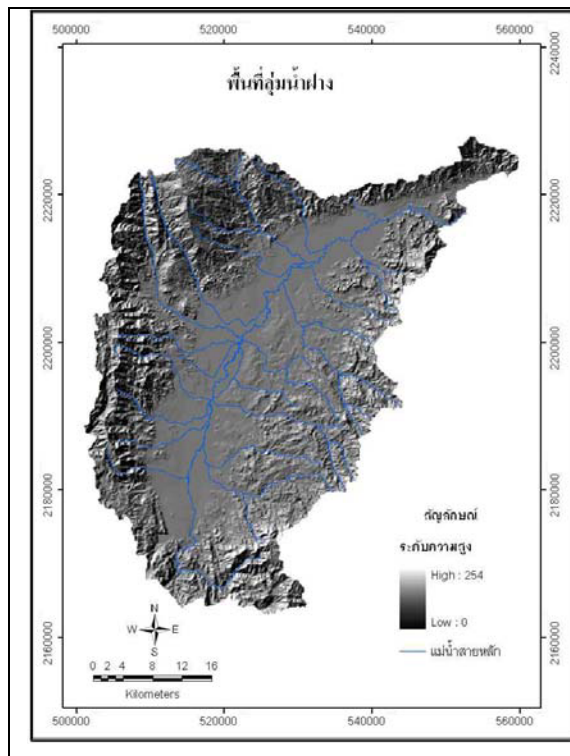
ลุ่มน้ำอื่น ๆ เช่น ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำกก) ลุ่มน้ำฝางเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำกก ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของจังหวัด เชียงใหม่ มีต้นน้ำอยู่บริเวณดอยขุนห้วยฝางและดอยหัวโทซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของพื้นที่อำเภอไชยปราการ ไหลไปทางเหนือและลงสู่แม่น้ำกกที่ตำบลท่าตอน อำเภอแม่ฮาด จังหวัดเชียงใหม่ ลำน้ำฝางมีความยาว ประมาณ 70 กิโลเมตร มีพื้นที่ลุ่มน้ำประมาณ 2,135.7 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,334,812.5 ไร่ (กรมส่งเสริม คุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2537) ครอบคลุมพื้นที่ 3 อำเภอ คือ อำเภอฝาง แม่ฮาด และไชยปราการ จังหวัด เชียงใหม่ พื้นที่ลุ่มน้ำฝางมีระดับความสูง (elevation) ตั้งแต่ 492 เมตรจนถึง 1,920 เมตรจาก ระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level: msl) มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง ดังนี้

- ทิศเหนือ ติดต่อกับลุ่มน้ำกก ในเขตรัฐฉาน ประเทศพม่า และอำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย
- ทิศใต้ ติดต่อกับลุ่มน้ำปิง ในเขตอำเภอเชียงดาว และอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่
- ทิศตะวันออกติดต่อกับลุ่มน้ำกก ในเขตอำเภอแม่สรวย อำเภอเมือง และอำเภอแม่จัน จังหวัด เชียงราย
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับลุ่มน้ำปิง ในเขตอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และ ลุ่มน้ำสาละวิน ใน เขตรัฐฉาน ประเทศพม่า

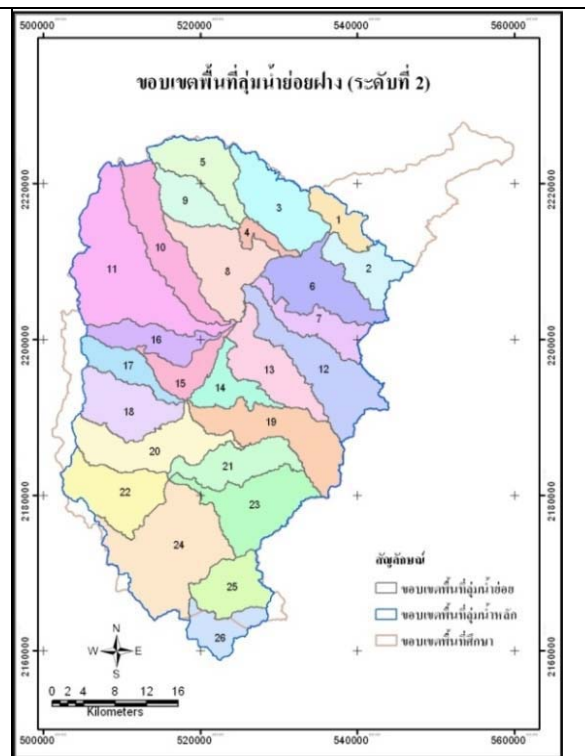
พื้นที่ลุ่มน้ำฝาง เป็นแอ่งที่ราบขนาดใหญ่ประกอบด้วยที่ราบลุ่มและที่ราบเชิงเขา ถูกล้อมรอบด้วย ภูเขาสูงของเทือกเขาแดนลาวทางทิศเหนือล้อมลงมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ จรดกับเทือกเขาผีปันน้ำทาง ทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่ทอดตัวปิดล้อมลงมาทางใต้ ตามแนวเทือกเขาของดอยเวียงผา ในเขตอำเภอไชย ปราการจังหวัดเชียงใหม่ แอ่งฝางมีแม่น้ำสายสำคัญที่ไหลผ่าน คือ แม่น้ำฝาง ซึ่งไหลจากอำเภอไชย ปราการขึ้นไปทางทิศเหนือผ่านอำเภอฝาง อำเภอแม่ฮาด และบรรจบกับแม่น้ำกก ซึ่งไหลมาจากประเทศ พม่า ผ่านวัดท่าตอน ตำบลท่าตอน อำเภอแม่ฮาด จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณที่แม่น้ำทั้งสองสายมาบรรจบ กันนี้ เรียกว่า “สบฝาง” เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติเหมาะสมต่อระบบ เกษตรกรรม ภาพที่ 4-1 แสดงของเขตและพื้นที่ของลุ่มน้ำฝาง

ลุ่มน้ำฝาง ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย จำนวน 26 ลุ่มน้ำ ดังนี้ (ภาพที่ 4-2)

- |                |                  |                    |                |
|----------------|------------------|--------------------|----------------|
| 1. ห้วยมะเฟือง | 8. แม่ฮาด        | 15. ห้วยสวนเมียง   | 22. ห้วยแม่วะ  |
| 2. ห้วยขี้ดี   | 9. แม่ฮุน        | 16. ห้วยบง         | 23. แม่ทะลบ    |
| 3. แม่ฮาด      | 10. แม่ใจ        | 17. ห้วยโป่งน้ำดัง | 24. แม่ฝาง     |
| 4. แม่สาว      | 11. แม่มาว       | 18. แม่ฮอน         | 25. ขุนแม่ฝาง  |
| 5. แม่กิมหลวง  | 12. แม่ฮาวาง     | 19. ห้วยไคร้       | 26. แม่ฝางน้อย |
| 6. ห้วยม่วง    | 13. แม่หลักหมื่น | 20. ห้วยแม่ฮาด     |                |
| 7. ห้วยโป่ง    | 14. แม่คะ        | 21. ห้วยเดื่อ      |                |



ภาพที่ 4-1 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง



ภาพที่ 4-2 ขอบเขตลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำฝาง

- ลักษณะภูมิอากาศของลุ่มน้ำฝาง

สภาพอากาศโดยทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง แบ่งออกเป็น 3 ฤดูกาล ดังนี้

(1) ฤดูฝน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดจากอ่าวเบงกอล และอ่าวไทยพัดพาเอาความชื้นขึ้นมาทำให้เกิดฝนตก ระหว่างเดือน มิ.ย. — ต.ค. โดยฝนจะตกชุกประมาณเดือน ส.ค.ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,500 มิลลิเมตร ต่อปี

(2) ฤดูหนาว ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือน พ.ย.- ก.พ. ซึ่งอากาศจะหนาวจัด มีหมอกหนา อุณหภูมิต่ำสุดวัดได้ประมาณ -4 องศาเซลเซียส ในปี พ.ศ.2542 ที่ดอยอ่างขาง อำเภอฝาง อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูหนาวอยู่ระหว่าง 10 -19 องศาเซลเซียส

(3) ฤดูร้อน อยู่ในช่วงระหว่างเดือน มี.ค. — พ.ค. อุณหภูมิสูงสุดในเดือน เม.ย. ประมาณ 39 - 40 องศาเซลเซียส ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำฝางจะมีฤดูฝน และ ฤดูหนาวยาวนานกว่าฤดูร้อน

#### 4.1.2 ทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง

โครงการวิจัย ฯ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลทรัพยากรน้ำในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝางจากสวนอุทกวิทยา เชียงใหม่ (2552) ในช่วงปี พ.ศ.2527-2550 จำนวน 4 สถานี (ซึ่งมีข้อมูลทรัพยากรน้ำครบถ้วน) จากทั้งหมด 13 สถานี (ตารางที่ 4-1) ภาพที่ 4-3 แสดงตำแหน่งสถานีวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง คือ

สถานีที่ 1 แม่น้ำกก บ้านท่าตอน ตำบลท่าตอน อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่

สถานีที่ 2 แม่น้ำฝาง บ้านท่าไม้เลี่ยม ตำบลแม่นาวาง อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่

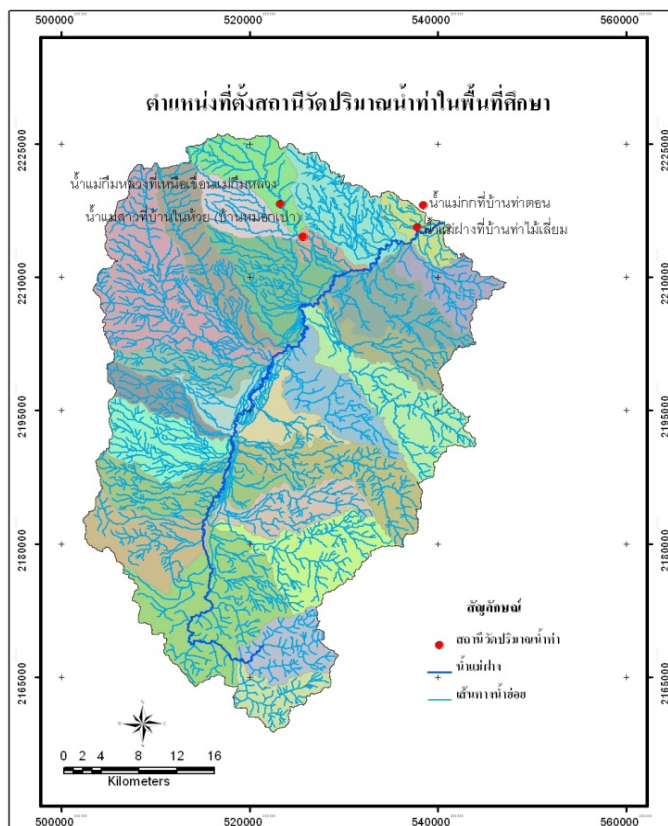
สถานีที่ 11 น้ำแม่สาว บ้านในห้วย ตำบลแม่สาว อำเภอแม่ฮาด จังหวัดเชียงใหม่

สถานีที่ 12 น้ำแม่กิมหลวง ตำบลแม่สาว อำเภอแม่ฮาด จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 4-1 รายชื่อและตำแหน่งสถานีวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง

| ที่ | รหัสสถานี | ชื่อสถานี     | หมู่บ้าน         | ตำบล     | อำเภอ     | LATITUDE   | LONGITUDE  |
|-----|-----------|---------------|------------------|----------|-----------|------------|------------|
| 1   | 030101    | น้ำแม่กก      | บ้านท่าตอน       | ท่าตอน   | แม่ฮาด    | 20-03-36 N | 99-21-48 E |
| 2   | 030201    | น้ำแม่ฝาง     | บ้านท่าไม้เลียม  | แม่นาวาง | แม่ฮาด    | 20-01-12 N | 99-21-30 E |
| 3   | 030202    | น้ำแม่ฝาง     | บ้านสบขา         | แม่งอน   | ฝาง       | 19-48-00 N | 99-10-42 E |
| 4   | 030205    | ห้วยไผ่ใหญ่   | บ้านห้วยไผ่ใหญ่  | หนองบัว  | ไชยปราการ | 19-43-41 N | 99-08-34 E |
| 5   | 030206    | อำเภอฝาง      | บ้านสองแคว       | สันทราย  | ฝาง       | 19-52-06 N | 19-52-06 E |
| 6   | 030207    | บ้านแม่ฮาด    | บ้านแม่ฮาด       | แม่ฮาด   | แม่ฮาด    | 20-01-51 N | 99-17-22 E |
| 7   | 030208    | บ้านปางตันแก  | บ้านปางตันแก     | ท่าตอน   | แม่ฮาด    | 20-05-35 N | 99-16-51 E |
| 8   | 030210    | มูเซอร์ขุนเม  | บ้านมูเซอร์ขุนเม | ม่อนปิน  | ฝาง       | 19-56-16 N | 99-06-49 E |
| 9   | 030211    | น้ำแม่นาวาง   | บ้านป่าแดง       | บ้านหลวง | แม่ฮาด    | 19-54-26 N | 99-17-49 E |
| 10  | 030215    | ห้วยไคร้      | บ้านห้วยไคร้     | แม่คะ    | ฝาง       | 19-48-05 N | 99-15-02 E |
| 11  | 030216    | น้ำแม่สาว     | บ้านในห้วย       | แม่สาว   | แม่ฮาด    | 20-01-42 N | 99-14-42 E |
| 12  | 030219    | น้ำแม่กิมหลวง | เขื่อนแม่กิมหลวง | แม่สาว   | ฝาง       | 20-02-20 N | 99-14-16 E |
| 13  | 030221    | น้ำแม่งอน     | บ้านยาง          | แม่งอน   | ฝาง       |            |            |

ที่มา: ส่วนอุทกวิทยาเชียงใหม่ (2552)

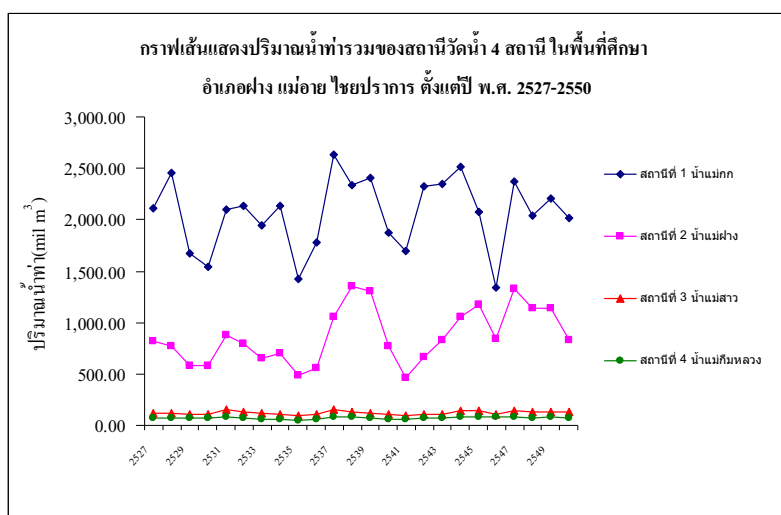


ภาพที่ 4-3 ตำแหน่งสถานีวัดปริมาณน้ำในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากทั้ง 4 สถานีดังกล่าวในข้างต้น สามารถใช้อธิบายภาพรวมของลักษณะปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ โดยสถานีที่ 1 (น้ำแม่กก บ้านท่าตอน ตำบลท่าตอน อำเภอแม่ฮาย จังหวัดเชียงใหม่) เป็นข้อมูลที่สามารถใช้อธิบายลักษณะปริมาณน้ำของกลุ่มน้ำกก ซึ่งเป็นลุ่มน้ำอันดับหนึ่งที่ลำน้ำหลัก (แม่น้ำฝาง) ของพื้นที่ศึกษา; สถานีที่ 2 (น้ำแม่ฝาง บ้านท่าไม้เลี่ยม ตำบลแม่ฮาว อำเภอแม่ฮาย จังหวัดเชียงใหม่) เป็นข้อมูลที่ใช้อธิบายลักษณะปริมาณน้ำของกลุ่มน้ำฝาง ซึ่งเป็นลุ่มน้ำหลักในพื้นที่ศึกษา; สถานีที่ 11 (น้ำแม่สาว บ้านในห้วย ตำบลแม่สาว อำเภอแม่ฮาย จังหวัดเชียงใหม่) เป็นข้อมูลที่ใช้อธิบายลักษณะปริมาณน้ำของกลุ่มน้ำแม่สาว ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำฝางในพื้นที่ศึกษา; และสถานีที่ 12 (น้ำแม่กิมหลวง บริเวณเหนือเขื่อนแม่กิม ตำบลแม่สาว อำเภอแม่ฮาย จังหวัดเชียงใหม่) เป็นข้อมูลที่ใช้อธิบายลักษณะปริมาณน้ำของกลุ่มน้ำแม่กิมหลวง ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำฝางในพื้นที่ศึกษา

จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าทั้ง 4 สถานี ช่วงปี พ.ศ. 2527 - 2550 พบว่า ปริมาณน้ำในน้ำแม่กกและน้ำแม่ฝาง มีความสอดคล้องและสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ปริมาณน้ำท่ารวมจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงคล้าย ๆ กัน ในแต่ละปี อย่างไรก็ตาม จำนวนปริมาณน้ำในแม่น้ำกกแตกต่างกันอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำในแม่น้ำฝาง เช่น ในปี พ.ศ. 2550 ปริมาณน้ำท่ารวมในแม่น้ำกก เท่ากับ 2,010 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ปริมาณน้ำท่ารวมในแม่น้ำฝางมีเพียง 825 ล้าน ลบ.ม. หรือในปี พ.ศ. 2547 ที่ปริมาณน้ำท่ารวมในแม่น้ำกกค่อนข้างสูงมาก เท่ากับ 2,370 ล้าน ลบ.ม. และปริมาณน้ำท่ารวมในแม่น้ำฝางก็ขึ้นค่อนข้างสูงมากเช่นกัน แต่เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำในแม่น้ำกก ก็ยังแตกต่างกันอย่างมาก คือมีปริมาณน้ำท่ารวมเท่ากับ 1,330 ล้าน ลบ.ม. ทั้งนี้ เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำทั้งสองที่สัมพันธ์กัน กล่าวคือ กลุ่มน้ำฝางเป็นลุ่มน้ำย่อย (sub-basin) ที่เป็นหลักของกลุ่มน้ำกก ปริมาณน้ำท่ารวมจึงน้อยกว่าแต่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปีที่สอดคล้องกัน

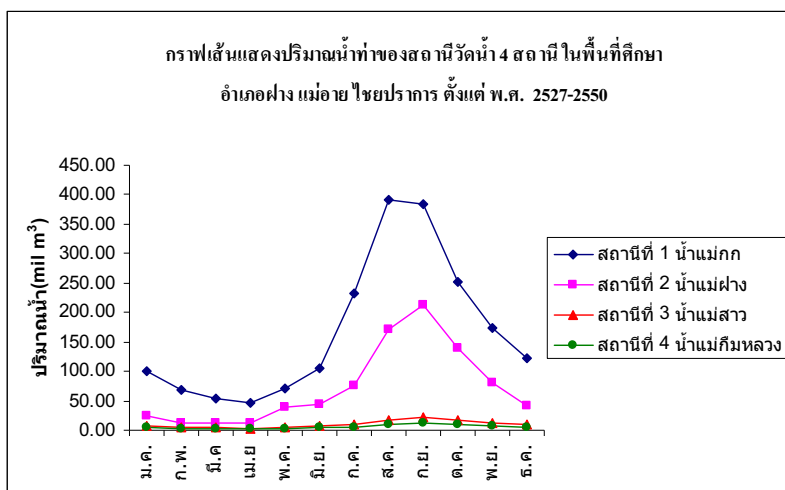
สำหรับปริมาณน้ำท่ารวมของน้ำแม่สาว (สถานีที่ 11) และน้ำแม่กิมหลวง (สถานีที่ 12) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่ารวมของน้ำแม่กก (สถานีที่ 1) และน้ำแม่ฝาง (สถานีที่ 2) พบว่า มีปริมาณน้ำน้อยกว่ามาก เฉลี่ยปริมาณน้ำท่ารวม 136 ล้าน ลบ.ม และ 67.2 ล้าน ลบ.ม./ปี ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากทั้งน้ำแม่สาวและน้ำแม่กิมหลวงเป็นลำน้ำย่อยของแม่น้ำฝาง หรือกล่าวได้ว่าลุ่มน้ำแม่สาวและลุ่มน้ำแม่กิมหลวงเป็นลุ่มน้ำสาขาของกลุ่มน้ำฝาง ภาพที่ 4-4 แสดงปริมาณน้ำท่ารวมของลำน้ำทั้ง 4 สถานี คือ น้ำแม่กก (สถานีที่ 1) น้ำแม่ฝาง (สถานีที่ 2) น้ำแม่สาว (สถานีที่ 11) และน้ำแม่กิมหลวง (สถานีที่ 12) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น



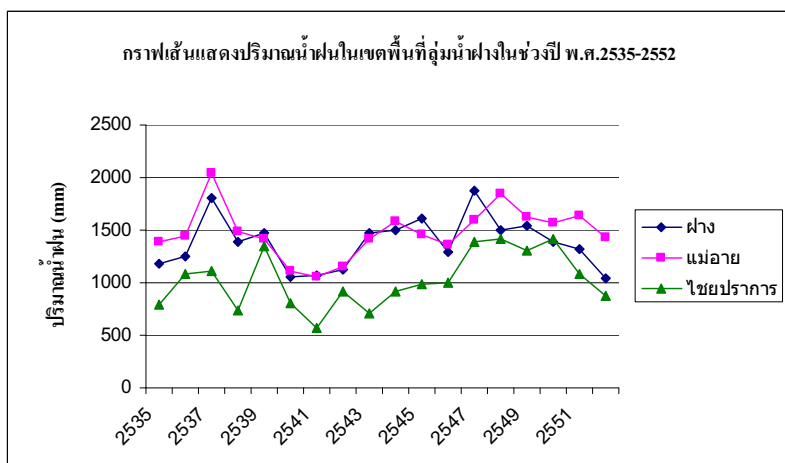
ภาพที่ 4-4 ปริมาณน้ำท่ารวมของสถานีวัดน้ำ 4 สถานีในพื้นที่ศึกษา

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่ารวมเฉลี่ยรายเดือน ในช่วงปีพ.ศ. 2527-2550 พบว่า ปริมาณน้ำท่ารายเดือนขึ้นสูงสุดในช่วงฤดูฝน คือเริ่มมีปริมาณมากขึ้นตั้งแต่เดือน พ.ค. ไปจนกระทั่งสูงสุดประมาณเดือน ส.ค. และ ก.ย. ในแต่ละปี ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในกลุ่มน้ำขนาดใหญ่ ได้แก่ น้ำแม่กก และน้ำแม่ฝาง สำหรับในน้ำแม่สาวและน้ำแม่กิมหลวงมีปริมาณน้ำท่ารวมเฉลี่ยรายเดือนขึ้นสูงสุดในช่วงฤดูฝนในระยะเวลาเดียวกัน แต่ปริมาณน้ำไม่มากเท่าน้ำแม่กก และน้ำแม่ฝาง อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำท่ารวมเฉลี่ยรายเดือนของกลุ่มน้ำทั้งหมดจะเริ่มลดลงตั้งแต่เดือน ต.ค. และ พ.ย. ของแต่ละปี และเริ่มเข้าสู่ในฤดูแล้ง โดยสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป ปริมาณน้ำท่ารวมเฉลี่ยรายเดือนจะน้อยที่สุดในช่วงเดือน มี.ค. – เม.ย. ของทุกปี ซึ่งในช่วงนี้มักเกิดปัญหาการแย่งน้ำกันมากขึ้น เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตร มีการเพาะปลูกหมุนเวียนพืชตลอดปี (ในกรณีเป็นพื้นที่ลุ่ม) โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกส้มซึ่งมีความต้องการใช้น้ำมากกว่าพืชชนิดอื่น ภาพที่ 4-5 แสดงปริมาณน้ำท่ารวมเฉลี่ยรายเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2527-2550 ของน้ำแม่กก น้ำแม่ฝาง น้ำแม่สาว และน้ำแม่กิมหลวง ในพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำฝาง

อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำท่ารวมมีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ ซึ่งจากข้อมูลพบว่า ในปี พ.ศ. 2535 2541 และ 2547 เป็นช่วงที่ปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำลดลงอย่างมาก (ภาพที่ 4-5) ซึ่งมีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนของแต่ละพื้นที่ พบว่า ปริมาณน้ำฝนในช่วงปีดังกล่าวลดลงเช่นกัน (ภาพที่ 4-6) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเห็นได้ชัดในปี พ.ศ. 2541 ซึ่งเป็นปีที่ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งมากที่สุดจากปรากฏการณ์เอลนีโญ (El nino) อย่างไรก็ตาม มณฑนา และสุตาพร (2542) ได้สรุปไว้ว่า ปรากฏการณ์เอลนีโญไม่มีผลกระทบรุนแรงมากนักต่อประเทศไทย ความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นเป็นผลจากปรากฏการณ์จริงทางธรรมชาติ โดยปริมาณน้ำฝนไม่แตกต่างจากปกตินัก ซึ่งอาจเกิดจากการกระจายของฝนลดลงกว่าสภาพปกติ ภาพที่ 4-6 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนในเขตพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำฝาง ในช่วงปี พ.ศ. 2535-2552



ภาพที่ 4-5 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน ในช่วงปี พ.ศ. 2527-2550 ของน้ำแมกก น้ำแม่ฝาง น้ำแม่สาว และน้ำแม่กิมหลวง ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง



ภาพที่ 4-6 ปริมาณน้ำฝนในเขตพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง ปี 2535-2552

## 4.2 คุณภาพน้ำ

นอกจากแหล่งน้ำและปริมาณน้ำที่ต้องมีเพียงพอต่อความต้องการของส้มแล้ว คุณภาพของน้ำที่ใช้ก็เป็นสิ่งสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาว่ามีคุณภาพเหมาะสมเพียงใด คุณภาพของน้ำนอกจากจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของต้นส้มและคุณสมบัติทางกายภาพของดินแล้ว คุณภาพของน้ำยังส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการจัดการและการดูแลสวนส้มอีกด้วย เช่น ความต้องการปุ๋ยและประสิทธิภาพของปุ๋ย การจัดการระบบน้ำในสวน โดยเฉพาะการให้ปุ๋ยไปพร้อม ๆ กับการให้น้ำ (fertigation) และประสิทธิภาพของสารเคมีเกษตรที่ใช้ในการควบคุมและป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช ซึ่งมีผลต่อการควบคุมคุณภาพภายนอกของผลส้ม ดังนั้นการศึกษาถึงคุณภาพน้ำและการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำตลอดฤดูการผลิตในพื้นที่ปลูกส้ม จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวางแผนและการจัดการในการผลิตส้มอย่างมีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนในระยะยาว

#### 4.2.1 วิธีดำเนินการศึกษาคุณภาพน้ำ

โครงการวิจัย ฯ ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำตามจุดสุ่มตัวอย่างในพื้นที่ต่าง ๆ ตามลำน้ำของกลุ่มน้ำฝางประมาณ 15 จุด ทุก ๆ 2 เดือน ตลอดระยะเวลา 1 ปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลอธิบายคุณสมบัติของน้ำตามลำน้ำที่สำคัญที่อาจมีผลกระทบต่อผลผลิตส้มในเขตพื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ

การเก็บตัวอย่าง: ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ (Grab or Catch Samples) จากจุดที่กำหนดโดยใช้ขวดพลาสติกที่สะอาดขนาด 750 มิลลิลิตร เก็บที่ระดับความลึก 30 ซม. โดยค่อย ๆ กดภาชนะลงใต้ผิวน้ำ จนน้ำเต็มขวดแล้วจึงปิดฝาขวดได้ผิวน้ำ นำภาชนะที่บรรจุตัวอย่างน้ำแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4°C แล้วนำส่งห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ภายใน 24 ชม. (สำหรับคุณสมบัติของน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าได้ง่าย) สำหรับตัวอย่างน้ำที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำ ให้เติมกรด  $\text{HNO}_3$  (1:1) จำนวน 3 มล. ต่อน้ำ 1 ลิตร เพื่อรักษาคุณภาพของน้ำ โดยคุม pH ของน้ำให้ต่ำกว่า 2 (สามารถเก็บรักษาไว้ได้ถึง 6 เดือน) เพื่อบรรจุวิเคราะห์ต่อไป ตามมาตรฐานการวิเคราะห์น้ำของ ISO (The International Organization for Standardization)

คุณสมบัติของน้ำที่ทำการวิเคราะห์เพื่ออธิบายคุณภาพของน้ำ ได้แก่ pH, Electrical conductivity (EC), Total Dissolved Solid (TSD), Dissolved oxygen (DO), Alkalinity, Nitrate-Nitrogen ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), Phosphorus (P), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), Iron (Fe), Copper (Cu), Manganese (Mn), Zinc (Zn) และ Boron (B)

#### 4.2.2 ผลการศึกษาคุณภาพน้ำ

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม จำนวน 7 ครั้ง ที่ทำการเก็บตัวอย่างในเดือน พ.ย. 52 ถึงเดือน ส.ค. 53 (ตารางภาคผนวกที่ 4-1 ถึง 4-7) จากผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตลอดปี (ตารางที่ 4-2) พบว่า คุณสมบัติของน้ำที่อยู่ในพื้นที่ปลูกส้มมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.73 - 8.73, ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 0.06-0.40 mS/cm, การละลายของออกซิเจนที่อยู่ในน้ำ (DO) 2.1 – 9.5 mg/L, ความเป็นด่างทั้งหมด (Total Alkalinity as  $\text{CaCO}_3$ ) 0.40 – 41.3 meq/L, ความกระด้างของน้ำ (Hardness as  $\text{CaCO}_3$ ) 2.87 – 215 mg/L, ปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด (TDS) 21.76 – 256.64 mg/L, ค่า SAR 0 – 3.2, ปริมาณไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) 11.6 – 160 mg/L, ปริมาณฟอสฟอรัส (P) 0.01 – 0.32 mg/L ปริมาณโพแทสเซียม (K) 1.46 – 37.24 mg/L, ปริมาณโซเดียม (Na) 0 – 42.5 mg/L, ปริมาณแคลเซียม (Ca) 1.15 – 86.21 mg/L, ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) 0.75 – 20.51 mg/L, ปริมาณเหล็ก (Fe) 0 – 4.81 mg/L, ปริมาณแมงกานีส (Mn) 0 – 1.38 mg/L, ปริมาณสังกะสี (Zn) 0 – 0.13 mg/L, ทองแดง (Cu) 0 – 0.01 mg/L, ปริมาณซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 0 – 33.96 mg/L, และปริมาณโบรอน 0 - 1.03 mg/L

ตารางที่ 4-2 คุณสมบัติของน้ำในพื้นที่ปลูกส้มจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินและช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเกษตร

| คุณสมบัติของน้ำ                              | คุณภาพน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม จ.เชียงใหม่ | มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3* | ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเกษตร** |
|----------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| pH                                           | 6.67 - 8.73                           | 5.0 – 9.0                      | 5.8 – 6.0                      |
| EC (mS/cm)                                   | 0.03-0.40                             | ไม่ได้กำหนด                    | < 0.70                         |
| DO (mg/L)                                    | 2.1 – 9.5                             | > 4.0                          | ไม่ได้กำหนด                    |
| Alkalinity as CaCO <sub>3</sub> (meq/L)      | 0.40 – 4.13                           | ไม่ได้กำหนด                    | 0.75 – 2.6                     |
| Hardness as CaCO <sub>3</sub> (mg/L)         | 2.87 – 215                            | ไม่ได้กำหนด                    | 100-150                        |
| TDS (mg/L)                                   | 21.76 – 256.64                        | ไม่ได้กำหนด                    | < 450                          |
| SAR                                          | 0 – 3.22                              | ไม่ได้กำหนด                    | < 9                            |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)          | 11.6 - 160                            | < 22                           | < 22                           |
| ฟอสฟอรัส (P) mg/L                            | 0.01 – 0.32                           | ไม่ได้กำหนด                    | ไม่ได้กำหนด                    |
| โพแทสเซียม (K) mg/L                          | 1.46 – 37.24                          | ไม่ได้กำหนด                    | ไม่ได้กำหนด                    |
| โซเดียม (Na) mg/L                            | 0 – 42.5                              | ไม่ได้กำหนด                    | < 50                           |
| แคลเซียม (Ca) mg/L                           | 1.15 – 86.21                          | ไม่ได้กำหนด                    | 40 - 100                       |
| แมกนีเซียม (Mg) mg/L                         | 0.75 – 20.51                          | ไม่ได้กำหนด                    | 30 - 50                        |
| เหล็ก (Fe) mg/L                              | 0 – 4.81                              | ไม่ได้กำหนด                    | ไม่ได้กำหนด                    |
| แมงกานีส (Mn) mg/L                           | 0 – 1.38                              | 1.0                            | ไม่ได้กำหนด                    |
| ทองแดง (Cu) mg/L                             | 0 – 0.01                              | 0.1                            | ไม่ได้กำหนด                    |
| สังกะสี (Zn) mg/L                            | 0 – 0.13                              | 1.0                            | ไม่ได้กำหนด                    |
| ซัลเฟต (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) mg/L | 0 – 33.96                             | ไม่ได้กำหนด                    | < 50                           |
| โบรอน (B) mg/L                               | 0 – 0.56                              | ไม่ได้กำหนด                    | < 0.5                          |

Source: Adapted from: University of Tennessee (no date); Vomocil and Hart (1990)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของแหล่งน้ำที่ใช้ปลูกส้มในจังหวัดเชียงใหม่ตลอดฤดูปลูกส้ม เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 (แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภค บริโภค และการเกษตร) และค่ามาตรฐานของคุณภาพน้ำสำหรับการเกษตรของต่างประเทศ พบว่า คุณภาพของน้ำโดยรวมแล้วยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดีถึงดีมาก เมื่อพิจารณาโดยอาศัยค่า EC ของน้ำเป็นเกณฑ์ (ตารางที่ 4-3) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของแหล่งน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม pH มีค่าค่อนข้างเป็นด่างและมีความกระด้างสูงกว่าค่ามาตรฐาน โดยทั่วไปแล้วน้ำที่มี pH มากกว่า 8.5 มีสาเหตุมาจากอนุมูลของไบคาร์บอเนต (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) และคาร์บอเนต (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) ในน้ำที่มีอนุมูลทั้งสองในปริมาณสูง ทำให้เกิดการรวมตัวกับ Ca และ Mg ในน้ำ ทำให้เกิดเกลือคาร์บอเนตที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้โซเดียม (Na) เหลืออยู่ในระบบเพียงธาตุเดียว ซึ่งทำให้ค่า SAR (sodium adsorption ratio) เพิ่มขึ้นได้ ซึ่งเมื่อนำน้ำนี้ไปใช้กับพืชจากปัญหาดินต่างชนิด sodic soil ขึ้นได้ (Bauder et al., no date) นอกจากนี้ เกลือคาร์บอเนตอาจจะไปรวมตัวกับสารอื่นทำให้เกิดการตกตะกอนหรือเสื่อมประสิทธิภาพได้ เช่น ในกรณีให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ หรือนำน้ำเหล่านี้ไปใช้เป็นตัวทำละลายสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า SAR (ตารางที่ 4-4) และปริมาณ Na พบว่า คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่มีอันตรายจากความเค็มและปริมาณโซเดียม

สำหรับปริมาณธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามคุณภาพของน้ำเพื่อการเกษตร ยกเว้นปริมาณของไนเตรท ซึ่งพบว่าแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนไนเตรทในปริมาณค่อนข้างสูง หากพิจารณาในแง่ของการใช้น้ำเพื่อการเกษตร อาจจะไม่มีความมากนัก เพราะไนเตรท เป็นแหล่งไนโตรเจน ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว แต่การปนเปื้อนของไนเตรทสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ อาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากจะทำให้ให้น้ำเน่าเสียได้ง่าย

**ตารางที่ 4-3** การแบ่งคุณภาพน้ำชลประทานโดยอาศัยค่าการนำไฟฟ้าเป็นเกณฑ์

| Classes of water                   | Electrical Conductivity (EC) (mS/cm) |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| Class 1 ; Excellent                | < 0.25                               |
| Class 2 ; Good                     | 0.25-0.75                            |
| Class 3 ; Permissible <sup>1</sup> | 0.79-2.00                            |
| Class 4 ; Doubtful <sup>2</sup>    | 2.01-3.00                            |
| Class 5 ; Unsuitable <sup>2</sup>  | >3.00                                |

1. Leaching needed if used

2. Good drainage needed and sensitive plant will have difficulty obtaining stands.

Source: Bauder et al. (no date)

**ตารางที่ 4-4** การแบ่งคุณภาพน้ำชลประทานโดยอาศัยค่า SAR

| SAR values | Sodium Hazard of water |
|------------|------------------------|
| 1-9        | Low                    |
| 10-17      | Medium                 |
| 18-25      | High                   |
| >26        | Very high              |

Source: Bauder et al. (no date)

#### 4.3 ความต้องการน้ำของระบบการผลิตส้ม

“น้ำ” เป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้การผลิตส้มและการเกษตรอุตสาหกรรมส้มคงอยู่ได้ เนื่องจากส้มเป็นพืชที่ต้องการน้ำในปริมาณมาก ถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการปลูกส้ม โดยส้มเป็นพืชที่ต้องการน้ำอย่างสม่ำเสมอและเหมาะสม ถ้าขาดน้ำหรือมีน้ำขังมากและนานเกินไประบบรากจะได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของส้ม หรือหากส้มขาดน้ำเป็นระยะ ๆ เป็นเวลานานจะทำให้ต้นส้มเครียด แกร่น ระบบรากไม่เจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตไม่ดี ผลส้มจะมีลักษณะเล็ก เนื้อแข็ง หรือถ้ามีน้ำขังมากเกินไปที่โคนต้น จะทำให้รากเน่าและถูกทำลายโดยเชื้อราซึ่งเป็นสาเหตุของโรครากเน่าและโคนเน่า (จุมพลและอภิรดี, 2544)

จุฑามาศ (2546) อธิบายว่า ต้นส้มต้องการน้ำมากโดยเฉพาะในช่วงระยะออกดอกและติดผลอ่อน และต้องการน้ำน้อยในช่วงท้าย ๆ ของการเจริญเติบโตของผลส้มหรือก่อนการเก็บเกี่ยวผลส้ม ซึ่งหากให้น้ำ

มากเกินไปในช่วงดังกล่าวจะทำให้ผลส้มมีรสชาติไม่ดี คุณภาพต่ำ ซึ่งนอกจากแหล่งน้ำและปริมาณน้ำแล้ว ควรต้องพิจารณาถึงคุณภาพน้ำด้วยว่ามีสิ่งเจือปนที่จะเป็นพิษต่อต้านส้มหรือไม่ คุณภาพของน้ำมีส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตของต้นส้มด้วย ส้มจะตอบสนองต่อสารพวกฟลูออไรด์และคลอไรด์ได้ไ้ ซึ่งสังเกตได้จากใบ โดยหากมีสารพวกนี้มากเกินไป ต้นส้มจะแสดงอาการใบไหม้ได้ นอกจากนี้ ต้นส้มยังมีความไวต่อโบรอนและลิเทียมมาก ซึ่งถ้าหากมีธาตุโบรอนมากเกินไประดับพอดี 0.5 ppm จะเป็นพิษต่อต้านส้มทันที ธาตุคลอรีนเป็นอีกธาตุหนึ่งที่เป็นพิษต่อต้านส้มหากมีในน้ำมากเกินไปกว่า 150 – 200 ppm

ปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำถือว่ามีสำคัญอย่างมากในการปลูกส้ม โดยต้องมีการศึกษาถึงปริมาณแหล่งน้ำจากธรรมชาติหรือน้ำใต้ดินที่จะนำมาใช้ในการปลูกส้ม ซึ่งต้องมีย่างเพียงพอทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมทั้งในช่วงที่อาจเกิดวิกฤติความแห้งแล้งขึ้นในบางปี ดิเรก (2543; อ่างใน เปรมปรี 2544) ได้คิดคำนวณค่าความต้องการใช้น้ำของส้ม โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพีชอ้างอิง (ETp) ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพีช (Kc) โดยทำการศึกษาจากข้อมูลอุตุนิมวิทยาในรอบ 25 ปี ตามวิธีการที่ปรับปรุงของ Penman ซึ่งทำให้สามารถคำนวณหาความต้องการใช้น้ำของส้มในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตในแต่ละจังหวัดได้ ซึ่งเปรมปรี (2544) ระบุว่าสำหรับสวนส้มในประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำในปริมาณมากกว่าดังที่กล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง

#### 4.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มสายน้ำผึ้งที่มีผลต่อความต้องการน้ำ

ส้มเป็นพืชที่ต้องการน้ำในปริมาณมากถึง 900 – 1,200 มิลลิเมตร (มัตติกา, 2551) ในขณะที่เดียวกันส้มไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง (เปรมปรี, 2544) ดังนั้นน้ำจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดปริมาณและคุณภาพของผลผลิตส้ม หากส้มขาดน้ำจะทำให้ต้นโทรม โรคแมลงเข้าทำลายได้ง่าย อีกทั้งหากเกิดการขาดน้ำในช่วงออกดอกและติดผล จะทำให้ดอกหรือผลอ่อนร่วงได้ (อภิชาติ, 2545) พิทยาและคณะ (2552) ได้อธิบายถึงพฤติกรรมของการออกดอกติดผลของส้มสายน้ำผึ้งในจังหวัดเชียงใหม่ไว้ว่า ส้มสายน้ำผึ้งสามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้ดีจึงออกดอกติดผลได้ง่ายตลอดทั้งปี ซึ่งทำให้ส้มสายน้ำผึ้งในพื้นที่ศึกษาสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ถึงปีละ 5 รุ่น และมีระยะออกดอก ติดผลเล็กถึง 5 ครั้งต่อปี ส่งผลให้ส้มต้องการใช้น้ำมากตลอดช่วงอายุการผลิต (ตารางที่ 4-5)

สำหรับการเจริญเติบโตของส้มสามารถแบ่งออกเป็นการเติบโตทางกิ่งใบ และการเจริญเติบโตทางส่วนสืบพันธุ์ การเติบโตทางด้านกิ่งใบประกอบด้วย การเติบโตของราก ลำต้น ใบและยอดอ่อน การเติบโตทางสืบพันธุ์ ได้แก่ การสร้างตาดอก การสร้างดอก การติดผลและการพัฒนาของผล ความต้องการน้ำในแต่ละช่วงแตกต่างกัน ดังนี้

#### (1) การออกดอก ติดผล และการพัฒนาของใบใหม่ของต้นส้ม

การเจริญเติบโตของส้มในระยะนี้ต้องการความชื้นที่เหมาะสม การขาดน้ำแม้เพียงเล็กน้อยหมายความว่า ยอดอ่อนจะเล็กและสั้น การขาดน้ำอย่างรุนแรงส่งผลให้การพัฒนาของใบเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่อง การออกดอกเป็นไปอย่างสมบูรณ์ การติดผลต่ำและการร่วงของผลมีสูง ถ้าฝนไม่ตกชงนี้ จำเป็นต้องให้น้ำอย่างเพียงพอและรักษาความชื้นในดินให้ดีด้วยค่าแรงดึงน้ำ (water tension) ที่อ่านได้ในช่วง 30-60 เซ็นติบาร์ (กาญจนา, 2547)

#### (2) พัฒนาการในด้านปริมาณของผลส้ม

ก่อนระยะสุดท้ายของการร่วงของผลส้ม สามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนว่าผลที่เหลือจากการร่วงจะเริ่มพัฒนาและใบของยอดใหม่จะเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งเป็นช่วงระหว่างระยะการพัฒนาช่วงสุดท้ายของผล เป็นช่วงที่ต้นส้มต้องการน้ำมากที่สุดเนื่องจากการคายน้ำในอัตราที่สูงตามไปด้วย การขาดน้ำจะส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงและความต้องการน้ำของผลช่วงนี้จะสูงมาก แรงดึงของน้ำ (water tension) ที่อ่านได้ควรอยู่ที่ประมาณ 60-90 เซ็นติบาร์

#### (3) พัฒนาการในด้านคุณภาพของผลส้ม

พัฒนาการในด้านคุณภาพของผลส้มในระยะนี้มีความสำคัญที่สุด ปริมาณความชื้นในดินที่สูงจะมีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านกิ่งใบ ซึ่งมีผลกระทบที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพและการสร้างดอก ดังนั้น เพื่อที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตทางกิ่งใบและปรับปรุงสนับสนุนการเจริญเติบโตทางด้านดอก ผลจะต้องรักษาให้ดินแห้งโดยไม่ต้องรดน้ำใด ๆ

#### (4) พัฒนาการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตส้ม

หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ต้นส้มต้องการน้ำจำนวนเล็กน้อยเพื่อเก็บไว้สำหรับการเจริญเติบโตของลำต้น การให้น้ำเพียงเล็กน้อยช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสงในใบและหลีกเลี่ยงความเครียดอันเกิดจากการขาดน้ำและธาตุอาหารอีกด้วย

ตารางที่ 4-5 ระยะเวลาการออกดอกติดผลและฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิตส้มในจังหวัดเชียงใหม่

| ฤดูเก็บเกี่ยว          | ปริยายอดและออกดอก | ผลขนาดเหรียญ 10 บาท | ผลเริ่มเปลี่ยนสี | เริ่มเก็บเกี่ยวได้ | ผลแก่จัด |
|------------------------|-------------------|---------------------|------------------|--------------------|----------|
| 1. ส้มในฤดู            | ปลาย ก.พ.         | มิ.ย.-ก.ค.          | ต.ค.             | ธ.ค.               | ม.ค.     |
| 2. ส้มนอกฤดู รุ่นที่ 1 | ปลาย มี.ค.        | ก.ค.-ส.ค.           | พ.ย.             | ม.ค.               | ก.พ.     |
| 3. ส้มนอกฤดู รุ่นที่ 2 | ปลาย เม.ย.        | ส.ค.-ก.ย.           | ธ.ค.             | ก.พ.               | มี.ค.    |
| 4. ส้มนอกฤดู รุ่นที่ 3 | ต้น ก.ย.          | ธ.ค.-ม.ค.           | เม.ย.            | มิ.ย.              | ก.ค.     |
| 5. ส้มนอกฤดู รุ่นที่ 4 | ต.ค.              | ก.พ.-มี.ค.          | พ.ค.-ก.ค.        | ก.ค.-ส.ค.          | ก.ย.     |

ที่มา: ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกร ปี พ.ศ. 2551 (พิทยา และคณะ, 2552)

#### 4.3.2 วิธีการคำนวณความต้องการน้ำของส้ม

ปริมาณน้ำที่ให้ต้นส้มนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน เช่น พันธุ์และอายุของส้ม สภาพอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งในการปลูกส้ม เราควรจะทราบความต้องการน้ำของต้นส้มและสภาพอากาศในพื้นที่ปลูกส้ม เพื่อนำมาวางแผนการให้น้ำให้เหมาะสมและเพียงพอกับความต้องการของต้นส้มในพื้นที่นั้นได้ โดยมีหลักในวางแผนคือ ช่วงวิกฤตที่ส้มต้องการน้ำมากที่สุดต้องกำหนดปริมาณน้ำสูงสุดเอาไว้ เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของส้ม

มีวิธีการคำนวณความต้องการน้ำของพืชหลายวิธี สมการ FAO Penman Monteith (กรมชลประทาน, 2553) เป็นวิธีหนึ่งสำหรับการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration;  $ETo$ ) ที่ให้ความถูกต้องแม่นยำและน่าเชื่อถือได้ในปัจจุบัน ซึ่งในการประชุมของผู้เชี่ยวชาญในปี 1990 โดยการสนับสนุนของ FAO ร่วมกับคณะกรรมการนานาชาติสำหรับการชลประทาน และการระบายน้ำ และองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) ได้มีการทบทวนวิธีการของ FAO เกี่ยวกับการคำนวณความต้องการน้ำของพืชและได้รับคำแนะนำให้ปรับปรุงวิธีการ โดยแนะนำและยอมรับวิธีการผสมผสานของ Penman-Monteith เป็นมาตรฐานใหม่สำหรับการคำนวณค่าอ้างอิงของอัตราการคายระเหย ตลอดจนได้แนะนำขั้นตอนการคำนวณพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยกำหนดว่า “แปลงพืชสมมุติอ้างอิง (Hypothetical reference crop) มีความสูงของพืช 0.12 เมตร มีค่าความต้านทานของพื้นผิวคงที่เท่ากับ  $70 \text{ s m}^{-1}$  และมีค่าการสะท้อนแสงเท่ากับ 0.23” เป็นแปลงที่ใกล้เคียงกับการระเหยน้ำจากแปลงหญ้าที่ปกคลุมพื้นที่ที่มีความสม่ำเสมอ มีการให้น้ำชลประทานอย่างสม่ำเสมอ ทำให้วิธีการ Penman-Monteith ได้รับการพัฒนาและแก้ไขความบกพร่องจากเดิม และสามารถประยุกต์ใช้งานได้ทั่วโลกจากสมการดั้งเดิมของ Penman-Monteith ผสมผสานกับการพลวัตของลม และการต้านทานของพื้นผิว ทำให้ได้สมการใหม่เรียกว่าสมการ FAO Penman-Monteith เพื่อการคำนวณ  $ETo$  โดยมีสมการดังต่อไปนี้ (Allen, et al., 1998)

$$ETo = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

โดยกำหนดให้

$ETo$  = ค่าคายระเหยอ้างอิง ( $\text{mm day}^{-1}$ )

$R_n$  = รังสีดวงอาทิตย์สุทธิที่พื้นผิวพืช ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ )

$G$  = ความหนาแน่นของความร้อนจากดิน ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ )

$T$  = อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน ( $^{\circ}\text{C}$ )

$U_2$  = ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตรจากผิวดิน ( $m s^{-1}$ )

$e_s$  = ความกดอากาศเมื่ออิ่มตัวด้วยไอน้ำ (kPa)

$e_a$  = ความกดอากาศเมื่อมีไอน้ำปัจจุบัน (kPa)

$e_s - e_a$  = ความแตกต่างของความกดไอน้ำที่ระดับอิ่มตัว ( $e_s$ ) และระดับปัจจุบัน ( $e_a$ )

$\Delta$  = ความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศและความกดเมื่ออากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ( $kPa ^\circ C^{-1}$ )

$\gamma$  = ค่าคงที่ของ psychrometric ( $kPa ^\circ C^{-1}$ )

ค่า  $ETo$  ที่ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับ

- การเปรียบเทียบค่าการคายระเหยในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี หรือของภูมิภาค
- สามารถหาความสัมพันธ์ของค่าการคายระเหยของแต่ละพืช

สมการนี้ใช้ข้อมูลภูมิอากาศมาตรฐานที่มีการตรวจวัด ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ หรือความยาวนานวัน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นอากาศ และความเร็วลม เพื่อให้มีความสมบูรณ์ของการคำนวณได้กำหนดให้ ความสูงของเครื่องตรวจวัดสภาพอากาศและภูมิอากาศมีความสูงที่ 2 เมตรจากผิวดิน และติดตั้งในแปลงหญ้าที่มีการปกคลุมพื้นดินอย่างสมบูรณ์ และมีการให้น้ำอย่างดียเยี่ยม

ในกรณีที่มีข้อมูลภูมิอากาศไม่สมบูรณ์ด้วยสาเหตุหลายประการ ไม่ควรใช้วิธีการอื่นในการคำนวณค่า  $ETo$  ควรพยายามสืบเสาะหาข้อมูลให้ครบถ้วน ผลการคำนวณที่ได้จากข้อมูลที่ครบถ้วนกับข้อมูลที่ขาดหายบางส่วนมีความแตกต่างน้อยมากและได้ผลดีกว่าการใช้สมการอื่น การใช้เพียงข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดในการคำนวณค่า  $ETo$  ของช่วง 10 วัน หรือรายเดือนได้น่าพอใจ สำหรับขั้นตอนการประมาณค่าข้อมูลที่ขาดหายต้องทดสอบในแต่ละพื้นที่ โดยการเทียบระหว่างสถานีที่มีข้อมูลครบถ้วนและสถานีที่มีข้อมูลขาดหาย หากการเปรียบเทียบโดยเส้น 1:1 ใกล้เคียงกัน และในกรณีค่า  $ETo$  ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าร้อยละ 20 ของค่าเฉลี่ยของ  $ETo$  จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวเพื่อค้นหาสาเหตุเพื่อการปรับปรุง และที่ทดสอบควรดำเนินการอย่างสมบูรณ์ในข้อมูลรายวันและรายเดือน (องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ, 2553)

เนื่องจาก  $ETp$  คำนวณได้จาก

$$ETp = Kc \times ETo$$

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient:  $Kc$ ) เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงลักษณะความแตกต่างทางสรีรวิทยาของพืชชนิดใดชนิดหนึ่งและพืชตระกูลหญ้าอ้างอิง ซึ่งมีการเจริญเติบโตปกคลุมพื้นที่ปลูกอย่างสมบูรณ์ร้อยละ 100 ดังนั้นพืชต่างชนิดกันย่อมมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำที่แตกต่างกัน ตารางที่ 4-6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ ( $Kc$ ) ของส้มในช่วงต่าง ๆ

ตารางที่ 4-6 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) ของส้มในช่วงต่าง ๆ

| ช่วงพัฒนาการของส้ม           | ช่วงเดือน    | ค่า Kc    |
|------------------------------|--------------|-----------|
| 1. การชักนำและพัฒนาการของดอก | ม.ค. – ก.พ.  | 0.0*/ 0.8 |
| 2. การติดผล                  | มี.ค.        | 0.9       |
| 3. การพัฒนาการของผลอ่อน      | เม.ย. – พ.ค. | 1.0       |
| 4. การเจริญเติบโตของผล       | มิ.ย. – ต.ค. | 0.85      |
| 5. การเริ่มสุกแก่            | พ.ย. – ธ.ค.  | 0.75      |

หมายเหตุ \* ในการให้น้ำต้องทราบว่าเป็นช่วงของการชักนำให้ออกดอก ต้องผ่านช่วงแล้งระยะหนึ่ง จากนั้นจึงเริ่มให้น้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อการกระตุ้นการออกดอก

ที่มา: ปรับปรุงจากดิเรก และคณะ (2545)

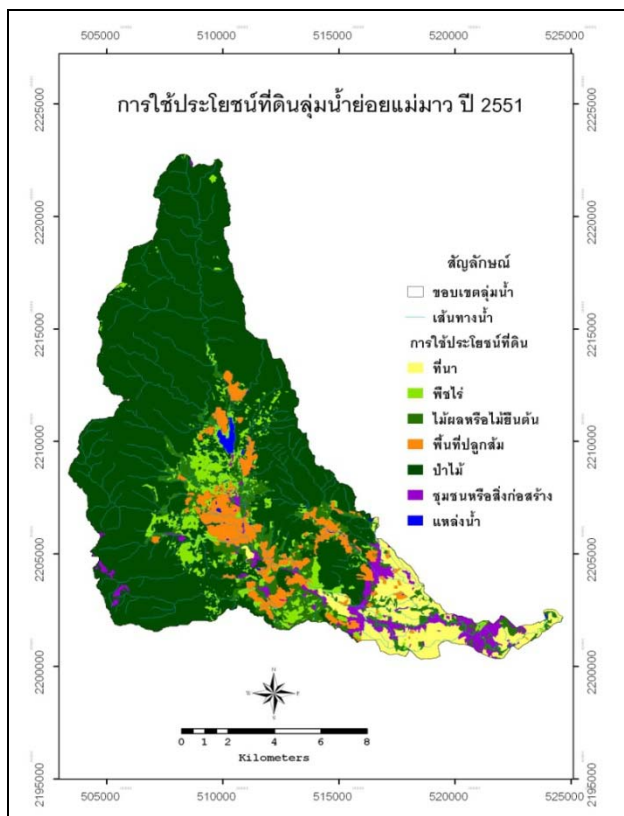
#### 4.3.3 ความต้องการน้ำของส้มและพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษา

การศึกษาความต้องการน้ำของระบบการผลิตส้มในพื้นที่ศึกษา โครงการวิจัย ฯ ได้เลือกกลุ่มน้ำย่อยแม่มาวเป็นกรณีศึกษา ด้วยความพร้อมของข้อมูลอุตุนิยมิวิทยาที่ใช้ในการคำนวณปริมาณการคายระเหยอ้างอิงของน้ำ (ETO) ได้แก่ ค่าอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด ปริมาณน้ำฝน ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และความยาวนานวัน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้จากสถานีวัดข้อมูลอากาศบ้านมูเซอร์ขุนเมา ตำบลม่อนปิน อำเภอฝาง และโครงการหลวงดอยอ่างขาง ซึ่งใช้ข้อมูลสถิติ 3 ปีย้อนหลัง คือ ปีผลผลิต 49/50, 50/51 และ 51/52

“ลุ่มน้ำแม่มาว” ตั้งอยู่ประมาณละติจูดที่ 19° 54' 46" ถึง 20° 10' 02" เหนือ และลองจิจูดที่ 99° 03' 52" ถึง 99° 54' 46" ตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของตำบลม่อนปิน และบางส่วนของตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่รวมประมาณ 108.7 ตารางกิโลเมตร (112,968.7 ไร่) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน พื้นที่ราบมีจำนวนน้อย พื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่อยู่บนที่สูงและเชิงเขา แหล่งน้ำสำคัญที่ใช้หล่อเลี้ยงการเกษตรภายในลุ่มน้ำคือ ลำน้ำมาว และน้ำห้วยล้าน (สำนักงานเกษตรอำเภอฝาง, 2551) เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก คือ ส้มสายน้ำผึ้ง ข้าว และลิ้นจี่

ภาพที่ 4-7 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยขุนมาว ปี พ.ศ. 2551 พบว่า มีพื้นที่ปลูกส้มทั้งสิ้น 49,758.9 ไร่ พื้นที่ปลูกข้าว 16,563.9 ไร่ ไม้ผลอื่น ๆ 249,319.5 ไร่ และพืชไร่ 7,271.2 ไร่ พื้นที่ปลูกส้มส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สูง เนินเขา และที่ราบระหว่างเชิงเขา มีเพียงส่วนน้อยที่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม (เดิมเป็นพื้นที่นา) ซึ่งสอดคล้องกับผลการสุ่มตัวอย่างสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกส้มในพื้นที่ตำบลม่อนปินจำนวน 9 ราย พบว่า มีเกษตรกรเพียง 1 รายที่มีพื้นที่ปลูกส้มบนที่นา และอีก 8 รายเป็นพื้นที่สูงหรือที่ราบระหว่างเชิงเขา จากการสัมภาษณ์พบว่า เกษตรกรประสบปัญหาปริมาณน้ำในการผลิตส้มมีไม่เพียงพอตลอดปี เนื่องจากส้มสายน้ำผึ้งออกดอกติดผลได้ง่ายตลอดทั้งปี และมีมากถึงปีละ 5 รุ่น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้ปริมาณน้ำมากและต้องเพียงพอตลอดทั้งปี แหล่งน้ำตามธรรมชาติในเขตลุ่มน้ำมาว คือ ลำ

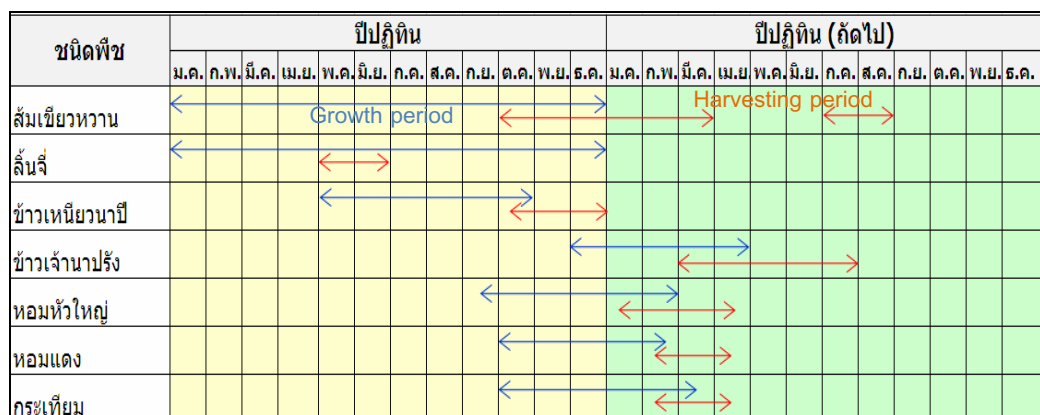
น้ำมาว และลำน้ำห้วยสำน นอกจากนี้ พื้นที่ปลูกส้มที่อยู่ห่างจากลำน้ำธรรมชาติ จำเป็นต้องมีแหล่งน้ำสำรองโดยการขุดบ่อไว้ในสวนเพื่อกักเก็บน้ำไว้ในฤดูแล้ง สำหรับปริมาณน้ำที่นำมาเก็บนั้นอาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ และหากสวนส้มมีระยะห่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติไม่มากนัก จะมีการผันน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเข้าเก็บไว้ในบ่อของตน แต่หากสวนส้มที่มีลำน้ำธรรมชาติไหลผ่าน หรือมีทำเลอยู่บนตอนต้นของลำน้ำ อาจไม่จำเป็นต้องขุดบ่อ เนื่องจากลำน้ำทั้งสองเส้นมีน้ำไหลตลอดทั้งปี แต่เนื่องจากพื้นที่สวนส้มส่วนใหญ่มีอยู่กระจัดกระจายทั่วทั้งลุ่มน้ำ เกษตรกรไม่สามารถเลือกทำเลที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติได้ การเข้าถึงแหล่งน้ำธรรมชาติ จึงเป็นข้อจำกัดของเกษตรกรอีกข้อหนึ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการปลูกส้ม อีกทั้งปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีในเขตลุ่มน้ำฝางมีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่ปี 2549 เป็นต้นมา ทำให้สวนส้มที่อยู่ห่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และต้องอาศัยน้ำฝนในการกักเก็บ มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของส้มตลอดฤดูกาลผลิต



ภาพที่ 4-7 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยขุนมาว ปี พ.ศ.2551

ในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ มีการปลูกพืชหลากหลายชนิด พืชเศรษฐกิจที่สำคัญมีทั้งพืชอายุสั้นและไม้ผล เช่น ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง หอมหัวใหญ่ กระเทียม หอมแดง ส้มสายน้ำผึ้ง และลิ้นจี่ เป็นต้น (ภาพที่ 4-8) ซึ่งพืชแต่ละชนิดในพื้นที่เป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูงและมีความต้องการน้ำปริมาณสูงตลอดฤดูกาลเพาะปลูก อีกทั้งยังต้องการการดูแลเอาใจใส่อย่างดี ดังนั้น น้ำจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดปริมาณผลผลิตพืชเศรษฐกิจเหล่านี้ ตารางที่ 4-7 และภาพที่ 4-9 แสดงผลการ

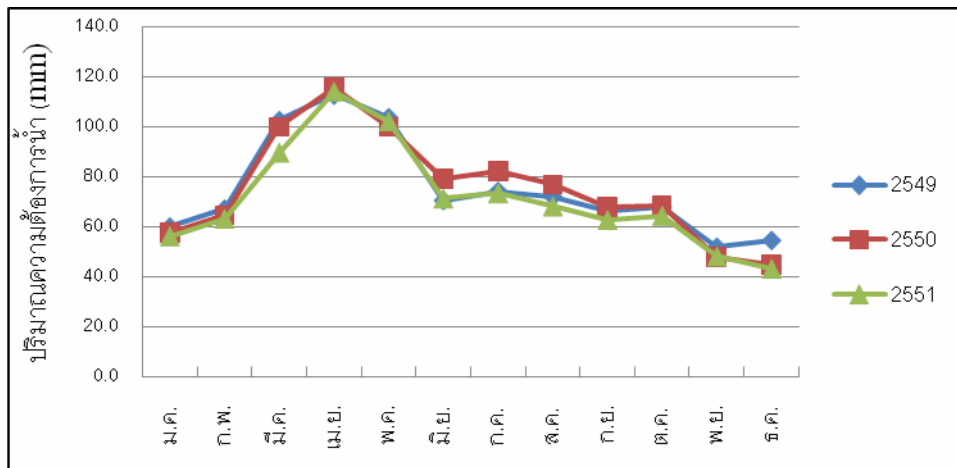
คำนวณปริมาณความต้องการน้ำของส้มสายน้ำผึ้งในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่มาว อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปีการผลิต 2549/50-2551/52 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-8 ปฏิทินการเกษตรแสดงความหลากหลายและช่วงเวลาของการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาว และไชยปราการ

ตารางที่ 4-7 ผลการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของส้มสายน้ำผึ้งในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่มาว อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปีการผลิต 2549/50-2551/52

| เดือน      | ช่วงพัฒนาการของส้ม          | ปริมาณความต้องการน้ำของส้ม<br>(มิลลิเมตร) |         |         |
|------------|-----------------------------|-------------------------------------------|---------|---------|
|            |                             | 2549/50                                   | 2550/51 | 2551/52 |
| มกราคม     | 1.การชักนำและพัฒนาการของดอก | 60.0                                      | 57.6    | 56.4    |
| กุมภาพันธ์ |                             | 67.2                                      | 64.6    | 63.4    |
| มีนาคม     | 2.การติดผล                  | 102.7                                     | 100.0   | 89.7    |
| เมษายน     | 3.การพัฒนาการของผลอ่อน      | 112.8                                     | 115.6   | 113.9   |
| พฤษภาคม    |                             | 103.9                                     | 100.0   | 102.1   |
| มิถุนายน   | 4.การเจริญเติบโตของผล       | 70.6                                      | 79.3    | 71.3    |
| กรกฎาคม    |                             | 74.3                                      | 82.3    | 73.5    |
| สิงหาคม    |                             | 72.2                                      | 76.9    | 68.3    |
| กันยายน    |                             | 66.3                                      | 67.9    | 62.9    |
| ตุลาคม     |                             | 68.0                                      | 68.6    | 64.6    |
| พฤศจิกายน  | 5.การเริ่มสุกแก่            | 52.0                                      | 47.8    | 48.4    |
| ธันวาคม    |                             | 54.6                                      | 44.9    | 43.4    |
| รวม        |                             | 904.57                                    | 905.57  | 857.75  |



ภาพที่ 4-9 ผลการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของส้มสายน้ำผึ้งในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่มาว อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปีการผลิต 2549/50-2551/52

สำหรับระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอื่น ๆ ในพื้นที่ เช่น ข้าวนาปี และลิ้นจี่ มีช่วงเวลาของความต้งการน้ำและฤดูการผลิตแตกต่างจากส้ม กล่าวคือ ข้าวมีความต้องการปริมาณน้ำตลอดฤดูปลูก (90-120 วัน) ประมาณ 450-700 ม.ม. (มัตติกา, 2551) แต่เนื่องจากข้าวมีฤดูการผลิตช่วงเดือน ก.ค.-พ.ย. ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน จึงมีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับการผลิตข้าวเป็นปกติ แต่หากมีการผลิตพืชล้มลุกชนิดอื่นในพื้นที่นาในช่วงฤดูแล้ง อาจได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำ เนื่องจากบริเวณต้นน้ำเป็นพื้นที่ปลูกส้มซึ่งต้องการปริมาณน้ำมาก สำหรับลิ้นจี่ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่บนพื้นที่สูงเช่นเดียวกับส้ม แต่ด้วยลักษณะระบบการผลิตลิ้นจี่ซึ่งมีการติดดอกออกผลเพียงปีละ 1 ครั้ง อีกทั้งยังเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูงปีเว้นปี และปัจจัยที่สำคัญในการให้ผลผลิตคือเรื่องของอุณหภูมิ ต้นลิ้นจี่จะออกดอกได้ดีเมื่อปลูกอยู่ในสภาพอุณหภูมิต่ำ (Chattrakul, 2005) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเกษตรกรผลิตลิ้นจี่โดยอาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ในระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่มาวจึงได้รับผลกระทบจากระบบการผลิตส้มค่อนข้างน้อย ยกเว้นในกรณีระบบการผลิตพืชหลังนา ซึ่งเป็นฤดูแล้ง และส้มต้องการปริมาณน้ำมากในช่วงนี้เช่นกัน ในกรณีนี้ อาจเป็นปัญหาเกษตรกรผู้ปลูกส้มแย่งน้ำกับระบบการผลิตพืชอื่นได้

#### 4.4 สรุป; ทรัพยากรน้ำ

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของทรัพยากรน้ำที่เกี่ยวข้องกับการผลิตส้มในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง พบว่า ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำกกมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ นอกจากนี้ ลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำกกมีความเกี่ยวข้องและการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำที่สัมพันธ์กัน ทั้งนี้ จากข้อมูลทางด้านกายภาพ ลุ่มน้ำฝางเป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำกกซึ่งมีปริมาณน้ำค่อนข้างมากในภาพรวมในระยะเวลาที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าของทั้งลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำกก ในระยะเวลาที่ผ่านมา (พ.ศ. 2547 – 2550) พบว่า ปริมาณน้ำท่าของทั้ง 2 ลุ่มน้ำ มีแนวโน้มที่ลดลงและเกษตรกรมีปัญหา

การเข้าถึงแหล่งน้ำดังที่กล่าวแล้วในข้างต้น ซึ่งในลุ่มน้ำฝาง มีปริมาณน้ำท่ารวมในปี 2547 จำนวน 1,330 ลบ.ม. และลดลงทุกปี จนถึงปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณน้ำท่ารวม 825 ลบ.ม. ขณะที่ในลุ่มน้ำกก มีปริมาณน้ำท่ารวมในปี พ.ศ. 2547 จำนวน 2,370 ลบ.ม. และลดลงทุกปีเช่นกัน จนถึงปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณน้ำท่ารวม 2,010 ลบ.ม. ข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนการจัดการแหล่งน้ำเพื่อการผลิตส้มในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง

จากการศึกษาความต้องการน้ำในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแม่มาว ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำฝาง ด้วยสภาพแวดล้อม ชนิดของพืช ลักษณะกายภาพของพื้นที่คล้ายคลึงกัน และการจัดการของเกษตรกรไม่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงสามารถนำผลการศึกษาที่ได้บางส่วนมาอธิบายภาพรวมของลุ่มน้ำฝางได้

โดยปกติ ส้มเป็นพืชที่ต้องการปริมาณน้ำมากตลอดทั้งปี โดยเฉพาะในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง เกษตรกรผู้ปลูกส้มส่วนใหญ่ต้องมีแหล่งน้ำสำรองโดยขุดบ่อไว้ในสวน เพื่อให้มีน้ำเพียงพอต่อความต้องการของส้ม โดยแหล่งที่มาของน้ำที่ใช้กักเก็บคือน้ำฝนในช่วงฤดูฝน และอาจมีบางส่วนที่ระยะทางไม่ไกลจากแหล่งน้ำธรรมชาติทำการผันน้ำเข้ามาเก็บในบ่อของตนเอง ในฤดูฝนอาจไม่ส่งผลกระทบกับพืชชนิดอื่นเนื่องจากปริมาณน้ำที่ได้จากน้ำฝนเพียงพอสำหรับความต้องการของพืชที่ปลูก แต่ในฤดูแล้ง ส้มต้องการปริมาณน้ำมากกว่าช่วงอื่น และสวนส้มที่อยู่บริเวณต้นน้ำซึ่งมีศักยภาพในการดึงน้ำมาใช้ก่อน พืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ที่อยู่ปลายน้ำจึงอาจได้รับผลกระทบจากปริมาณน้ำไม่เพียงพอ โดยเฉพาะพืชหลังนา เช่น หอมหัวใหญ่ หอมแดง กระเทียม อย่างไรก็ตาม แนวโน้มของทรัพยากรน้ำที่ลดลงในปัจจุบันได้เป็นตัวกำหนดพื้นที่ปลูกส้มให้จำกัดอยู่เฉพาะพื้นที่ซึ่งมีปริมาณน้ำเพียงพอเท่านั้น โดยพื้นที่ที่ประสบปัญหาขาดน้ำ ต้นส้มจะเสื่อมโทรมไม่สามารถให้ผลผลิตได้ ทำให้เกษตรกรล้มเลิกการปลูกส้มไปโดยปริยาย และเกษตรกรไม่ควรมีการขยายพื้นที่ปลูกส้มและพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติม

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของแหล่งน้ำที่ใช้ปลูกส้มในจังหวัดเชียงใหม่ตลอดฤดูปลูกส้ม เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 (แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภค บริโภค และการเกษตร) และค่ามาตรฐานของคุณภาพน้ำสำหรับการเกษตรของต่างประเทศ พบว่า คุณภาพของน้ำโดยรวมแล้วยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดีถึงดีมาก เมื่อพิจารณาโดยอาศัยค่า EC ของน้ำเป็นเกณฑ์ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของแหล่งน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม pH มีค่าค่อนข้างเป็นด่างและมีความกระด้างสูงกว่าค่ามาตรฐาน โดยทั่วไปแล้วน้ำที่มี pH มากกว่า 8.5 มีสาเหตุมาจากอนุมูลของไบคาร์บอเนต ( $\text{HCO}_3^-$ ) และคาร์บอเนต ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ในน้ำที่มีอนุมูลทั้งสองในปริมาณสูง ทำให้เกิดการรวมตัวกับ Ca และ Mg ในน้ำ ทำให้เกิดเกลือคาร์บอเนตที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้โซเดียม (Na) เหลืออยู่ในระบบเพียงธาตุเดียว ซึ่งทำให้ค่า SAR (sodium adsorption ratio) เพิ่มขึ้นได้ ซึ่งเมื่อนำค่า SAR ไปใช้กับพืชอาจก่อปัญหาดินต่างชนิด sodic soil ขึ้นได้ (Bauder et al., no date) นอกจากนี้เกลือคาร์บอเนตอาจจะไปรวมตัวกับสารอื่นทำให้เกิดการตกตะกอนหรือเสื่อมประสิทธิภาพได้ เช่น ในกรณี

ให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ หรือนำน้ำเหล่านี้ไปใช้เป็นตัวทำละลายสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า SAR และปริมาณ Na พบว่า คุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่มีอันตรายจากความเค็ม และปริมาณโซเดียม

สำหรับปริมาณธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามคุณภาพของน้ำ เพื่อการเกษตร ยกเว้นปริมาณของไนโตรเจน ซึ่งพบว่าแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนไนโตรเจนในปริมาณค่อนข้างสูง หากพิจารณาในแง่ของการใช้น้ำเพื่อการเกษตร อาจจะไม่มีความเหมาะสมนัก เพราะไนโตรเจน เป็นแหล่งไนโตรเจน ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว แต่การปนเปื้อนของไนโตรเจนในแหล่งน้ำธรรมชาติ อาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เนื่องจากจะทำให้น้ำเน่าเสียได้ง่าย

เนื่องจากทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และในระบบการผลิตส้มสายน้ำผึ้งต้องการน้ำในปริมาณมากและทุกระยะของการเจริญเติบโต ดังนั้น การวางแผนการจัดการน้ำในระบบการปลูกส้มจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

## เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2553. ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/ETo/index.htm> (10 กุมภาพันธ์ 2553).

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2537. ลุ่มน้ำภาคเหนือและการฟื้นฟูต้นน้ำโดยองค์กรประชาชน. เอกสาร

ประกอบการสัมมนา: ลุ่มน้ำแม่กก กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หน้า 59-60

กาญจนา สุทธิกุล. 2547. พันธุ์พืช เทคโนโลยี และการจัดการพืชสวนในได้วัน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:

ไบนัส พรินเพรส. 153 หน้า.

ดิเรก ทองอร่าม วิทยา ตั้งก่อสกุล นาวิ จิระชัย และ อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. การออกแบบและ

เทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. ฉบับปรับปรุงใหม่. กรุงเทพฯ: สุสานการพิมพ์. 496 หน้า.

จุฑามาศ อ่อนวิมล. 2546. คู่มือการปลูกส้มเขียวหวาน. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 200 หน้า.

จุมพล ยูวะนิม และอภิรดี อิมเธิบ. 2544. การจัดการดินและน้ำเพื่อผลิตส้มเขียวหวานใน 4 จังหวัด

ภาคเหนือ. ใน คู่มือการจัดการส้มเขียวหวาน. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. โครงการถ่ายทอด

เทคโนโลยีส้มเขียวหวาน ภายใต้ความร่วมมือระหว่างกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และ

ทบวงมหาวิทยาลัย. หน้า 1-34.

เปรมปรี ณ สงขลา. 2544. คู่มือการทำสวนส้มอย่างมืออาชีพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มิตรเกษตร

การตลาดและโฆษณา. 374 หน้า.

พิทยา สรวมศิริ อำพรณ พรมศิริ สมบัติ ศรีชูวงศ์ จีราพร ตยุดิวิกุล อังสนา อัครพิศาล เกวลิน คุณา

ศักดิ์ากุล ชวนพิศ บุญจิตสิริกุล คุรุณี นาวพรหม ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข เยาวลักษณ์ จันทร์บาง

- อรรณณ ฉัตรสีรุ่ง ชูชาติ สันทรทรัพย์ และวิลาวัลย์ คำปวน. 2552. สัมภาษณ์น้ำดื่ม: เทคโนโลยีเพื่อคุณภาพและการตลาด. พิมพ์ครั้งที่ 1. วนิดาการพิมพ์ เชียงใหม่. 116 หน้า.
- มณฑนา พุกกะวัน และสุดาพร นิ้มมา. 2542. ผลกระทบของลานีญาที่มีต่อฝนและอุณหภูมิของประเทศไทย. กรมอุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพฯ ฯ.
- มัตติกา พนมธนิจกุล. 2551. การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์ ฯ งานบริหารและธุรการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 487 หน้า.
- สวนอุทกวิทยาเชียงใหม่ 2552. ข้อมูลอุทกวิทยา. สำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 1 กรมทรัพยากรน้ำ
- สำนักงานเกษตรอำเภอฝาง. 2551. แผนพัฒนาการเกษตรระดับตำบลแม่สุ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2551-2553. 28 หน้า.
- องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ. 2553. ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) ของพืช. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e0b.htm> (10 กุมภาพันธ์ 2553).
- อภิชาติ ศรีสอาด. 2545. 8 เขียนสวนส้ม. กรุงเทพฯ: นาคาอินเตอร์มีเดีย. 138 หน้า.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56.
- Bauder T.A., R.M. Waskom and J. G. Davis. No date. Irrigation Water Quality Criteria. Colorado state University Cooperative Extension. 7/30 Revised 3/07, Colorado state University. U.S.A.
- Chattrakul, A. T. 2005. Mechanism of Physiological Responses of Litchi when Flowering Under Low Temperature Condition. Graduate School, Chiang Mai University. 147 p.
- J.A. Vomocil and J. Hart. 1990. Irrigation water quality. Oregon State University Extension service, Oregon State University. U.S.A.
- University of Tennessee. No date. Water Quality for greenhouse production: Agriculture Extension Service, PB 1617-1M-2/99 E12-2015-00-105-99. Institute of Agriculture, University of Tennessee. TN.

## บทที่ 5

### สถานการณ์ปริมาณน้ำ และความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมสำหรับพื้นที่ปลูกส้ม

ศศิประภา แถงถาทำ<sup>1</sup> ถาวร อ่อนประไพ<sup>2</sup> สุกัญญา พรพิภาค<sup>1</sup>

-----

ปริมาณน้ำ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการปลูกส้มดังที่กล่าวแล้วในบทที่ 4 องค์ความรู้ที่จะทำให้ทราบถึงสถานการณ์ของปริมาณน้ำท่าจึงมีความสำคัญและจำเป็นต่อการจัดการและวางแผนในการปลูกส้มสำหรับพื้นที่ส่งเสริมการผลิตส้ม วิธีการประเมินปริมาณน้ำท่าจะทำให้ทราบถึงสถานการณ์ของปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาแนวทางอย่างมากมาย เช่น การประเมินจากปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ แสงแดด และคุณลักษณะของพื้นที่ในลุ่มน้ำที่ประกอบด้วยสภาพภูมิประเทศ ดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยในโครงการวิจัย ฯ นี้ ได้ใช้ Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เป็นเครื่องมือในการประเมิน ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดในรายงานบทนี้ต่อไป

สำหรับสถานการณ์ภัยแล้งและน้ำท่วมภายในพื้นที่ศึกษา จากข้อมูลที่ผ่านมา เป็นสถานการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ไม่มากนัก อย่างไรก็ตาม หากเกิดขึ้นก็อาจจะมีผลกระทบโดยตรงต่อพื้นที่สวนส้ม การปลูกส้ม และผลผลิตส้มภายในพื้นที่ศึกษา โดยจะมีโอกาสหรือความเสี่ยงในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันไปตามสภาพและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่แปรปรวนไปในเชิงพื้นที่ (spatial variability) โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านกายภาพ โครงการวิจัย ฯ จึงได้ทำการประเมินความเสี่ยงหรือโอกาสที่อาจเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมภายในพื้นที่ศึกษา อันอาจเกิดผลกระทบต่อพื้นที่สวนส้มในปัจจุบัน โดยประยุกต์ใช้วิธีการของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

#### 5.1 การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่า

##### 5.1.1 แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

โครงการวิจัย ฯ ได้ใช้แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เป็นเครื่องมือในการประเมินสถานการณ์น้ำท่าที่อาจมีผลกระทบต่อพื้นที่สวนส้มในพื้นที่ศึกษา SWAT เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่แสดงความสัมพันธ์ของดินและน้ำแบบมาตรฐานสากลสำหรับประเมินผลกระทบของการจัดการที่ดิน

---

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>2</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร  
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ในลุ่มน้ำ โดยเป็นแบบจำลองสาธารณะที่พัฒนาขึ้นโดยสำนักบริการงานวิจัยด้านเกษตรกรรมของ  
ประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ USDA Agricultural Research Service (ARS) (Blackland Research and  
Extension Center, 2009) เป็น open source software ที่สามารถ download และนำมาประยุกต์ใช้  
ร่วมกับแบบจำลองอื่น ๆ และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง รวมถึงสามารถเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูล  
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ได้ โดย SWAT เป็นแบบจำลองที่สามารถคำนวณผลลัพธ์ที่ต่อเนื่อง  
และศึกษาผลกระทบในเชิงปริมาณของการจัดการในลุ่มน้ำตั้งแต่พื้นที่ขนาดเล็กจนถึงลุ่มน้ำขนาดใหญ่ที่  
มีความซับซ้อน (continuous-time basin-scale hydrologic model หรือ river basin scale model)  
แบบจำลอง SWAT มีความสามารถในการประเมินทางอุทกวิทยา (ประเมินปริมาณน้ำท่า) การกัดเซาะ  
และการเคลื่อนย้ายตะกอน (ประเมินปริมาณตะกอน) ยาฆ่าแมลง และวงจรธาตุอาหารพืช เป็นต้น ข้อมูล  
หลักที่ใช้ในแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย

- (1) ข้อมูลลักษณะของลุ่มน้ำ (Watershed characteristics) ได้แก่ ความสูงของสภาพภูมิ  
ประเทศ (Digital Elevation Model: DEM) ดิน (soils) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land  
use)
- (2) ข้อมูลลักษณะภูมิอากาศ (Climate characteristics) ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการระเหย  
ความชื้นสัมพัทธ์
- (3) ข้อมูลลักษณะทางอุทกวิทยา (Hydrological Characteristics) ได้แก่ ปริมาณน้ำท่า  
ปริมาณน้ำฝน

### 5.1.2 สมการหลักของแบบจำลอง SWAT

- (1) สมการสมดุลน้ำ

$$SW_t = SW - \sum_{i=1}^t (R_i + Q_i + ET_i + P_i + QR_i) \dots\dots\dots(5.1)$$

เมื่อ  $SW$  = ปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์, (mm)  
 $t$  = เวลา (time) มีหน่วยเป็นวัน  
 $R$  = ปริมาณน้ำฝน (Daily Precipitation), (mm)  
 $Q$  = ปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน (Daily Runoff), (mm)  
 $ET$  = ปริมาณการคายระเหยน้ำ (Daily Evapotranspiration), (mm)  
 $P$  = ปริมาณน้ำซึมลงดิน (Daily Percolation), (mm)  
 $QR$  = ปริมาณน้ำไหลลงแม่น้ำ (Return Flow ), (mm)

(2) สมการ Soil Conservation Service (SCS)

$$Q = \frac{(R-0.2s)^2}{R + 0.8s}, R > 0.2s$$

.....(5.2)

$$Q = 0.0, R \leq 0.2s$$

.....(5.3)

เมื่อ  $Q$  = ค่าของน้ำท่ารายวัน ( $m^3/s$ )

$R$  = ค่าของฝนรายวัน (mm)

$s$  = Retention Parameter

โดยตัวแปร  $s$  จะมีความสัมพันธ์กับค่า Curve Number (CN) ดังสมการ

$$S = \frac{254(100 - 1)}{CN}$$

.....(5.4)

เมื่อ CN คือ ค่า Curve Number โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า CN มีดังนี้

CN1 คือ คุณสมบัติกลุ่มดินที่เกี่ยวข้องทางอุทกวิทยา (hydrologic soil group) ซึ่งกลุ่มดินแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ A, B, C และ D และขึ้นอยู่กับอัตราการซึมน้ำของดิน ดังนี้

- ดินกลุ่ม A มีอัตราการซึมสูง และอัตราการไหลผิวดินต่ำ ส่วนใหญ่เป็นดินประเภทดินทราย (sandy soils) โดยมีค่า  $K_{sat} > 0.76$  cm/hr
- ดินกลุ่ม B มีอัตราการซึมปานกลางเป็นดินที่มีการระบายน้ำได้ดี ส่วนใหญ่เป็นดินประเภทดินร่วน (loamy soils) โดยมีค่า  $0.38 < K_{sat} < 0.76$  cm/hr
- ดินกลุ่ม C มีอัตราการซึมต่ำ ประกอบด้วยชั้นดินอย่างน้อย 1 ชั้นที่ขัดขวางการระบายน้ำ ส่วนใหญ่เป็นดินประเภทดินเหนียวปนทราย (sandy clay loam) โดยมีค่า  $0.13 < K_{sat} < 0.38$  cm/hr
- ดินกลุ่ม D มีอัตราการซึมต่ำมาก เป็นดินที่มีศักยภาพทำให้เกิดน้ำท่าผิวดินสูง ส่วนใหญ่เป็นดินประเภทดินเหนียว (sandy clay loam) โดยมีค่า  $0.13 < K_{sat} < 0.38$  cm/hr

CN2 คือ สิ่งปกคลุม (land cover) ได้แก่ สิ่งต่าง ๆ ที่ปกคลุมดินและป้องกันการกระแทกของเม็ดฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดิน ประกอบด้วย

- ลักษณะการใช้ที่ดิน (land use)

- การรักษาหน้าดิน (land treatment) จะเกี่ยวข้องกับลักษณะและวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลง โดยแบ่งออกเป็น การทำการเพาะปลูกเป็นแถว (straight-row) การทำการเพาะปลูกเป็นแถวตามแนวระดับความสูงของพื้นที่ (contour line) และการทำการเพาะปลูกแบบขั้นบันได (terraced)

CN3 คือ สภาพทางอุทกวิทยาของกลุ่มดิน (hydrologic soil group condition) โดยแบ่งออกเป็น

- สภาพเลว (poor) มีพืชปกคลุมพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 50
- สภาพปานกลาง (fair) มีพืชปกคลุมพื้นที่ระหว่างร้อยละ 50 – 70
- สภาพดี (good) มีพืชปกคลุมพื้นที่มากกว่าร้อยละ 75

CN4 คือ การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use classification)

- พื้นที่ป่าไม้ (wood, forest)
- พื้นที่เกษตรกรรม (agriculture)
- พื้นที่โล่งเตียน และพื้นที่อยู่อาศัย (bare land & residential)
- พื้นที่แหล่งน้ำ (water body)

CN5 คือ ความชื้นในดินเบื้องต้น (antecedent moisture content; AMC) พิจารณาจากปริมาณน้ำฝนทั้งหมดที่ตกก่อนหน้าอายุ 5 วัน พร้อมทั้งพิจารณาช่วงฤดูการเพาะปลูก โดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังแสดงในตารางที่ 5-1 และค่า CN ดังแสดงในตารางที่ 5-2 ซึ่งเป็นกรณีของ AMC II เท่านั้น ดังนั้น จึงต้องปรับค่า CN ให้อยู่กรณีเดียวกับ AMC ในกรณีต่าง ๆ ตามเงื่อนไขความชื้นในดินเบื้องต้นที่คำนวณได้จากค่า CN (นิพนธ์ และคณะ, 2551) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ ที่ (5.5) และ (5.6) ตามลำดับ

$$\text{CN I} = \frac{\text{CN II}}{(2.281 - 0.0128 \text{ CNII})} \dots\dots\dots(5.5)$$

$$\text{CN III} = \frac{\text{CN II}}{(0.427 - 0.00573 \text{ CNII})} \dots\dots\dots(5.6)$$

ตารางที่ 5-1 ค่าความชื้นในดินเบื้องต้น (AMC) แบ่งตามฤดูการเพาะปลูก

| ปริมาณน้ำฝนสะสมก่อน 5 วัน |                     |             |                |             |
|---------------------------|---------------------|-------------|----------------|-------------|
| AMC                       | ฤดูไม่มีการเพาะปลูก |             | ฤดูการเพาะปลูก |             |
|                           | นิ้ว                | มิลลิเมตร   | นิ้ว           | มิลลิเมตร   |
| AMC I (ความชื้นต่ำ)       | < 0.5               | < 12.7      | < 0.4          | < 35.6      |
| AMC II (ความชื้นเฉลี่ย)   | 0.5 - 1.1           | 12.7 - 27.9 | 1.4 - 2.1      | 35.6 - 53.3 |
| AMC III (ความชื้นสูง)     | > 1.1               | > 27.9      | > 2.1          | > 53.3      |

ที่มา : U.S. Department of Agriculture (1972)

ตารางที่ 5-2 ค่า CN condition II แบ่งตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน และชนิดของดินประเภทต่าง ๆ

| Hydrologic Group             |                    |           |    |    |    |    |
|------------------------------|--------------------|-----------|----|----|----|----|
| Land Use/Crop                | Cover              | Condition | A  | B  | C  | D  |
| Fallow                       | Straight Row       | -         | 77 | 86 | 91 | 94 |
| Row crops                    | "                  | Poor      | 72 | 81 | 88 | 91 |
| "                            | "                  | Good      | 67 | 78 | 85 | 89 |
| "                            | Contoured          | Poor      | 70 | 79 | 84 | 88 |
| "                            | "                  | Good      | 65 | 75 | 82 | 86 |
| "                            | Cont. and Terraced | Poor      | 66 | 74 | 80 | 82 |
| "                            | "                  | Good      | 62 | 71 | 78 | 81 |
| Small grain                  | Straight Row       | Poor      | 65 | 76 | 84 | 88 |
| "                            | "                  | Good      | 63 | 75 | 83 | 87 |
| "                            | Contoured          | Poor      | 63 | 74 | 82 | 85 |
| "                            | "                  | Good      | 61 | 73 | 81 | 84 |
| "                            | Cont. and Terraced | Poor      | 61 | 72 | 79 | 82 |
| "                            | "                  | Good      | 59 | 70 | 78 | 81 |
| Rotation meadow              | Str.Row.           | Poor      | 66 | 77 | 85 | 89 |
| "                            | "                  | Good      | 58 | 72 | 81 | 85 |
| "                            | Contoured          | Poor      | 64 | 75 | 83 | 85 |
| "                            | "                  | Good      | 55 | 69 | 78 | 83 |
| "                            | Cont. and Terraced | Poor      | 63 | 73 | 80 | 83 |
| "                            | "                  | Good      | 51 | 67 | 76 | 80 |
| * close-drilled or broadcast |                    |           |    |    |    |    |
| Pasture or range             | -                  | Poor      | 68 | 79 | 86 | 89 |
| "                            | -                  | Fair      | 49 | 69 | 79 | 84 |
| "                            | -                  | Good      | 39 | 61 | 74 | 80 |
| "                            | Contoured          | Poor      | 47 | 67 | 81 | 88 |
| "                            | "                  | Fair      | 25 | 59 | 75 | 83 |
| "                            | "                  | Good      | 6  | 35 | 70 | 79 |
| Meadow                       | "                  | Good      | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Woods                        | "                  | Poor      | 45 | 66 | 77 | 83 |
| "                            | "                  | Fair      | 36 | 60 | 73 | 79 |
| "                            | "                  | Good      | 25 | 55 | 70 | 77 |
| Farmsteads                   | "                  | ----      | 59 | 74 | 82 | 86 |
| Roads(dirt)**                | "                  | ----      | 72 | 82 | 87 | 89 |
| Roads(hard surface)**        | "                  | ----      | 74 | 84 | 90 | 92 |

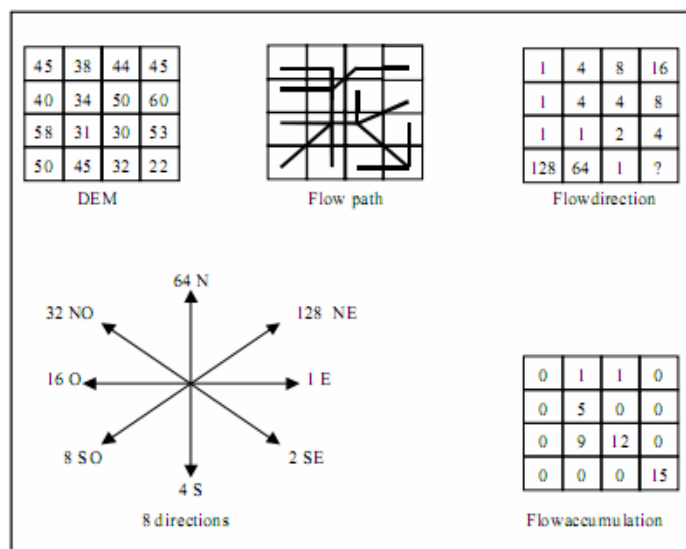
ที่มา : U.S. Department of Agriculture (1972)

### 5.1.3 แบบจำลอง SWAT และข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data)

ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ที่ต้องใช้ในแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

(1) สภาพภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) ได้รับการพัฒนาโดย US Geological Survey (USGS) ให้เป็นฐานข้อมูลแสดงลักษณะพื้นผิวพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยข้อมูล DEM สามารถใช้ในการบอกรายละเอียดของเส้นแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำได้ โดยการลากเส้นแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำใน DEM ถูกใช้เป็นแบบมาตรฐานเพื่อกำหนดทิศทางการไหลของน้ำทั้งหมด 8 ทิศทาง ในแต่ละจุด

ของข้อมูลจะทำการเชื่อมต่อกับอีกจุดที่เป็นตำแหน่งที่มีค่าข้อมูลเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยค่าของทิศทางการไหลจะถูกกำหนดให้มีค่าตั้งฉากเป็น 1,4,16,และ 64 (ภาพที่ 5-1)



ภาพที่ 5-1 การวิเคราะห์ข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำด้วย DEM

ที่มา: CRWR (1997)

(2) แผนที่สภาพภูมิประเทศ (Topographic map) มาตราส่วน 1: 50,000 ชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร (2553) ประกอบด้วยแผนที่ระวางหมายเลข 4748 I, 4748 II, 4848 I, 4848 II, 4848 III, 4848 IV, 4849 II, 4849 III และ 4949 III ครอบคลุมพื้นที่อำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ และพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง

(3) แผนที่ดิน (Soil map) ในส่วนหลักได้รับความอนุเคราะห์จากกรมพัฒนาที่ดิน (2549) นอกเหนือจากนี้ ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลดินเพิ่มเติมจากภาคสนาม เพื่อปรับปรุงและพัฒนาข้อมูลให้มีความเหมาะสมสำหรับแบบจำลอง SWAT

(4) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use map) เป็นข้อมูลที่ได้จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศร่วมกับการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ALOS พร้อมแบ่งประเภทการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับรูปแบบความต้องการข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลอง SWAT

(5) แผนที่เส้นทางน้ำ (Streamline map) สร้างจากข้อมูล DEM เพิ่มเติมด้วยข้อมูลภาคสนาม และการอ้างอิงเทียบจากเส้นทางน้ำในแผนที่สภาพภูมิประเทศ เพื่อใช้ในแบบจำลอง SWAT

(6) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (Weather data) เป็นข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ (non-spatial data) ประกอบด้วย ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนรายวัน

#### 5.1.4 ขั้นตอนการประเมินปริมาณน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT

ก่อนขั้นตอนการประเมินปริมาณน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT ตั้งทำการติดตั้งโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ MapWindow GIS (v. 4.8) ที่ต้องใช้งานร่วมกับโปรแกรม SWAT จากนั้นดำเนินการ

(1) นำเข้าข้อมูลสภาพภูมิประเทศเชิงเลข (DEM) ในรูปแบบกริด (grid cell) ขนาดรายละเอียด 30 เมตร และข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำอ้างอิงโดยประมาณที่อยู่ในรูปแบบกริดหรือ shape file (.shp) ก็ได้ ทั้งนี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ จากนั้นนำเข้าข้อมูลเส้นทางน้ำ (.shp) และทำการคำนวณทิศทางการไหล (flow direction) และผลรวมหน่วยการไหลสะสม (flow accumulation) โดยได้ผลในรูปแบบกริด และคำนวณจำนวนหน่วยข้อมูลที่ไหลมารวมจากพื้นที่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำ การกำหนดเส้นลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำหลัก และพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษา

(2) นำเข้าข้อมูลใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2545 - พ.ศ. 2552 ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการจำแนกด้วยภาพถ่ายทางอากาศและภาพจากดาวเทียม ร่วมกับการปรับปรุงข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติม โดยกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับแบบจำลอง SWAT ของโครงการวิจัย ฯ จำแนกเป็น 6 ประเภท คือ RICE, AGRP, ORCD, FRSD, URBN, และ WATR ตามลำดับ

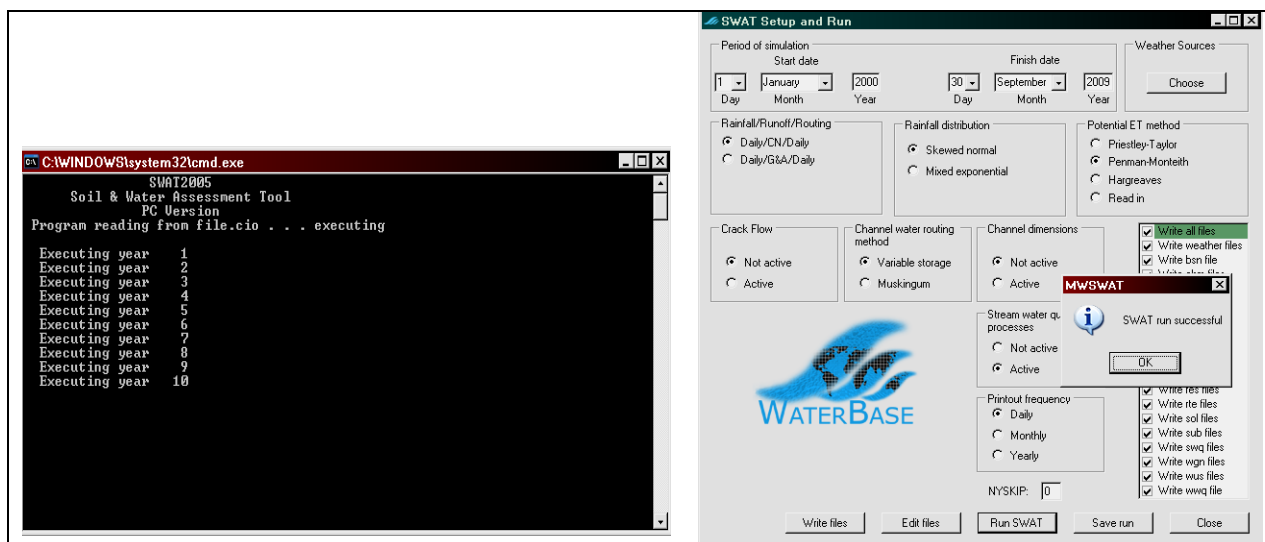
(3) นำเข้าข้อมูลแผนที่ดิน โดยใช้คุณลักษณะดินในประเทศไทยจากฐานข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินที่ได้จากโปรแกรม DLD ซึ่งแบ่งดินเป็น 62 ชุดดิน และได้นำข้อมูลคุณลักษณะดินบางประการจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจำแนกประเภทเนื้อดินมาประกอบในระบบฐานข้อมูล โดยข้อมูลชุดดินหลักที่นำมาใช้ในแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วย 21 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินที่ 4, 5, 6, 15, 22, 29, 30, 31, 33, 35, 36, 38, 40, 46, 47, 48, 52, 55, 56, 69 และ 75 ตามลำดับ

(4) นำเข้าข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ปริมาณฝนรายวัน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวัน โดยเก็บรวบรวมจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งติดตั้งอยู่ตามหน่วยงานราชการ โดยกระจายอยู่ในพื้นที่ศึกษา เช่น สถานีวิจัยเกษตรหลวงอ่างขาง สำนักงานเกษตรพืชสวนฝาง ศูนย์อุทกวิทยาที่ 13 รวมถึงสถานีตรวจวัดอากาศของหน่วยงานเอกชน รวม 12 แห่ง ซึ่งโครงการวิจัย ฯ ได้เลือกใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีตรวจวัดอากาศรวม 7 แห่ง โดยพิจารณาจากความสมบูรณ์ของข้อมูลเป็นหลัก

(5) กำหนดตัวแปรที่ใช้ให้กับแบบจำลอง ได้แก่ สภาพความสูง พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย โครงข่ายลำน้ำ จุด outlet การใช้ประโยชน์ที่ดิน คุณลักษณะของดิน หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (Hydrologic Response Unit: HRU) จากนั้นเลือกข้อมูลที่ตั้งสถานีตรวจอากาศ ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลที่ตั้งสถานีวัดน้ำท่า และข้อมูลปริมาณน้ำท่า ตลอดจนกำหนดค่าความถี่ของข้อมูลตามความเหมาะสมเป็นรายวัน รายเดือน หรือรายปี จากนั้นเริ่มทำการประเมินปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง SWAT โดยให้ผล

ข้อมูลปริมาณน้ำท่า (simulated runoff) ในลักษณะเชิงพื้นที่และค่าตัวเลข ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริง (observed runoff) ในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ภาพที่ 5-2)

(6) ทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง เป็นการลดความแตกต่างระหว่างข้อมูลจากการวัดจริงกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบจากค่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อคุณสมบัติกายภาพที่ส่งผลต่อแบบจำลองในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง

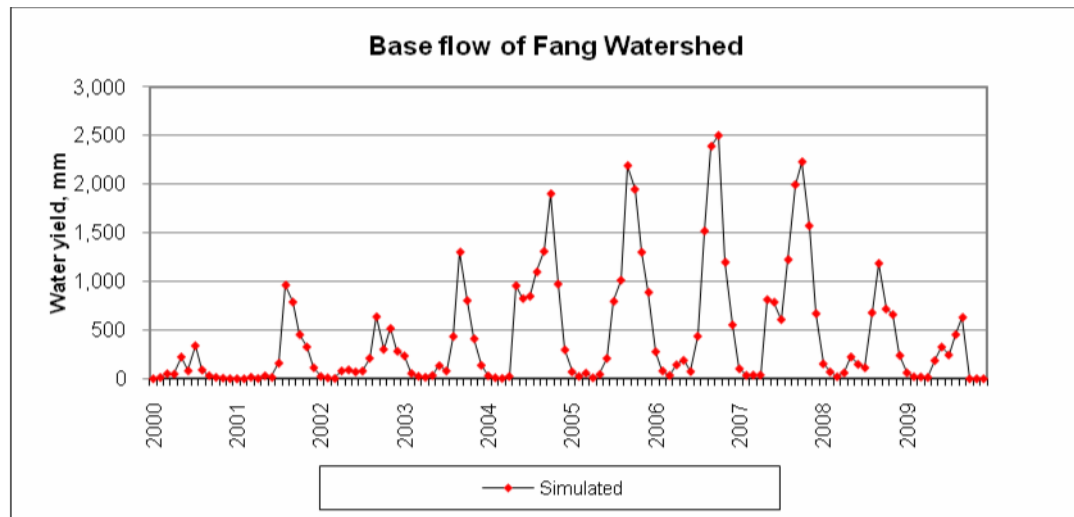


ภาพที่ 5-2 กระบวนการประเมินปริมาณน้ำโดยแบบจำลอง SWAT

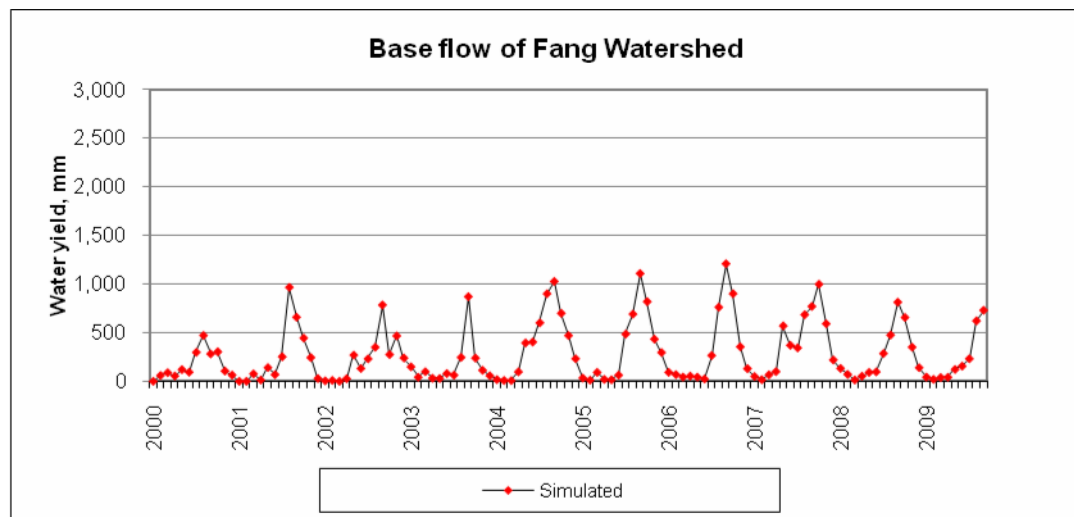
### 5.1.5 ผลการประเมินปริมาณน้ำด้วยแบบจำลอง SWAT

#### (1) ปริมาณน้ำท่า

ปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ลุ่มน้ำฝางที่ได้จากแบบจำลองสามารถแยกได้เป็นสองส่วน คือ “Surface Runoff” และ “Ground Water” ไหลรวมลงสู่แม่น้ำ เรียกว่า “Base Flow” ภาพที่ 5-3 แสดงการสอบเทียบปริมาณน้ำท่าโดยรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำฝางรายเดือน ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2543-2552 และภาพที่ 5-4 แสดงการสอบเทียบปริมาณน้ำท่าโดยรวมของพื้นที่ลุ่มน้ำฝางรายเดือน ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2543-2552 หลังการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์



ภาพที่ 5-3 กราฟปริมาณน้ำท่าพื้นที่ลุ่มน้ำฝางปี พ.ศ. 2543-2552 จากแบบจำลอง SWAT



ภาพที่ 5-4 กราฟปริมาณน้ำท่าพื้นที่ลุ่มน้ำฝางปี พ.ศ. 2543-2552 จากแบบจำลอง SWAT หลังการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง

## (2) การสอบเทียบค่าแบบจำลอง (Model calibration)

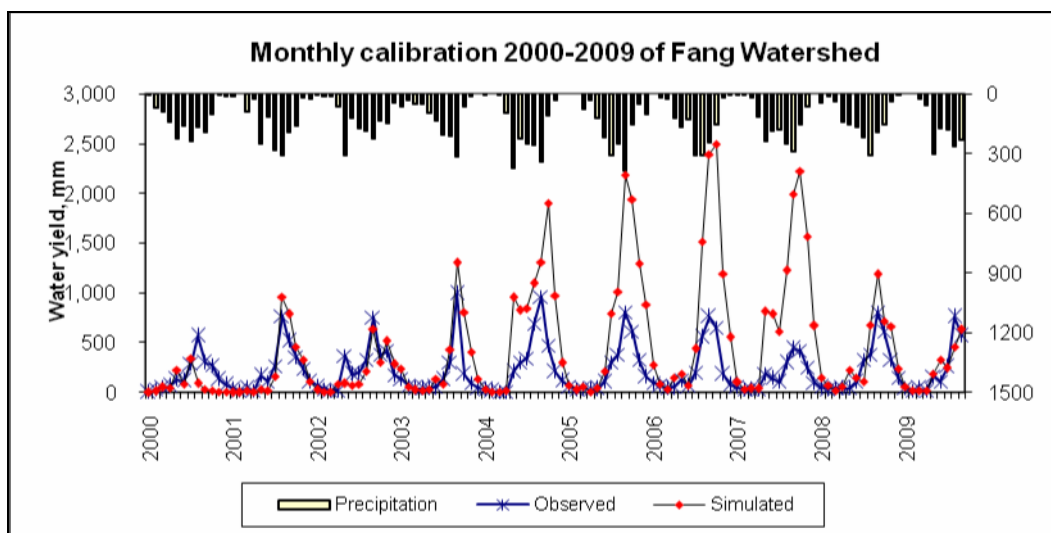
การสอบเทียบแบบจำลองเป็นการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลอง (simulated data) กับค่าที่จากการสำรวจหรือวัดจริง (observed data) โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากแบบจำลอง SWAT ปี พ.ศ. 2543-2552 กับปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่วัดได้จริงจากสถานีวัดน้ำแม่ฝางที่บ้านท่าไม้เลี่ยม (สถานี 030201) ซึ่งเป็นจุดที่น้ำฝางไหลออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง (outlet) ภาพที่ 5-5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณน้ำจากแบบจำลอง ปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริง ความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง สามารถประเมินได้จากค่า  $R^2$  ดังแสดงในสมการ (5.7) เป็นการเปรียบเทียบ

ข้อมูลสองกลุ่มเพื่อให้ค่าจำลองเป็นที่ยอมรับได้โดยใช้หลักการความเป็นไปในทางเดียวกัน โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์ของการประเมินค่า

$$R^2 = 1 - \frac{[\sum (Q_m - Q_p)^2]}{[\sum (Q_m - Q_{avg})^2]} \dots\dots\dots(5.7)$$

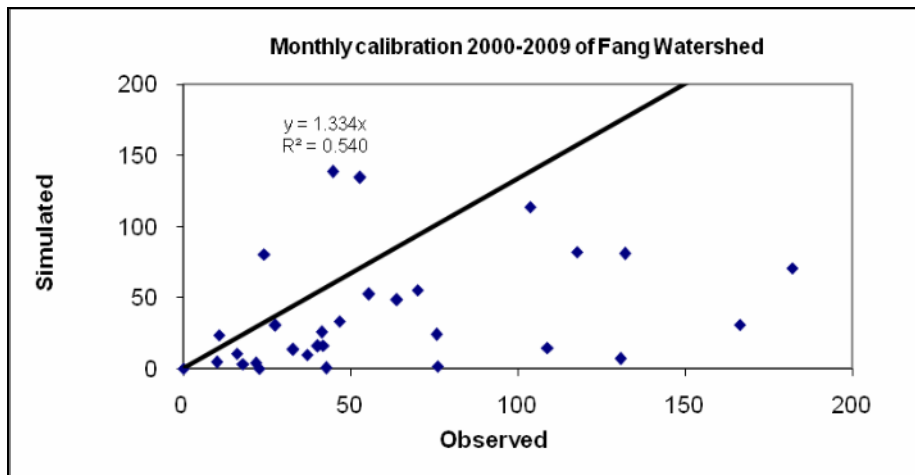
โดยที่  $R^2$  = ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (coefficient of efficiency) ซึ่งถ้าค่า มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ากลุ่มข้อมูลทั้งสองเข้ากันได้ดี หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ากลุ่มข้อมูลมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก และหากพบว่ามีค่าเป็นลบ แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์แบบผกผัน

- $Q_m$  = ค่าที่ได้จากการวัดจริง
- $Q_p$  = ค่าที่ได้จากแบบจำลอง
- $Q_{avg}$  = ค่าเฉลี่ยของการวัดจริง



ภาพที่ 5-5 กราฟความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายเดือน ปี 2543-2552 ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลอง(simulated) และค่าที่ได้จากการวัดจริง (observed) ณ สถานี 30201

ผลการสอบเทียบปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริงของกลุ่มน้ำฝาง แสดงดังภาพที่ 5-6 ค่า  $R^2 = 0.54$  แสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 2 ชุดอยู่ในระดับปานกลาง ผลของแบบจำลองยังไม่ถูกต้องแม่นยำมากนัก ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดปรับเทียบค่าสำหรับพารามิเตอร์บางตัวที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลอง เพื่อให้กลุ่มของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองและค่าจากการวัดมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันและค่า  $R^2$  เข้าใกล้ 1 มากที่สุด

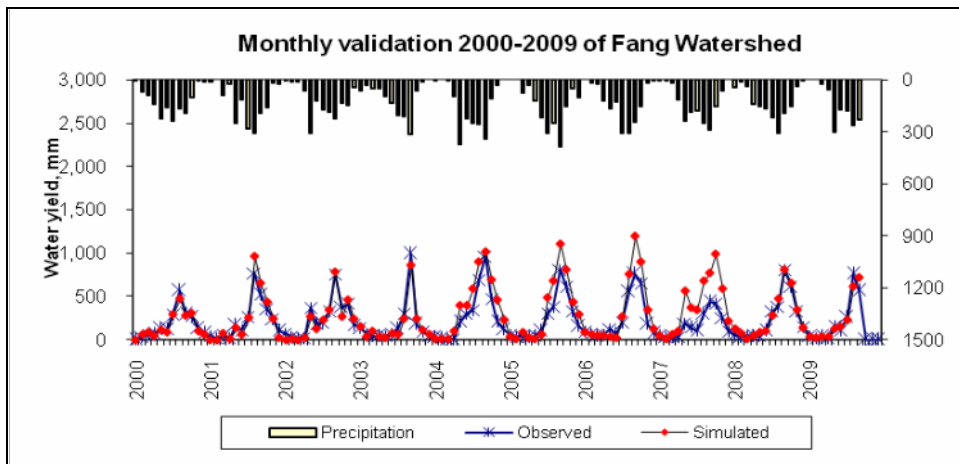


ภาพที่ 5-6 การสอบเทียบระหว่างค่าปริมาณน้ำที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการวัดจริง

### (3) การปรับเทียบค่าแบบจำลอง (Model validation)

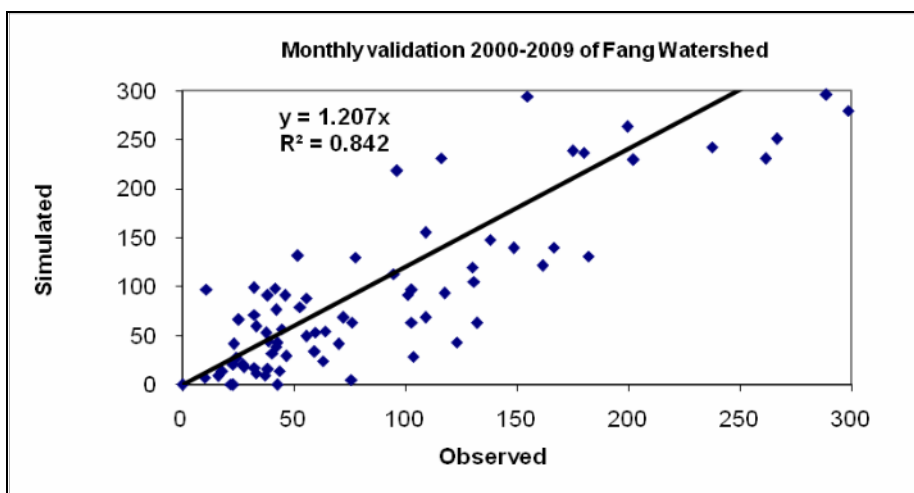
การปรับเทียบค่าแบบจำลอง เป็นการลดความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง (simulated data) กับข้อมูลจากการวัดจริง (observed data) จากการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนโดยใช้แบบจำลอง SWAT ของโอฟาร์ (2548) พบว่า ค่าพารามิเตอร์ส่วนใหญ่ที่อ่อนไหวคือ คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ปริมาณน้ำที่ยอมให้มีในดิน และค่า Curve Number (CN) โดยขึ้นอยู่กับลักษณะดินและสิ่งปกคลุมดิน (การใช้ประโยชน์ที่ดิน) ของแต่ละพื้นที่ ในการศึกษาครั้งนี้ทำการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ของค่า CN ที่มีความอ่อนไหวและมีผลต่อปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำฝางมากที่สุด (Neitsch *et al*, 2002)

สำหรับลุ่มน้ำฝาง ค่าพารามิเตอร์ที่พบว่ามีความอ่อนไหวและมีผลต่อแบบจำลองคือค่า CN และค่า Saturated Hydraulic Conductivity (SOIL\_K) จึงพิจารณาปรับเทียบค่าโดยใช้ค่า CN ในตารางที่ 5-1 ร่วมกับค่า AMC ในตารางที่ 5-2 ซึ่งมีผลต่อปริมาณการไหลของน้ำท่าในแบบจำลอง ซึ่งทดสอบได้จากการสอบเทียบค่าแบบจำลอง จากนั้นปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ที่คาดว่าจะมีผลต่อแบบจำลอง ทำการ RUN แบบจำลองอีกครั้งด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้ทำการปรับแก้แล้ว และกลับไปยังขั้นตอนการสอบเทียบอีกครั้งเพื่อดูผล ทำซ้ำจนกระทั่งได้ค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง ก็จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลอง ที่ให้ค่าความสัมพันธ์ใกล้เคียงกันมากที่สุดระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองและข้อมูลจากการวัดจริง ภาพที่ 5-7 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายเดือน ปี 2543-2552 ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการวัดจริง ณ สถานี 30201 หลังการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง สอดคล้องกับคู่มือการใช้งาน SWAT (SWAT, 2005) Neitsch. *et al*, (2002) อธิบายว่า ช่วงค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้สำหรับแต่ละแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การศึกษาและคุณสมบัติกายภาพของข้อมูลนำเข้าในแต่ละพื้นที่ซึ่งจะมีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 5-7 ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารายเดือน ปี 2543-2552 ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการวัดจริง หลังการปรับเทียบในแบบจำลอง

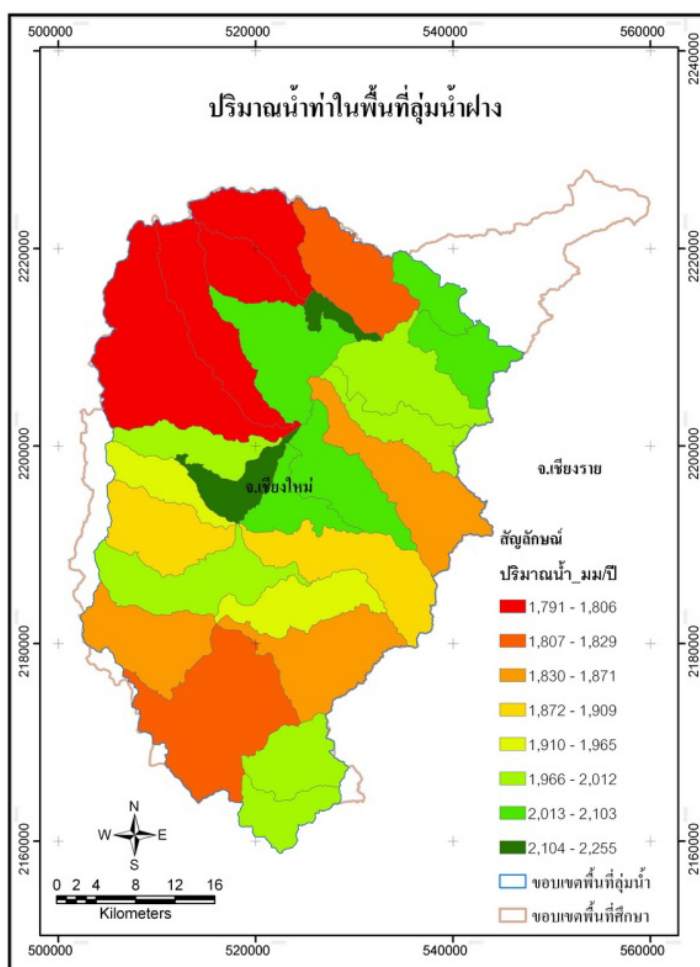
ผลของการปรับเทียบแบบจำลอง แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริงของกลุ่มน้ำฝาง แสดงดังภาพที่ 5-8 จากภาพ ค่า  $R^2 = 0.842$  แสดงถึงกลุ่มข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในระดับที่สามารถยอมรับได้ว่ามีความถูกต้องแม่นยำสามารถนำแบบจำลองไปใช้ได้จริง จากความสัมพันธ์ที่ว่าค่า  $R^2$  มีค่าเข้าใกล้ 1 ข้อมูลทั้งสองกลุ่มมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวและใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 5-8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองและค่าที่ได้จากการวัดจริง หลังการปรับเทียบ

#### (4) การแสดงผลข้อมูลปริมาณน้ำท่าในเชิงพื้นที่

เป็นขั้นตอนการแสดงผลการประมาณการปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT ด้วยหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาทั้งหมด 26 กลุ่มน้ำย่อย (Hydrological Response Units: HRU) หลังจากการปรับเทียบค่าแบบจำลอง (model validation) เป็นที่ยอมรับและสามารถนำไปใช้ได้ทางปฏิบัติ โดยสามารถแสดงผลในรูปแบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ตามพื้นที่กลุ่มน้ำย่อย 26 กลุ่มน้ำ พร้อมค่าปริมาณน้ำที่สามารถประเมินได้ตั้งแต่ 1,791 – 2,255 มิลลิเมตรต่อปี โดยใช้ฟังก์ชันการเชื่อมโยงโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยในการสร้างฐานข้อมูลดังกล่าว (ภาพที่ 5-9)



ภาพที่ 5-9 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำฝางจากแบบจำลอง SWAT

## 5.2 ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสำหรับพื้นที่ปลูกส้ม

ภัยแล้ง หมายถึง ความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศอันเกิดจากฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาลเป็นระยะเวลานานกว่าปกติและครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ พืชพันธุ์ไม้ต่างๆ ขาดน้ำทำให้ไม่เจริญเติบโตตามปกติ การเกิดภัยแล้งสามารถจำแนกได้เป็น 3 แบบ (สมพิศ, 2546) ได้แก่

(1) ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological drought) เกิดจากการมีฝนน้อยกว่าปกติ หรือมีจำนวนฝนตกน้อยกว่าปกติเป็นบริเวณกว้างและเป็นระยะเวลานานต่อเนื่องกัน

(2) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological drought) เกิดเนื่องจากปริมาณน้ำท่ามีน้อยกว่าระดับปกติหรือระดับน้ำใต้ดินลดลง

(3) ภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural drought) เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินผิดประเภทหรือมีการจัดการดินที่ไม่เหมาะสม เป็นสภาวะที่พืชขาดน้ำ ซึ่งเกิดจากปริมาณฝนรวมและการกระจายตัวของฝนน้อยผิดปกติ การระเหยของน้ำจริง (actual evapotranspiration) มากกว่าศักยภาพการระเหย (potential evapotranspiration) และความชื้นในดินมีน้อยทำให้ระดับน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดินลดลง จึงทำให้ผลผลิตการเกษตรลดน้อยลง

กรมอุตุนิยมวิทยา (2537ก) ได้กำหนดลักษณะความแห้งแล้งไว้ว่า เป็นสภาวะที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยหรือปริมาณน้ำใต้ดินเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าปกติในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และได้กำหนดพื้นที่ประสบภัยแล้งไว้คือ พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนรวมรายปีต่ำกว่าร้อยละ 62 ของค่าปกติ มีความแห้งแล้งติดต่อกัน 2 ปีขึ้นไป และพื้นที่ที่เกิดความแห้งแล้งรวมจะต้องมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยแบ่งระดับความรุนแรงของภัยแล้งได้ดังนี้ คือ

(1) สภาวะแห้งแล้งแบบไม่รุนแรง หรือลักษณะฝนทิ้งช่วง (dry spell) เป็นสภาวะความแห้งแล้งของอากาศที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยกว่า 1 ม.ม. / วัน เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกัน 15 วันในช่วงฤดูฝน

2. สภาวะความแห้งแล้งแบบปานกลาง หรือความแห้งแล้งชั่วคราว (partial drought) เป็นสภาวะความแห้งแล้งของอากาศที่มีฝนตกเฉลี่ยไม่ถึงวันละ 0.25 ม.ม. เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 29 วันในช่วงฤดูฝน

3. สภาวะความแห้งแล้งแบบรุนแรง หรือความแห้งแล้งสมบูรณ์ (absolute drought) เป็นสภาวะความแห้งแล้งของอากาศที่ไม่มีฝนตกเลยต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 15 วัน ในฤดูฝน หรืออาจตกบ้างแต่ไม่มีวันใดที่ฝนตกถึง 0.25 ม.ม.

ในระหว่างเดือนมิถุนายน – กรกฎาคม มักเกิดความแห้งแล้งแบบไม่รุนแรงตามภาคต่างๆของประเทศไทยอยู่เสมอ ส่วนความแห้งแล้งแบบปานกลางไม่ค่อยเกิดในประเทศไทยบ่อยนัก และความแห้งแล้งแบบรุนแรงนั้นไม่เคยปรากฏในประเทศไทย (พีรพิทย์ และคณะ, 2549)

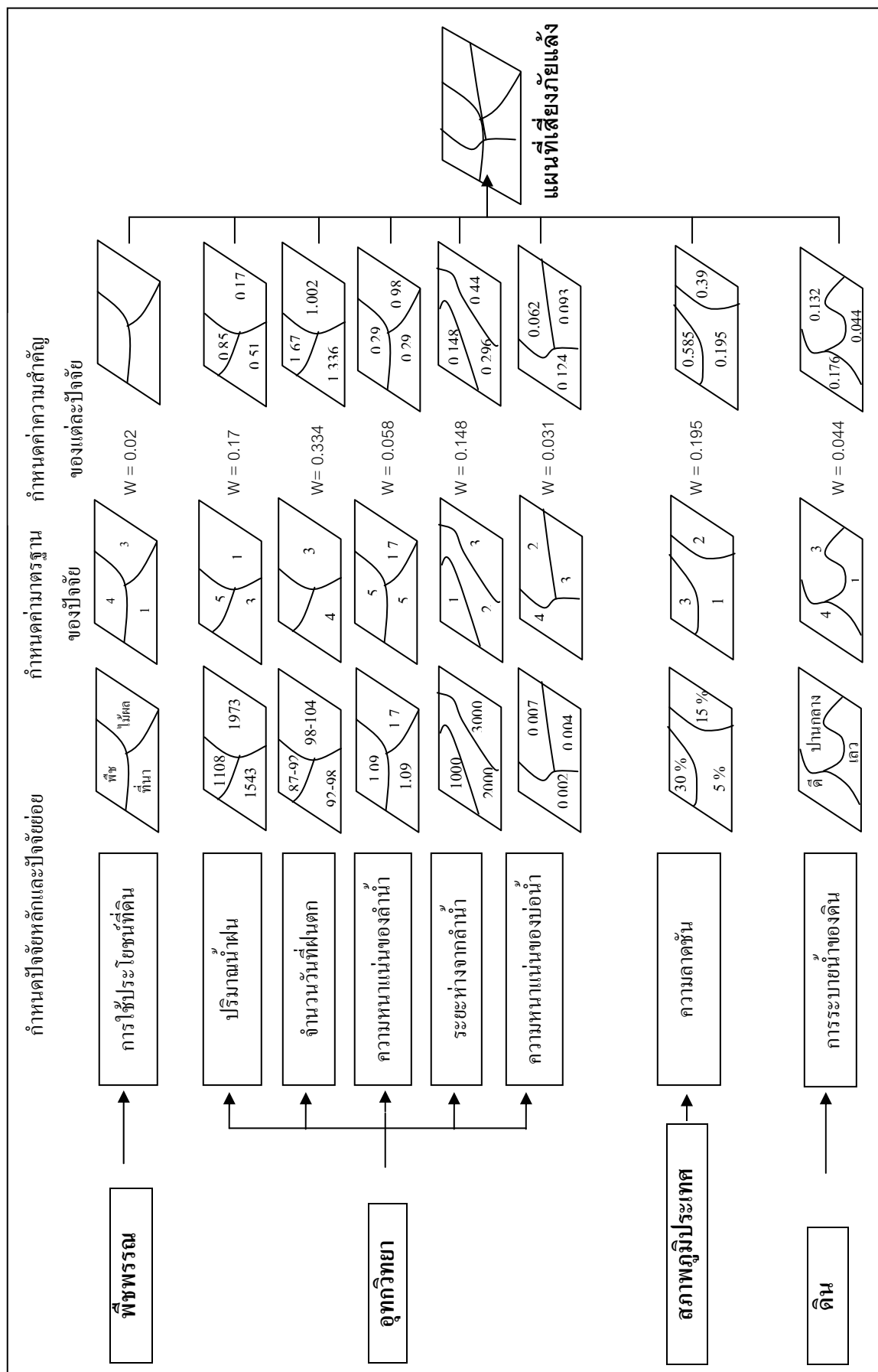
ในปีพ.ศ. 2553 ประเทศไทยประสบกับปัญหาภัยแล้งครั้งใหญ่ เชื้อนหลายเขื่อนน้ำลดลงอย่างมากจนถึงขั้นแห้งขอดซึ่งไม่เคยปรากฏมาก่อน ผู้ที่ได้รับผลกระทบที่สุดคือเกษตรกร และปัญหาภัยแล้งมีแนวโน้มรุนแรงขึ้น สำหรับในพื้นที่ศึกษาของโครงการวิจัย ฯ พบว่า ลำน้ำบางเส้นที่ใช้ทางการเกษตรได้แห้งขอดลงในฤดูแล้ง ภาพที่ 5-10 แสดงปริมาณน้ำในลำน้ำห้วยไคร้ที่เกิดการแห้งขอดในฤดูแล้ง



ภาพที่ 5-10 ปริมาณน้ำในลำน้ำห้วยไคร้ที่เกิดการแห้งขอดในฤดูแล้ง

### 5.2.1 การประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง

ในการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในโครงการวิจัย ฯ นี้เป็นการวิเคราะห์โอกาสการเกิดภัยแล้งในเชิงเกษตรกรรม (agricultural drought) โดยประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) โดยการเก็บรวบรวมฐานข้อมูลซึ่งใช้เป็นตัวแปรร่วมกับวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ ซึ่งในการศึกษานี้ใช้วิธี AHP (Analytic Hierarchy Process) (Saaty, 1980) โดยแบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้ คือ (1) กำหนดปัจจัยที่ก่อให้เกิดภัยแล้งโดยแบ่งปัจจัยเป็นปัจจัยหลักและปัจจัยย่อย (2) กำหนดค่ามาตรฐานของปัจจัย (3) กำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยย่อยที่ใช้วิเคราะห์ (4) วิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ และ (5) ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง ซึ่งเป็นการซ้อนทับของปัจจัยทั้งหมดโดยการถ่วงน้ำหนักของตัวแปร ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (ภาพที่ 5-11)



ภาพที่ 5-11 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง

### (1) กำหนดปัจจัยที่ก่อให้เกิดภัยแล้ง

สภาวะภัยแล้งเป็นสถานการณ์ที่สำคัญที่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อผลผลิตทางเกษตรและรายได้ของเกษตรกร โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้จัดทำฐานข้อมูลปัจจัยที่นำมาประเมินสถานการณ์การเกิดภัยแล้ง ประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก โดยแบ่งออกเป็น 8 ปัจจัยย่อย ได้แก่

(1.1) พืชพรรณ แบ่งย่อยเป็นลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่มีผลต่อการเกิดความแห้งแล้งโดยพิจารณาจากชนิดของพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมในพื้นที่นั้นๆ พื้นที่ที่มีพืชปกคลุมที่ต้องการน้ำน้อยโอกาสที่เกิดความแห้งแล้งต่ำแต่พื้นที่ที่มีพืชปกคลุมที่ต้องการน้ำมากโอกาสที่ความแห้งแล้งจะสูง (พีรพิทย์ และคณะ, 2549)

#### (1.2) อุทกวิทยา

(1.2.1) ปริมาณน้ำฝน การที่ปริมาณน้ำฝนมีไม่เพียงพอเนื่องจากฝนตกน้อยกว่าปกติหรือฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล จะก่อให้เกิดความแห้งแล้งต่อพื้นที่นั้น ๆ ได้

(1.2.2) จำนวนวันที่ฝนตก ในพื้นที่ที่มีจำนวนวันที่ฝนตกน้อยในปีหนึ่ง ๆ ย่อมจะมีโอกาสขาดแคลนน้ำสูง ซึ่งจะส่งผลต่อความแห้งแล้งของพื้นที่นั้น ๆ

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลน้ำฝนทั้งปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตกที่ได้เป็นเพียงตัวแทนของข้อมูล ณ บริเวณที่ทำการตรวจวัดน้ำฝนและบริเวณใกล้เคียง ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอหรือจังหวัด เพราะฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่จะมีความหนักเบาและระยะเวลาที่ตกแตกต่างกัน

(1.2.3) ระยะห่างจากแหล่งน้ำ พื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำที่สามารถนำมาใช้นั้นโอกาสการขาดแคลนน้ำจะมีน้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างไกล ทั้งนี้ในการศึกษาจะดูจากพื้นที่จริงก่อน

(1.2.4) ความหนาแน่นของทางน้ำในลุ่มน้ำย่อย ลุ่มน้ำที่ทางน้ำหนาแน่นและกระจายทั่วทั้งพื้นที่จะมีปริมาณน้ำมาก สามารถระบายน้ำได้ดีโอกาสที่จะเกิดความแห้งแล้งมีน้อย สำหรับพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของลำน้ำน้อย โอกาสการขาดแคลนน้ำก็จะสูงตามไปด้วย โดยสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$D = L/A$$

เมื่อ  $D$  = ความหนาแน่นของลำน้ำ (กิโลเมตร/ตารางกิโลเมตร)

$L$  = ความยาวของทางน้ำทั้งหมดในลุ่มน้ำ (กิโลเมตร)

$A$  = ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)

(1.2.5) ความหนาแน่นของบ่อน้ำ การเกษตรในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้น้ำจากน้ำที่อยู่ในบ่อน้ำซึ่งเกษตรกรขุดไว้เพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ ดังนั้น ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของบ่อน้ำต่อพื้นที่

มากย่อมได้รับผลกระทบจากภัยแล้งน้อย โดยความหนาแน่นของบ่อน้ำคำนวณได้จาก พื้นที่ของบ่อน้ำ (ตารางเมตร)หารด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ตารางเมตร)

(1.3) สภาพภูมิประเทศ ประเมินจากปัจจัยความลาดชันของสภาพภูมิประเทศ (เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการไหลของน้ำผิวดินจากพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงลงสู่ที่ราบ ดังนั้น บนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง อัตราการไหลของน้ำก็จะเร็วและแรงทำให้ดินไม่สามารถดูดซับน้ำเอาไว้ได้ทัน โอกาสการเกิดความแห้งแล้งในพื้นที่จึงมีมากกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย โดยสร้างจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM)

(1.4) ดิน ประเมินโดยใช้ลักษณะการระบายน้ำของดิน โดยดินที่มีอัตราการระบายน้ำดี ความสามารถในการอุ้มน้ำมีน้อยจะส่งผลต่อการเกิดความแห้งแล้ง ในขณะที่ดินที่มีการระบายน้ำได้ไม่ดี การอุ้มน้ำจะสูงจะทำให้เกิดการแช่ขังของน้ำ การระบายน้ำของดินพิจารณาจากข้อมูลชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2549)

## (2) กำหนดค่ามาตรฐานของปัจจัย

เนื่องจากในแต่ละปัจจัยมีคุณสมบัติเฉพาะอย่าง หน่วยของแต่ละปัจจัย ตลอดจนช่วงค่าของปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดภัยแล้งแตกต่างกัน เช่น ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) พื้นที่ฝนตกน้อยย่อมก่อให้เกิดความแห้งแล้งมาก ซึ่งมีความสอดคล้องกับจำนวนวันที่ฝนตก (วัน) ยิ่งจำนวนวันที่ฝนตกน้อยโอกาสที่จะเกิดความแห้งแล้งยิ่งมากขึ้น และเมื่อพิจารณาควบคู่กับค่าความลาดชันของภูมิประเทศ (เปอร์เซ็นต์) ยิ่งความลาดชันสูงโอกาสในการกักเก็บน้ำจะมีน้อยและส่งผลให้เกิดความแห้งแล้งมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้นในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยปัจจัยต่าง ๆ รวมกันจึงต้องคำนึงถึงคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละปัจจัย โดยก่อนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่จะต้องทำการปรับค่าของปัจจัยให้อยู่ในหน่วยมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้ปัจจัยต่าง ๆ สามารถถูกวิเคราะห์ร่วมกันได้ สำหรับการกำหนดช่วงค่าคะแนนทำโดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูล แล้วนำค่าการกระจายของข้อมูล (standard deviation) มากำหนดค่าพิสัย (range) ของโอกาสที่จะเกิดภัยแล้ง โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งมากที่สุด ค่าคะแนนเท่ากับ 5 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งมาก ค่าคะแนนเท่ากับ 4 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งปานกลาง ค่าคะแนนเท่ากับ 3 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งน้อย ค่าคะแนนเท่ากับ 2 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งน้อยสุด ค่าคะแนนเท่ากับ 1 ทั้งนี้ การกำหนดค่าคะแนนของปัจจัยได้พิจารณาข้อมูลจากสถานที่จริงประกอบกับการกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งของสำนักนโยบายและแผนคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2541) ดังตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย ระดับคะแนน และเกณฑ์การเสี่ยงภัยแล้ง

| ปัจจัย                   | ปัจจัยย่อย            | ระดับคะแนน | เกณฑ์เสี่ยงภัยแล้ง |
|--------------------------|-----------------------|------------|--------------------|
| 1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน | ป่าไม้                | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | ไม้ผลไม้ยืนต้น        | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | พืชไร่                | 4          | เสี่ยงมากที่สุด    |
|                          | ที่นา                 | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |
| 2.1 ปริมาณน้ำฝน          | 1973.22-1800.198 มม.  | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |
|                          | 1800.197-1627.176 มม. | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | 1627.175-1454.154 มม. | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | 1454.153-1281.132 มม. | 4          | เสี่ยงมาก          |
|                          | 1281.131-1108.11 มม.  | 5          | เสี่ยงมากที่สุด    |
| 2.2 จำนวนวันที่ฝนตก      | 87-92.8 วัน           | 5          | เสี่ยงมากที่สุด    |
|                          | 92.9-98.7 วัน         | 4          | เสี่ยงมาก          |
|                          | 98.9-104.7 วัน        | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | 104.8-110.6 วัน       | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | 110.7-116.5 วัน       | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |
| 2.3 ความหนาแน่นของลำน้ำ  | 1.094-1.420 กม/ตร.กม  | 5          | เสี่ยงมากที่สุด    |
|                          | 1.42 -1.747 กม/ตร.กม  | 4          | เสี่ยงมาก          |
|                          | 1.748-2.074 กม/ตร.กม  | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | 2.075-2.400 กม/ตร.กม  | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | > 2.401 กม/ตร.กม      | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |
| 2.4 ระยะห่างจากลำน้ำ     | 1000 ม.               | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |
|                          | 2000 ม.               | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | 3000 ม.               | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | 4000 ม.               | 4          | เสี่ยงมาก          |
|                          | >4000 ม.              | 5          | เสี่ยงมากที่สุด    |
| 2.5 ความหนาแน่นของบ่อน้ำ | 0 - 0.002             | 5          | เสี่ยงมากที่สุด    |
|                          | 0.002-0.004           | 4          | เสี่ยงมาก          |
|                          | 0.004-0.007           | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | 0.007-0.009           | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | 0.009-0.011           | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |
| 3.1 เปอร์เซนต์ความลาดชัน | >30%                  | 4          | เสี่ยงมาก          |
|                          | 16-30%                | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | 6-15%                 | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | 0-5%                  | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |
| 4.1 การระบายน้ำของดิน    | ดี                    | 4          | เสี่ยงมาก          |
|                          | ดีปานกลาง             | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | ค่อนข้างเลว           | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | เลว                   | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |

### (3) กำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยย่อย (Criterion Weighting)

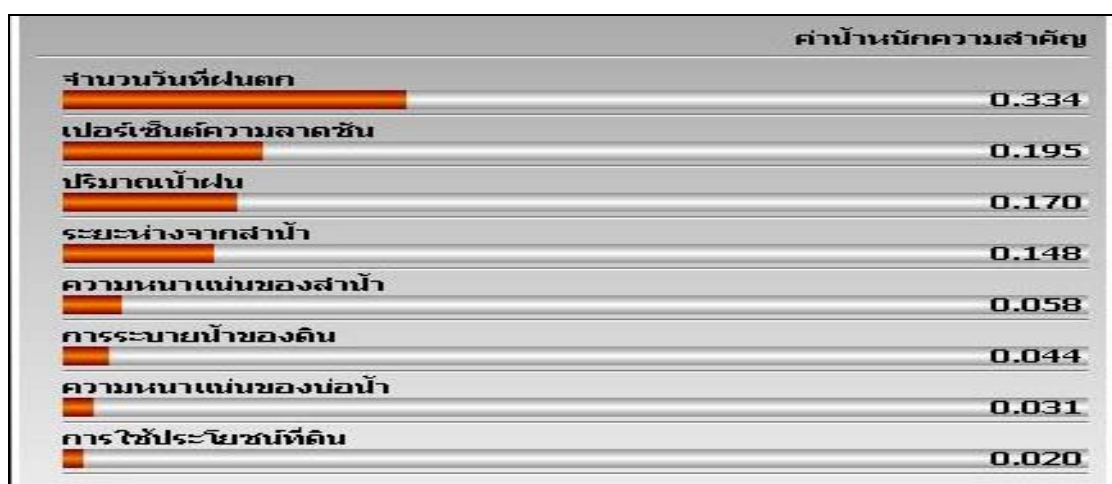
หลังจากกำหนดปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้ง และกำหนดค่ามาตรฐานในแต่ละปัจจัยแล้ว ต่อมาคือการกำหนดค่าความสำคัญของปัจจัย (criterion weighting) ทั้งนี้ เนื่องจากแต่ละปัจจัยมีความสำคัญที่จะก่อให้เกิดภัยแล้งไม่เท่ากัน เช่น ปริมาณน้ำฝนมีความสำคัญมากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะห่างระหว่างลำน้ำมีความสำคัญมากกว่าการระบายน้ำของดิน เป็นต้น ซึ่งในการตัดสินใจว่าแต่ละปัจจัยมีความสำคัญมากหรือน้อยต่างกันปริมาณเท่าใด จำเป็นต้องใช้เครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจ โครงการวิจัย ได้กำหนดค่าความสำคัญให้กับแต่ละปัจจัยโดยใช้วิธีการตัดสินใจด้วยกระบวนการวิเคราะห์ทางเลือกแบบลำดับขั้นหรือที่เรียกว่า Analytic Hierarchy Process: AHP (Saaty, 1980) ซึ่งเป็นการตัดสินใจหาทางเลือก หรือจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกด้วยเกณฑ์พิจารณาหลักเกณฑ์ที่สามารถช่วยในการตัดสินใจให้ดีที่สุด เนื่องจากได้ทำการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ที่ละคู่ด้วยการแสดงเหตุผลอย่างชัดเจนว่าเหตุใดสิ่งทีเลือกนั้นถึงดีที่สุด โดยได้ใช้โปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.) ที่พัฒนาโดย เมธิและคณะ (2550) เป็นเครื่องมือช่วย ภาพที่ 5-12 แสดงการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 8 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้ง

| ค่า CR : 0.085 |                |             |             |             |             |               |             |               |              |
|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|---------------|--------------|
|                | การใช้ประโยชน์ | ปริมาณน้ำฝน | ความหนาแน่น | ระยะห่างจาก | ความหนาแน่น | เปอร์เซ็นต์คว | การระบายน้ำ | จำนวนวันที่ฝน | ค่าความสำคัญ |
| การใช้ประโยชน์ | 1              | 1/7         | 1/4         | 1/5         | 1/3         | 1/9           | 1/3         | 1/8           | 0.020        |
| ปริมาณน้ำฝน    | 7              | 1           | 5           | 2           | 8           | 1/2           | 4           | 1/4           | 0.170        |
| ความหนาแน่น    | 4              | 1/5         | 1           | 1/5         | 3           | 1/5           | 3           | 1/7           | 0.058        |
| ระยะห่างจาก    | 5              | 1/2         | 5           | 1           | 7           | 1/2           | 6           | 1/3           | 0.148        |
| ความหนาแน่น    | 3              | 1/8         | 1/3         | 1/7         | 1           | 1/4           | 1/3         | 1/6           | 0.031        |
| เปอร์เซ็นต์คว  | 9              | 2           | 5           | 2           | 4           | 1             | 3           | 1/2           | 0.195        |
| การระบายน้ำ    | 3              | 1/4         | 1/3         | 1/6         | 3           | 1/3           | 1           | 1/8           | 0.044        |
| จำนวนวันที่ฝน  | 8              | 4           | 7           | 3           | 6           | 2             | 8           | 1             | 0.334        |

ภาพที่ 5-12 การกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 8 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.)

ผลการกำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุดอันดับแรกคือ จำนวนวันที่ฝนตก (0.334) เนื่องจากจำนวนวันที่ฝนตกเป็นตัวชี้วัดการกระจายตัวของฝน ซึ่งมีความสำคัญต่อผลผลิตสัมและการเกษตรอื่น ๆ โดยหากฝนตกไม่สม่ำเสมอหรือฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานานย่อมมีโอกาสเกิดภัยแล้งได้มากที่สุด ปัจจัยรองลงมาคือเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (0.195) ในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากจะไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ ก่อให้เกิดความแห้งแล้งตามมา ปัจจัยอันดับสามคือปริมาณน้ำฝน (0.170) พื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมากย่อมมีความชุ่มชื้นมากด้วย ระยะห่างจากลำน้ำ (0.148) เป็นปัจจัยที่มี

ความสำคัญอันดับสี่ เนื่องจากการเกษตรที่มีความห่างไกลจากลำน้ำย่อมได้รับผลกระทบโดยตรงต่อความแห้งแล้งมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ ปัจจัยสำคัญลำดับต่อมาคือความหนาแน่นของลำน้ำ (0.058) การระบายน้ำของดิน (0.044) ความหนาแน่นของบ่อน้ำ (0.031) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (0.020) ตามลำดับ ดังภาพที่ 5-13



ภาพที่ 5-13 ผลการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 8 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.)

#### (4) วิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดภัยแล้ง

วิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งโดยการซ้อนทับข้อมูลเชิงพื้นที่ ทั้ง 8 ปัจจัยที่กำหนดค่ามาตรฐานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) โดยทำการคำนวณค่าคะแนนความแห้งแล้งโดยใช้สมการ

$$Wt = (M_1 W_1) + (M_2 W_2) + (M_3 W_3) + \dots + (M_n W_n)$$

โดยที่

$$Wt = \text{ระดับโอกาสที่จะเกิดภัยแล้งโดยเป็นค่าคะแนนรวมของแต่ละปัจจัย}$$

$M_1, M_2, M_3, \dots, M_n =$  ค่าคะแนนของปัจจัยที่ 1, 2, 3... ถึง n

$W_1, W_2, W_3, \dots, W_n =$  ค่าความสำคัญของปัจจัยที่ 1, 2, 3 ... ถึง n

จัดกลุ่มของค่าคะแนนรวมโดยทำการแบ่งช่วงชั้นของโอกาสที่จะเกิดภัยแล้งเป็น 5 ระดับ คือ พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดภัยแล้งมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยสุด โดยแบ่งช่วงค่าข้อมูลเท่า ๆ กัน คำนวณจากระยะห่างระหว่างค่าคะแนนสูงสุดและต่ำสุดหารด้วยจำนวนช่วงชั้นที่กำหนดไว้ 5 ระดับ ข้างต้น ซึ่งระดับคะแนนมีดังนี้

ระดับโอกาสที่จะเกิดภัยแล้งมากที่สุด ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 3.64 - 4.17

ระดับโอกาสที่จะเกิดภัยแล้งมาก ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 3.10 - 3.63

ระดับโอกาสที่จะเกิดภัยแล้งปานกลาง ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 2.56 - 3.09

ระดับโอกาสที่จะเกิดภัยแล้งน้อย ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 2.03 - 2.55

ระดับโอกาสที่จะเกิดภัยแล้งน้อยสุด ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 1.48 - 2.02

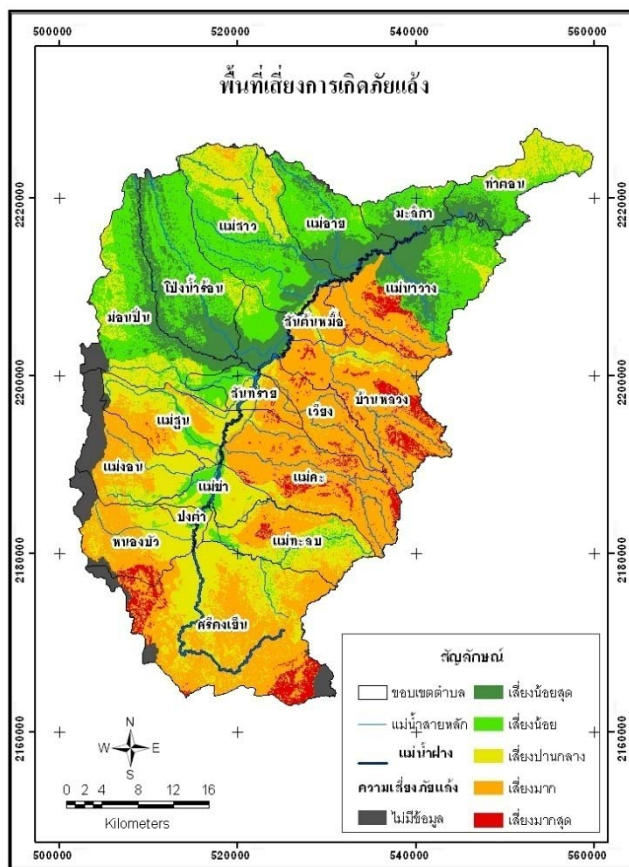
#### (5) ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเขตพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดภัยแล้งโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งอาศัยปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งทั้งหมด 8 ปัจจัย ได้แก่ จำนวนวันที่ฝนตก ความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณน้ำฝน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ความหนาแน่นของทางน้ำในลุ่มน้ำย่อย การระบายน้ำของดิน ความหนาแน่นของบ่อน้ำ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยค่าน้ำหนักความสำคัญที่กำหนดได้และค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย ทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดภัยแล้งด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูล (overlaying) ของปัจจัยที่กำหนดไว้ ได้ผลการศึกษาดังนี้

พื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ มีโอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงน้อยสุด คิดเป็นพื้นที่ 170,167.9 ไร่ (ร้อยละ 12.9 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับน้อย คิดเป็นพื้นที่ 305,271.0 ไร่ (ร้อยละ 23.2 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 311,700.6 ไร่ (ร้อยละ 23.7 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งมาก คิดเป็นพื้นที่ 431,946.4 ไร่ (ร้อยละ 32.8 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งมากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 50,848.7 ไร่ (ร้อยละ 3.9 ของพื้นที่ทั้งหมด) อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินโอกาสเกิดภัยแล้งนี้ มีในบางพื้นที่ที่ไม่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ได้ จำนวน 46,511.3 ไร่ (ร้อยละ 3.5 ของพื้นที่ทั้งหมด) เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของชั้นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในบางปัจจัย (ตารางที่ 5-4)

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า พื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยแล้งโดยรวมเป็นพื้นที่ที่มีฝนตกน้อยและมีระยะเวลาของฝนตกไม่สม่ำเสมอ พบในพื้นที่ตำบลสันทราย ตำบลเวียง และตำบลแม่คะ อำเภอฝาง

ตำบลแม่นาวาง ตำบลสันตันหมื่น และตำบลบ้านหลวง อำเภอแม่เฒ่า และตำบลแม่ทะลบ อำเภอไชย  
ปราการ สำหรับตำบลหนองบัวและตำบลศรีดงเย็น อำเภอไชยปราการเป็นพื้นที่ต้นน้ำที่มีความลาดชันสูง  
พื้นที่จึงไม่มีศักยภาพในการกักเก็บน้ำได้ ภาพที่ 5-14 แสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสประสบภัยแล้ง  
ในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่เฒ่า และไชยปราการ



ตารางที่ 5-4 ผลการวิเคราะห์พื้นที่  
ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยแล้ง

| โอกาสเสี่ยงภัยแล้ง |                    |              |
|--------------------|--------------------|--------------|
| โอกาส              | พื้นที่ (ไร่)      | %            |
| เสี่ยงน้อยสุด      | 170,167.9          | 12.9         |
| เสี่ยงน้อย         | 305,271.0          | 23.2         |
| เสี่ยงปานกลาง      | 311,700.6          | 23.7         |
| เสี่ยงมาก          | 431,946.4          | 32.8         |
| เสี่ยงมากที่สุด    | 50,848.7           | 3.9          |
| ไม่มีข้อมูล        | 46,511.3           | 3.5          |
| <b>พื้นที่รวม</b>  | <b>1,316,445.9</b> | <b>100.0</b> |

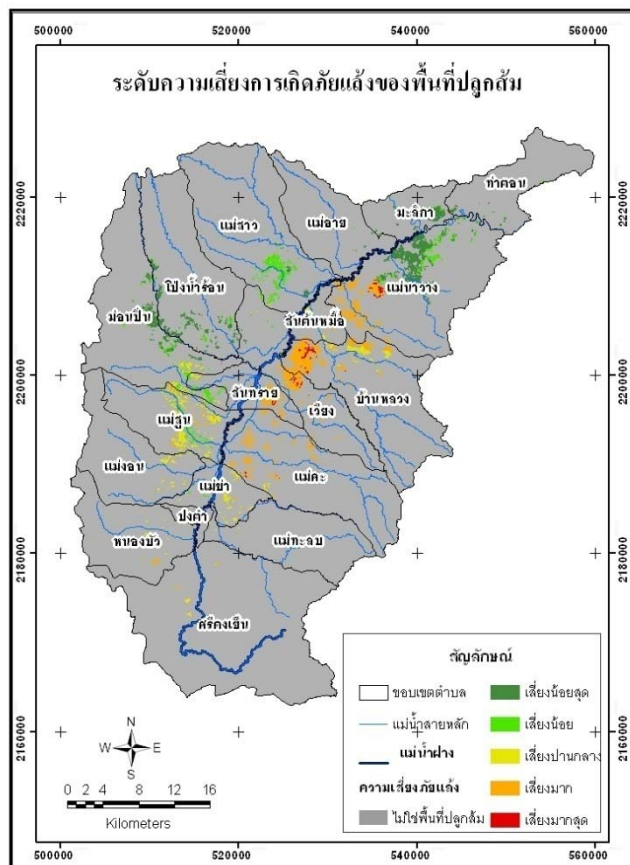
ภาพที่ 5-14 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัยแล้งในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ

### 5.2.2 ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งของพื้นที่ปลูกส้ม

การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบันของอำเภอฝาง แม่ข่าย  
ไชยปราการ โดยใช้ข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบันที่วิเคราะห์จำแนกได้จากข้อมูลดาวเทียม ALOS  
(Advanced Land Observing Satellite) ระบบข้อมูล AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared  
Radiometer type 2) บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย.51 ทำการซ้อนทับ (overlying) และตัด (clipping)  
เข้ากับข้อมูลพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ข่าย และไชยปราการ ที่  
ประเมินได้จากกระบวนการในขั้นต้น (5.2.1 การประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง)

พื้นที่ปลูกส้มในอำเภอฝาง แม่ข่าย ไทยปารากร มีโอกาสเกิดภัยแล้งในระดับเสี่ยงน้อยสุด คิดเป็นพื้นที่ 17,915.2 ไร่ (ร้อยละ 28.1 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงน้อย คิดเป็นพื้นที่ 11,824.1 ไร่ (ร้อยละ 18.5 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 9,970.4 ไร่ (ร้อยละ 15.6 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงมาก คิดเป็นพื้นที่ 22,571.7 ไร่

(ร้อยละ 35.4 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งมากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 1,522.5 ไร่ (ร้อยละ 2.4 ของพื้นที่ทั้งหมด) รวมพื้นที่ปลูกส้มในอำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ จำนวนทั้งสิ้น 63,804.0 ไร่ ภาพที่ 5-15 และตารางที่ 5-5 แสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกส้มที่มีโอกาสประสบภัยแล้งในอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ



ตารางที่ 5-5 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกส้มที่มีโอกาสเสี่ยงภัยแล้ง

| โอกาสเสี่ยงภัยแล้งของพื้นที่ปลูกส้ม |                    |              |
|-------------------------------------|--------------------|--------------|
| โอกาส                               | พื้นที่ (ไร่)      | %            |
| เสี่ยงน้อยสุด                       | 17,915.2           | 28.1         |
| เสี่ยงน้อย                          | 11,824.1           | 18.5         |
| เสี่ยงปานกลาง                       | 9,970.4            | 15.6         |
| เสี่ยงมาก                           | 22,571.7           | 35.4         |
| เสี่ยงมากที่สุด                     | 1,522.5            | 2.4          |
| <b>รวมพื้นที่ปลูกส้ม</b>            | <b>63,804.0</b>    | <b>100.0</b> |
| ไม่ใช่พื้นที่ปลูกส้ม                | 1,252,642.0        |              |
| <b>พื้นที่รวม</b>                   | <b>1,316,445.9</b> |              |

ภาพที่ 5-15 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกส้มที่มีโอกาสเสี่ยงภัยแล้งในอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ

### 5.3 ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมสำหรับพื้นที่ปลูกส้ม

น้ำท่วมหรือน้ำท่วมขัง เป็นลักษณะของอุทกภัยที่เกิดขึ้นจากปริมาณน้ำสะสมจำนวนมากที่ไหลบ่าในแนวระนาบ จากที่สูงไปยังที่ต่ำเข้าท่วมอาคารบ้านเรือน เรือกสวน ไร่นา ได้รับความเสียหาย หรือเป็นสภาพน้ำท่วมขังในเขตเมืองใหญ่ที่เกิดจากฝนตกหนักต่อเนื่องเป็นเวลานาน มีสาเหตุมาจากระบบการระบายน้ำไม่ดีพอ มีสิ่งกีดขวางกีดขวางทางระบายน้ำ หรือเกิดน้ำทะเลหนุนสูงกรณีพื้นที่อยู่ใกล้ชายฝั่งทะเล (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2537ข) ผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วมสร้างความเสียหายอย่างมหาศาลมาสู่ชีวิตและทรัพย์สิน น้ำที่ไหลบ่าเข้าท่วมพื้นที่ได้ทำลายสิ่งที่เป็นโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เป็นต้น ทำลายพืชผลทางการเกษตร ซะล้างหน้าดินทำให้ดินเสื่อมสภาพ การทราบถึงโอกาสความ

เสี่ยงของพื้นที่ที่อาจเกิดน้ำท่วมจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเตรียมตัวรับมือกับปัญหาดังกล่าวเพื่อให้ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด

จากการศึกษาของนิพนธ์ (2539) ถึงการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการกำหนดระดับความรุนแรงของอุทกภัย (flood risk hazard) และระดับความเสี่ยงอุทกภัย (flood risk degree) ดังนี้

(1) ระดับความรุนแรงของอุทกภัย เกี่ยวกับขนาดและโอกาสการเกิดอุทกภัย สามารถแบ่งระดับความรุนแรงจากคาบความถี่การเกิดน้ำท่วมได้ 4 ระดับ คือ

(1.1) อุทกภัยไม่รุนแรง คือสภาพที่มีน้ำท่วมมากกว่าระดับปกติเล็กน้อย

(1.2) อุทกภัยรุนแรงน้อย คือสภาพน้ำท่วมมากกว่าปกติหรือ ที่คาบความถี่การเกิดอุทกภัยระหว่าง 2 ถึง 5 ปี

(1.3) อุทกภัยปานกลาง คือสภาพน้ำท่วมมากกว่าปกติ หรือที่คาบความถี่การเกิดอุทกภัยระหว่าง 5 ถึง 25 ปี

(1.4) อุทกภัยรุนแรงมาก คือสภาพน้ำท่วมมากกว่าปกติหรือคาบความถี่การเกิดอุทกภัยตั้งแต่ 25 ปี ขึ้นไป

(2) ระดับเสี่ยงอุทกภัย เกี่ยวข้องกับการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ

(2.1) ระดับไม่เสี่ยงอุทกภัย คือ อุทกภัยที่ไม่ทำให้เสียชีวิตและทรัพย์สิน

(2.2) ระดับเสี่ยงอุทกภัยน้อย คือ อุทกภัยที่ก่อให้เกิดความไม่สะดวกในการสัญจร แต่ไม่สูญเสียทรัพย์สินมากนัก

(2.3) ระดับเสี่ยงอุทกภัยปานกลาง คือ อุทกภัยที่ทำให้สูญเสียทรัพย์สินมากขึ้นแต่ไม่มีการสูญเสียชีวิต

(2.4) ระดับเสี่ยงอุทกภัยรุนแรง คือ อุทกภัยที่ทำให้สูญเสียชีวิตและทรัพย์สินรวมถึงสิ่งก่อสร้าง

### 5.3.1 การประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม

ในการประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมได้ประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งใช้เป็นตัวแปรร่วมกับวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ ซึ่งในการศึกษานี้ใช้วิธีการหาค่าอันดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) (Saaty, 1980) โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ คือ (1) กำหนดปัจจัยที่ก่อให้เกิดน้ำท่วม (2) กำหนดค่ามาตรฐานของปัจจัย (3) กำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยย่อยที่ใช้วิเคราะห์ (4) วิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ ซึ่งเป็นการซ้อนทับของปัจจัยทั้งหมดโดยการถ่วงน้ำหนักของตัวแปร ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (ภาพที่ 5-16)

### (1) กำหนดปัจจัยที่ก่อให้เกิดน้ำท่วม

โครงการวิจัย ฯ ได้จัดทำฐานข้อมูลปัจจัยเพื่อประเมินโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก โดยแบ่งออกเป็น 11 ปัจจัยย่อย ได้แก่

(1.1) พืชพรรณ หรือลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมโดยพิจารณาจาก ชนิดพืชพรรณที่ปกคลุมในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ทางการเกษตร โดยพื้นที่ทางการเกษตรมีความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วมมากกว่าพื้นที่ป่าไม้

(1.2) อุทกวิทยา เนื่องจากสภาวะน้ำท่วมหรือน้ำท่วมฉับพลัน ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการ เกิดฝนตกหนักหรือฝนต่อเนื่องเป็นเวลานาน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2537ข) ปัจจัยทางอุทกวิทยาที่เป็น สาเหตุหลักของการเกิดน้ำท่วมคือ ปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตก และยังพบว่าปัจจัยอุทกวิทยา อื่น ๆ ดังนี้

(1.2.1) ปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมากย่อมมีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ได้มากตามมา

(1.2.2) จำนวนวันที่ฝนตก ในพื้นที่ที่มีจำนวนวันที่ฝนตกต่อเนื่องกันเป็นเวลานานย่อมทำ ให้พื้นที่นั้นๆมีการกักเก็บน้ำไว้มาก จนเกิดความอึดตัวทำให้ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วมมากกว่า พื้นที่ที่ฝนตกไม่ต่อเนื่องกัน

(1.2.3) ระยะห่างจากแหล่งน้ำ พื้นที่ที่อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำย่อมได้รับผลกระทบจากการ เกิดน้ำเอ่อล้นมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ไกลจากแหล่งน้ำ

(1.2.4) ความหนาแน่นของทางน้ำในลุ่มน้ำย่อย ลุ่มน้ำที่ทางน้ำหนาแน่นและกระจายทั่ว ทั้งพื้นที่จะมีปริมาณน้ำมาก สามารถระบายน้ำได้ดีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมมีน้อย สำหรับพื้นที่ที่มีความ หนาแน่นของลำน้ำน้อย โอกาสเกิดน้ำท่วมจึงมีน้อยตามไปด้วย โดยสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$D = L/A$$

เมื่อ  $D$  = ความหนาแน่นของลำน้ำ(กิโลเมตร/ตารางกิโลเมตร)  
 $L$  = ความยาวของทางน้ำทั้งหมดในลุ่มน้ำ(กิโลเมตร)  
 $A$  = ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร)

(1.2.5) ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ โอกาสการเกิดน้ำท่วมมีน้อยกว่า พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก

(1.3) สภาพภูมิประเทศ แบ่งออกเป็น

(1.3.1) ความลาดชัน เกี่ยวข้องโดยตรงกับการไหลของน้ำผิวดินจากพื้นที่ความลาดชันสูงลงสู่ที่ต่ำ ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำบนพื้นที่ความลาดชันสูงจะเร็วและแรง ทำให้ดินไม่สามารถดูดซับน้ำเอาไว้ได้ทัน โอกาสการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่จึงมีน้อยกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย

(1.3.2) ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล พื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลมากมีโอกาสได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมน้อยกว่าพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่า

(1.3.3) ดัชนีความเปียกของพื้นที่ (Compound Topographic Index; CTI) ประเมินได้จากค่าระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) โดยนำมาวิเคราะห์หาค่าความลาดชัน (slope) ทิศทางการไหลของน้ำ (flow direction) และการไหลสะสมของน้ำ (flow accumulation) โดยหากค่าที่ประเมินได้มีค่าสูงจะแสดงถึงพื้นที่ที่สามารถเก็บสะสมน้ำได้มากกว่าพื้นที่ที่มีค่าน้อยกว่า (Moore et al., 1993) ผลจากการพัฒนาข้อมูลดังกล่าวสามารถสร้างเป็นแผนที่ดัชนีความเปียกเชิงพื้นที่ได้ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

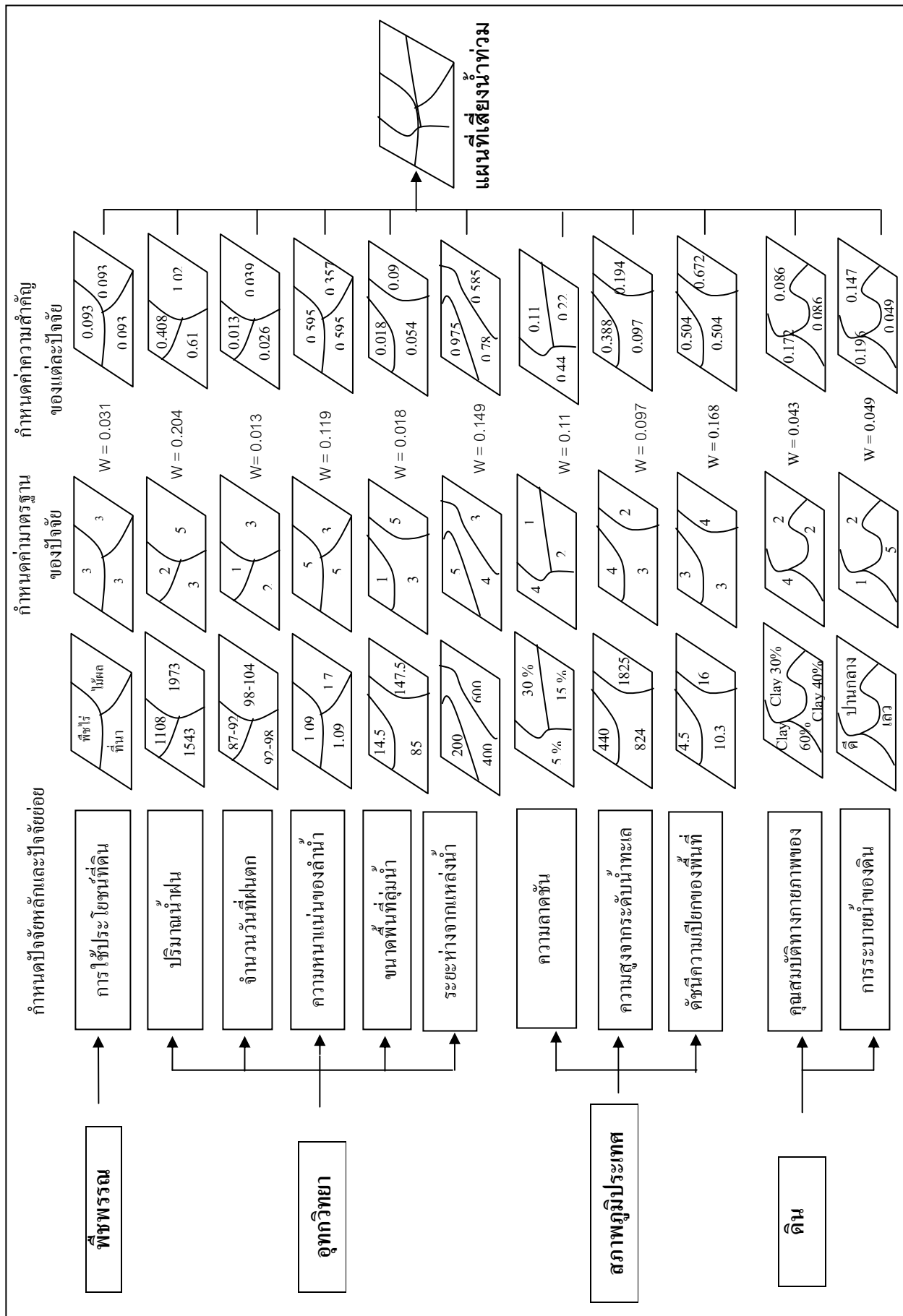
$$CTI = \ln(As/\tan\beta)$$

โดยที่  $As$  คือ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย (ตารางเมตร) และ  $\beta$  คือค่าความลาดชัน (slope)

(1.4) ดิน ลักษณะของดินได้จากข้อมูลชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน (2549) โดยแบ่งเป็น 2 ปัจจัยย่อยได้แก่

(1.4.1) ลักษณะการระบายน้ำของดิน โดยดินที่มีอัตราการระบายน้ำดี มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อย จะส่งผลต่อการเกิดน้ำท่วมน้อย ในขณะที่ดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี การอุ้มน้ำสูง จะทำให้เกิดการแช่ขังของน้ำและส่งผลต่อการเกิดน้ำท่วม

(1.4.2) ลักษณะทางกายภาพของดิน พิจารณาจากลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพโดยรวมของดินแต่ละชุดดิน



ภาพที่ 5-16 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม

## (2) กำหนดค่ามาตรฐานของปัจจัย

เนื่องจากในแต่ละปัจจัยมีคุณสมบัติเฉพาะอย่าง หน่วยของแต่ละปัจจัย ตลอดจนช่วงค่าของปัจจัย ที่อาจก่อให้เกิดน้ำท่วมที่แตกต่างกัน เช่น ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) พื้นที่ฝนตกมากย่อมมีโอกาสน้ำท่วมมาก ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนวันที่ฝนตก (วัน) ยิ่งจำนวนวันที่ฝนตกมากโอกาสการเกิดน้ำท่วมยิ่งมากขึ้น และเมื่อพิจารณาควบคู่กับค่าความลาดชันของภูมิประเทศ (เปอร์เซ็นต์) พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยโอกาสในการกักเก็บน้ำยิ่งมีมากกว่า ส่งผลให้มีโอกาสเกิดน้ำท่วมมากขึ้น เป็นต้น ดังนั้นในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยปัจจัยต่าง ๆ ร่วมกันจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติเฉพาะของแต่ละปัจจัย โดยก่อนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ต้องทำการปรับค่าของปัจจัยให้อยู่ในหน่วยมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้ปัจจัยต่าง ๆ สามารถถูกวิเคราะห์ร่วมกันได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงหน่วยที่แตกต่างกัน สำหรับการกำหนดช่วงค่าคะแนนทำโดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูล และนำค่าการกระจายของข้อมูล (standard deviation) มากำหนดค่าพิสัย (range) ของโอกาสการเกิดน้ำท่วม โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมมากที่สุด ค่าคะแนนเท่ากับ 5 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมมาก ค่าคะแนนเท่ากับ 4 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมปานกลาง ค่าคะแนนเท่ากับ 3 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมน้อย ค่าคะแนนเท่ากับ 2 พื้นที่ที่มีความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมน้อยสุด ค่าคะแนนเท่ากับ 1 โดยการกำหนดค่ามาตรฐานของปัจจัยนั้นได้พิจารณาข้อมูลจากสถานที่จริงประกอบกับการกำหนดเกณฑ์ความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมของสำนักนโยบายและแผนคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2541) ดังตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 ปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย ระดับคะแนน และเกณฑ์การเสี่ยงน้ำท่วม

| ปัจจัย                   | ปัจจัยย่อย            | ระดับคะแนน | เกณฑ์เสี่ยงน้ำท่วม |
|--------------------------|-----------------------|------------|--------------------|
| 1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน | ป่าไม้                | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | ไม่ผลไม้นิย่น         | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | พืชไร่                | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | ที่นา                 | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
| 2.1 ปริมาณน้ำฝน          | 1973.22-1800.198 มม.  | 5          | เสี่ยงมากที่สุด    |
|                          | 1800.197-1627.176 มม. | 4          | เสี่ยงมาก          |
|                          | 1627.175-1454.154 มม. | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | 1454.153-1281.132 มม. | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | 1281.131-1108.11 มม.  | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |
| 2.2 จำนวนวันที่ฝนตก      | 87-92.8 วัน           | 1          | เสี่ยงน้อยสุด      |
|                          | 92.9-98.7 วัน         | 2          | เสี่ยงน้อย         |
|                          | 98.9-104.7 วัน        | 3          | เสี่ยงปานกลาง      |
|                          | 104.8-110.6 วัน       | 4          | เสี่ยงมาก          |
|                          | 110.7-116.5 วัน       | 5          | เสี่ยงมากที่สุด    |

ตารางที่ 5-6 (ต่อ) ปัจจัยหลัก ปัจจัยย่อย ระดับคะแนน และเกณฑ์การเสี่ยงน้ำท่วม

|                              |                          |   |                 |
|------------------------------|--------------------------|---|-----------------|
| 2.3 ความหนาแน่นของลำน้ำ      | 1.094-1.420 กม/ตร.กม     | 5 | เสี่ยงมากที่สุด |
|                              | 1.42 -1.747 กม/ตร.กม     | 4 | เสี่ยงมาก       |
|                              | 1.748-2.074 กม/ตร.กม     | 3 | เสี่ยงปานกลาง   |
|                              | 2.075-2.400 กม/ตร.กม     | 2 | เสี่ยงน้อย      |
|                              | > 2.401 กม/ตร.กม         | 1 | เสี่ยงน้อยสุด   |
| 2.4 ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ       | 14.522 - 47.766 ตร.กม    | 5 | เสี่ยงมากที่สุด |
|                              | 47.767 - 81.011 ตร.กม    | 4 | เสี่ยงมาก       |
|                              | 81.012 - 114.256 ตร.กม   | 3 | เสี่ยงปานกลาง   |
|                              | 114.257 - 147.501 ตร.    | 2 | เสี่ยงน้อย      |
|                              | > 147.502 ตร.กม          | 1 | เสี่ยงน้อยสุด   |
| 2.5 ระยะห่างจากลำน้ำ         | 200 ม.                   | 5 | เสี่ยงมากที่สุด |
|                              | 400 ม.                   | 4 | เสี่ยงมาก       |
|                              | 600 ม.                   | 3 | เสี่ยงปานกลาง   |
|                              | 1000 ม.                  | 2 | เสี่ยงน้อย      |
|                              | >1000 ม.                 | 1 | เสี่ยงน้อยสุด   |
| 3.1 เปอร์เซนต์ความลาดชัน     | >15%                     | 1 | เสี่ยงน้อยสุด   |
|                              | 11-15%                   | 2 | เสี่ยงน้อย      |
|                              | 6-10%                    | 4 | เสี่ยงมาก       |
|                              | 0-5%                     | 5 | เสี่ยงมากที่สุด |
| 3.2 ความสูงจากระดับน้ำทะเล   | 440-685                  | 4 | เสี่ยงมาก       |
|                              | 686-824                  | 3 | เสี่ยงปานกลาง   |
|                              | 825-1155                 | 2 | เสี่ยงน้อย      |
|                              | > 1156                   | 1 | เสี่ยงน้อยสุด   |
| 3.3 ดัชนีความเปียกของพื้นที่ | < 0                      | 1 | เสี่ยงน้อยสุด   |
|                              | 0 - 4.35                 | 2 | เสี่ยงน้อย      |
|                              | 4.36 – 10.29             | 3 | เสี่ยงปานกลาง   |
|                              | 10.30 – 16.24            | 4 | เสี่ยงมาก       |
|                              | > 16.24                  | 5 | เสี่ยงมากที่สุด |
| 4.1 คุณสมบัติกายภาพของดิน    | ดินตื้น-ดินเหนียว > 60%  | 5 | เสี่ยงมากที่สุด |
|                              | ดินตื้น-ดินเหนียว 40-60% | 4 | เสี่ยงมาก       |
|                              | ดินตื้น-ดินเหนียว 20-40% | 2 | เสี่ยงน้อย      |
|                              | ดินตื้น-ดินเหนียว <20%   | 1 | เสี่ยงน้อยสุด   |
| 4.2 การระบายน้ำของดิน        | ดี                       | 1 | เสี่ยงน้อยสุด   |
|                              | ดีปานกลาง                | 2 | เสี่ยงน้อย      |
|                              | ค่อนข้างเลว              | 4 | เสี่ยงมาก       |
|                              | เลว                      | 5 | เสี่ยงมากที่สุด |

### (3) กำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยย่อย (Criterion weighting)

หลังการกำหนดปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วม และกำหนดค่ามาตรฐานให้แก่ปัจจัยแล้ว ต่อมาคือการกำหนดค่าความสำคัญของปัจจัย (criterion weighting) เนื่องจากแต่ละปัจจัยมี

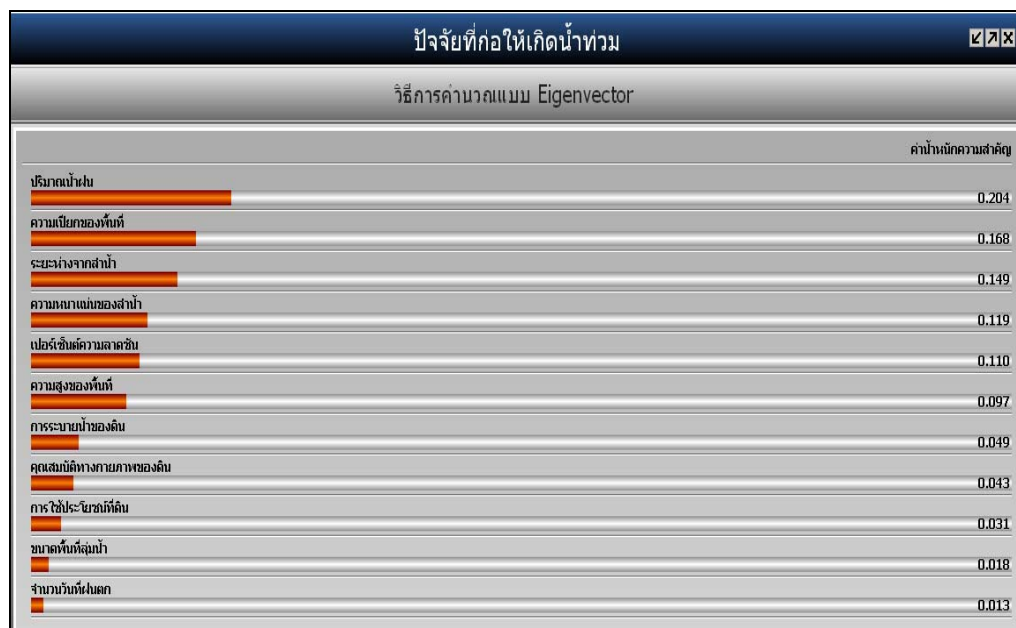
ความสำคัญที่มีส่วนทำให้เกิดโอกาสการเกิดน้ำท่วมไม่เท่ากัน เช่น ปริมาณน้ำฝนมีความสำคัญมากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะห่างระหว่างลำน้ำมีความสำคัญมากกว่าการระบายน้ำของดิน เป็นต้น ซึ่งในการตัดสินใจว่าแต่ละปัจจัยมีความสำคัญมากหรือน้อยต่างกันเท่าใด จำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ โครงการวิจัย ฯ ได้ให้ความสำคัญในแต่ละปัจจัยโดยใช้วิธีการตัดสินใจด้วยกระบวนการวิเคราะห์ทางเลือกแบบลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) (Saaty, 1980) ซึ่งเป็นการตัดสินใจในทางเลือกและจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกเมื่อมีเกณฑ์พิจารณาหลักเกณฑ์ ซึ่งสามารถช่วยในการตัดสินใจให้ดีที่สุด เนื่องจากได้ทำการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ทีละคู่ด้วยการแสดงเหตุผลอย่างชัดเจนว่าเหตุใดสิ่งทีเลือกนั้นถึงดีที่สุด โดยโครงการวิจัย ฯ ได้ใช้โปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.) ที่พัฒนาโดยเมธี และคณะ (2550) ภาพที่ 5-17 แสดงการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 11 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วม

| ค่า CR : 0.093        |                     |             |                    |                      |                       |                   |                     |                   |                          |                  |                 |              |
|-----------------------|---------------------|-------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|------------------|-----------------|--------------|
|                       | ความหนาแน่นของลำน้ำ | ปริมาณน้ำฝน | ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ | การใช้ประโยชน์ที่ดิน | เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน | ความสูงของพื้นที่ | ความเปียกของพื้นที่ | การระบายน้ำของดิน | คุณสมบัติทางกายภาพของดิน | ระยะห่างจากลำน้ำ | จำนวนวันที่ฝนตก | ค่าความสำคัญ |
| ความหนาแน่นของลำน้ำ   | 1                   | 1/4         | 6                  | 4                    | 1                     | 3                 | 1                   | 6                 | 2                        | 1/4              | 7               | 0.119        |
| ปริมาณน้ำฝน           | 4                   | 1           | 9                  | 6                    | 3                     | 3                 | 1                   | 4                 | 6                        | 1                | 9               | 0.204        |
| ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ    | 1/6                 | 1/9         | 1                  | 1/4                  | 1/5                   | 1/5               | 1/7                 | 1/5               | 1/5                      | 1/9              | 4               | 0.018        |
| การใช้ประโยชน์ที่ดิน  | 1/4                 | 1/6         | 4                  | 1                    | 1/4                   | 1/4               | 1/6                 | 1/3               | 1/3                      | 1/5              | 6               | 0.031        |
| เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน | 1                   | 1/3         | 5                  | 4                    | 1                     | 1                 | 1/3                 | 3                 | 4                        | 2                | 7               | 0.110        |
| ความสูงของพื้นที่     | 1/3                 | 1/3         | 5                  | 4                    | 1                     | 1                 | 1/3                 | 3                 | 2                        | 2                | 7               | 0.097        |
| ความเปียกของพื้นที่   | 1                   | 1           | 7                  | 6                    | 3                     | 3                 | 1                   | 3                 | 6                        | 1                | 9               | 0.168        |
| การระบายน้ำของดิน     | 1/6                 | 1/4         | 5                  | 3                    | 1/3                   | 1/3               | 1/3                 | 1                 | 1                        | 1/3              | 7               | 0.049        |
| คุณสมบัติทางกายภาพ    | 1/2                 | 1/6         | 5                  | 3                    | 1/4                   | 1/2               | 1/6                 | 1                 | 1                        | 1/5              | 3               | 0.043        |
| ระยะห่างจากลำน้ำ      | 4                   | 1           | 9                  | 5                    | 1/2                   | 1/2               | 1                   | 3                 | 5                        | 1                | 6               | 0.149        |
| จำนวนวันที่ฝนตก       | 1/7                 | 1/9         | 1/4                | 1/6                  | 1/7                   | 1/7               | 1/9                 | 1/7               | 1/3                      | 1/6              | 1               | 0.013        |

ภาพที่ 5-17 การกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 11 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.)

ผลการกำหนดค่าความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมมากที่สุดอันดับแรกคือ ปริมาณน้ำฝน (0.204) เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเป็นตัวบ่งชี้ที่ชัดเจนต่อการเกิดน้ำท่วม กล่าวคือพื้นที่ที่มีฝนตกปริมาณมาก ย่อมมีโอกาสเกิดน้ำท่วมได้มากที่สุด ปัจจัยรองลงมาคือดัชนีความเปียกของพื้นที่ (0.168) ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความชื้นที่มีอยู่ในพื้นที่นั้น ๆ พื้นที่ที่มีดัชนีความเปียกของพื้นที่สูงจะมีความอึดตัวของน้ำในดินมาก ทำให้มีโอกาสน้ำท่วมขังมากด้วย ปัจจัยอันดับสามคือระยะห่างจากลำน้ำ (0.149) พื้นที่ห่างจากลำน้ำไม่มากย่อมต้องได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเอ่อล้นของลำน้ำมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ห่างจากลำน้ำ ปัจจัยสำคัญลำดับต่อมาคือความหนาแน่นของทางน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำ (0.119) เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (0.110) ความสูงของพื้นที่ (0.097) การระบายน้ำของดิน (0.049) คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

(0.043) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (0.031) ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (0.018) และจำนวนวันที่ฝนตก (0.013) ตามลำดับ ดังภาพที่ 5-18



ภาพที่ 5-18 ผลการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญให้กับ 11 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.)

#### (4) วิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่

วิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมโดยการซ้อนทับข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้ง 11 ปัจจัยที่กำหนดค่ามาตรฐานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) โดยทำการคำนวณค่าคะแนนปัจจัยน้ำท่วมโดยใช้สมการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์การเกิดภัยแล้ง

$$W_t = (M_1 W_1) + (M_2 W_2) + (M_3 W_3) + \dots + (M_n W_n)$$

จัดกลุ่มของค่าคะแนนรวมโดยทำการแบ่งช่วงชั้นของโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมเป็น 5 ระดับ คือ พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยสุด โดยแบ่งช่วงค่าข้อมูลเท่า ๆ กัน คำนวณจากระยะห่างระหว่างค่าคะแนนสูงสุดและต่ำสุดหารด้วยจำนวนช่วงชั้นที่กำหนดไว้ 5 ระดับข้างต้น ซึ่งระดับคะแนนมีดังนี้

ระดับโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมมากที่สุด ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 4.272 – 4.853

ระดับโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมมาก ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 3.690 – 4.271

ระดับโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมปานกลาง ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 3.108 – 3.689

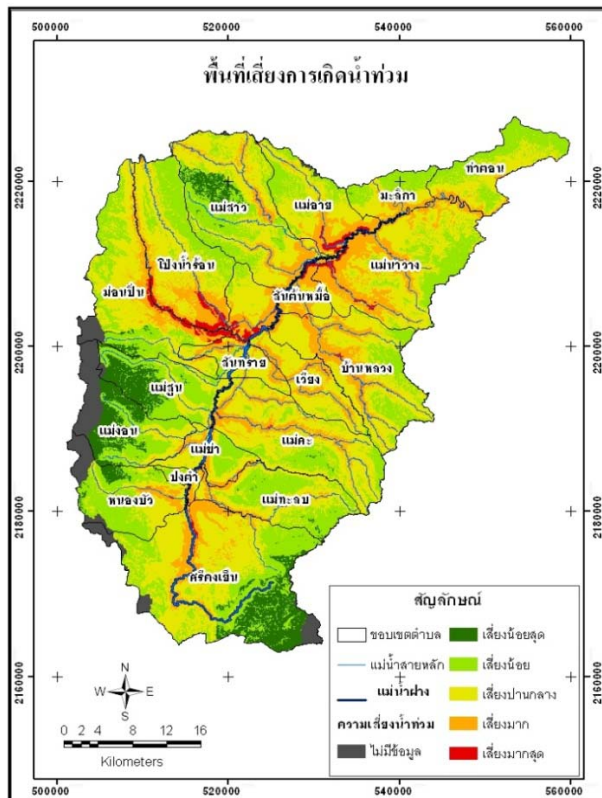
ระดับโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมน้อย ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 2.526 – 3.107

ระดับโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมน้อยสุด ค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 1.944 – 2.525

## (5) ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วม

การวิเคราะห์เพื่อกำหนดเขตพื้นที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งอาศัยปัจจัยทางกายภาพที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดน้ำท่วมทั้งหมด 11 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ดัชนีความเปียกของพื้นที่ ระยะห่างจากลำน้ำ ความหนาแน่นของทางน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำ เพอร์เซ็นต์ความลาดชัน ความสูงของพื้นที่ การระบายน้ำของดิน คุณสมบัติทางกายภาพของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ และจำนวนวันที่ฝนตก โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย ทำการวิเคราะห์หาพื้นที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูล (overlaying) ปัจจัยที่กำหนด ได้ผลดังนี้

พื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ มีโอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงน้อยสุด เป็นพื้นที่ 78,017.6 ไร่ (ร้อยละ 5.9 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับน้อย เป็นพื้นที่ 370,652.2 ไร่ (ร้อยละ 28.2 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับปานกลาง เป็นพื้นที่ 574,915.2 ไร่ (ร้อยละ 43.7 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมมาก เป็นพื้นที่ 225,853.5 ไร่ (ร้อยละ 17.2 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมมากที่สุด เป็นพื้นที่ 20,496.0 ไร่ (ร้อยละ 1.6 ของพื้นที่ทั้งหมด) อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินโอกาสเกิดน้ำท่วมนี้ มีในบางพื้นที่ที่ไม่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ได้ จำนวน 46,511.3 ไร่ (ร้อยละ 3.5 ของพื้นที่ทั้งหมด) เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของชั้นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในบางปัจจัย ภาพที่ 5-19 และตารางที่ 5-7 แสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมในอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ



ตารางที่ 5-7 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงน้ำท่วม

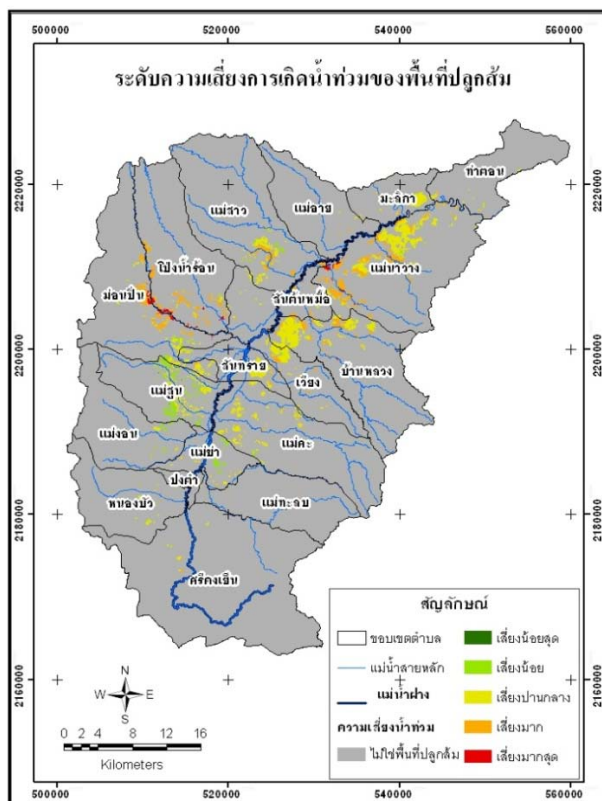
| โอกาสเสี่ยงน้ำท่วม |                    |              |
|--------------------|--------------------|--------------|
| โอกาส              | พื้นที่ (ไร่)      | %            |
| เสี่ยงน้อยสุด      | 78,017.6           | 5.9          |
| เสี่ยงน้อย         | 370,652.2          | 28.2         |
| เสี่ยงปานกลาง      | 574,915.2          | 43.7         |
| เสี่ยงมาก          | 225,853.5          | 17.2         |
| เสี่ยงมากที่สุด    | 20,496.0           | 1.6          |
| ไม่มีข้อมูล        | 46,511.3           | 3.5          |
| <b>พื้นที่รวม</b>  | <b>1,316,445.9</b> | <b>100.0</b> |

ภาพที่ 5-19 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงน้ำท่วมในอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ

### 5.3.2 ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมของพื้นที่ปลูกส้ม

การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบันของอำเภอฝาง แม่สาย ไชยปราการ โดยใช้ข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบันที่วิเคราะห์จำแนกได้จากข้อมูลภาพถ่ายเทียม ALOS (Advanced Land Observing Satellite) ระบบข้อมูล AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2) บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย.51 ทำการซ้อนทับ (overlying) และตัด (clipping) เข้ากับข้อมูลพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ ที่ประเมินได้จากกระบวนการในขั้นตอน (5.3.1 การประเมินสถานการณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม)

พื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบันของอำเภอฝาง แม่สาย ไชยปราการ มีโอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงน้อยสุด คิดเป็นพื้นที่ 71.8 ไร่ (ร้อยละ 0.1 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงน้อย คิดเป็นพื้นที่ 5,998.1 ไร่ (ร้อยละ 9.4 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 36,315.7 ไร่ (ร้อยละ 56.9 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงมาก คิดเป็นพื้นที่ 19,502.8 ไร่ (ร้อยละ 30.6 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมมากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 1,915.5 ไร่ (ร้อยละ 3.0 ของพื้นที่ทั้งหมด) รวมพื้นที่ปลูกส้มในอำเภอฝาง แม่สาย ไชยปราการ จำนวนทั้งสิ้น 63,804.0 ไร่ ภาพที่ 5-20 และตารางที่ 5-8 แสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกส้มที่มีโอกาสเกิดน้ำท่วมในอำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ



ตารางที่ 5-8 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกส้มที่มีโอกาสเสี่ยงน้ำท่วม

| โอกาสเสี่ยงน้ำท่วมของพื้นที่ปลูกส้ม |                    |              |
|-------------------------------------|--------------------|--------------|
| โอกาส                               | พื้นที่ (ไร่)      | %            |
| เสี่ยงน้อยสุด                       | 71.8               | 0.1          |
| เสี่ยงน้อย                          | 5,998.1            | 9.4          |
| เสี่ยงปานกลาง                       | 36,315.7           | 56.9         |
| เสี่ยงมาก                           | 19,502.8           | 30.6         |
| เสี่ยงมากที่สุด                     | 1,915.5            | 3.0          |
| <b>รวมพื้นที่ปลูกส้ม</b>            | <b>63,804.0</b>    | <b>100.0</b> |
| ไม่ใช่พื้นที่ปลูกส้ม                | 1,252,642.0        |              |
| <b>พื้นที่รวม</b>                   | <b>1,316,445.9</b> |              |

ภาพที่ 5-20 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ปลูกส้มที่มีโอกาสเสี่ยงน้ำท่วมในอำเภอฝาง แม่สาย และไชยปราการ

#### 5.4 สรุป: สถานการณ์ปริมาณน้ำและความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วม สำหรับพื้นที่ปลูกส้ม

แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ได้ถูกประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินสถานการณ์น้ำท่าที่อาจมีผลกระทบต่อพื้นที่สวนส้มในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูล (1) ลักษณะของกลุ่มน้ำ (Watershed characteristics) ได้แก่ ความสูงของสภาพภูมิประเทศ (Digital Elevation Model: DEM) ดิน (soils) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use) (2) ลักษณะภูมิอากาศ (climate characteristics) ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการระเหยความชื้นสัมพัทธ์ และ (3) ลักษณะทางอุทกวิทยา (hydrological Characteristics) ได้แก่ ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝน โดยผลการประเมินปริมาณน้ำท่าของพื้นที่ศึกษา (กลุ่มน้ำฝาง) ด้วยแบบจำลอง SWAT ซึ่งสามารถแยกได้เป็นสองส่วน คือ “Surface Runoff” และ “Ground Water” ไหลรวมลงสู่แม่น้ำ เรียกว่า “Base Flow” ซึ่งผลการสอบเทียบค่าแบบจำลอง (model calibration) ของ “Base Flow” ที่ได้จากแบบจำลอง (simulated data) พบว่า มีความใกล้เคียงกับค่าสำรวจจริง (observed data) อยู่ในระดับปานกลาง ( $R^2 = 0.54$ ) ซึ่งผลของแบบจำลองยังไม่ถูกต้องมากนัก โดยต้องมีการปรับเทียบแบบจำลอง (model validation) ด้วยพารามิเตอร์บางค่าที่พบว่ามีความอ่อนไหวและมีผลต่อแบบจำลอง ได้แก่ ค่า CN ที่มีผลมาจากลักษณะต่าง ๆ ทางกายภาพของกลุ่มน้ำรวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลของการปรับเทียบแบบจำลอง ทำให้ได้ค่าประมาณการณ์ที่ใกล้เคียงความจริง ( $R^2 = 0.842$ ) โดยข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในระดับที่สามารถยอมรับได้และนำแบบจำลองไปใช้ได้จริง

อย่างไรก็ตาม จากการปรับเทียบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อแบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ศึกษา (กลุ่มน้ำฝาง) โครงการวิจัยฯ ได้ข้อสังเกตว่าปัจจัยข้อมูลนำเข้าบางประการ เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลา น่าจะมีผลต่อค่าพารามิเตอร์บางประการที่มีผลต่อแบบจำลองเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งต้องส่งผลกระทบต่อข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองด้วย ทั้งนี้การศึกษาและพิสูจน์ข้อเท็จจริงอาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาอย่างละเอียดในโอกาสต่อไป เนื่องด้วยระยะเวลาที่มีจำกัด ประกอบกับการศึกษาเรื่องนี้ต้องอาศัยความละเอียดและระยะเวลาพอสมควร โครงการจึงไม่อาจสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลต่อแบบจำลองมากเพียงใด ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเพียงสมมุติฐานเท่านั้น หากมีโอกาสจะได้ทำการศึกษาเพื่อหาข้อสรุปที่ถูกต้องต่อไป

ในส่วนของการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมของพื้นที่ปลูกส้ม ในขั้นต้น ได้ประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกับวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด (อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ) จากนั้นจึงใช้ข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบันที่วิเคราะห์จำแนกได้จากข้อมูลดาวเทียม ALOS (Advanced Land Observing Satellite) ระบบข้อมูล AVNIR-2 (Advanced

Visible and Near Infrared Radiometer type 2) บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย.51 ทำการซ้อนทับ (overlying) และตัด (clipping) เข้ากับข้อมูลพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาয় และไชยปราการ ที่ประเมินได้ในขั้นต้น

ในการประเมินความเสี่ยงภัยแล้งได้ใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งตามค่าความสำคัญที่กำหนดได้ด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.) คือ จำนวนวันที่ฝนตก (0.334) เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (0.195) ปริมาณน้ำฝน (0.170) ระยะห่างจากลำน้ำ (0.148) ความหนาแน่นของลำน้ำ (0.058) การระบายน้ำของดิน (0.044) ความหนาแน่นของบ่อน้ำ (0.031) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (0.020) ตามลำดับ

ส่วนการประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมได้ใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมตามค่าความสำคัญที่กำหนดได้คือ ปริมาณน้ำฝน (0.204) ดัชนีความเปียกของพื้นที่ (0.168) ระยะห่างจากลำน้ำ (0.149) ความหนาแน่นของทางน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำ (0.119) เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (0.110) ความสูงของพื้นที่ (0.097) การระบายน้ำของดิน (0.049) คุณสมบัติทางกายภาพของดิน (0.043) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (0.031) ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (0.018) และจำนวนวันที่ฝนตก (0.013) ตามลำดับ

ผลการศึกษา พบว่า พื้นที่ปลูกส้มในอำเภอฝาง แม่อาয় ไชยปราการ มีโอกาสเกิดภัยแล้งในระดับเสี่ยงน้อยสุด คิดเป็นพื้นที่ 17,915.2 ไร่ (ร้อยละ 28.1 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงน้อย คิดเป็นพื้นที่ 11,824.1 ไร่ (ร้อยละ 18.5 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 9,970.4 ไร่ (ร้อยละ 15.6 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงมาก คิดเป็นพื้นที่ 22,571.7 ไร่ (ร้อยละ 35.4 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งมากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 1,522.5 ไร่ (ร้อยละ 2.4 ของพื้นที่ทั้งหมด) รวมพื้นที่ปลูกส้มในอำเภอฝาง แม่อาয় ไชยปราการ จำนวนทั้งสิ้น 63,804.0 ไร่

สำหรับพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบันของอำเภอฝาง แม่อาয় ไชยปราการ มีโอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงน้อยสุด คิดเป็นพื้นที่ 71.8 ไร่ (ร้อยละ 0.1 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงน้อย คิดเป็นพื้นที่ 5,998.1 ไร่ (ร้อยละ 9.4 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 36,315.7 ไร่ (ร้อยละ 56.9 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงมาก คิดเป็นพื้นที่ 19,502.8 ไร่ (ร้อยละ 30.6 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมมากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 1,915.5 ไร่ (ร้อยละ 3.0 ของพื้นที่ทั้งหมด) รวมพื้นที่ปลูกส้มในอำเภอฝาง แม่อาয় ไชยปราการ จำนวนทั้งสิ้น 63,804.0 ไร่

## เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. 2553. แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ชุด L7018 กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2549, ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคเหนือ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: [http://osl101.ldd.go.th/thaisoils\\_museum/knownlg/series\\_N.htm](http://osl101.ldd.go.th/thaisoils_museum/knownlg/series_N.htm) (27 กรกฎาคม 2553).

กรมอุตุนิยมวิทยา, 2537ก, ลักษณะความแห้งแล้งขององค์กรมอุตุนิยมวิทยาโลก.[ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา: <http://www.tmd.go.th/info/> (4 มีนาคม 2553).

กรมอุตุนิยมวิทยา, 2537ข, อุทกภัย.[ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://www.tmd.go.th/info> (4 มีนาคม 2553).

พีระพิทย์ พีชมงคล ธีรดา ยงสถิตศักดิ์ เซาว์น ยงเฉลิมชัย อุดุลย์ เบ็ญนัย อานันต์ คำภีระ นาดยา จิ่ง เจริญธรรม รัตนา ทองย้อย. 2549. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจากดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเขตพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดภัยแล้งในจังหวัดสตูล คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2539. โครงการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและภัยธรรมชาติในเขตลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.กรุงเทพฯ: คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิพนธ์ ตั้งธรรม สุเทพ จันทรเขียว อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา หรรษา วัฒนากิจ ธาดา สุขะปุ่นพันธ์ และประเสริฐ อังสุรัตน์. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยเพื่อการพัฒนาแบบจำลองเพื่อบริหารและบูรณาการการจัดการลุ่มน้ำเจ้าพระยาโดยใช้ข้อมูลจากโครงการวิจัย GAME-T. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วิทยาศาสตร์).

เมธี เอกะสิงห์ ชาญชัย แสงไชยสวัสดิ์ เฉลิมพล สำราญพงษ์ เทวินทร์ แก้วเมืองมูล ชาฤทธิ์ สุ่มเหม. 2550. โปรแกรมระบบร่วมตัดสินใจ (รตส.) ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมพิศ นิธิยานันท์. 2546. การวิเคราะห์ภัยแล้งและพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สำนักนโยบายและแผนคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2541. โครงการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยและภัยธรรมชาติในเขตลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ

ไอฟาร์ เวศอุไร. 2548. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนโดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Blackland Research and Extension Center. 2009. Soil and Water Assessment tool / SWAT.

[Online]. Available <http://www.brc.tamus.edu/swat/> (December 27, 2009).

CRWR. 1997. DEM Surface Reconditioning System. Center for Research in Water Resources, The University of Texas at Austin. [Online]. Available:

<http://www.crwr.utexas.edu/gis/gishyd98/quality/agree/agree.htm> (May 2, 2010)

- Moore, ID., Gessler, P.E., Nielsen, G.A., and Petersen, G.A. 1993 Terrain attributes: estimation methods and scale effects. In Modeling Change in Environmental Systems. Edited by A.J. Jakeman M.B. Beck and M. McAleer (London: Wiley), pp. 189 - 214.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R., 2002. Soil and Water Assessment Tool. User's Manual. Version 2005. GSWRL Report 02-02, BRC Report 2-06, Temple, Texas, USA. <http://www.sciencedirect.com/> (September 2, 2009).
- Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw Hill Company, New York.
- SWAT. 2005. MapWindow GIS 4.5. [Online]. Available: <http://www.mapwindow.org> (September 17, 2008).
- U.S. Department of Agriculture. 1972. National Engineering Handbook. Soil Conservation Service, section 4, hydrology, United States Government Printing Office, Washington D.C., USA.
-

## บทที่ 6

### ระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่

เทวินทร์ แก้วเมืองมูล<sup>1</sup> ถาวร อ่อนประไพ<sup>2</sup> ศศิประภา แถวธำ<sup>3</sup> วาสนา วิรุณรัตน์<sup>4</sup>

รินทร์ระวี ณ ลำพูน<sup>3</sup> สุกัญญา พรพิภาค<sup>3</sup> และ จินดาวรรณ คำโมนะ<sup>3</sup>

-----

โครงการวิจัย ฯ ได้พัฒนา “ระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่” ที่สามารถเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการปลูกส้มและทรัพยากรที่ดิน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษา วิเคราะห์ และประเมินปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ในโครงการวิจัย ฯ และอีกส่วนหนึ่งเป็นการรวบรวมองค์ความรู้ด้านทรัพยากรดินและน้ำที่เกี่ยวข้องกับการปลูกส้มที่ถูกต้องตามหลักวิชาการเข้ามาไว้ร่วมกัน ทั้งนี้ เพื่อต้องการให้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกส้มและผู้เกี่ยวข้องสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการวางแผนและสนับสนุนการตัดสินใจด้านการใช้ที่ดินและการใช้ทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตส้ม ในงานพัฒนา “ระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่” ของโครงการวิจัย ฯ ได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ (1) แนวคิดและการออกแบบระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ (2) การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่ และ (3) การคืนข้อมูลให้กับชุมชนในพื้นที่ศึกษา ในรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 6.1 แนวคิดและการออกแบบระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่

โครงการวิจัย ฯ มีจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการเผยแพร่ผลของงานวิจัยและองค์ความรู้ด้านทรัพยากรดินและน้ำที่เกี่ยวข้องกับการปลูกส้มที่ถูกต้องตามหลักวิชาการที่ได้จากโครงการวิจัย ฯ ผ่านไปสู่ผู้ใช้ข้อมูลระดับต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกส้ม เจ้าหน้าที่การเกษตรขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ตลอดจนนักวิชาการเกษตรของสำนักงานเกษตรตำบลและเกษตรอำเภอที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ “ระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่” ที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้เป็นเครื่องมือในการสื่อสารเผยแพร่ข้อมูลและองค์ความรู้ไปยังผู้ใช้ในแต่ละระดับ แต่ละโอกาส และแต่ละความสะดวก โครงการวิจัย ฯ จึงได้มีแนวคิดในการพัฒนา “ระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่” ออกเป็น 2 รูปแบบ คือ (1) ระบบสารสนเทศสังคมแบบ Web-based และ (2) ระบบสารสนเทศสังคมแบบ Window-based ซึ่งในการออกแบบระบบมีความแตกต่างกัน ดังนี้

---

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>2</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>3</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>4</sup> นศ.ปริญญาเอก สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

### 6.1.1 แนวคิดและการออกแบบระบบสารสนเทศสัมแบบ Web-based

#### - แนวคิด “ระบบสารสนเทศสัมเชิงพื้นที่แบบ Web-based”

มีการประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในลักษณะเว็บไซต์ (WebGIS) ในประเทศไทย อย่างแพร่หลาย โครงการวิจัย ฯ มีแนวคิดในการพัฒนาระบบสารสนเทศสัมเชิงพื้นที่แบบ Web-based โดยใช้โปรแกรมอำนวยความสะดวกในการเผยแพร่ข้อมูลเชิงพื้นที่และการประยุกต์ใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ต ตัวอย่างเช่น เว็บไซต์ Google Earth (Google, 2005) ที่ได้รับความนิยมอยู่ในขณะนี้ ระบบสามารถติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) เพื่ออำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูลเชิงพื้นที่และแสดงผลเป็นข้อมูลแผนที่บนอินเทอร์เน็ตที่มีประสิทธิภาพมาก โดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศและภาพจากดาวเทียมผสมผสานกับเทคโนโลยี Streaming และเรียกใช้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่บริเวณที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเว็บไซต์ที่เป็นผู้นำในการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านอินเทอร์เน็ตอีกแห่งหนึ่งได้แก่ Center of Agricultural, Resource and Environmental Systems (CARES, 2006) ที่แสดงตัวอย่างการใช้ข้อมูลเชิงกายภาพ เศรษฐกิจ ประชากร และวัฒนธรรม เพื่อประโยชน์ในการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

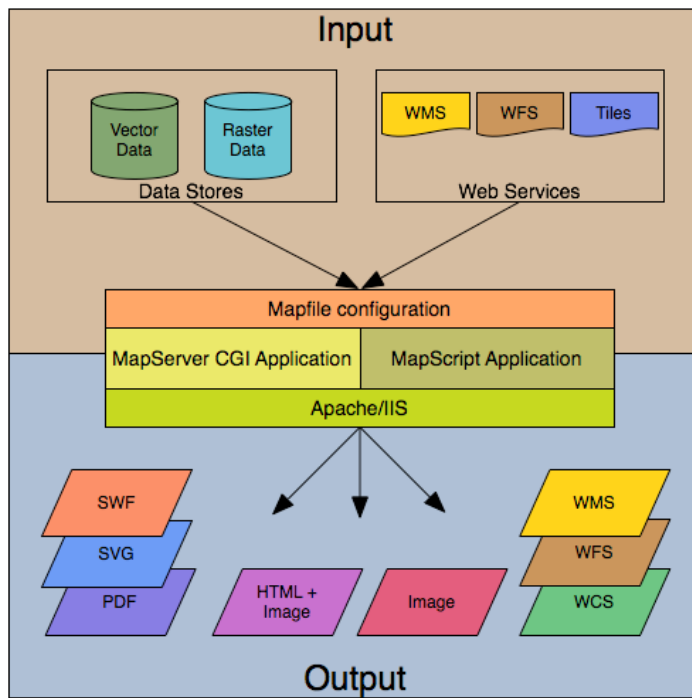
เทคโนโลยี SVG (Scalable Vector Graphics) ซึ่งเป็นอีกทางเลือกในการแสดงข้อมูลแผนที่และข้อมูลเชิงบรรยายบนระบบอินเทอร์เน็ตโดยที่ข้อมูลแผนที่ที่แสดงผ่าน Web Browser จะอยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ (vector) ซึ่งทำให้สามารถปรับเปลี่ยนคุณลักษณะ ตลอดจนองค์ประกอบของแผนที่ในลักษณะเชิงโต้ตอบ (interactive) กับผู้ใช้นระบบอินเทอร์เน็ตได้ดีกว่าการแสดงแผนที่ในรูปแบบราสเตอร์ (raster) ซึ่งมีลักษณะเป็น non-interactive นอกจากนี้ SVG (Scalable Vector Graphics) ยังเป็นซอฟต์แวร์เปิดเผยแพร่ (open source software) แก่ผู้สนใจพัฒนาต่อ จึงทำให้การนำเสนอข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความยืดหยุ่นต่อผู้ใช้ในอนาคตมากที่สุด (พงษ์ศักดิ์ และชัยภัทร, 2547)

ในปัจจุบัน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ (1) Web Application และ (2) Broadband GIS ในรูปแบบที่ (1) Web Application ผู้ใช้จะทำงานอยู่ที่เครื่องคอมพิวเตอร์บนฝั่งลูกข่าย ซึ่งจะมีการส่งคำสั่งไปยัง Application ที่อยู่บนฝั่งแม่ข่ายผ่าน http protocol แม่ข่ายจะทำการประมวลผลคำสั่งและส่งผลลัพธ์กลับมายังลูกข่าย การทำงานจะอาศัยทรัพยากรของแม่ข่ายเป็นหลัก โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ทำงานในระบบอาจจะไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะที่สูงมากนักก็สามารถทำงานได้ แต่เนื่องจากการทำงานจะต้องพึ่งพาระบบอินเทอร์เน็ตในการรับส่งข้อมูลและคำสั่งระหว่างลูกข่ายกับแม่ข่าย ดังนั้นระบบอินเทอร์เน็ตจึงจำเป็นต้องที่จะต้องมีประสิทธิภาพที่ดี จึงจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนในรูปแบบที่ (2) Broadband GIS เป็นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ตที่มีการทำงานทั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ฝั่งลูกข่ายและแม่ข่าย โดยผู้ใช้งานต้องทำการติดตั้งซอฟต์แวร์เฉพาะที่เครื่องลูกข่าย เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางรับคำสั่งในการ

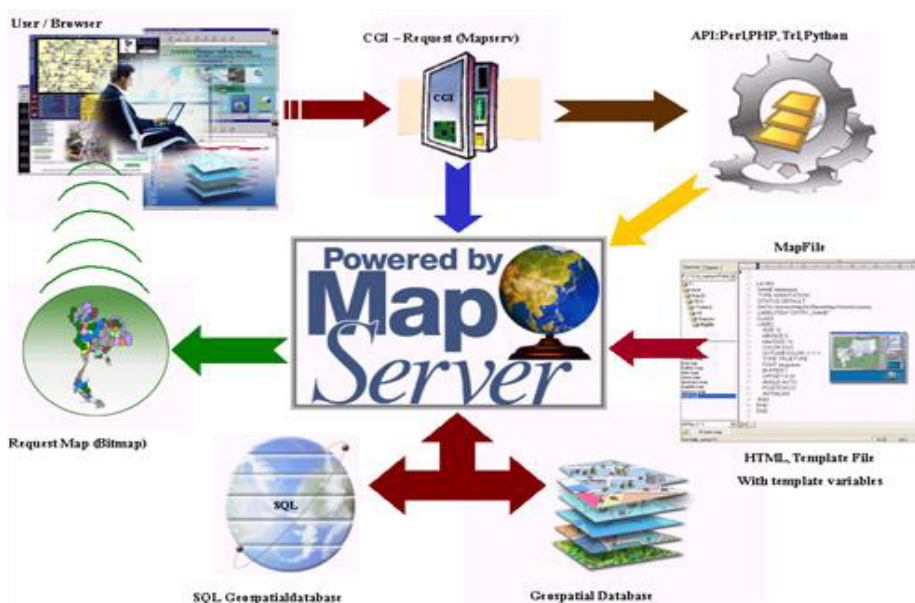
ทำงาน ข้อมูลเชิงพื้นที่จะถูกจัดเก็บบนฝั่งแม่ข่าย ผู้ใช้จะส่งคำสั่งผ่านระบบอินเทอร์เน็ต แม่ข่ายจะทำการประมวลผลคำสั่งเหล่านั้นและสร้างข้อมูลปริภูมิที่อยู่ในรูป Bitmap แล้วส่งกลับมายังลูกข่าย ซอฟต์แวร์ที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจะทำหน้าที่ในการจัดการเรื่องการแสดงผล โดยเฉพาะ การแสดงผลสามมิติ ตัวอย่างของ Broadband GIS ได้แก่ Google Earth, NASA World Wide เป็นต้น (ชัยภัทร, 2549)

ในส่วนการพัฒนาระบบสารสนเทศสั่มเชิงพื้นที่แบบ Web-based ของโครงการวิจัย ฯ ได้กำหนดพื้นที่ในการเผยแพร่ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ (1) ส่วนที่เป็นข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ (non-spatial data) เช่น องค์ความรู้เรื่องสั่ม ไขปัญหาสั่ม เป็นต้น และ (2) ส่วนที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ได้แก่ข้อมูลแผนที่ต่าง ๆ ซึ่งได้ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ตชื่อว่า “Minnesota MapServer” ซึ่งเป็น open source software เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาระบบ ฯ โดยมีหลักการทำงานของโปรแกรม ฯ กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้ส่งคำสั่งให้โปรแกรม MapServer ซึ่งมีคำสั่งชนิด CGI (Common Gateway Interface) จำนวนมากที่สามารถทำการกำหนดขอบเขตภูมิศาสตร์ในการเรียกดูแผนที่ สืบค้น แสดงแผนที่ และอื่น ๆ เมื่อโปรแกรม MapServer ได้รับคำสั่งผ่านกลไก CGI โปรแกรม MapServer จะอ่านไฟล์ภาพดาวเทียมหรือแผนที่ (Map File) เข้ามา Map File ประกอบด้วยชุดคำสั่งที่ออกแบบเป็นเชิงวัตถุเพื่อทำงานกับข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเว็บตัวอย่าง โดยมีคำสั่งในการกำหนดคุณลักษณะของวัตถุ จากนั้นโปรแกรม MapServer จะส่งภาพผลลัพธ์ในรูปแบบ bitmap ให้กับผู้ใช้ ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนไฟล์ได้หลายรูปแบบ เช่น GIF, TIFF, PNG และ WBMP เป็นต้น นอกเหนือจากการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่แล้ว ผู้ใช้ยังสามารถพัฒนาข้อมูลให้เป็นแบบเว็บเพจทั่วไปได้

สำหรับภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศสั่มเชิงพื้นที่แบบ Web-based ด้วยโปรแกรม “Minnesota MapServer” สามารถทำได้เกือบทุกภาษาที่แพร่หลายในการเขียนเว็บเพจ เช่น Javaและ Java Script เป็นต้น Minnesota Map Server ยังมี API (Application Programming Interface) ที่รองรับการเชื่อมต่อกับภาษาชั้นสูงที่เรียกว่า Map Script ทำให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทั่วไปและผ่านเครือข่ายด้วยภาษาชั้นสูงเช่น Perl, PHP, Tk/Tcl หรือ Python ได้ ซึ่งทำให้โปรแกรม MapServer สามารถใช้พัฒนาระบบสารสนเทศต่อไปยังชั้นสูงขึ้นได้อีกมากทางผ่านไปยัง API อื่นๆ โดยเฉพาะการเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลสั่มพันธ์อื่นๆ ในเชิงพาณิชย์ เช่น MS-SQL ODBC Oracle Informix หรือซอฟต์แวร์เปิดอย่าง MySQL หรือ PostgreSQL เป็นต้น ภาพที่ 6-1 และภาพที่ 6-2 แสดงแนวคิด วิธีการและกลไกการทำงานในการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม “Minnesota MapServer” ตามลำดับ



ภาพที่ 6-1 แนวคิดและวิธีการพัฒนาระบบสารสนเทศ  
เชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม “Minnesota MapServer”  
ที่มา: University of Minnesota (2010)



ภาพที่ 6-2 กลไกการทำงานในการพัฒนาระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม  
“Minnesota MapServer”

ที่มา: พรทิมา และคณะ (2551)

## - การออกแบบ “ระบบสารสนเทศสั้มเชิงพื้นที่แบบ Web-based”

ในการออกแบบระบบสารสนเทศสั้มเชิงพื้นที่แบบ Web-based ด้วยโปรแกรม “Minnesota MapServer” จำเป็นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลักในการทำงานของโปรแกรม ดังนี้

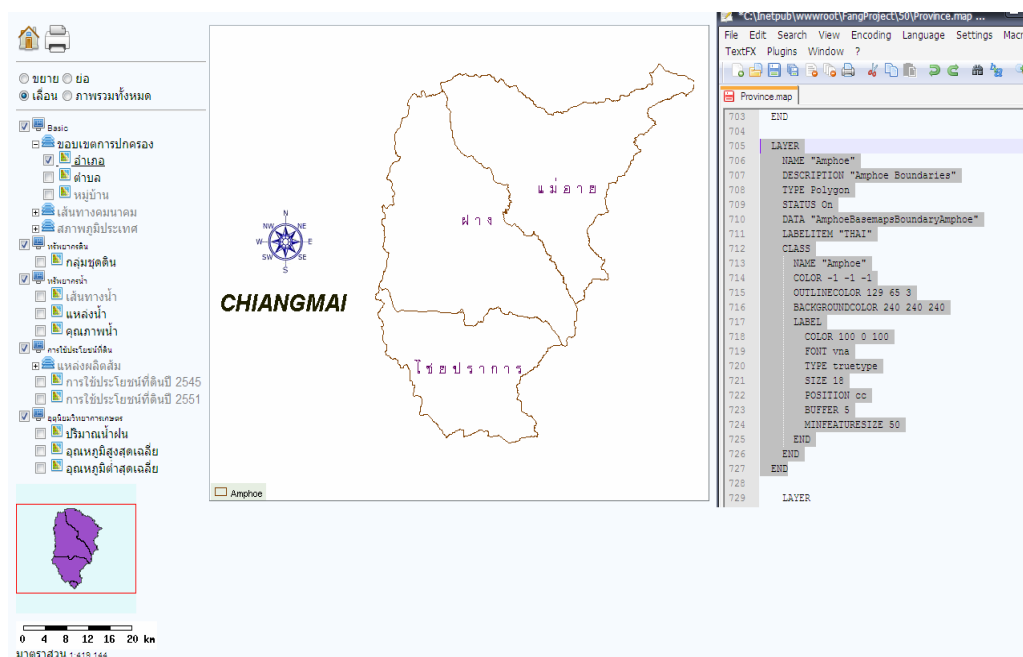
(1) Map File ทำหน้าที่กำหนดโครงสร้างของ ข้อความและแผนที่ รวมถึงการกำหนดชั้นข้อมูล บอกแหล่งข้อมูล สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้แสดง และยังกำหนดขอบเขตของการแสดงแผนที่ (ภาพที่ 6-3)

(2) Geographic Data คือ ข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ โดยโปรแกรม “Minnesota MapServer” สามารถรองรับข้อมูลได้ทั้งรูปแบบ ราชเตอร์ และ เวกเตอร์ เช่น Shape file (.shp) และ postgis เป็นต้น

(3) HTML Pages คือ ส่วนติดต่อผู้ใช้

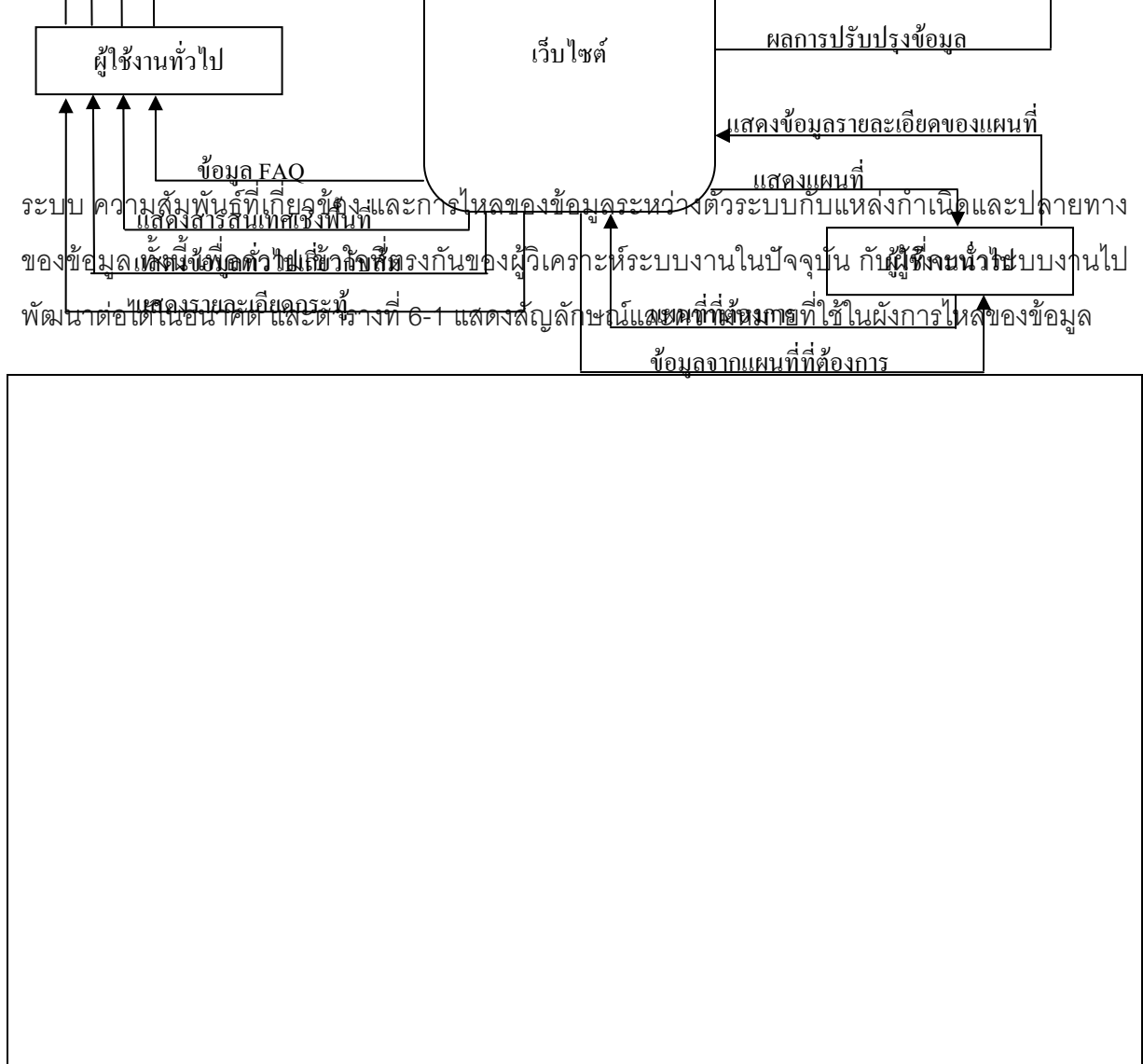
(4) Mapserver CGI เป็นคำสั่งหรือไฟล์ที่ใช้ในการขอข้อมูลจากโปรแกรม “Minnesota MapServer” ซึ่งสามารถทำงานแบบ CGI ได้

(5) HTTP Server คือ Web Server เช่น Apache หรือ IIS (Internet Information Services) โดยในโครงการวิจัย ฯ นี้ได้ใช้ IIS Web Server



ภาพที่ 6-3 ตัวอย่างของ Map File เมื่อผู้ใช้ส่งคำสั่งขอดูแผนที่เพื่อแสดงขอบเขตอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ

การออกแบบในกระบวนการทำงาน (process design) ของระบบสารสนเทศสั้มเชิงพื้นที่แบบ Web-based ได้ใช้ผังการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagrams: DFD) เป็นเครื่องมือช่วยแสดงภาพรวมของกระบวนการทำงานทั้งระบบ ภาพที่ 6-4 แสดงผังการไหลของข้อมูล (DFD) ที่อธิบายภาพรวมของ



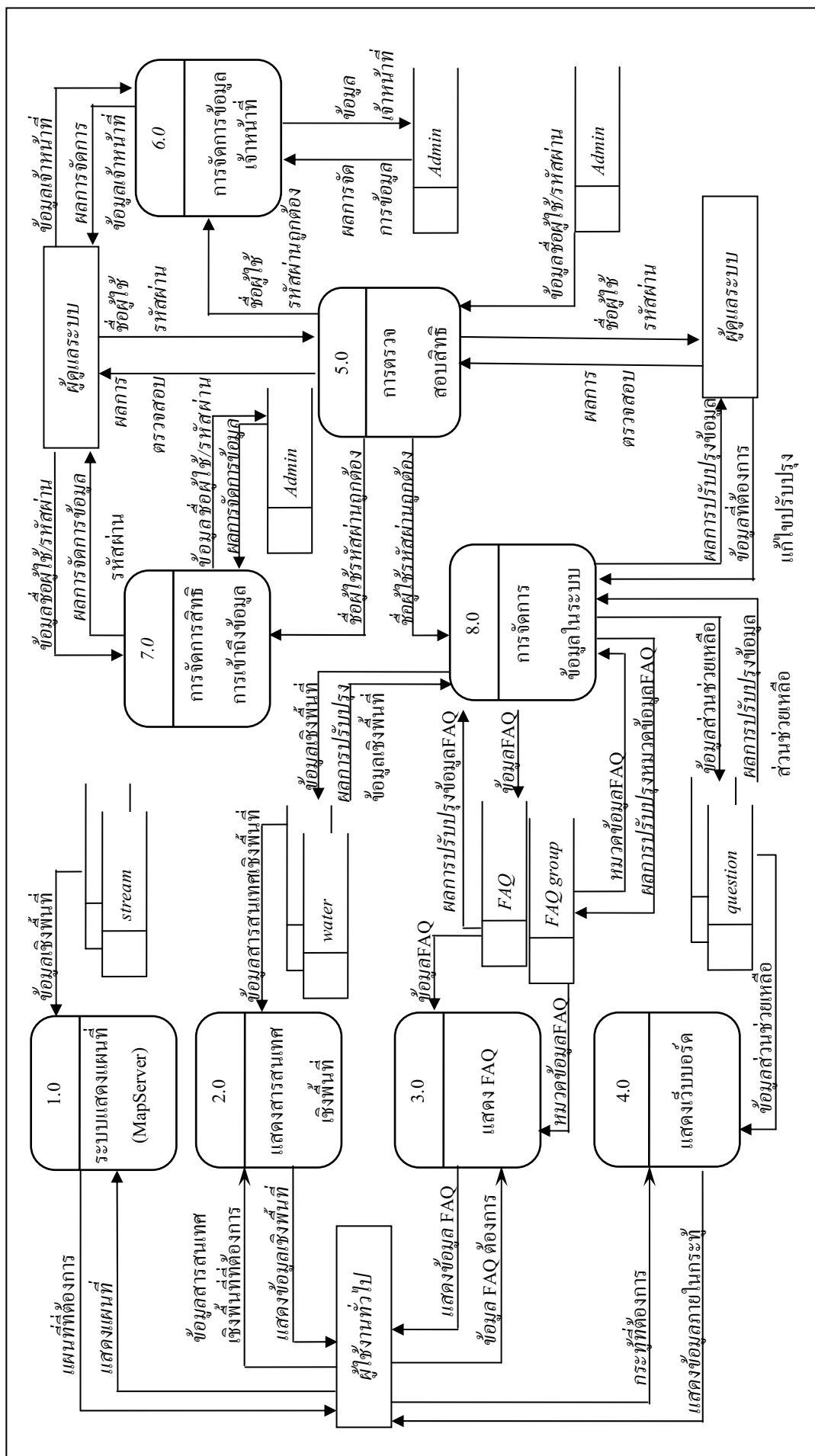
ภาพที่ 6-4 ผังการไหลของข้อมูล (DFD) ที่อธิบายภาพรวมของระบบและความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 6-1 สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในผังการไหลของข้อมูล (DFD)

| สัญลักษณ์ | ชื่อ                         | ความหมาย                                                                   |
|-----------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|           | Process                      | การประมวลผลที่จะทำให้ข้อมูลนำเข้ากลายเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการ                 |
|           | Entity<br>source/destination | คนหรือกลุ่มของสิ่งต่างๆ ที่จุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของการเดินทางของข้อมูล |
|           | Data store                   | พื้นที่ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล อาจจะชั่วคราวหรือถาวร                        |
|           | Data flow                    | การเคลื่อนที่ของข้อมูลระหว่างวัตถุต่าง ๆ                                   |

ที่มา: Gibson and Hughes (1994).

ภาพที่ 6-5 แสดงผังการไหลของข้อมูลในการออกแบบของระบบสารสนเทศสืบค้นเชิงพื้นที่แบบ Web-based ประกอบด้วยการทำงาน 8 ขั้นตอน คือ ระบบแสดงแผนที่ (MapServer) การแสดงสารสนเทศเชิงพื้นที่ การแสดง FAQ การแสดงส่วนช่วยเหลือ การตรวจสอบสถิติ การจัดการข้อมูล เจ้าหน้าที่ การจัดการสิทธิการเข้าถึงข้อมูล และการจัดการข้อมูลในระบบ



### 6.1.2 แนวคิดและการออกแบบระบบสารสนเทศสัมแบบ Window-based

#### - แนวคิด “ระบบสารสนเทศสัมเชิงพื้นที่แบบ Window-based”

แนวคิดของระบบสารสนเทศสัมเชิงพื้นที่ในรูปแบบที่ 2 แบบ Window-based มีจุดมุ่งหมายการใช้งาน เช่นเดียวกับระบบสารสนเทศสัมเชิงพื้นที่ในรูปแบบที่ 1 (Web-based) คือเพื่อต้องการให้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูก สัมและผู้เกี่ยวข้อง สามารถใช้ประโยชน์จากระบบสารสนเทศเชิงพื้นที่นี้เพื่อการวางแผนและสนับสนุนการ ตัดสินใจด้านการใช้ที่ดิน ทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตสัม ให้ได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ โครงการวิจัย ฯ ได้วางแนวคิดในการพัฒนา “ระบบสารสนเทศสัมแบบ Window-based” นี้ ไว้ดังนี้ คือ

(1) “ระบบสารสนเทศสัมเชิงพื้นที่แบบ Window-based” เป็นการเชื่อมโยงผู้ใช้กับข้อมูลเชิงพื้นที่ ผ่าน การทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยให้สามารถนำเข้าข้อมูล แสดงผล สืบค้น วิเคราะห์เชิง พื้นที่ และพิมพ์ผลลัพธ์ในรูปแบบที่ ตาราง หรือข้อความ เพื่อให้สามารถสร้างสารสนเทศเพื่อการสนับสนุนการ ตัดสินใจ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการจัดการการผลิตสัม

(2) “ระบบสารสนเทศสัมเชิงพื้นที่แบบ Window-based” เป็นระบบโปรแกรม ฯ แบบง่าย ที่ให้ผู้ใช้ใน ระดับเกษตรกรผู้ปลูกสัม กลุ่มชุมชน นักวิชาการเกษตร องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้ สามารถเข้าใจตัวระบบโปรแกรม ฯ และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เช่น มีหน้าต่าง แสดงผลภาพข้อมูลที่ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย มีเครื่องมือและคำสั่งในการทำงานเป็นภาษาไทย

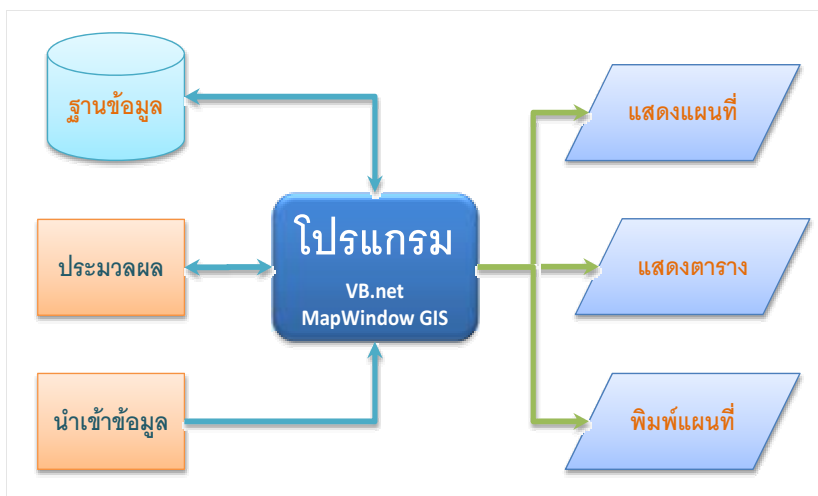
(3) “ระบบสารสนเทศสัมเชิงพื้นที่แบบ Window-based” เป็นระบบโปรแกรม ฯ ที่สามารถอำนวยความสะดวกตามหลักการทำงานพื้นฐานของโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ได้โดยทั่วไป เช่น สามารถนำเข้าข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ แสดงผลข้อมูลที่ จัดเก็บไว้ สืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลบรรยายได้ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในเบื้องต้นได้ ตลอดจนควรจะแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของแผนที่และตาราง รวมทั้งสามารถพิมพ์ข้อมูลแผนที่ และตารางคุณสมบัติของข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ตามต้องการ

(4) “ระบบสารสนเทศสัมเชิงพื้นที่แบบ Window-based” นอกจากสามารถสนับสนุนความต้องการ ด้านสารสนเทศเชิงพื้นที่ด้านทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตสัมแล้ว ระบบโปรแกรม ฯ ยังถูกพัฒนาให้มีความคล่องตัวหรือยืดหยุ่น (flexible) พอสมควรสำหรับการประยุกต์ใช้งานสารสนเทศเชิงพื้นที่ด้านอื่น ๆ ที่ เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติ ที่ดิน ลุ่มน้ำ การเกษตร และนิเวศวิทยา เป็นต้น

(5) ประเด็นสุดท้ายของ “ระบบสารสนเทศสัณเชิงพื้นที่แบบ Window-based” คือ ต้องเป็นระบบโปรแกรมเพื่อสาธารณะประโยชน์ สามารถแจกจ่ายให้ผู้ใช้ในระดับต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น รวมถึงองค์กรหรือสถาบันต่าง ๆ ที่ต้องการใช้งาน โดยไม่คิดมูลค่า

**- การออกแบบ “ระบบสารสนเทศสัณเชิงพื้นที่แบบ Window-based”**

โครงการวิจัย ฯ ได้ออกแบบ “ระบบสารสนเทศสัณเชิงพื้นที่แบบ Window-based” โดยเลือกใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ MapWindow GIS (open source software) มี ActiveX Control ซึ่งสามารถรองรับการเขียนและพัฒนาระบบด้วยโปรแกรม VB.net 2008 (MapWindows Open Source Team, 2007) มีขีดความสามารถในการเพิ่มเติมแก้ไขข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลอรรถาธิบายในลักษณะตารางข้อมูลแบบ .dbf (Croft, 2007) โดยพัฒนาโปรแกรมที่เป็นภาษาไทย ให้สามารถแสดงข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรดิน น้ำ อุตุนิยมวิทยา ขอบเขตการปกครอง และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสืบค้นข้อมูลประเภทต่าง ๆ โดยแสดงผลในรูปแบบแผนที่และตาราง มีขีดความสามารถของระบบ ฯ อย่างหลากหลาย เช่น การเลือกพื้นที่ แสดงชั้นข้อมูลแผนที่ เครื่องมือจัดการแผนที่ และพิมพ์แผนที่ เป็นต้น ภาพที่ 6-6 แสดงการออกแบบของการพัฒนา “ระบบสารสนเทศสัณเชิงพื้นที่แบบ Window-based” ด้วยโปรแกรม MapWindow GIS ร่วมกับ VB.net 2008

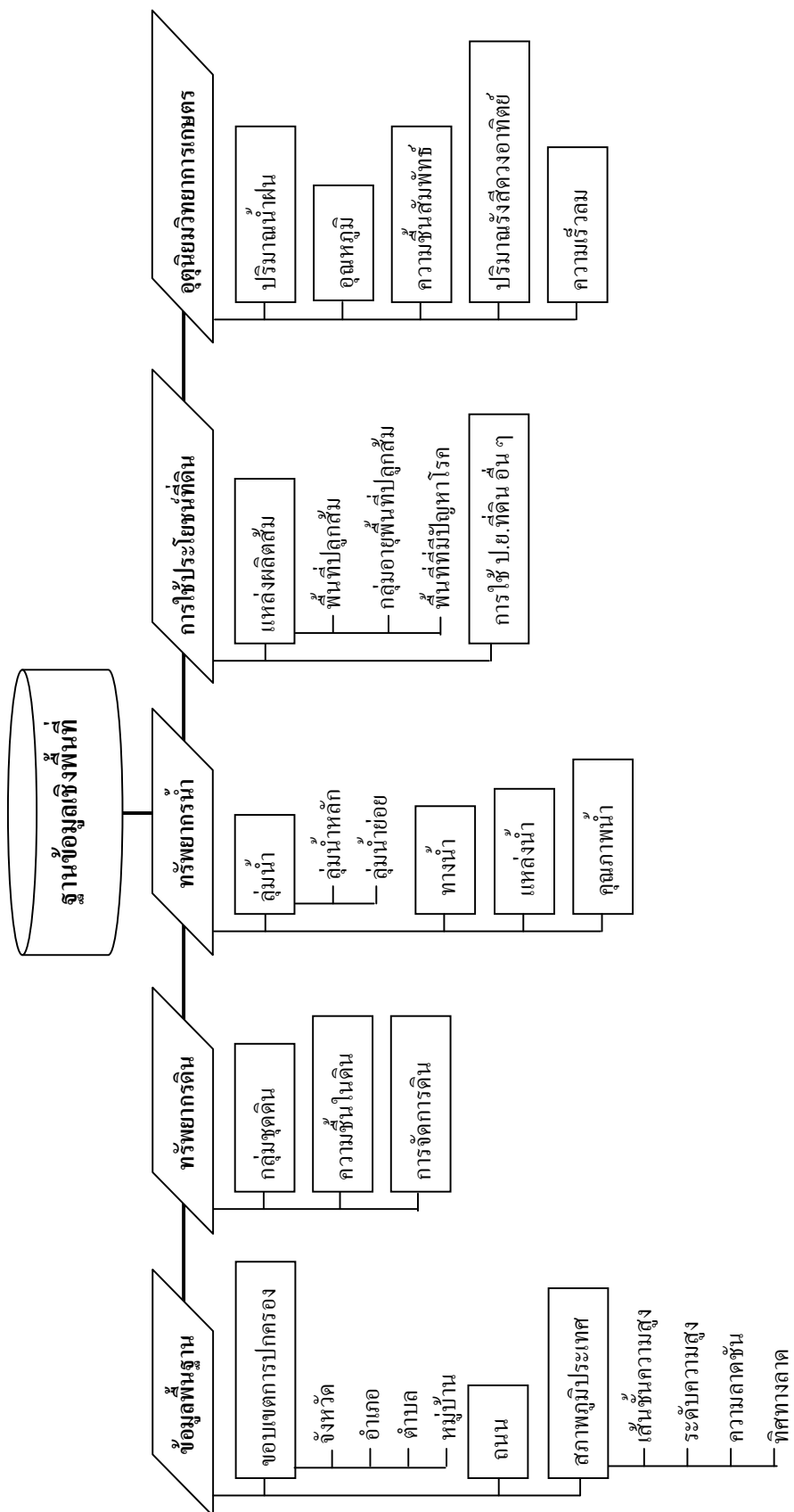


ภาพที่ 6-6 การออกแบบของการพัฒนา “ระบบสารสนเทศสัณเชิงพื้นที่แบบ Window-based” ด้วยโปรแกรม MapWindow GIS ร่วมกับ VB.net 2008

นอกเหนือจากข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงตำแหน่ง ขอบเขตพื้นที่ ระยะทาง ทิศทาง ความหลากหลาย การกระจายตัว และความสัมพันธ์อื่น ๆ ในเชิงพื้นที่แล้ว ตารางฐานข้อมูลหรือข้อมูลเชิงคุณสมบัตินี้ถือว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในแง่ของการสื่อสารรายละเอียดข้อมูลเพื่อให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาของข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างแท้จริง โครงการวิจัย ฯ ได้กำหนดตัวฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และตารางคุณสมบัตินี้ไว้อย่างชัดเจน

เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันใน “ระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่แบบ Window-based” ได้อย่างมีประสิทธิภาพ  
ดังแสดงโครงสร้างของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในภาพที่ 6-7

ฐานข้อมูลเพื่อการพัฒนาโปรแกรม “การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มปลอกส่อน (สายน้ำผึ้ง)”



ภาพที่ 6-7 โครงสร้างของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ใน “ระบบสารสนเทศส้มปลอกส่อนแบบ “Window-based”

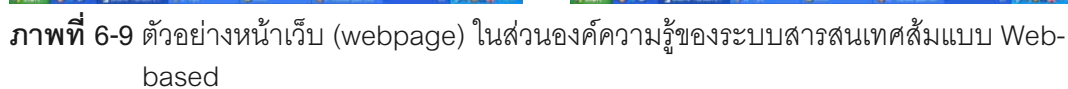
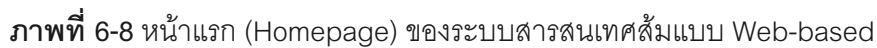
## 6.2 การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่

การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่ ดำเนินการแยกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะการใช้งานและรูปแบบที่ได้กำหนดไว้ดังที่รายงานในข้างต้น คือ (1) การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสังคมแบบ Web-based และ (2) การพัฒนาและทดสอบระบบโปรแกรมสารสนเทศสังคมเชิงพื้นที่แบบ Window-based โดยมีรายละเอียด ดังนี้

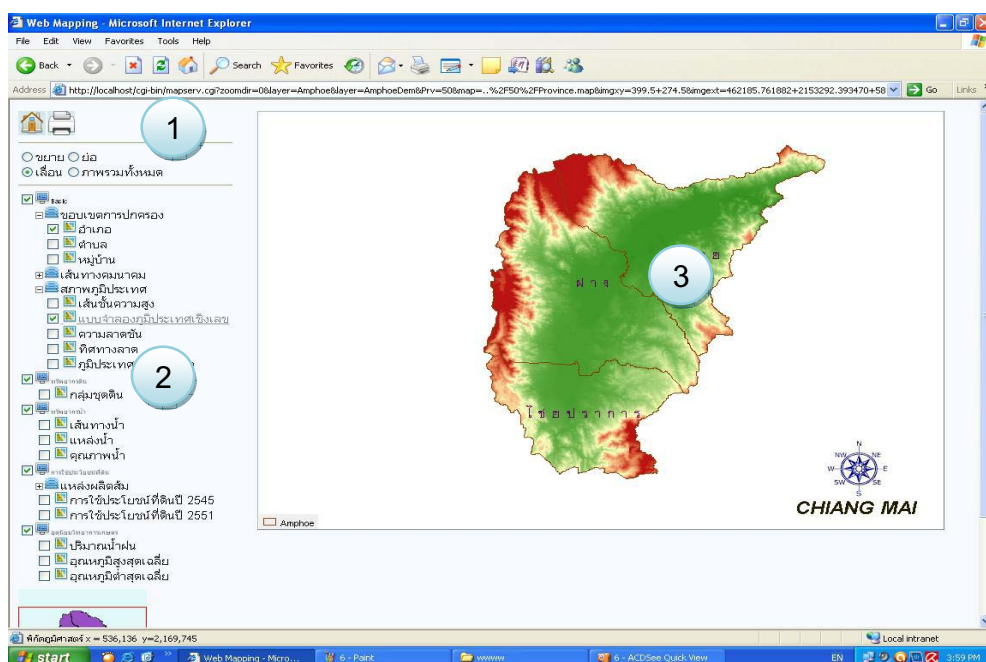
### 6.2.1 การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสังคมแบบ Web-based

การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสังคมแบบ Web-based ดำเนินการตามหลักแนวคิดและการออกแบบระบบสารสนเทศสังคมแบบ Web-based ดังรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วตามข้อ 6.1.1 ข้างต้น โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ต “Minnesota MapServer” เป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาระบบ ฯ โดยโฮมเพจ (Homepage) หรือหน้าแรกของระบบ ฯ (ภาพที่ 6-8) ได้ใช้ชื่อโครงการวิจัย “การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเปลือกอ่อน (สายน้ำผึ้ง)” ให้เป็นชื่อหลักของโฮมเพจ ในหลักการทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ (1) ส่วนที่เป็นองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการปลูกส้มหรือการจัดการผลผลิตส้ม เช่น (หัวข้อ) รู้จักส้มสายน้ำผึ้ง เกร็ดความรู้การจัดการสวน และราคาซื้อขายส้ม เป็นต้น (2) ส่วนที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ “Minnesota MapServer” สนับสนุน และ (3) ส่วนองค์ประกอบเพิ่มเติมของโฮมเพจ เช่น แนะนำโครงการ สารความรู้ ข่าวประชาสัมพันธ์ กระดานสนทนาเรื่องส้ม ประกาศข่าว และเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในการจัดหน้าโฮมเพจหลักของระบบ องค์ประกอบต่าง ๆ ได้ถูกจัดวางร่วมกันอย่างผสมผสานกลมกลืน โดยไม่ให้เกิดความแตกต่างหรือแยกส่วนซึ่งกันและกันอย่างเด่นชัด นอกจากนี้ ในหน้าแรกของระบบ ฯ ยังมีรายการคำสั่งที่ให้ผู้ใช้งานสามารถ download ระบบสารสนเทศสังคมแบบ Window-based นำไปติดตั้งเพื่อใช้งานได้อีกต่างหาก (ดูรายละเอียดได้จาก 6.2.2 การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศสังคมแบบ Window-based) ภาพที่ 6-9 แสดงตัวอย่างหน้าเว็บ (webpage) ในส่วนองค์ความรู้ของระบบสารสนเทศสังคมแบบ Web-based

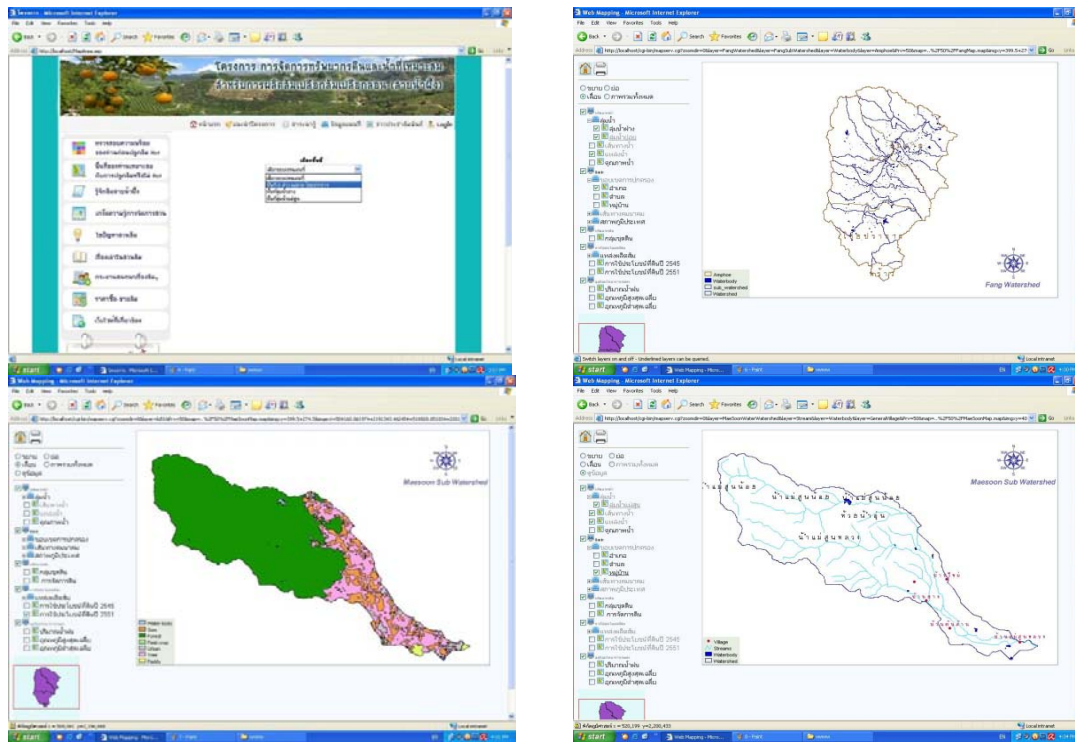
ในส่วนของสารสนเทศเชิงพื้นที่ที่พัฒนาด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ต “Minnesota MapServer” ได้กำหนดการเข้าถึงข้อมูลสำหรับพื้นที่ศึกษาได้ 3 ระดับ คือ (1) พื้นที่อำเภอ ฝาง แม่สาย และไชยปราการ (2) พื้นที่ลุ่มน้ำฝาง และ (3) พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สูน ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลที่หน้าโฮมเพจเริ่มต้นจาก “ข้อมูลแผนที่” จากนั้นระบบ จะเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่โดยแบ่งพื้นที่หน้าเว็บออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ (1) “เครื่องมือจัดการข้อมูล” เป็นส่วนเมนูที่ใช้ในการจัดการชั้นข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ เช่น การดูภาพรวม เลื่อนตำแหน่งภาพ ย่อ ขยาย และพิมพ์ภาพแผนที่ เป็นต้น (2) “สารบัญชั้นข้อมูล” เป็นส่วนที่ใช้ในการจัดเรียงและแสดง (หรือไม่แสดง) ชั้นข้อมูลทั้งหมดที่นำเข้าไปในระบบ และ (3) “ส่วนแสดงแผนที่” เป็นส่วนที่ใช้แสดงเนื้อหาข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ถูก



เรียงไว้ในสารบัญชั้นข้อมูล โดยทั้งสามส่วนนี้มีการทำงานที่สัมพันธ์กันอย่างมีประสิทธิภาพพื้นฐานตามลักษณะของโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) โดยทั่วไป ภาพที่ 6-10 แสดงตัวอย่างหน้าเว็บหลักของระบบสารสนเทศสั้มเชิงพื้นที่ที่พัฒนาด้วยโปรแกรม “Minnesota MapServer” และภาพที่ 6-11 แสดงตัวอย่างการทำงานบางส่วนของระบบสารสนเทศสั้มเชิงพื้นที่ ๔ ตามลำดับในส่วนของการทดสอบและนำใช้ระบบสารสนเทศสั้มแบบ Web-based เบื้องต้นได้มีการทดสอบการทำงานของระบบ ๔ โดยใช้เครือข่ายภายในของสำนักงานโครงการวิจัย ๔ เอง จากนั้นได้นำระบบ ๔ ไปติดตั้งไว้ที่ Server ของ “คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยปัจจุบันผู้ใช้งานสามารถเข้าเยี่ยมชมและเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ที่ <http://web.agri.cmu.ac.th/somsainamphung>



ภาพที่ 6-10 ตัวอย่างหน้าเว็บหลักของระบบสารสนเทศสั้มเชิงพื้นที่ที่พัฒนาด้วยโปรแกรม “Minnesota MapServer”



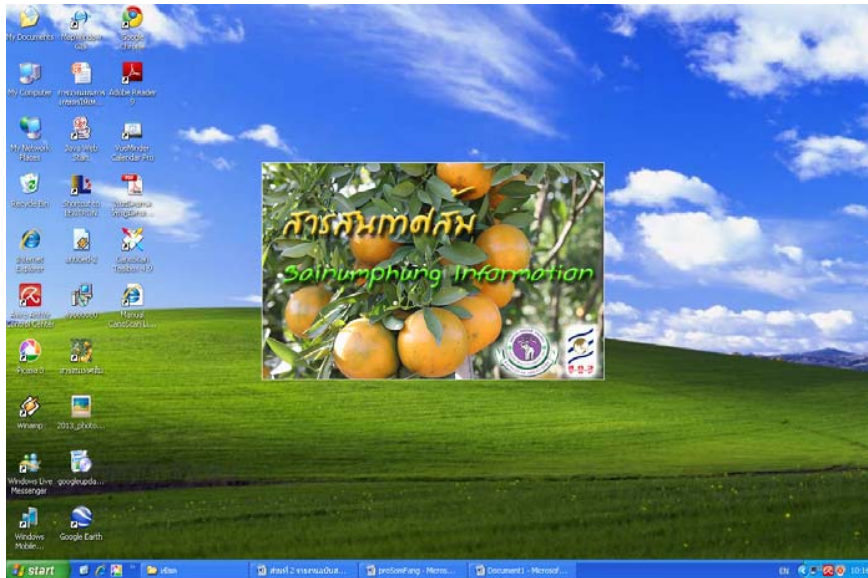
ภาพที่ 6-11 ตัวอย่างการทำงานบางส่วนของระบบสารสนเทศลุ่มเชิงพื้นที่ ฯ

## 6.2.2 การพัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศลุ่มแบบ Window-based

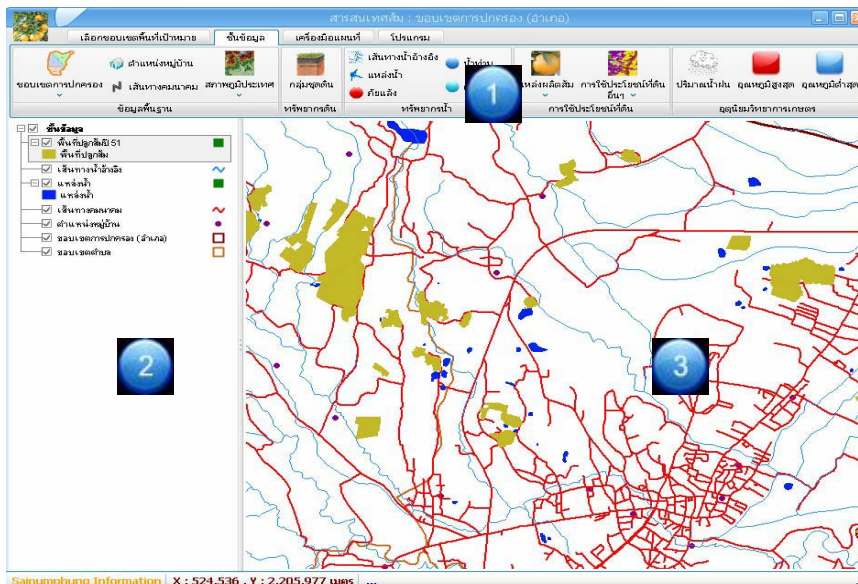
โครงการวิจัย ฯ ได้พัฒนาระบบสารสนเทศลุ่มแบบ Window-based ให้เป็นระบบเปิดตามแนวคิดและการออกแบบที่ได้กำหนดไว้ โดยให้สามารถแสดงชุดข้อมูลเชิงพื้นที่เกี่ยวกับทรัพยากรดิน น้ำ ข้อมูลพื้นฐาน อุตุนิยมวิทยา ขอบเขตการปกครอง และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำเข้าข้อมูลได้หลายรูปแบบ มีคำสั่งหรือเมนูและเครื่องมือในการใช้งานเป็นภาษาไทย สามารถแสดงและสืบค้นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายที่จัดเก็บไว้ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในเบื้องต้นได้ ตลอดจนแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบแผนที่และตาราง พร้อมทั้งพิมพ์แผนที่ได้ตามต้องการ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผน การจัดการ และสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องเกี่ยวกับทรัพยากรดินและน้ำ เพื่อการผลิตลุ่มในพื้นที่ศึกษาได้ 3 ระดับ คือ (1) พื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ (2) พื้นที่ลุ่มน้ำฝาง และ (3) พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาย

การพัฒนาระบบสารสนเทศลุ่มแบบ Window-based ได้ใช้โปรแกรม MapWindow GIS ที่รองรับการเขียนโปรแกรม VB.net 2008 ซึ่งใช้ชื่อระบบ ฯ ว่า “สารสนเทศลุ่ม” (ภาพที่ 6-12) โดยในการทำงานของระบบ ฯ ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก (ภาพที่ 6-13) คือ (1) “เมนูการทำงาน” เป็นส่วนที่ใช้ในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ใน 4 ลักษณะ ได้แก่ “เลือกขอบเขตพื้นที่เป้าหมาย” เพื่อทำการเลือกพื้นที่ศึกษาใน 3 ระดับ “ชั้นข้อมูล” เพื่อเลือกแสดงชั้นข้อมูลต่าง ๆ และ “เครื่องมือแผนที่” ใช้ในการจัดการชั้นข้อมูลในลักษณะ ต่าง ๆ เช่น ลูกศรชี้ตำแหน่ง การขยาย เลื่อนตำแหน่ง เพิ่มชั้นข้อมูล วัดระยะทาง และพิมพ์แผนที่

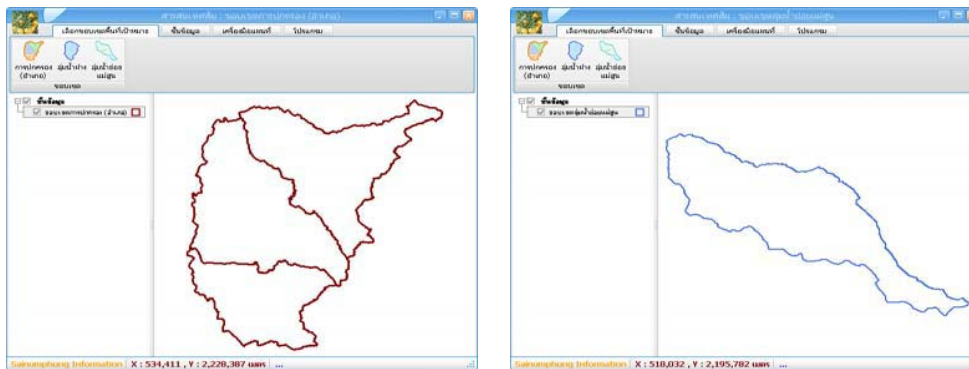
เป็นต้น (2) “สารบัญชั้นข้อมูล” ใช้แสดง(หรือไม่แสดง) การจัดเรียงชั้นข้อมูลทั้งหมดที่นำเข้าไปในระบบ และ (3) “ส่วนแสดงแผนที่” ใช้แสดงเนื้อหาข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ถูกนำเข้าทั้งหมด โดยทั้งสามส่วนนี้มีการทำงานที่สัมพันธ์กันอย่างมีประสิทธิภาพตามลักษณะของโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) โดยทั่วไป เช่น สามารถปรับเปลี่ยนมาตราส่วนของแผนที่ได้ตามต้องการ แสดงตารางอธิบาย (คุณสมบัติ) ของชั้นข้อมูล และกำหนดรูปแบบ Layout เพื่อจัดพิมพ์แผนที่ได้ เป็นต้น ภาพที่ 6-14 ถึง 6-16 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบสารสนเทศแบบ Window-based ตามลำดับ



ภาพที่ 6-12 “ระบบสารสนเทศ” แบบ Window-based เมื่อเริ่มต้นเปิดโปรแกรม



ภาพที่ 6-13 องค์ประกอบในการทำงานของระบบสารสนเทศแบบ Window-based



ภาพที่ 6-14 การแสดงชั้นข้อมูลพื้นที่ศึกษาระดับอำเภอ และระดับลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น

การวางรกรายการข้อมูล

แก้ไข แสดงแผนที่ ลับคั่น เครื่องมือ

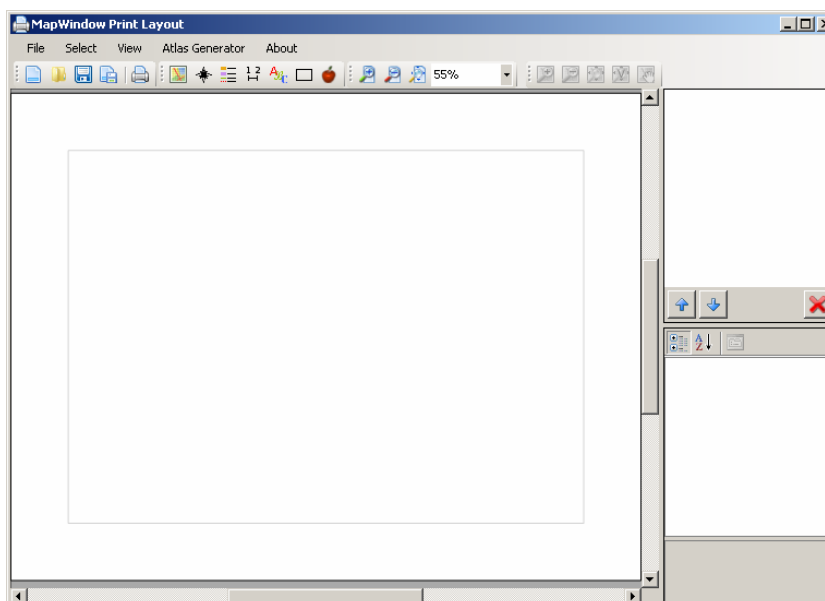
0 of 763 Selected

P:\SomFang\Program\Setup\run\FLayerData\Watershed\Soil\SoilGroup.shp

|   | SHAPE_I | AREA      | RAI       | FIRST_SOI | NLAYERS | SOL_ZMX | SOL_Z1 | SOL_CB1 |
|---|---------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|--------|---------|
| ▶ | 0       | 57615.233 | 36.009521 | U         | 0       | 0       | 0      | 0       |
|   | 1       | 769363.87 | 480.85241 | 29C       | 0       | 0       | 0      | 0       |
|   | 2       | 3708584.1 | 2317.8650 | 48D       | 5       | 147     | 12     | 0.94    |
|   | 3       | 4319495.3 | 2699.6845 | 5         | 5       | 120     | 7      | 1.79    |
|   | 4       | 117401.12 | 73.375704 | U         | 0       | 0       | 0      | 0       |
|   | 5       | 416489.67 | 260.30604 | U         | 0       | 0       | 0      | 0       |
|   | 6       | 372791.84 | 232.99490 | U         | 0       | 0       | 0      | 0       |
|   | 7       | 600953.71 | 375.59606 | U         | 0       | 0       | 0      | 0       |
|   | 8       | 105320.11 | 65.825072 | U         | 0       | 0       | 0      | 0       |
|   | 9       | 940942.70 | 588.08919 | 35        | 6       | 135     | 16     | 1.75    |
|   | 10      | 286401.99 | 179.00124 | 31B       | 5       | 120     | 17     | 2.41    |
|   | 11      | 502220.63 | 370.14076 | 48D       | 5       | 150     | 0      | 2.0     |

บันทึก ยกเลิก

ภาพที่ 6-15 การแสดงข้อมูลอรรถาธิบาย (คุณสมบัติ)



ภาพที่ 6-16 การจัดวาง Layout เพื่อพิมพ์แผนที่

### 6.3 การคืนข้อมูลให้กับชุมชนในพื้นที่ศึกษา

โครงการวิจัย ฯ ได้ทำการฝึกอบรมและคืนข้อมูลให้กับชุมชน เกษตรกรผู้ปลูกส้ม เจ้าหน้าที่และนักวิชาการเกษตร ตลอดจนหน่วยงานในพื้นที่ศึกษาที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และสำนักงานเกษตรอำเภอ ในวันที่ 6, 7 และ 8 ต.ค. 53 ณ ห้องประชุม อบต.ศรีดงเย็น อบต.แม่นางวาง และ อบต.แม่สูน ตามลำดับ โดยใช้ระบบสารสนเทศสั้ทั้งแบบ Web-based และแบบ Window-based ที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือในการฝึกอบรม โดยได้เน้นการนำระบบโปรแกรม ฯ เพื่อประยุกต์ใช้ของค์ความรู้ด้านทรัพยากรดินและน้ำและความรู้ความเข้าใจเรื่องการปลูกส้มมาใช้เพื่อการวางแผน การจัดการ และสนับสนุนการตัดสินใจทางที่เกี่ยวกับการผลิตส้ม ตลอดจนได้แนะนำวิธีใช้ระบบโปรแกรม ฯ ดังกล่าวเพื่อนำไปประยุกต์ใช้สนับสนุนให้ชุมชน หน่วยงาน และนักวิชาการเกษตรในท้องถิ่นสำหรับการวางแผนทางด้านการจัดการทรัพยากรที่ดินและการเกษตรในพื้นที่อำเภอฝาง แม่อาาย และไชยปราการ ได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ ยังได้ผลิตแผ่นพับจำนวนหนึ่งเพื่อทำการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์องค์ความรู้การปลูกส้มสายน้ำผึ้ง(ภาคผนวก ค.) ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกส้ม โดยส่งเผยแพร่ผ่านทางองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นภายในพื้นที่ศึกษา ภาพที่ 6-17 แสดงกิจกรรมการฝึกอบรมโปรแกรมสารสนเทศสั้เพื่อการคืนข้อมูลให้ชุมชน เมื่อวันที่ 6, 7 และ 8 ต.ค. 53 ที่ อบต.ศรีดงเย็น อบต.แม่นางวาง และ อบต.แม่สูน ตามลำดับ (กำหนดการฝึกอบรมและรายชื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรมโปรแกรมสารสนเทศสั้เพื่อการคืนข้อมูลให้ชุมชนแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 6-1 และ 6-2 ตามลำดับ)

### 6.4 สรุปการพัฒนาบบสารสนเทศสั้เชิงพื้นที่

โครงการวิจัย ฯ ได้พัฒนาระบบสารสนเทศสั้เชิงพื้นที่ทั้งแบบ Web-based และแบบ Window-based เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตามความสะดวก ระบบสารสนเทศสั้ทั้ง 2 แบบใช้แนวความคิดในการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้ระบบโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) แบบ open source ช่วยสนับสนุนในการพัฒนาระบบ ฯ นอกจากนี้ ในระบบสารสนเทศสั้เชิงพื้นที่แบบ Web-based ยังจัดเตรียมข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ (non-spatial data) ในลักษณะองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับทรัพยากรดินและน้ำ และสาระความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการผลิตหรือการปลูกส้มในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาาย และไชยปราการ ให้ผู้ใช้ได้เข้าถึงข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้อย่างสะดวก

ในส่วนของระบบสารสนเทศสั้เชิงพื้นที่แบบ Web-based ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ผ่านทาง website: <http://web.agri.cmu.ac.th/somsainamphung> สำหรับระบบสารสนเทศสั้เชิงพื้นที่แบบ Window-based นอกเหนือจากสำเนาแผ่นระบบโปรแกรม ฯ ที่เผยแพร่มาพร้อมรายงานฉบับสมบูรณ์นี้ ผู้ใช้สามารถติดต่อเพื่อขอใช้ได้ที่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ โทร. 053-944034 ต่อ 115



ภาพที่ 6-17 กิจกรรมการฝึกอบรมโปรแกรมสารสนเทศส์เพื่อการค้นหาข้อมูลให้ชุมชน เมื่อวันที่ 6, 7 และ 8 ต.ค. 53 ที่ อบต.ศรีดงเย็น อบต.แม่นางวาง และ อบต.แม่สูน ตามลำดับ

### เอกสารอ้างอิง

ชัยภัทร เนื่องคำมา. 2549. การนำเสนอข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านระบบเครือข่าย ด้วยโปรแกรม Map Server. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.gis2me> (8 กันยายน 2553).

พงษ์ศักดิ์ ตียนันท์ และชัยภัทร เนื่องคำมา. 2547. การนำเสนอข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์บนระบบ Internet โดยใช้เทคโนโลยี SVG. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.gis2me> (8 กันยายน 2548).

พรทิมา มิตรกิจการค้า ดวงกลม โกลนุหาภรณ์ และรัชดา บุญลาภ. 2551. การศึกษาเชิงเปรียบเทียบมาตรฐาน WMS และ WFS ที่ใช้ในการบริการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านเว็บ. [ระบบ

ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

[http://wiki.nectec.or.th/ru/IT630\\_1\\_2008Students/GisWebApplication](http://wiki.nectec.or.th/ru/IT630_1_2008Students/GisWebApplication) (10 ตุลาคม 2553)

CARES. 2006. Missouri Interactive Maps. [Online]. Available:

<http://www.mapcruzin.com/free-state-maps/free-missouri-maps.htm> (20 September 2010).

Croft, T. 2007. Quick Guide to MapWindow GIS Desktop Application Version 2. [Online].

Available: <http://www.mapwindow.org> (20 September 2010).

Google. 2005. Google Earth. [Online]. Available: <http://earth.google.com> (13 September 2010).

MapWindow Open Source Team. 2007. Manual: A function guide for the free MapWindow GIS

ActiveX map component. [Online]. Available: <http://www.mapwindow.org>. (15

September 2010).

Gibson M. and Hughes C. 1994. Systems Analysis and Design: a comprehensive methodology

with CASE. Massachusetts. International Thomson Publishing.

University of Minnesota. 2010. Map Server: open source web mapping. An Introduction to Map

Server. [Online]. Available: <http://mapserver.gis.umn.edu/> (1 May 2006).

-----

## บทที่ 7

### บทสรุป

ถาวร อ่อนประไพ<sup>1</sup>

-----

จากการดำเนินการโครงการวิจัย “การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มเปลือกอ่อน (สายน้ำผึ้ง)” ในระยะเวลา 1 ปี ที่ผ่านมาในช่วงเดือน ก.ย. 52 – ส.ค.53 (และขอต่อระยะเวลาโครงการวิจัย ๒ เดือน; ก.ย.-ต.ค. 53) สามารถสรุปผลการดำเนินงานในแต่ละด้านได้ ดังนี้

#### 7.1 ด้านการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่

โครงการวิจัย ฯ ได้ดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 ระดับ คือ (1) พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ และ (2) พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน (baseline) เชิงพื้นที่ด้านกายภาพและข้อมูลเชิงเวลาของการผลิตส้ม การใช้ทรัพยากร และใช้อธิบายสภาพพื้นที่ ลักษณะลุ่มน้ำ ทรัพยากรที่ดิน (ดิน น้ำ และป่าไม้) การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสถานการณ์ของพื้นที่ปลูกส้ม รวมถึงพื้นที่ปลูกส้มที่ได้รับผลกระทบจากโรคของส้ม ตลอดจนใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อประกอบการพัฒนาระบบเรียกใช้ด้านสารสนเทศส้มเชิงพื้นที่ โดยแบ่งงานออกเป็น

- (1) ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน
- (2) ฐานข้อมูลลุ่มน้ำ
- (3) ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
- (4) ฐานข้อมูลพื้นที่ปลูกส้ม; การเปลี่ยนแปลงและความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน
- (5) ฐานข้อมูลแสดงผลกระทบจากโรคของส้มในเชิงพื้นที่

ในการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่พื้นฐาน ทำให้ได้ชุดข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เช่น ข้อมูลขอบเขตการปกครอง (ในระดับตำบล อำเภอ จังหวัด) ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งหมู่บ้าน ข้อมูลทรัพยากรน้ำ (ได้แก่ เส้นทางการน้ำ อ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำ และการใช้น้ำ) ข้อมูลเส้นทางคมนาคม และข้อมูลชุดดิน เป็นต้น

ในส่วนของฐานข้อมูลลุ่มน้ำ ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำฝางจำนวน 26 ลุ่มน้ำย่อย ได้ถูกสร้างขึ้นด้วยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อใช้ในการศึกษาทรัพยากรน้ำที่เกี่ยวกับปริมาณและคุณภาพน้ำของลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำย่อยภายในลุ่มน้ำฝาง

สำหรับฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ดำเนินการพัฒนาข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์และจำแนกข้อมูลจากระยะไกล (Remote Sensing) ด้วยการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ออร์โธรีเฟอริง ปี พ.ศ.2545 เทียบกับการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ALOS ปี พ.ศ.2551 ด้วยเทคนิควิธีการระบบฐานความรู้ (Knowledge Based System: KBS) เพื่อให้ได้ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทรัพยากรที่ดิน และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ ของปีการผลิตส้ม 2544/45 และ 2551/52 และนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา สำหรับกลุ่มการใช้ที่ดินทั้ง 6 ประเภท คือ ที่นา(Pd) พืชไร่ (Fc) ไม้ผล/ไม้ยืนต้น (Tr) ป่าไม้ (Fo) ชุมชน/สิ่งก่อสร้าง (Ub) และแหล่งน้ำ (Wb)

นอกจากนี้ ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินยังได้ถูกนำไปใช้พัฒนาฐานข้อมูลพื้นที่สวนส้ม ปีการผลิต 2544/45 และ 2551/52 เพื่อวิเคราะห์และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่สวนส้มในช่วงระยะเวลาดังกล่าว โดยพบว่า มีพื้นที่สวนส้มที่ลดลงจากปีการผลิต 2544/45 จำนวน 31,177.4 ไร่ ซึ่งถือว่ารุนแรงมาก อย่างไรก็ตาม ในทางกลับกัน พบว่า ในระยะเวลาดังกล่าว มีพื้นที่สวนส้มได้เกิดขึ้นใหม่จำนวนมากถึง 29,906.2 ไร่ ขณะเดียวกัน ยังคงมีพื้นที่สวนส้มที่คงอยู่เดิมจากปีการผลิต 2544/45 มาจนถึงปัจจุบัน เป็นจำนวนมากถึง 33,897.8 ไร่ ซึ่งหากเปรียบเทียบจำนวนพื้นที่สวนส้มโดยภาพรวมระหว่างปีการผลิต 2544/45 (65,075.1 ไร่) และปีการผลิต 2551/52 (63,804.0 ไร่) จะเห็นว่าพื้นที่ลดลงแต่ไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาในแง่ของผลผลิต จะไม่สามารถนำตัวเลขของพื้นที่ของทั้งสองเวลามาเทียบกันได้ เนื่องจากพื้นที่ปลูกส้มที่ยังคงเหลืออยู่จากเดิมแต่จะสามารถให้ผลผลิตต่อไปได้น้อยลงอย่างมาก จากการสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่า ปริมาณและคุณภาพผลผลิตด้อยลงไปทุกปี ในทางกลับกันราคารับซื้อส้มกลับเพิ่มสูงขึ้น (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่, 2551) ซึ่งเป็นเหตุจูงใจให้เกษตรกรที่ยังพอมีทุนกลับมาปลูกส้มใหม่อีกครั้ง และเป็นพื้นที่ปลูกส้มใหม่ที่เกิดขึ้นและยังไม่สามารถให้ผลผลิตได้

ในส่วนของฐานข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน (ปีการผลิต 2551/52) ของพื้นที่อำเภอฝาง แม่อาฮาย และไชยปราการ ยังได้ถูกนำมาวิเคราะห์สภาพความเหมาะสมในเชิงพื้นที่ด้วยปัจจัยและหลักเกณฑ์ทางด้านกายภาพที่มีผลต่อการปลูกและการให้ผลผลิตของส้ม โดยใช้โปรแกรมระบบตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เชิงพื้นที่ (Multi-Criteria Decision Analysis - GIS; MCDA-GIS) (เมธี และคณะ, 2551) ที่ประยุกต์เข้ากับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยมีการกำหนด เก็บรวบรวม และพัฒนาข้อมูลปัจจัยหรือหลักเกณฑ์ที่ใช้วิเคราะห์ความเหมาะสม (criterion setting) จำนวน 15 หลักเกณฑ์ที่มีผลต่อการปลูก การเจริญเติบโต ตลอดจนการให้ผลผลิตของส้ม จากนั้นทำการกำหนดค่าความสำคัญของหลักเกณฑ์ ๆ (criterion weighting) โดยใช้โปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.) (เมธี และคณะ, 2549) เป็นเครื่องมือช่วย ซึ่งใช้หลักการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบมีส่วนร่วมและการประเมินแบบ AHP: Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1980) แล้วทำการวิเคราะห์สรุปผลของค่าความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ เพื่อนำมา

วิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงพื้นที่ของพื้นที่ปลูกส้มด้วยโปรแกรม MCDA-GIS มีการปรับค่ามาตรฐาน (criterion standardization) ของแต่ละชั้นข้อมูล เนื่องจากข้อมูลมีหน่วยและช่วงค่าที่แตกต่างกัน และนำไปคูณด้วยค่าความสำคัญ แล้วซ้อนทับชั้นข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกันเพื่อแสดงเป็นแผนที่แสดงความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบัน

ในส่วนสุดท้ายของการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากโรคของส้มในเชิงพื้นที่ โดยใช้สมมุติฐานในการลดลงของพื้นที่ปลูกส้มว่ามีความเกี่ยวข้องกับความไหมของต้นส้ม ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากโรคของส้ม จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้มโดยการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่สวนส้มที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โธรีซิเชนซ์ ในปีการผลิต 2544/45 เข้ากับข้อมูลพื้นที่สวนส้มที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพจากดาวเทียม ALOS ในปีการผลิต 2551/52 ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ พบว่า ในปัจจุบัน (ปีการผลิต 2551/52) มีพื้นที่สวนส้มที่ลดลงจากปีการผลิต 2544/45 คิดเป็นพื้นที่จำนวน 31,177.4 ไร่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากโรคส้มเป็นจำนวนมาก และมีอยู่ทั่วไปในเขตพื้นที่อำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกส้มขนาดเล็กของเกษตรกรรายย่อย และบางส่วนที่เป็นพื้นที่ปลูกส้มขนาดใหญ่ มีเนื้อที่มากกว่า 10 ไร่ ในบริเวณที่ราบลุ่มของกลุ่มน้ำย่อยต่าง ๆ และตอนกลางของกลุ่มน้ำฝาง ในเขตอำเภอฝางและไชยปราการ

## 7.2 ด้านการศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม

ในส่วนการศึกษาศภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูกส้ม ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 พื้นที่ คือ (1) พื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ และ (2) พื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาน

ในเขตอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ คุณสมบัติดินมีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิมซึ่งจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจในการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย ของเกษตรกรผู้ปลูกส้มเป็นหลัก จากการศึกษา พบว่า pH ของดินในพื้นที่ปลูกส้มในเขตอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ มีแนวโน้มลดลง มากกว่าร้อยละ 40 ของดินมีสภาพเป็นกรดจัด ( $\text{pH} < 5.5$ ) แต่ส่วนใหญ่ยังคงมีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง ( $> 2.5\%$ ) อย่างไรก็ตาม พบว่าดินมีการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้น โดยมากกว่าร้อยละ 76 ของดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่า 60 mg/kg และมากกว่าร้อยละ 72 ของดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่า 200 mg/kg เนื่องมาจากผลตกค้างของปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรใช้เป็นหลัก ดินส่วนใหญ่ยังคงมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่เหมาะสมและเพียงพอต่อพืช ( $> 750$  mg/kg) แต่แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ส่วนใหญ่มีปริมาณต่ำกว่า 200 mg/kg เนื่องมาจากคุณสมบัติของดินเดิม ส่วนปริมาณซัลเฟตมีอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน โดยร้อยละ 48 ของดินมีปริมาณซัลเฟตต่ำกว่า 25

mg/kg อย่างไรก็ตามปริมาณซัลเฟอร์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ และบางส่วนเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณของจุลธาตุอาหาร (Fe, Mn, Cu, Zn) พบว่า ดินส่วนใหญ่มีจุลธาตุอาหารในระดับที่เพียงพอ แต่มีปริมาณโบรอนในระดับต่ำ ( $< 1.0$  mg/kg) กล่าวได้ว่า ดินในพื้นที่ปลูกส้มในเขตอำเภอฝาง แม่ฮาด และไชยปราการ มีปริมาณโบรอนไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช

ในส่วนการศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกส้มในพื้นที่ลุ่มน้ำยมแม่ฮาด พบว่า ดินเสื่อมลงเนื่องจากการจัดการดินไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของตนเอง มีการใส่ปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมของเกษตรกรเป็นระยะเวลานาน ซึ่งทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร และเกิดผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์รวมทั้งการดูดใช้ธาตุอาหารของส้มในเวลาต่อมา สภาพดินที่เสื่อมลงทำให้ต้นส้มอ่อนแอต่อโรครากเน่าโคนเน่า โดยเฉพาะสวนส้มที่ปลูกบนพื้นที่ราบลุ่ม ซึ่งในปัจจุบันพบว่า มีพื้นที่ส้มโทรมและทิ้งร้างเป็นจำนวนมาก เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นมีปัจจัยเกี่ยวข้องกันหลายประการ เมื่อต้นส้มแสดงอาการโทรมจึงยากที่จะฟื้นฟูให้กลับมาดีได้ดังเดิม สำหรับเกษตรกรที่ส้มยังสามารถให้ผลผลิตต่อไปได้ หากยังยึดหลักในการจัดการดินและปุ๋ยในรูปแบบเดิม จะทำให้ความรุนแรงของการขาดธาตุอาหารของต้นส้มเพิ่มสูงขึ้น สำหรับแนวทางแก้ไขที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ในปัจจุบัน คือ ฉีดพ่นปุ๋ยทางใบเพื่อป้องกัน ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนสูงขึ้นโดยใช้เหตุ หากมีการจัดการดินและปุ๋ยที่เหมาะสมตั้งแต่เริ่มแรกของการปลูกส้ม เกษตรกรจะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมาก เนื่องจากต้นทุนการผลิตโดยส่วนใหญ่ในการปลูกส้มคือ ค่าสารเคมีกำจัดโรคแมลง และปุ๋ย อีกทั้งยังเป็นการชะลอการเสื่อมโทรมของดินเพื่อให้สามารถผลิตส้มหรือพืชชนิดอื่นต่อไปได้

### 7.3 ด้านการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทรัพยากรน้ำ

ในการศึกษาข้อมูลทรัพยากรน้ำที่เกี่ยวข้องกับการผลิตส้มในพื้นที่ศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำฝาง (พื้นที่ศึกษา) มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่มน้ำ นอกจากนี้ ลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำกกมีความสัมพันธ์กันและการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำที่สัมพันธ์กัน ซึ่งมีปริมาณน้ำมากพอสำหรับการผลิตส้มในระยะเวลาที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลปริมาณน้ำท่าในระยะเวลาที่ผ่านมา (พ.ศ. 2547 – 2550) พบว่า ปริมาณน้ำท่าของทั้ง 2 ลุ่มน้ำ มีแนวโน้มที่ลดลง กล่าวคือ ในลุ่มน้ำฝาง มีปริมาณน้ำท่ารวมในปี 2547 จำนวน 1,330 ลบ.ม. และลดลงทุกปี จนถึงปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณน้ำท่ารวม 825 ลบ.ม. ขณะที่ในลุ่มน้ำกก มีปริมาณน้ำท่ารวมในปี พ.ศ. 2547 จำนวน 2,370 ลบ.ม. และลดลงทุกปีเช่นกัน จนถึงปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณน้ำท่ารวม 2,010 ลบ.ม. ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนการจัดการแหล่งน้ำเพื่อการผลิตส้มในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำฝาง

สำหรับคุณภาพของแหล่งน้ำที่ใช้ปลูกส้มในพื้นที่ศึกษา เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภท 3 (แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภค

บริเวณ และการเกษตร) และค่ามาตรฐานของคุณภาพน้ำสำหรับการเกษตรของต่างประเทศ พบว่าคุณภาพของน้ำโดยรวมแล้วยังอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก เมื่อพิจารณาโดยอาศัยค่า EC ของน้ำเป็นเกณฑ์ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของแหล่งน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม pH มีค่าค่อนข้างเป็นด่าง และมีความกระด้างสูงกว่าค่ามาตรฐาน โดยทั่วไปแล้วน้ำที่มี pH มากกว่า 8.5 มีสาเหตุมาจากอนุมูลของไบคาร์บอเนต ( $\text{HCO}_3^-$ ) และคาร์บอเนต ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ในน้ำที่มีอนุมูลทั้งสองในปริมาณสูง ทำให้เกิดการรวมตัวกับ Ca และ Mg ในน้ำ ทำให้เกิดเกลือคาร์บอเนตที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้โซเดียม (Na) เหลืออยู่ในระบบเพียงธาตุเดียว ซึ่งทำให้ค่า SAR (sodium adsorption ratio) เพิ่มขึ้นได้ ซึ่งเมื่อนำน้ำนี้ไปใช้กับพืชอาจก่อปัญหาดินต่างชนิด sodic soil ขึ้นได้ (Bauder et al., no date) นอกจากนี้ เกลือคาร์บอเนตอาจจะไปรวมตัวกับสารอื่นทำให้เกิดการตกตะกอนหรือเสื่อมประสิทธิภาพได้ เช่น ในกรณีให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ หรือนำน้ำเหล่านี้ไปใช้เป็นตัวทำละลายสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า SAR และปริมาณ Na พบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ไม่มีอันตรายจากความเค็มและปริมาณโซเดียม

ในส่วนความต้องการน้ำของพืชในพื้นที่ศึกษา มีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ข้าวนาปี และลิ้นจี่ มีช่วงเวลาของความต้องการน้ำและฤดูกาลผลิตแตกต่างจากส้ม ข้าวมีปริมาณความต้องการน้ำตลอดฤดูปลูก (90-120 วัน) ประมาณ 450-700 มิลลิเมตร (มัตติกา, 2551) แต่เนื่องจากข้าวมีฤดูกาลผลิตช่วงเดือน ก.ค.-พ.ย. เป็นช่วงฤดูฝน จึงมีปริมาณน้ำเพียงพอ แต่หากเป็นพืชล้มลุกชนิดอื่นในช่วงฤดูแล้งอาจได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำ เนื่องจากบริเวณต้นน้ำเป็นพื้นที่ปลูกส้มซึ่งต้องการน้ำปริมาณมาก ลิ้นจี่ซึ่งมีพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่บนพื้นที่สูงเช่นเดียวกับส้ม แต่เนื่องจากลิ้นจี่มีการออกผลผลิตเพียงปีละ 1 ครั้ง และให้ผลผลิตสูงปีเว้นปี และปัจจัยที่สำคัญในการให้ผลผลิตคือเรื่องของอุณหภูมิ ต้นลิ้นจี่จะออกดอกได้ดีเมื่อปลูกอยู่ในสภาพอุณหภูมิต่ำ (Chattrakul, 2005) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเกษตรกรรมผลิตลิ้นจี่โดยอาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ในระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่มาวจึงได้รับผลกระทบจากระบบการผลิตส้มค่อนข้างน้อย ยกเว้นในกรณีระบบการผลิตพืชหลังนา ซึ่งเป็นฤดูแล้งที่ประจวบเหมาะกับความต้องการน้ำที่มากของส้มเช่นกัน ซึ่งอาจมีปัญหาเกิดการแย่งน้ำกับระบบการผลิตพืชอื่นได้

#### 7.4 ด้านการวิเคราะห์สถานการณ์ปริมาณน้ำ และประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วม

ในการวิเคราะห์สถานการณ์ปริมาณน้ำ โครงการวิจัย ฯ ได้ใช้แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อประเมินสถานการณ์น้ำท่าที่มีผลต่อพื้นที่สวนส้มในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูล ลักษณะลุ่มน้ำ (Watershed characteristics) ได้แก่ ความสูงของสภาพภูมิประเทศ (Digital Elevation Model: DEM) ดิน (soils) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

(land use) ลักษณะภูมิอากาศ (climate characteristics) ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการระเหยความชื้นสัมพัทธ์ และ ลักษณะทางอุทกวิทยา (hydrological Characteristics) ได้แก่ ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำฝน โดยนำผลการประเมินปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำฝาง (Simulated Base Flow) มาทำการสอบเทียบค่าแบบจำลอง (model calibration) พบว่า มีความใกล้เคียงกับค่าจริง (observed data) อยู่ในระดับปานกลาง ( $R^2 = 0.54$ ) จากนั้นทำการปรับเทียบแบบจำลอง (model validation) ด้วยพารามิเตอร์บางค่าที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลอง ได้แก่ ค่า CN ที่มีผลมาจากลักษณะต่าง ๆ ทางกายภาพของกลุ่มน้ำรวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลของการปรับเทียบแบบจำลอง ทำให้ได้ค่าประมาณการณที่ใกล้เคียงความจริง ( $R^2 = 0.842$ ) โดยข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในระดับที่สามารถยอมรับได้และนำแบบจำลองไปใช้ได้จริง

จากการปรับเทียบแบบจำลอง โครงการวิจัยฯ ได้ข้อสังเกตว่าปัจจัยข้อมูลนำเข้าบางประการ เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลา น่าจะมีผลต่อค่าพารามิเตอร์บางประการที่มีผลต่อแบบจำลองเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งต้องส่งผลกระทบต่อข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองด้วย ทั้งนี้ การศึกษาและพิสูจน์ข้อเท็จจริงอาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาอย่างละเอียดในโอกาสต่อไป

ในส่วนของการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมของพื้นที่ปลูกส้ม ได้ประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกับวิธีการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งและน้ำท่วมของพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาว และไชยปราการ จากนั้นได้ใช้ข้อมูลพื้นที่ปลูกส้มในปัจจุบันที่วิเคราะห์จำแนกได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ALOS (Advanced Land Observing Satellite) ระบบข้อมูล AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2) บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 16 พ.ย.51 ทำการซ้อนทับ (overlying) และตัด (clipping) เข้ากับข้อมูลพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่อาว และไชยปราการ ที่ประเมินได้ในขั้นต้น

ในการประเมินความเสี่ยงภัยแล้งได้ใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งตามค่าความสำคัญที่กำหนดได้ด้วยโปรแกรมร่วมตัดสินใจ (รตส.) คือ จำนวนวันที่ฝนตก (0.334) เปอร์เซนต์ความลาดชัน (0.195) ปริมาณน้ำฝน (0.170) ระยะห่างจากลำน้ำ (0.148) ความหนาแน่นของลำน้ำ (0.058) การระบายน้ำของดิน (0.044) ความหนาแน่นของบ่อน้ำ (0.031) และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (0.020) ตามลำดับ โดยผลการศึกษา พบว่า พื้นที่ปลูกส้มในอำเภอฝาง แม่อาว ไชยปราการ มีโอกาสเกิดภัยแล้งในระดับเสี่ยงน้อยสุด คิดเป็นพื้นที่ 17,915.2 ไร่ (ร้อยละ 28.1 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงน้อย คิดเป็นพื้นที่ 11,824.1 ไร่ (ร้อยละ 18.5 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 9,970.4 ไร่ (ร้อยละ 15.6 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งระดับเสี่ยงมาก คิดเป็นพื้นที่ 22,571.7 ไร่ (ร้อยละ 35.4 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดภัยแล้งมากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 1,522.5 ไร่

(ร้อยละ 2.4 ของพื้นที่ทั้งหมด) รวมพื้นที่ปลูกส้มในอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ จำนวนทั้งสิ้น 63,804.0 ไร่

ส่วนการประเมินความเสี่ยงน้ำท่วมได้ใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำท่วมตามค่าความสำคัญที่กำหนดได้คือ ปริมาณน้ำฝน (0.204) ดัชนีความเปียกของพื้นที่ (0.168) ระยะห่างจากลำน้ำ (0.149) ความหนาแน่นของทางน้ำย่อยในพื้นที่ลุ่มน้ำ (0.119) เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (0.110) ความสูงของพื้นที่ (0.097) การระบายน้ำของดิน (0.049) คุณสมบัติทางกายภาพของดิน (0.043) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (0.031) ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ (0.018) และจำนวนวันที่ฝนตก (0.013) ตามลำดับ โดยผลการศึกษา พบว่าพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ มีโอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงน้อยสุด คิดเป็นพื้นที่ 71.8 ไร่ (ร้อยละ 0.1 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงน้อย คิดเป็นพื้นที่ 5,998.1 ไร่ (ร้อยละ 9.4 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 36,315.7 ไร่ (ร้อยละ 56.9 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมระดับเสี่ยงมาก คิดเป็นพื้นที่ 19,502.8 ไร่ (ร้อยละ 30.6 ของพื้นที่ทั้งหมด) โอกาสเกิดน้ำท่วมมากที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 1,915.5 ไร่ (ร้อยละ 3.0 ของพื้นที่ทั้งหมด) รวมพื้นที่ปลูกส้มในอำเภอฝาง แม่ฮาย ไชยปราการ จำนวนทั้งสิ้น 63,804.0 ไร่

## 7.5 ด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่ โครงการวิจัย ฯ ได้พัฒนา “ระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่” ที่สามารถเรียกใช้และแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการปลูกส้มและทรัพยากรที่ดิน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษา วิเคราะห์ และประเมินปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ในโครงการวิจัย ฯ และอีกส่วนหนึ่งเป็นการรวบรวมองค์ความรู้ด้านทรัพยากรดินและน้ำที่เกี่ยวข้องกับการปลูกส้มที่ถูกต้องตามหลักวิชาการเข้ามาไว้ร่วมกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้เกษตรกรผู้ปลูกส้มและผู้เกี่ยวข้องสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการวางแผนและสนับสนุนการตัดสินใจด้านการใช้ที่ดินและการใช้ทรัพยากรดินและน้ำเพื่อการผลิตส้ม โดยโครงการวิจัย ฯ ได้พัฒนาระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่เป็นทั้งแบบ Web-based และแบบ Window-based โดยคาดหวังให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตามความสะดวกในทั้ง 2 ระบบ ซึ่งใช้แนวความคิดในการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้ระบบโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) แบบ open source ช่วยสนับสนุนในการพัฒนาระบบ ฯ

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศสืบเชิงพื้นที่แบบ Web-based ได้พัฒนาด้วยโปรแกรม “Minnesota MapServer” ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลในเชิงพื้นที่แบบโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยทั่วไปผ่านทางอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ ยังจัดเตรียมข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ (non-spatial data) แบบ website ทัวไป ในการให้องค์ความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรดินและน้ำ และสาระความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการผลิตหรือการปลูกส้มในพื้นที่ศึกษาอำเภอฝาง แม่ฮาย และไชยปราการ ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านทาง website: <http://web.agri.cmu.ac.th/somsainamphung>

สำหรับระบบสารสนเทศสัสมเชิงพื้นที่แบบ Window-based” ได้พัฒนาโดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ MapWindow GIS (open source software) ให้โปรแกรมมีขีดความสามารถในการเพิ่มเติมแก้ไขข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลอรรถาธิบายในลักษณะตารางข้อมูลแบบ .dbf (Croft, 2007) โดยพัฒนาโปรแกรมที่เป็นภาษาไทย ให้สามารถแสดงข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรดิน น้ำ อุดทุนิยมวิทยา ขอบเขตการปกครอง และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถสืบค้นข้อมูลประเภทต่าง ๆ โดยแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบแผนที่และตาราง มีขีดความสามารถของระบบ ๔ อย่างหลากหลาย เช่น การเลือกพื้นที่แสดงชั้นข้อมูลแผนที่ เครื่องมือจัดการแผนที่ และพิมพ์แผนที่ เป็นต้น

## 7.6 ด้านการพัฒนาบุคลากรทางการวิจัย

ในระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการวิจัย “การจัดการทรัพยากรดินและน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสัสมเปลือกอ่อน (สายน้ำผึ้ง)” ตลอด 1 ปีที่ผ่านมา ส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย ๔ ได้สนับสนุนให้นักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยร่วมกับนักวิจัยหลักของโครงการ โดยมีโอกาสในการเรียนรู้กระบวนการขั้นตอน เทคนิค และวิธีการของงานวิจัยในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการใช้พื้นที่ศึกษา อุปกรณ์เครื่องมือของโครงการวิจัย ๔ ในการดำเนินงานวิจัยของนักศึกษา

ที่ผ่านมา โครงการวิจัย ๔ สามารถมีส่วนในการพัฒนาบุคลากรทางการวิจัยที่เป็นนักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวน 2 คน ได้แก่ (1) น.ส.วาสนา วิรุณรัตน์ นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากร ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ ในความดูแลและให้คำปรึกษาของ ผศ.ดร. ถาวร อ่อนประไพ โดยทำวิจัยเพื่อเป็นวิทยานิพนธ์เรื่อง “การประเมินความเสี่ยงต่อความเสื่อมโทรมของพื้นที่ปลูกสัสมสายน้ำผึ้ง: กรณีศึกษาลุ่มน้ำฝาง จังหวัดเชียงใหม่” (2) น.ส.โสธยา เส่งชื่น นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากร ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ ในความดูแลและให้คำปรึกษาของ ผศ.ดร. ถาวร อ่อนประไพ โดยทำวิจัยเพื่อเป็นวิทยานิพนธ์เรื่อง “การใช้ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อศึกษาพื้นที่ปลูกสัสมที่แสดงอาการโรคกรีนนิ่ง ในลุ่มน้ำแม่สุ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่” โดยนักศึกษาดังกล่าวทั้ง 2 คน ได้เสร็จงานวิจัยบางส่วนของวิทยานิพนธ์ เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาดำเนินการโครงการวิจัย

ภาคผนวก ก. และ ข. แสดงเอกสารผลงานวิจัยของ น.ส.วาสนา วิรุณรัตน์ นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และการจัดการทรัพยากร ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ ที่ได้ดำเนินงานวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สุ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ คือ (1) “สภาวะธาตุอาหารในใบของสัสมสายน้ำผึ้งในสวนของเกษตรกรที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตต่างกัน พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น จังหวัดเชียงใหม่” และ (2) “การประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตของสวนสัสมสายน้ำผึ้ง คุณภาพดินและความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินกับความสามารถในการให้ผลผลิต: กรณีศึกษา

ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น” โดยนำเสนอที่ประชุมการสัมมนาวิชาการบัณฑิตศึกษากเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 8: (2553) และการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ครั้งที่ 2 (2553) ตามลำดับ

### เอกสารอ้างอิง

มัตติกา พนมธรนิจุล. 2551. การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1.

เชียงใหม่ : หน่วยพิมพ์ ฯ งานบริหารและธุรการ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.  
487 หน้า.

เมธี เอกะสิงห์ เฉลิมพล สำราญพงษ์ ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์ ประภัสสร พันธุ์สมพงษ์ และเทวินทร์ แก้วเมืองมูล. 2551. ระบบวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ที่ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ใน รายงานการสัมมนาาระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 4 ระหว่างวันที่ 27-28 พฤษภาคม 2551 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติเอ็มเพรส เชียงใหม่. หน้า 75-89.

เมธี เอกะสิงห์ เทวินทร์ แก้วเมืองมูล และ ชาฤทธิ์ สุ่มเหม. 2549. โปรแกรมวิเคราะห์แบบหลายหลักเกณฑ์เพื่อใช้งานในระบบสนับสนุนการตัดสินใจ. รายงานการประชุมวิชาการ ศวพค ปี 2549. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร. 22 -23 กันยายน 2549 ณ โรงแรมกรีนเลค รีสอร์ท จังหวัดเชียงใหม่.

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่. 2551. สถานการณ์ส้มจังหวัดเชียงใหม่ ปีการผลิต 2551/52 ณ วันที่ 26 พฤศจิกายน 2551. 5 หน้า.

Bauder T.A., R.M. Waskom and J. G. Davis. No date. Irrigation Water Quality Criteria. Colorado state University Cooperative Extension. 7/30 Revised 3/07, Colorado state University. U.S.A.

Chattrakul, A. T. 2005. Mechanism of Physiological Responses of Litchi when Flowering Under Low Temperature Condition. Graduate School, Chiang Mai University. 147 p.

Croft, T. 2007. Quick Guide to MapWindow GIS Desktop Application Version 2. [Online].

Available: <http://www.mapwindow.org> (20 September 2010).

Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw Hill Company, New York.

-----

---

ภาคผนวก

---

## ภาคผนวก ก

### สภาวะธาตุอาหารในใบของส้มสายน้ำผึ้งในสวนของเกษตรกรที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตต่างกัน พื้นที่ ลุ่มน้ำย่อยแม่สูน จังหวัดเชียงใหม่

Leaf Nutrient Status of Sai Num Phung Tangerine in Farmers' Orchards with Different Levels of  
Productivity Potentials, Mae Soon Sub-Watershed, Chiang Mai Province.

วาสนา วิรุณรัตน์ และ อำพรณ พรมศิริ

Vassana Viroonrat and Ampan Bhomsiri

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Plant Science and Natural Resource, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

#### Abstract

The study on leaf nutrient status of Sai Num Phung tangerine trees in farmers' orchards of different productivity potentials was conducted in Mae Soon sub-watershed, Chiang Mai province. Fifty orchards were selected from different three sites; sloping area, flat plain at lower slope and lowland including 22, 17 and 11 orchards, respectively. Orchard productivity was evaluated through field survey and farmer interview using questionnaires. One hundred tree individuals per orchard were used for determination of productivity levels. Five productivity levels were determined as 80%, 60%, 40%, 30% and 20% based on sizes and colors of leaves, symptoms of root rot and greening diseases. Field observation of tangerine tree was taken two times; after branch pruning in March and fruiting in July. Mature leaves from the third order leaves for each orchard were collected in July 2010 for analysis of concentrations of total P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn and B. The percentages of orchard in sloping area and flat plain at lower slope of 80% productivity potentials were 36 and 29, respectively, and none was found in lowland. Those of 40% potentials in lowland and flat plain at lower slope were in the order of 45.5 and 41.2, whereas the sloping area was 14. Optimum and high P, K and Ca levels in leaves imply that fertilizers are not necessary for the orchards. The orchards in sloping area of 60, 40 and 20% potentials, and 30% potentials of lowland had the low Ca. Most trace elements were in the optimum and high levels, except for the low Mn and Cu in sloping area of 30% potentials. The low B was found in orchard of 60, 30 and 20% potentials in sloping area, and those of 20% potential in flat plain at lower slope.

## บทคัดย่อ

ศึกษาสภาวะธาตุอาหารในใบของส้มสายน้ำผึ้งในสวนเกษตรกร 50 ราย ที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตแตกต่างกัน ในลุ่มน้ำแม่สุ่น จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกสวนส้มจาก 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ลาดเท ที่ราบเชิงเขาและที่ราบลุ่ม จำนวน 22, 17 และ 11 สวนตามลำดับ ประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตของสวนโดยการสำรวจภาคสนาม และใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกร เลือกต้นส้มจำนวน 100 ต้นต่อสวน เพื่อประเมินศักยภาพการผลิตและ ได้แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ 80%, 60%, 40%, 30% และ 20% โดยพิจารณาจาก ลักษณะใบ ขนาดและสีใบ อาการขาดธาตุอาหาร เป็นต้น การเกิดโรครากเน่าโคนเน่าและโรคกรีนนิ่ง ตรวจสอบสภาพต้นส้มในสวนโดยการสำรวจ 2 ระยะคือ หลังการตัดแต่งกิ่งในเดือนมีนาคม และช่วงผลส้มมีขนาดเท่าผลมะนาวในเดือนกรกฎาคม เก็บตัวอย่างใบที่สามจากกิ่งที่ไม่ติดผลของแต่ละสวนในเดือนกรกฎาคม 2553 เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นทั้งหมดของธาตุ P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn และ B พบว่า สวนส้มในพื้นที่ลาดเทและที่ราบเชิงเขาที่มีศักยภาพการให้ผลผลิต 80% คิดเป็นร้อยละ 36 และ 29 ตามลำดับ แต่ไม่พบในที่ราบลุ่ม สวนส้มที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตต่ำกว่า 40% ในที่ราบลุ่มและที่ราบเชิงเขามีร้อยละ 45.5 และ 41.2 ตามลำดับ ขณะที่สวนส้มในพื้นที่ลาดเทมีเพียงร้อยละ 14 สวนส้มที่มีธาตุ P, K และ Mg ในใบระดับที่เหมาะสมหรือสูงเป็นสวนที่ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพิ่ม สวนส้มที่มีระดับ Ca ในใบต่ำพบในพื้นที่ลาดเทที่มีศักยภาพการให้ผลผลิต 60%, 40% และ 20% รวมทั้งสวนส้มที่มีศักยภาพ 30% ในพื้นที่ราบลุ่ม จุลธาตุส่วนใหญ่อยู่ในระดับเหมาะสมหรือสูง ยกเว้น Mn และ Cu ในสวนส้มพื้นที่ลาดเทที่ระดับ 30% ที่อยู่ในระดับต่ำ และ B ในสวนส้มที่มีศักยภาพ 60%, 30% และ 20% รวมทั้งสวนส้มที่มีศักยภาพ 20% ในพื้นที่ราบเชิงเขา

คำสำคัญ: สภาวะธาตุอาหารพืช, ศักยภาพการให้ผลผลิต, ส้มสายน้ำผึ้ง, ที่ราบลุ่ม, เขตลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น

Key words: plant nutrient status, orchard productivity potentials, Sai Num Phung tangerine, lowland, Mae soon sub-watershed

## บทนำ (Introduction)

พื้นที่ปลูกส้มในจังหวัดเชียงใหม่โดยเฉพาะในเขตอำเภอฝาง แม่อาฮายและไชยปราการ จัดเป็นแหล่งปลูกส้มเขียวหวานที่ใหญ่ที่สุดแหล่งสุดท้ายของประเทศไทย พื้นที่มีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม จึงทำให้ผิวของผลส้มมีสีเหลืองทอง ซึ่งเป็นเอกลักษณ์ของส้มเขียวหวานที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ ที่เรียกกันทั่วไปว่า ส้มสายน้ำผึ้ง แต่จากข้อมูลของสำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ (สำนักงานจังหวัดเกษตรเชียงใหม่, 2552) พบว่า พื้นที่ปลูกส้มในจังหวัดเชียงใหม่ฤดูกาลผลิตปี 2551/2552 ลดลงกว่า 30 % เมื่อเทียบกับปี 2550/2551 และมีแนวโน้มลดลงในปีต่อไป

การลดลงของพื้นที่ปลูกส้มและความเสื่อมโทรมของสวนส้มมีปัจจัยเกี่ยวข้องหลายประการ เช่น สภาพภูมิประเทศ ท่าเลที่ตั้งสวน การจัดการของสวนที่อยู่ข้างเคียง การระบาดของโรค สภาพพื้นที่สวน วิธีการจัดการ

เป็นต้น รวมทั้งการวางแผนในระยะเริ่มต้น โดยเฉพาะการเลือกกิ่งพันธุ์ที่ใช้ปลูกซึ่งจะมีผลต่อความสมบูรณ์แข็งแรงของต้นส้มในภายหลัง

พื้นที่วิจัยนี้อยู่ในลุ่มน้ำย่อยแม่สูน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ พื้นที่เกษตรส่วนใหญ่ใช้ปลูกส้มสายน้ำผึ้ง มีสภาพ ภูมิประเทศและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่หลากหลาย ประกอบด้วยสวนส้มที่ปลูกในพื้นที่ลาดเท ที่ราบเชิงเขา และที่ราบลุ่ม รวมทั้งประวัติที่มาของพื้นที่ปลูกส้ม แต่เดิมนั้นเกษตรกรใช้พื้นที่เพื่อทำนา ปลูกพืชไร่ และเลี้ยงสัตว์เป็นหลัก ขณะที่สวนส้มบางสวนเคยเป็นป่ามาก่อน ดังนั้นจึงเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจสำหรับการวิจัย ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกส้มในแต่ละสภาพพื้นที่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการบริหารจัดการสวนให้เหมาะสมกับพื้นที่ของตนเอง โดยเฉพาะ การจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ โรคและแมลงต่างๆ เพื่อให้ต้นส้มมีอายุยืนและสมบูรณ์สำหรับให้ผลผลิตต่อไป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจสถานะของธาตุอาหารในใบส้มสายน้ำผึ้งของสวนส้มเกษตรกรที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตที่แตกต่างกันเพื่อประเมินสถานะธาตุอาหารของต้นส้ม ข้อมูลที่ได้จะใช้ประกอบกับการวิเคราะห์ดินเพื่อให้คำแนะนำการใส่ปุ๋ยแก่เกษตรกร และนำไปสร้างฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมโทรมของสวนส้มในเชิงพื้นที่

### ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology/Experimental design)

#### การสำรวจและคัดเลือกพื้นที่ศึกษา

คัดเลือกเกษตรกรผู้ปลูกส้มรายย่อยที่มีพื้นที่ปลูกอยู่ในเขตตำบลแม่สูนจำนวน 200 คน จากรายชื่อเกษตรกรที่ได้รับการรับรอง GAP ในปีพ.ศ.2551 ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 904 ราย เก็บข้อมูลการจัดการสวนของเกษตรกรที่คัดเลือกไว้โดยใช้แบบสอบถามจำนวน 200 ชุด และสำรวจพื้นที่จริง เพื่อประเมินสภาพสวนของเกษตรกรที่คัดเลือกไว้ จากนั้นเลือกสวนของเกษตรกรผู้ปลูกส้มรายย่อย (พื้นที่ปลูกน้อยกว่า 50 ไร่) จำนวน 50 ราย ซึ่งมีตำแหน่งสวนกระจายตัวทั่วพื้นที่ปลูกส้มในลุ่มน้ำย่อยแม่สูน (รูปที่ 1)

ในการประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตจากสวนส้มที่ได้คัดเลือกไว้ 50 สวน ใช้วิธีการลงพื้นที่ตรวจสอบสวน 2 ระยะ คือ หลังการตัดแต่งกิ่งในเดือนมีนาคม และช่วงที่ผลส้มมีขนาดเท่าผลมะนาวในเดือนกรกฎาคม เลือกต้นส้มในแต่ละสวนจำนวน 100 ต้น สำหรับเกณฑ์การพิจารณาในการให้คะแนนนั้นผู้วิจัยกำหนดขึ้นเอง ประกอบด้วย ขนาดและสีของใบ การแสดงอาการของโรคที่สำคัญ เช่น รากเน่า กรีนนิ่ง การแสดงอาการขาดธาตุอาหารของต้นส้ม ทำการแบ่งระดับศักยภาพการให้ผลผลิตของสวนเป็น 5 ระดับ คือ 80%, 60%, 40%, 30% และ 20% ตามลำดับ

#### การเก็บตัวอย่างใบส้มสำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหาร

เก็บตัวอย่างใบส้มในสวนเกษตรกรที่คัดเลือกไว้ในเดือนกรกฎาคม 2553 เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นทั้งหมดของฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), แมงกานีส (Mn), เหล็ก (Fe) และโบรอน (B) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างใบตำแหน่งที่ 3 ของกิ่งที่ไม่มีผล รอบต้นทั้ง 4 ทิศ (นันทวัฒน์, 2548) จำนวน 100 ใบ ทั้งหมด 10 ต้น/สวน เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละสวน ย่อยตัวอย่างแบบ dry ashing และใช้วิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบดังนี้ ความเข้มข้นทั้งหมดของ P โดยวิธีพัฒนาสีด้วย

ammonium vanado phospho molybdate วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer (ศรีสม, 2544) ความเข้มข้นทั้งหมดของ K วิเคราะห์โดยวิธี flame emission spectrophotometer (Helmke and Sparke, 1996) ความเข้มข้นทั้งหมดของ Ca, Mg, Fe, Mn และ Zn โดยวิธี atomic absorption (Walinga *et al.*, 1989) และความเข้มข้นทั้งหมดของ B ด้วยวิธีพัฒนาสีโดยใช้ Azomethine-H วัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Nunan *et al.*, 1997) ประเมินสถานะของธาตุ P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn และ B ในใบส้มตามเกณฑ์ที่เสนอโดย Smith, 1966; Koo, 1984; Malavolta, 1989 ซึ่งอ้างโดย World Fertilizer Use Manual; citrus (1992) วิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นธาตุอาหารในใบส้มตามลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ โดยจัดเป็นการวิจัยที่มีแผนการทดลองแบบ randomized complete block มีพื้นที่ปลูกส้มที่มีลักษณะทางกายภาพต่างกัน ให้จำนวนสวนในแต่ละพื้นที่เป็น block และวิเคราะห์ความแตกต่างของพื้นที่ในทางสถิติโดยใช้ F-test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยธาตุอาหารพืชในแต่ละพื้นที่ของกรรมวิธีโดยใช้ Least Significant Differential (LSD)

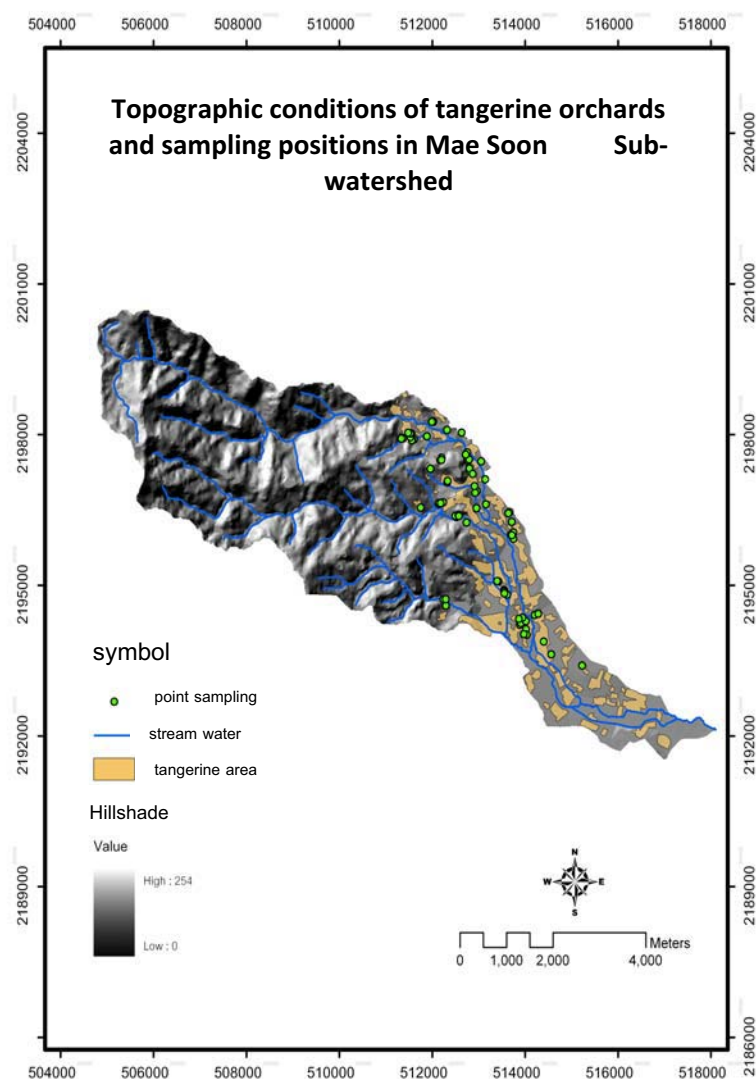


figure 1 Topographic conditions of tangerine orchards and sampling positions in Mae Soon Sub-watershed

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

### จำนวนสวนส้มที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตต่างกัน

จากการคัดเลือกสวนส้มจำนวน 50 สวน มีสวนที่อยู่ในพื้นที่ลาดเทจำนวน 22 สวน ที่ราบเชิงเขา และที่ราบลุ่มซึ่งเคยเป็นพื้นที่นาเดิม 17 และ 11 สวนตามลำดับ โดยแต่ละพื้นที่มีระดับศักยภาพการให้ผลผลิตแตกต่างกัน

สำหรับพื้นที่ลาดเทมีสวนส้มซึ่งที่มีศักยภาพ 80% เท่ากับร้อยละ 36 ในขณะที่ที่ราบเชิงเขามีสวนที่มีศักยภาพ 80% เท่ากับร้อยละ 29 ส่วนที่ราบลุ่มไม่พบสวนที่มีความศักยภาพในระดับดังกล่าวเลย สวนส้มที่มีศักยภาพ 40% มีอยู่ในทุกสภาพพื้นที่ โดยร้อยละ 54.5 อยู่ในที่ราบลุ่มร้อยละ 29.4 อยู่ในที่ราบเชิงเขา และร้อยละ 41 อยู่ในพื้นที่ลาดเท สัดส่วนของสวนส้มที่มีศักยภาพต่ำกว่า 40% เมื่อเปรียบเทียบแต่ละสภาพพื้นที่กล่าวคือ ในที่ราบลุ่ม มีมากถึงร้อยละ 45.5 รองลงมาคือ สวนส้มในพื้นที่ราบเชิงเขามีร้อยละ 41.2 ในขณะที่พื้นที่ลาดเทมีสวนส้มที่มีศักยภาพต่ำกว่า 40% มีเพียงร้อยละ 14 เท่านั้น (ตารางที่ 1) สรุปได้ว่า พื้นที่ซึ่งมีศักยภาพ 80% พบมากในพื้นที่ลาดเท แต่ไม่พบเลยในพื้นที่ราบลุ่ม สำหรับพื้นที่ซึ่งมีศักยภาพต่ำกว่า 40% นั้นพบมากในพื้นที่ราบเชิงเขาและพื้นที่ราบลุ่ม

Table 1 Numbers of tangerine orchards with different levels of productivity in each area

| levels of productivity | numbers of orchards |             |             |
|------------------------|---------------------|-------------|-------------|
|                        | sloping area        | flat plain  | lowland     |
| 80%                    | 8 (36.40%)*         | 5 (29.40%)  | 0 (0.00)    |
| 60%                    | 2 (9.10%)           | 0 (0.00)    | 0 (0.00)    |
| 40%                    | 9 (40.90%)          | 5 (29.40%)  | 6 (54.50%)  |
| 30%                    | 1 (4.50%)           | 1 (5.90%)   | 2 (18.20%)  |
| 20%                    | 2 (9.10%)           | 6 (35.30%)  | 3 (27.30%)  |
| total                  | 22 (100.0%)         | 17 (100.0%) | 11 (100.0%) |

\*a figure in parenthesis is the percentage of the total numbers of sampling orchards

### ระดับความแตกต่างธาตุอาหารในใบส้มของแต่ละสภาพพื้นที่

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของความเข้มข้นธาตุอาหารในใบส้มซึ่งปลูกในพื้นที่ที่มีลักษณะทางกายภาพต่างกัน โดยวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธี F-test วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block ให้จำนวนสวนในแต่ละสภาพพื้นที่เป็น block พบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นธาตุ K, Ca และ Fe ในใบช่วงเดือนกรกฎาคม 2553 มีความผันแปรตามพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญดังตารางที่ 2 ส่วนธาตุอื่นๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

Table 2 Average concentrations of nutrients in citrus leaves collected from different topographic areas

plant nutrients      optimum levels of plant      average concentration of plant nutrient in each

|          | nutrients in citrus |              | area       |         |
|----------|---------------------|--------------|------------|---------|
|          | leaves**            | sloping area | flat plain | lowland |
| P (%)    | 0.12-0.16           | 0.15 a       | 0.15 a     | 0.14 a  |
| K (%)    | 1.20-1.70           | 1.87 a*      | 1.55 b     | 1.55 b  |
| Ca (%)   | 3.00-4.90           | 3.31 a       | 2.95 a     | 2.36 b  |
| Mg (%)   | 0.30-0.49           | 0.46 a       | 0.45 a     | 0.43 a  |
| Fe (ppm) | 60-120              | 118.0 a      | 99.0 ab    | 87.0 b  |
| Mn (ppm) | 25-100              | 45.21 a      | 37.83 a    | 34.47 a |
| Cu (ppm) | 5-16                | 13.02 a      | 7.71 a     | 5.97 a  |
| Zn (ppm) | 25-100              | 77.94 a      | 87.72 a    | 80.26 a |
| B (ppm)  | 36-100              | 49.99 a      | 47.67 a    | 45.51 a |

\*mean in the same line follows by different letters differed significantly  $P < 0.05$

\*\* source of data: Smith, 1966; Koo, 1984; Malavolta, 1989 : World Fertilizer Use Manual citrus (1992)

จากค่าเฉลี่ยของ K, Ca และ Fe กล่าวได้ว่า สวนส้มในพื้นที่ลาดเทมีความเข้มข้น K ในใบอยู่ในระดับสูง ขณะที่สวนส้มในที่ราบเชิงเขาและที่ราบลุ่ม มีความเข้มข้นของ K ในใบอยู่ระดับที่เพียงพอแก่ความต้องการของส้ม สำหรับ Ca ในใบของสวนส้มในพื้นที่ลาดเทและที่ราบเชิงเขามีอยู่ในระดับเหมาะสม (อยู่ในช่วง 3.00-4.90%) แต่ส้มในที่ราบลุ่มมี Ca อยู่ในระดับต่ำ ในกรณีของธาตุ Fe ถึงแม้ผลการวิเคราะห์ พบว่า ในพื้นที่ลาดเทและที่ราบลุ่มจะมีความเข้มข้นของธาตุ Fe ในใบแตกต่างกัน โดยส้มในพื้นที่ลาดเทมีระดับของ Fe ในใบสูงกว่าค่าวิเคราะห์ของส้มในที่ราบลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าวิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างจากส้มในที่ราบเชิงเขา อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ธาตุ Fe ของส้มทุกพื้นที่ก็ยังมีอยู่ในระดับเหมาะสม (60-120 ppm)

### สภาวะของธาตุอาหารในใบของสวนส้มที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย P ในใบ (รูปที่ 2) พบว่า สวนส้มที่มีศักยภาพการให้ผลผลิต 80% ในพื้นที่ลาดเทและที่ราบเชิงเขามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ P ในใบอยู่ในระดับเหมาะสม ซึ่งอยู่ในช่วง 0.12-0.16 % ดังตารางที่ 2 สวนสวนส้มที่มีศักยภาพ 60% ซึ่งมีเฉพาะในพื้นที่ลาดเท และสวนส้มที่มีศักยภาพ 40% ซึ่งมีอยู่ในทุกพื้นที่ มี P อยู่ในระดับเหมาะสมเช่นกัน ในกรณีของสวนส้มที่มีศักยภาพ 30% และ 20% ที่อยู่ในพื้นที่ลาดเทพบว่า P มีอยู่ในระดับสูง ในขณะที่สวนส้มที่มีศักยภาพในระดับดังกล่าวในที่ราบเชิงเขา และที่ราบลุ่ม มีสภาวะของ P อยู่ในระดับเหมาะสม จากสภาวะของ P ในต้นส้มที่ประเมินได้จากการวิเคราะห์ใบกล่าวได้ว่า ไม่มีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ย P ในสวนทุกสวนที่สุ่มเก็บตัวอย่าง

ในพื้นที่ลาดเทสวนส้มที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตอยู่ในระดับ 80%, 60%, 40% และ 20% มีค่าเฉลี่ย K ในใบอยู่ในระดับสูง (1.80-2.30%) ในขณะที่สวนส้มที่มีศักยภาพ 30% มี K ในใบอยู่ในระดับที่เหมาะสม กล่าวคืออยู่ในช่วง 1.20-1.70% ดังตารางที่ 2 สวนส้มในที่ราบเชิงเขาที่มีระดับศักยภาพต่างกันก็มี K อยู่ในระดับเหมาะสมเช่นกัน และในพื้นที่ลาดเทเกือบทุกศักยภาพมีสวนส้มที่มี K อยู่ในระดับสูงเช่นกัน ยกเว้นสวนส้มที่มีศักยภาพ 20% ซึ่งมี K ในระดับเหมาะสม สำหรับที่ราบลุ่มมีสวนส้มที่มีศักยภาพ 40%, 30% และ 20% มี K

ไนโบอยู่ในระดับเหมาะสม (รูปที่ 3) จากค่าสภาวะของ K ในใบส้มทุกระดับศักยภาพของสวนและทุกสภาพพื้นที่ กล่าวได้ว่า ไม่มีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ย K ในการปลูกส้ม

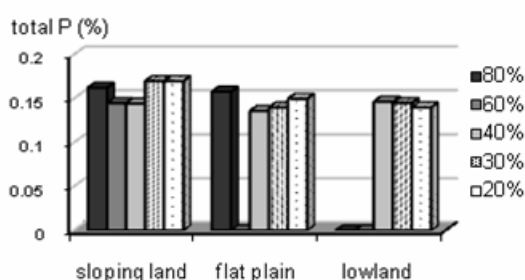


Figure 2 Concentrations (%) of P in Sai Num Phung leaves collected from three sites

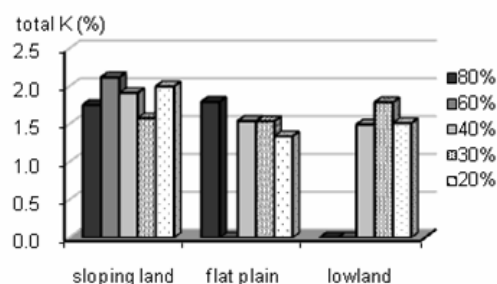


Figure 3 Concentrations (%) of K in Sai Num Phung leaves collected from three sites

ผลการวิเคราะห์ Ca ในใบส้ม (รูปที่ 4) พบว่า สวนส้มที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตในระดับ 80%, 40% และ 30% ในพื้นที่ลาดเทมี Ca ในใบอยู่ในระดับเหมาะสม กล่าวคือ อยู่ในช่วง 3.00-4.90% (ตารางที่ 2) ส่วนสวนส้มที่มีศักยภาพ 60% และ 20 % มีความเข้มข้นของธาตุ Ca ในระดับต่ำ สำหรับสวนส้มในที่ราบเชิงเขามี Ca ในใบส้มคล้ายกับสวนส้มในพื้นที่ลาดเท กล่าวคือ สวนส้มที่มีศักยภาพ 80% และ 30% มี Ca อยู่ในระดับเหมาะสม แต่สวนที่มีศักยภาพ 40% และ 20% มีอยู่ในระดับต่ำ กรณีของสวนส้มในที่ราบลุ่มซึ่งมีศักยภาพ 40%, 30% และ 20% มี Ca ในใบอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน

เนื่องจากปัจจัยควบคุมความเป็นประโยชน์ต่อส้มของ Ca ถูกจำกัดด้วยปัจจัยสิ่งแวดล้อม และความสมบูรณ์ของดินส้ม กรณีของสวนส้มที่มีสภาวะของ Ca ในใบอยู่ในระดับต่ำ โดยอาการขาด Ca ที่พบได้ชัดเจนในพื้นที่ คือ ผลแตก พบมากในฤดูฝน สภาพอากาศที่มีเมฆมากและฝนตก เนื่องจาก N ที่มากับฝนมีการเคลื่อนที่ในดินพืชเร็วกว่า Ca ซึ่งเป็นธาตุที่ immobile อีกทั้งความสมดุลของ Mg และ K ในดินทำให้การดูดใช้แคลเซียมของดินส้มน้อยลงได้เช่นกัน ซึ่งจากรายงานของ Brady and Weil (2002) พบว่า หากมีปริมาณแมกนีเซียมและโพแทสเซียมในดินสูงกว่าแคลเซียมก็อาจทำให้พืชดูดใช้แคลเซียมได้น้อยลง ดังนั้นจำเป็นต้องเพิ่ม Ca ให้เพียงพอความต้องการของส้มในช่วงฤดูฝน โดยอาจเพิ่ม Ca ในรูปของการใส่ปูน ถ้าระดับ pH ของดินในสวนต่ำกว่า 5.5 แต่กรณีที่สวนส้มมี pH เหมาะสมอยู่แล้ว (pH 5.5-6.5) อาจเลือกใช้  $\text{CaSO}_4$  หรือ  $\text{CaNO}_3$  เพื่อเพิ่มธาตุ Ca ให้แก่ดินส้มได้

ค่าเฉลี่ยของ Mg ในใบส้มทุกสภาพพื้นที่และทุกระดับศักยภาพการให้ผลผลิต (รูปที่ 5) พบว่า มีอยู่ในระดับเหมาะสม และไม่มีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุ Mg ให้แก่ส้มอีก และในกรณีที่ต้องปรับ pH ควรเลือกใช้ปูนมาร์ลน่าจะเหมาะสมกว่าปูนโดโลไมท์ เนื่องจากปูนมาร์ลมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น  $\text{CaCO}_3$  แต่ปูนโดโลไมท์มีส่วนประกอบของธาตุ Mg สูงถึง 11.7-13.1% (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) แต่จากการสัมภาษณ์เกษตรกรพบว่า ส่วนใหญ่มีการพ่น Mg เพื่อป้องกันอาการขาดอย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูกาลผลิต โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

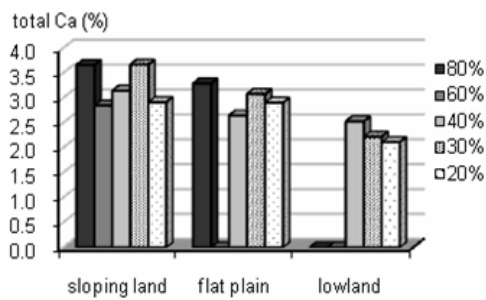


Figure 4 Concentrations (%) of Ca in Sai Num Phung leaves collected from three sites

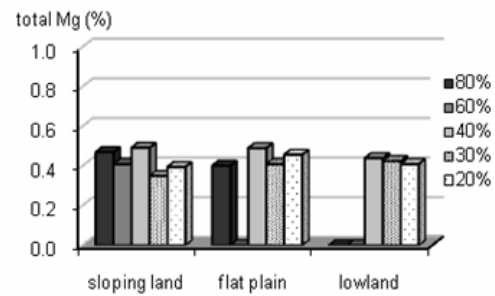


Figure 5 Concentrations (%) of Mg in Sai Num Phung leaves collected from three sites

สวนส้มทุกสภาพพื้นที่ซึ่งมีศักยภาพการให้ผลผลิต 80%, 60% และ 20% มีค่าเฉลี่ยของ Fe ในใบ (รูปที่ 6) อยู่ในระดับเหมาะสมคือ อยู่ในช่วง 60-120 ppm (ตารางที่ 2) ส่วนสวนส้มในพื้นที่ลาดเท และที่ราบเชิงเขาที่มีระดับศักยภาพ 30% และ 40% มี Fe ในใบอยู่ในระดับสูง (> 120 ppm) จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ทุกสวนที่สุ่ม เก็บตัวอย่างไม่จำเป็นต้องฉีดพ่นปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุ Fe ทางใบอีก

ผลการวิเคราะห์ Mn ในใบส้มพบว่า สวนส้มทุกสภาพพื้นที่และทุกระดับศักยภาพการให้ผลผลิต ยกเว้น สวนส้มในพื้นที่ลาดเทซึ่งมีศักยภาพ 30% มีค่าเฉลี่ยของ Mn ในระดับเหมาะสม (รูปที่ 7) คืออยู่ในช่วง 25-100 ppm ดังตารางที่ 2 ส่วนสวนส้มในพื้นที่ลาดเทที่มีศักยภาพ 30% มี Mn ในใบอยู่ในระดับต่ำ จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า มีเฉพาะสวนส้มในพื้นที่ลาดเทซึ่งมีศักยภาพ 30% เท่านั้นที่ต้องการฉีดพ่นปุ๋ย Mn

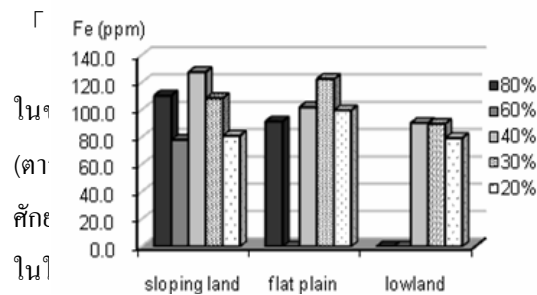


Figure 6 Concentrations (ppm) of Fe in Sai Num Phung leaves collected from three sites

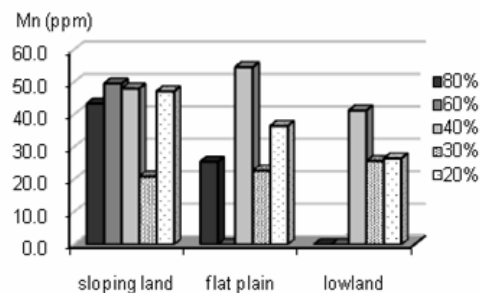


Figure 7 Concentrations (ppm) of Mn in Sai Num Phung leaves collected from three sites

ในใบอยู่ในระดับเหมาะสม ดังตารางที่ 2 (25-100 ppm) ยกเว้นสวนสมทมศักยภาพ 20% เนพนทลาดเทขงม Zn ในใบในระดัสูง (>100 ppm) จากค่าวิเคราะห์ใบดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การฉีดพ่นธาตุ Zn ไม่มีความจำเป็นสำหรับ สวนส้มที่สุ่มเก็บตัวอย่างทุกสภาพพื้นที่และทุกระดับศักยภาพ

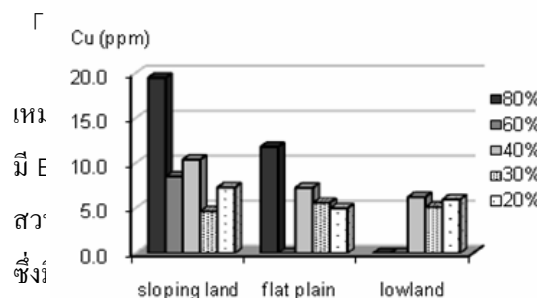


Figure 8 Concentrations (ppm) of Cu in Sai Num Phung leaves collected from three sites

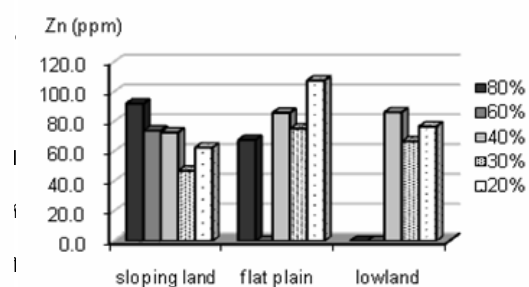


Figure 9 Concentrations (ppm) of Zn in Sai Num Phung leaves collected from three sites

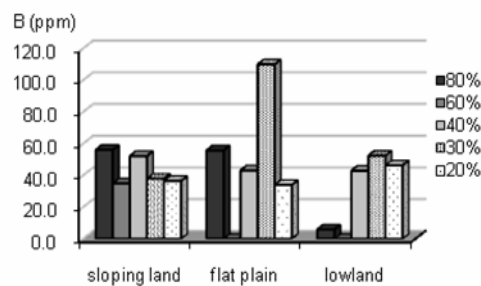


Figure 10 Concentrations (ppm) of B in Sai Num Phung leaves collected from three sites

กล่าวได้ว่า สวนส้มที่มีระดับศักยภาพ 60%, 30% และ 20% ในพื้นที่ลาดเทยังมีความจำเป็นในการฉีดพ่น B สำหรับ สวนส้มในที่ราบเชิงเขามีความจำเป็นในการฉีดพ่น B เฉพาะสวนที่มีศักยภาพ 20% เท่านั้น

### สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

ผลการวิจัยเกี่ยวกับสภาวะธาตุอาหารในใบส้มของสวนส้มเกษตรกรรมที่มีศักยภาพการให้ผลผลิตต่างกัน 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ลาดเท ที่ราบเชิงเขา และที่ราบลุ่ม ในลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น สรุปได้ว่า สวนที่ส้มตัวอย่างในทุกสภาพพื้นที่และทุกระดับศักยภาพการให้ผลผลิต ในช่วงสัปดาห์ลูกขนาดเท่าผลมะนาว (เดือนกรกฎาคม) มีปริมาณธาตุ P, K และ Mg ในใบอยู่ในระดับเหมาะสมหรือสูงกว่า ซึ่งไม่มีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุเหล่านี้ให้แก่ต้นส้ม อีก สวนส้มที่มีระดับของ Ca ในใบต่ำ พบกระจายอยู่ในทุกสภาพพื้นที่ สอดคล้องกับอาการผลแตกของส้มที่เกิดขึ้น ซึ่งจำเป็นอย่างย้งที่ต้องมีการเพิ่ม Ca ให้เพียงพอกับความต้องการของส้มในช่วงฤดูฝน สำหรับจุลธาตุ ส่วนใหญ่มีอยู่ในระดับเหมาะสมหรือสูงอยู่แล้ว ไม่จำเป็นต้องมีการฉีดพ่นเพื่อป้องกัน เนื่องจากการเพิ่มต้นทุนการผลิตโดยไม่จำเป็น ยกเว้น Mn Cu และ B ซึ่งพบว่ามีอยู่ในระดับต่ำ โดย Mn และ Cu พบในพื้นที่ลาดเทที่มีศักยภาพ 30% และ B พบในพื้นที่ลาดเทที่มีศักยภาพ 60%, 30% และ 20% และสวนส้มในที่ราบเชิงเขาที่มีศักยภาพ 20%

### กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยมา ณ ที่นี้ด้วย

### เอกสารอ้างอิง (Reference)

---

นันทรัตน์ ศุภกานันต์, ปัญญาพร เลิศรัตน์, สิริ สุวรรณเขตนิกม. 2548. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ "การประเมินความต้องการธาตุอาหารของส้มโดยการวิเคราะห์พีช". กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 102 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541. 547 หน้า.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2552. สถานการณ์การผลิตส้มเขียวหวาน จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2551/52 งานส่งเสริมการผลิตไม้ผล สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่.

An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region; Fertilizer Management for

Citrus Orchards. (Online). Available from: <http://edis.ifas.edu> (Oct, 12, 2010).

Brady, N.C. and R. R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall, New Jersey, USA. 960 p.

Helmke, P.A. and L. Sparks. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. In Sparks, D. L., A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston and M. E. Summer. SSSA. Book Series: 5 Method of Soil Analysis Part 3 Chemical Method. SSSA. USA. 551-574.

Nunan, N., M.A. Morgan and M. Herlithy. 1997. Ultraviolet absorbance (280 nm) of compounds released from soil during chloroform fumigation as an estimates of the microbial biomass. Soil Biol. Biochem. 30 : 1599-1603.

Wallinga, I., W. V. Vark, V. J. G. Houba and J. J. Vander Lee. 1989. Soil and plant Analysis A Series of Syllabi: Part 7 Plant Analysis Procedures. Department of Soil Science And Nutrition. Wageningen Agricultural University, Netherland. 263 p.

World Fertilizer Use Manual; Citrus(*Citrus* spp., ect) (online). Available from : <http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/citrus.thm> (Nov, 2, 2010).

## ภาคผนวก ข

การประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตของสวนส้มสายน้ำผึ้ง คุณภาพดินและความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินกับ  
ความสามารถในการให้ผลผลิต : กรณีศึกษาลุ่มน้ำย่อยแม่Soon

Assessment of Productivity Potentials Sai Num Phung Tangerine Orchards, Soil Quality and Relationship  
between Soil Parameters and Orchard Productivity : Mae Soon Sub-watershed Case Study

วาสนา วิญญรัตน์\* อำพรณ พรมศิริ\*\* ชูชาติ สันทรัพย์\*\*\*ถาวร อ่อนประไพ\*\*\*\*

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

---

### Abstract

The productivity potentials of Sai Num Phung tangerine orchards, soil quality and relationship between soil quality parameters and orchard productivity was investigated in Mae Soon sub-watershed as the case studies. Fifty orchards from sloping land, flat plain at the base of hill, and the lowland were selected for data collection. Orchard productivity was evaluated from field survey and farmer interview using by questionnaires. Soil samples of each orchard was collected after pruning stage for analysis of chemical properties such as pH, organic matter content, EC, available P, exchangeable K, Ca and Mg and extractable Fe ,Cu, Zn, Mn and soil biological property such as microbial biomass C. In the sloping areas, there were orchards with 80% productivity potential about 36% of the total selected orchards while those in the flat plain were about 29% and none for the lowland. The orchards with productivity of 40% could be found in all studied areas about 54% in lowland, 49% in flat plain and 29% in sloping land. There were the orchards with the productivity less than 40% in lowland and flat plain as 45.5% and 41%, respectively, while those in sloping land were 14% only. The majority of soils from orchards in all areas had available P and extractable Zn,Cu Mn and Fe contents above the optimum levels while the levels of exchangeable Ca were optimum. The orchards in lowland and flat plain , had the exchangeable K content below the optimum level but those in the sloping land, the exchangeable K contents were high. The levels of exchangeable Mg from most orchards in all areas were lower than optimum. The pH of the soils from the orchards in the lowland and flat plain about 60% of the total numbers of samples were less than 5.5 while 80% of the orchards from sloping land had pH within the range of 5.5-6.5. The organic matter contents of most soils in the orchards from sloping land were above 3% while these in the flat plain and lowland were within the range of 2-3%. The productivity of the orchards in the lowland correlated negatively ( $P<0.05$ ) with exchangeable Fe and available P contents. In the sloping land, significant positive correlations between orchard productivity and two soil parameters, extractable Cu or MBC were observed. No significant correlation between orchard productivity in the flat plain and each soil quality parameter was found.

## บทคัดย่อ

ศึกษาสภาพความสมบูรณ์ของสวนส้มสายน้ำผึ้ง คุณภาพดินและความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของดินกับความสมบูรณ์ของสวนในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น โดยคัดเลือกสวนส้มสายน้ำผึ้ง 50 สวนในพื้นที่ลาดชัน ที่ราบเชิงเขา และที่ราบลุ่ม ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ออกสำรวจพื้นที่เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตหรือสภาพความสมบูรณ์ของสวน เก็บตัวอย่างดินจากแต่ละสวนเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ pH ปริมาณอินทรีย์วัตถุ การนำไฟฟ้า ปริมาณ P ที่เป็นประโยชน์ได้ K, Ca และ Mg ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ปริมาณ Fe, Cu, Zn และ Mn ที่สามารถสกัดได้ สมบัติทางชีวภาพ ที่ศึกษา ปริมาณ C ในมวลจุลินทรีย์ดิน โดยเก็บตัวอย่างดินในช่วงหลังการตัดแต่งกิ่ง ผลการวิจัยพบว่า สวนส้มในพื้นที่ลาดชันที่มีความสมบูรณ์ระดับ 80% มีประมาณร้อยละ 36 ของจำนวนสวนตัวอย่างทั้งหมด ในพื้นที่ราบเชิงเขามีประมาณร้อยละ 29 ขณะที่ในพื้นที่ราบลุ่มไม่พบสวนที่มีความสมบูรณ์ในระดับนี้เลย สวนส้มที่มีความสมบูรณ์ในระดับ 40% มีทุกสภาพพื้นที่ โดยร้อยละ 54 เป็นพื้นที่ราบลุ่ม สำหรับพื้นที่ลาดชัน และที่ราบเชิงเขามีค่าร้อยละ 41 และ 29 ตามลำดับ สวนส้มที่มีความสมบูรณ์ต่ำกว่าระดับ 40% ในพื้นที่ราบลุ่มและที่ราบเชิงเขามีค่าร้อยละ 45.5 และ 41 ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่ลาดชันมีเพียงร้อยละ 14

สวนส้มในทุกสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณ P ที่เป็นประโยชน์ได้ ปริมาณ Fe, Zn, Mn และ Cu ที่สามารถสกัดได้ สูงกว่าระดับที่เหมาะสม ส่วน Ca ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่เหมาะสม ขณะที่ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ในสวนส้มส่วนใหญ่ของพื้นที่ราบเชิงเขาและที่ราบลุ่มมีอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม แต่ในพื้นที่ลาดชันกลับมี K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้สูงกว่าระดับที่เหมาะสม pH ดินของสวนส้มในพื้นที่ราบเชิงเขาและที่ลาดชันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 มี pH ต่ำกว่า 5.5 ขณะที่สวนส้มในพื้นที่ราบลุ่มประมาณ 80% มี pH อยู่ในช่วง 5.5-6.5 อินทรีย์วัตถุในพื้นที่ลาดชันส่วนใหญ่มีอยู่ในระดับที่สูงกว่า 3% สวนสวนส้มที่อยู่ในพื้นที่ราบเชิงเขาและที่ราบลุ่มมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 2-3% สภาพความสมบูรณ์ของสวนส้มในพื้นที่ราบลุ่มมีความสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณของ Fe ที่สามารถสกัดได้ และ P ที่เป็นประโยชน์ได้ ส่วนในพื้นที่ลาดชันนั้น สภาพความสมบูรณ์ของสวนมีสหสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณของ Cu ที่สามารถสกัดได้ และปริมาณ C ในมวลจุลินทรีย์ดิน แต่ในพื้นที่ราบเชิงเขาสภาพความสมบูรณ์ของสวนไม่มีสหสัมพันธ์กับสมบัติของดินที่ทำการวิเคราะห์

คำสำคัญ : คุณภาพดิน การให้ผลผลิต ส้มสายน้ำผึ้ง ที่ราบลุ่ม ลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น

soil quality, orchard productivity, Sai Num Phung tangerine, lowland , Mae Soon sub-watershed

\* นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : virunrat\_247@hotmail.com

\*\* ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : agimbhmr@chiangmai.ac.th

\*\*\* คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : santasup@chiangmai.ac.th

\*\*\*\* ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : thaworn@chiangmai.ac.th

ปัจจุบันพื้นที่ปลูกส้มในจังหวัดเชียงใหม่โดยเฉพาะในเขตอำเภอ ฝาง แม่ฮายและไชยปราการ ถือว่าเป็นแหล่งปลูกส้มเขียวหวานที่ใหญ่ที่สุดแหล่งสุดท้ายของประเทศไทย ซึ่งในพื้นที่มีสภาพภูมิอากาศเหมาะสม ทำให้ผิวของผลส้มมีสีเหลืองทอง ลักษณะดังกล่าวถือว่าเป็นเอกลักษณ์ของส้มเขียวหวานที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ และทำให้มีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า ส้มสายน้ำผึ้ง แต่จากข้อมูลของสำนักงานเกษตร จ.เชียงใหม่ปี 2552 (สำนักงานเกษตร จ.เชียงใหม่, 2552) พบว่า พื้นที่ปลูกส้มในจังหวัดเชียงใหม่ฤดูกาลผลิตปี 2551/2552 ลดลงกว่า 30 % เมื่อเทียบกับปี 2550/2551 และมีแนวโน้มว่าจะลดลงเรื่อยๆ

การลดลงของพื้นที่ปลูกส้มและความเสื่อมโทรมของสวนส้มมีปัจจัยเกี่ยวข้องหลายประการ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ท่าเลที่ตั้งสวน การจัดการของสวนที่อยู่ข้างเคียง การระบาดของโรค สภาพพื้นที่สวน และวิธีการจัดการสวน รวมทั้งการวางแผนในระยะเริ่มต้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลือกกิ่งพันธุ์ที่ใช้ปลูกซึ่งมีผลต่อความสมบูรณ์แข็งแรงของต้นส้มในภายหลัง ในงานวิจัยชิ้นนี้ต้องการศึกษาคุณภาพดินในสวนส้มของเกษตรกรที่มีสภาพความสมบูรณ์ของสวนแตกต่างกันและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต่างๆของดินกับสภาพความสมบูรณ์ของสวนส้ม ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการให้คำแนะนำในการเลือกพื้นที่ปลูกและการจัดการปุ๋ยในสวนส้มให้เหมาะสม

พื้นที่วิจัยอยู่ในเขตลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ซึ่งพื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกส้ม มีความหลากหลายในด้านลักษณะทางกายภาพของพื้นที่และประวัติที่มาก่อนการปลูกส้ม กล่าวคือ มีทั้งสวนส้มที่ปลูกในพื้นที่ซึ่งเดิมเป็นนาข้าวหรือเป็นแหล่งปลูกพืชไร่บนที่ราบลุ่ม ตลอดจนสวนส้มบนพื้นที่ราบเชิงเขาและบนพื้นที่ลาดชัน ดังนั้นพื้นที่นี้จึงมีความเหมาะสมในการใช้เป็นพื้นที่ศึกษาวิจัย เนื่องจากสภาพพื้นที่ปลูก แตกต่างกัน เกษตรกรผู้ปลูกส้มในแต่ละสภาพพื้นที่จำเป็นต้องมีองค์ความรู้เกี่ยวกับวิธีการบริหารจัดการสวนให้เหมาะสมกับพื้นที่ของตนเอง โดยเฉพาะการจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ โรคและแมลงต่างๆ เพื่อให้ต้นส้มมีอายุยืนและสมบูรณ์มากพอที่จะให้ผลผลิตต่อไป

### ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology/Experimental design)

การวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1. คัดเลือกเกษตรกรผู้ปลูกส้มรายย่อยที่มีพื้นที่ปลูกอยู่ในตำบลแม่ฮานจำนวน 200 คน โดยคัดจากรายชื่อเกษตรกรที่ได้รับการรับรอง GAP ในปีพ.ศ.2551 จำนวน 904 ราย
2. เก็บข้อมูลการจัดการสวนของเกษตรกรที่คัดเลือกไว้โดยใช้แบบสอบถามจำนวน 200 ชุด
3. ประเมินสภาพสวนของเกษตรกรที่คัดเลือกไว้ โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม และการออกสำรวจพื้นที่ ทำการเลือกเกษตรกรผู้ปลูกส้มรายย่อย(พื้นที่ปลูกน้อยกว่า 50 ไร่) จำนวน 50 ราย กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ปลูกส้มในเขตลุ่มน้ำย่อยแม่ฮาน
4. เก็บตัวอย่างดินในสวนส้ม เพื่อวิเคราะห์สมบัติของดิน คือ pH, EC, %อินทรีย์วัตถุ, available P, exchangeable K, Ca, Mg, extractable Fe, Zn, Mn, Cu และ Microbial biomass โดยวิธีการวิเคราะห์ระบุไว้ในตารางที่ 1
5. ประเมินความสมบูรณ์สวนของเกษตรกรที่คัดเลือกไว้ 50 สวน ทั้งหมด 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงติดดอก (มกราคม) ช่วงหลังการเก็บเกี่ยว (มีนาคม) และช่วงผลอ่อนแก่มาแนว(กรกฎาคม) โดยพิจารณาจาก ศักยภาพการให้ผลผลิตของต้นส้ม ขนาดและสีของใบ การแสดงอาการของโรคที่สำคัญ เช่น รากเน่า กรีนนิ่ง ตลอดจนการแสดงอาการขาดธาตุอาหารของต้นส้ม โดยให้คะแนนตามเกณฑ์พิจารณา จากต้นส้ม 100 ต้นที่เป็นตัวแทนของสวน โดยให้ต้นส้มที่ปลูกแถวนอกแต่ละด้านเป็น boarder row แบ่งระดับความสมบูรณ์ของสวนเป็น 5 ระดับ คือ 80%, 60%, 40%, 30% และ 20%

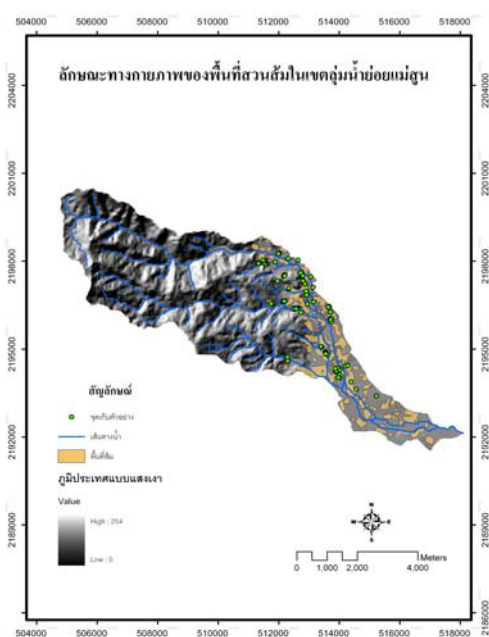
6. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของดินด้านต่างๆ และความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของดินกับความสมบูรณ์ของสวนส้ม

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์สมบัติของดิน

| วิเคราะห์                   | วิธีการ                                                                                                                      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>สมบัติทางเคมีดิน</b>     |                                                                                                                              |
| pH                          | ดิน:น้ำ 1:1 วัดด้วย pH meter                                                                                                 |
| EC                          | ดิน:น้ำ 1:5 วัดด้วย EC meter                                                                                                 |
| Organic matter              | Walkley & Black                                                                                                              |
| Available P                 | สกัดด้วย Bray II พัฒนาสีด้วย ammonium molybdate, antimony potassium tartrate, ascorbic acid วัดด้วยเครื่อง spectrophotometer |
| Exchangeable K              | สกัดด้วย $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1 M pH 7 วัดโดย Flame photometer                                                            |
| Exchangeable Ca และ Mg      | สกัดด้วย $\text{NH}_4\text{OAc}$ 1 M pH 7 วัดโดย Atomic absorption spectrophotometer                                         |
| Extractable Fe Zn Mn และ Cu | สกัดด้วย DTPA วัดโดย Atomic absorption spectrophotometer                                                                     |
| <b>สมบัติทางชีวภาพดิน</b>   |                                                                                                                              |
| Microbial biomass           | วิธี Chloroform fumigation extraction (Nunan <i>et al.</i> , 1997)                                                           |

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

ในจำนวนเกษตรกรที่คัดเลือกไว้ 50 ราย มีสวนส้มที่อยู่ในพื้นที่ลาดชัน 22 ราย สวนที่อยู่ในพื้นที่ราบเชิงเขา และพื้นที่ราบลุ่มที่เคยเป็นพื้นที่นา มี 17 และ 11 ราย ตามลำดับ (ภาพที่ 1) \สวนส้มในแต่ละพื้นที่มีระดับความสมบูรณ์แตกต่างกันดังแสดงไว้ในตารางที่ 2



ภาพที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ปลูกส้มในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สูน

ตารางที่ 2 ระดับความสมบูรณ์ของสวนส้มแต่ละพื้นที่

| ระดับ<br>ความ<br>สมบูรณ์ | สภาพสวนส้ม     |                   |               |
|--------------------------|----------------|-------------------|---------------|
|                          | พื้นที่ราบลุ่ม | พื้นที่ราบเชิงเขา | พื้นที่ลาดชัน |
| 80%                      | 0 (0.0)        | 5 (29.4%)         | 8 (36.4%)     |
| 60%                      | 0 (0.0)        | 0 (0.0)           | 2 (9.1%)      |
| 40%                      | 6 (54.5%)      | 5 (29.4%)         | 9 (40.9%)     |
| 30%                      | 2 (18.2%)      | 1 (5.9%)          | 1 (4.5%)      |
| 20%                      | 3 (27.3%)      | 6 (35.3%)         | 2 (9.1%)      |
| รวม                      | 11 (100%)      | 17 (100%)         | 22 (100%)     |

พื้นที่ลาดชันมีจำนวนสวนส้มที่มีความสมบูรณ์80% ประมาณ 36% ของจำนวนสวนทั้งหมด ในขณะที่พื้นที่ราบเชิงเขามีสวนที่มีความสมบูรณ์ 80% มีประมาณ 29% ส่วนในพื้นที่ราบลุ่ม ไม่พบสวนที่มีความสมบูรณ์ในระดับดังกล่าวเลย สำหรับสวนส้มที่มีความสมบูรณ์ในระดับ 40% มีอยู่ในทุกพื้นที่ โดยมีประมาณ 54.5% เป็นพื้นที่ราบลุ่ม 29.4% เป็นพื้นที่ราบเชิงเขา และ 41% เป็นพื้นที่ลาดชัน สัดส่วนของจำนวนสวนส้มที่มีความสมบูรณ์ต่ำกว่า 40% ในพื้นที่ราบลุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนสวนส้มตัวอย่างทั้งหมด มีมากถึง 47.5% รองลงมาคือ สวนส้มในพื้นที่ราบเชิงเขาซึ่งมีประมาณ 41% ในขณะที่พื้นที่ลาดชันมีสวนส้มที่มีความสมบูรณ์ต่ำกว่า 40% มีประมาณ 14% เท่านั้น

สำหรับการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร จากข้อมูลที่ประเมินได้จากแบบสอบถาม พบว่า เกษตรกรทุกสวนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างใช้ปุ๋ยผสมสูตร 15-15-15 เป็นประจำ โดยบางส่วนใช้ปุ๋ยสูตรนี้สูตรเดียวตลอดฤดูกาลผลิต แต่บางส่วนใช้ในช่วงที่ส้มมีการเติบโตทางกิ่งและใบและใช้ปุ๋ยสูตรอื่นร่วมด้วย เช่น ปุ๋ยสูตร 0-52-34 ในช่วงเปิดตาดอก และ13-13-21 ในช่วงติดผลถึงก่อนการเก็บเกี่ยว เกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยว 46-0-0 ร่วมกับ การใช้ปุ๋ยผสม นอกจากนี้บางส่วนมีการแยกใช้ปุ๋ยเชิงเดี่ยว ซึ่งให้ธาตุอาหารหลักแต่ละตัว อาทิเช่น 46-0-0, 0-46-0, 0-0-60 และ 15-0-0 ร่วมกับปุ๋ยผสมอีกด้วย สำหรับปริมาณการใส่ปุ๋ยส่วนใหญ่คล้ายกัน คือ อยู่ในช่วง 0.3-1.0 กก./ต้น/เดือน นอกจากนี้เกษตรกรส่วนใหญ่ยังมีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ เพื่อป้องกันการขาดธาตุอาหารพืช

เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินคุณภาพดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกไม้ผล (นันทวัฒน์, 2545) ดังระบุใน ตารางที่ 4 สำหรับประเมินความเหมาะสมของดินในสวนส้มจากพื้นที่ศึกษา พบว่า ดินในสวนส้มพื้นที่ราบเชิงเขา และพื้นที่ลาดชันประมาณ 59-68% ของจำนวนสวนตัวอย่างทั้งหมดในแต่ละพื้นที่มีสภาพเป็นกรดจัด มีpH ต่ำกว่า 5.5 ซึ่งถือว่าไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม แต่ที่ระดับpH 5.5-6.5 มีมากถึง 82% ของจำนวนสวนตัวอย่างทั้งหมด สวนสวนส้มพื้นที่ราบเชิงเขาและพื้นที่ลาดชันที่มีระดับ pH 5.5-6.5 มีประมาณ 41 และ 32% ของจำนวนสวนตัวอย่างทั้งหมด ตามลำดับ (ภาพที่ 2) ในทุกพื้นที่ไม่มีสวนใดที่ดินมี pH สูงกว่า 6.5

ตารางที่ 4 ค่าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม

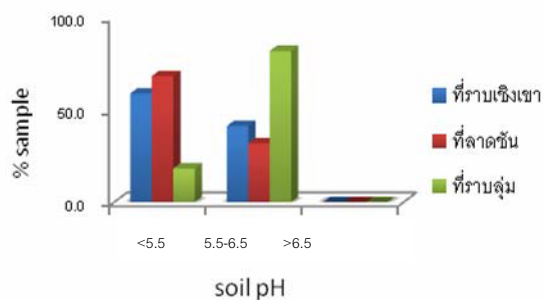
| คุณสมบัติของดิน         | ช่วงที่เหมาะสม |
|-------------------------|----------------|
| soil pH                 | 5.5-6.5        |
| organic Matter (%)      | 2.0-3.0        |
| Available P (mg/kg)     | 35-60          |
| Exchangeable K (mg/kg)  | 100-120        |
| Exchangeable Ca (mg/kg) | 800-1500       |
| Exchangeable Mg (mg/kg) | 250-400        |
| Extractable Fe (mg/kg)  | 60-70          |
| Extractable Mn (mg/kg)  | 20-60          |
| Extractable Zn (mg/kg)  | 3-15           |
| Extractable Cu (mg/kg)  | 3-5            |

ที่มา: นันทรัตน์ (2545)

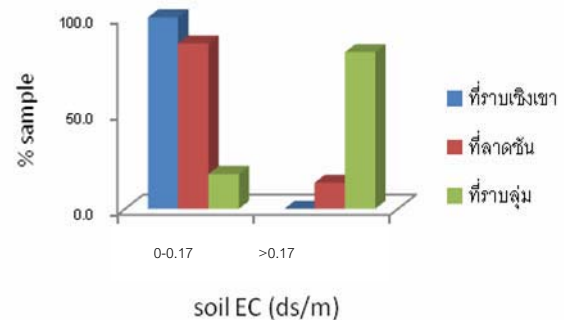
สำหรับค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC) พบว่า ดินในสวนส้มที่อยู่ในพื้นที่ราบเชิงเขาและพื้นที่ลาดชัน ส่วนใหญ่มีค่า EC ต่ำกว่า 0.17 ds/m (ภาพที่ 3) ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่มีปัญหาด้านการมีเกลือสะสมในดิน ส่วนในพื้นที่ราบลุ่ม ส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สวนส้มทุกสวนมีค่า EC ไม่เกิน 0.3 ds/m ซึ่งถือว่าไม่มีปัญหาเช่นกัน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (ภาพที่ 4) สวนส้มในพื้นที่ลาดชันเกือบทุกสวนที่ใช้ศึกษามีอินทรีย์วัตถุในระดับสูงกว่า 3.0% ในขณะที่สวนส้มในพื้นที่ราบเชิงเขา ประมาณ 70% ของจำนวนสวนส้มในพื้นที่ดังกล่าว มีอินทรีย์วัตถุ อยู่ในระดับ 2.0-3.0% ส่วนสวนส้มจากพื้นที่ราบลุ่มที่มีอินทรีย์วัตถุในระดับดังกล่าว มีประมาณ 73% ของจำนวนสวนส้มทั้งหมด ซึ่งปริมาณของอินทรีย์วัตถุในระดับดังกล่าวจัดอยู่ในระดับที่เหมาะสม

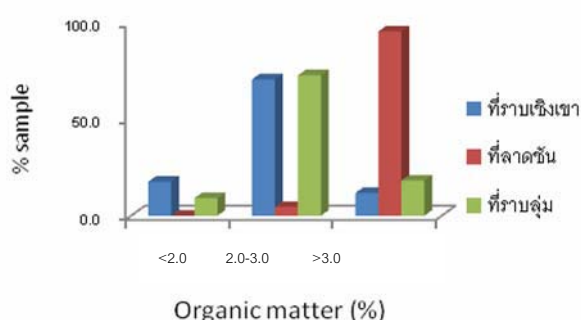
ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (P) พบว่า สวนส้มในทุกพื้นที่ ส่วนใหญ่มี P ที่เป็นประโยชน์ได้ อยู่ในระดับสูงกว่า 60 มก. P/กก. ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับที่เหมาะสม (ภาพที่ 5)



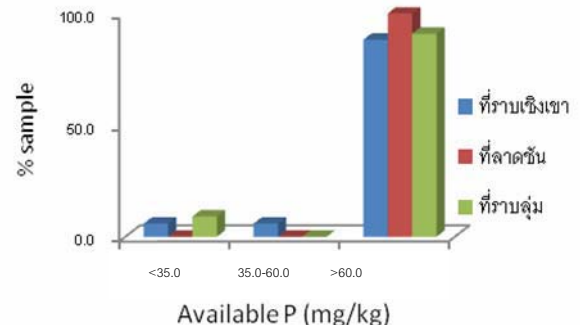
ภาพที่ 2 pH ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 3 EC ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน



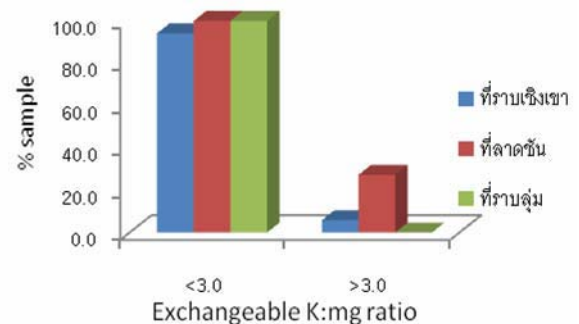
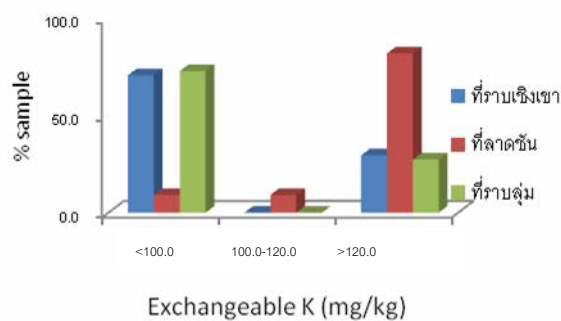
ภาพที่ 4 อินทรีย์วัตถุของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน

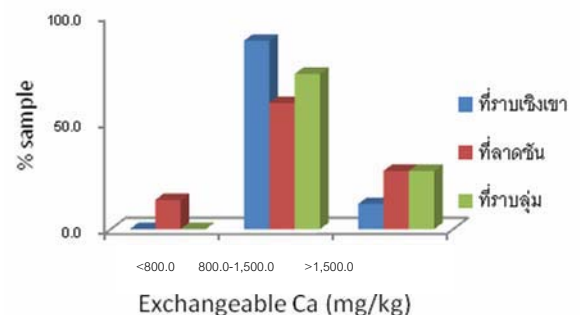
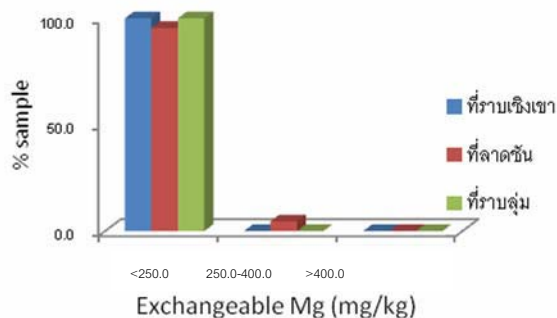
สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (K) พบว่าสวนในพื้นที่ราบเชิงเขาและพื้นที่ราบลุ่ม ไม่ต่ำกว่า 70% ของจำนวนสวนตัวอย่างทั้งหมดในแต่ละพื้นที่ มี K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำกว่า 100 มก./กก. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม ในขณะที่สวนส้มในพื้นที่ลาดชัน มีค่า K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงกว่า 120 มก./กก. ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับสูงและ มีจำนวนมากถึง 12% ของจำนวนสวนทั้งหมด (ภาพที่ 6)

อัตราส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียม (K:Mg ratio) ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (ภาพที่ 7) พบว่า สวนส้มทุกลักษณะพื้นที่เกือบทั้งหมดมี K:Mg ratio น้อยกว่า 3:1 และเมื่อพิจารณาปริมาณของแมกนีเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (Mg) ในดิน (ภาพที่ 8) พบว่า สวนส้มทั้งหมดที่ใช้ศึกษา มี Mg ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (<250 มก./กก.)



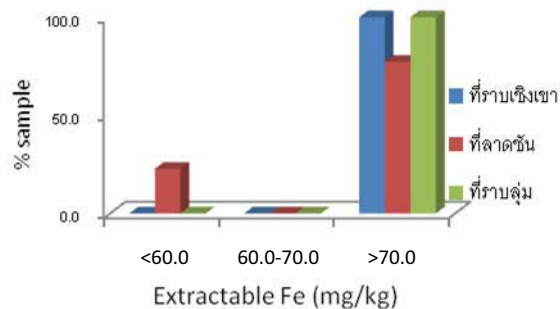
ภาพที่ 6 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน ภาพที่ 7 สัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน

สำหรับปริมาณของแคลเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (Ca) พบว่า สวนส้มที่อยู่ในพื้นที่ราบเชิงเขาและที่ราบลุ่ม ซึ่งมีธาตุดังกล่าวอยู่ในระดับที่เหมาะสม (500-1,500 มก./กก.) โดยมีประมาณ 88 และ 73% ของสวนส้มตัวอย่างทั้งหมด (ภาพที่ 9) สวนสวนส้มที่อยู่ในพื้นที่ลาดชันที่มี Ca ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับที่เหมาะสม มีอยู่ถึง 59% ของจำนวนสวนทั้งหมด นอกจากนี้สวนส้มที่มี Ca ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในระดับสูงกว่า 1,500 มก./กก. มี 27% เป็นพื้นที่ลาดชันและพื้นที่ราบลุ่ม ส่วนพื้นที่ราบเชิงเขามีเพียง 12%

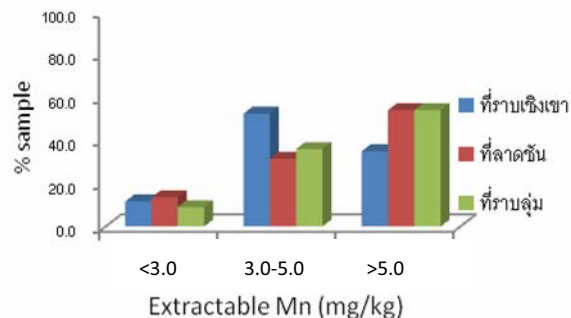


ภาพที่ 8 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่าง ภาพที่ 9 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน

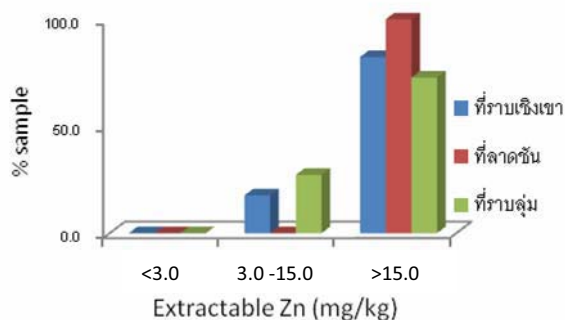
ปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) ที่สามารถสกัดได้ พบว่าสวนส้มในทุกพื้นที่มีระดับของธาตุอาหารพืชเหล่านี้อยู่ในระดับที่เหมาะสมหรือสูงกว่าระดับที่เหมาะสม (ภาพที่ 10-13)



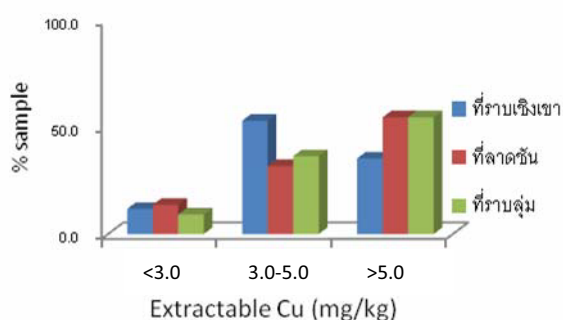
ภาพที่ 10 ปริมาณเหล็กที่สามารถสกัดได้ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 11 ปริมาณแมงกานีสที่สามารถสกัดได้ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 12 ปริมาณสังกะสีที่สามารถสกัดได้ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 13 ปริมาณคอปเปอร์ที่สามารถสกัดได้ของดินสวนส้มที่มีพื้นที่แตกต่างกัน

สำหรับคาร์บอนในมวลจุลินทรีย์ดิน (MBC) พบว่า ในพื้นที่ราบลุ่มมี MBC อยู่ในช่วงตั้งแต่ 507-1749  $\mu\text{gC/kg}$  สวนส้มในพื้นที่ราบเชิงเขา มีอยู่ในช่วง 304-2,022  $\mu\text{gC/kg}$  และสวนส้มในพื้นที่ลาดชันมีอยู่ในช่วง 573-2,968  $\mu\text{gC/kg}$  โดยเฉลี่ยแล้ว MBC ของดินในสวนส้มที่อยู่ในพื้นที่ราบลุ่ม ที่ราบเชิงเขา และที่ลาดชัน มีประมาณ 952, 822 และ 1,285  $\mu\text{gC/kg}$  ตามลำดับ

### สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพดินและความสมบูรณ์ของสวนส้ม

ความสมบูรณ์ของสวนส้มในพื้นที่ราบเชิงเขาไม่มีสหสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ชีวภาพและกายภาพ อย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับสวนส้มในพื้นที่ในพื้นที่ลาดชันพบว่า ความสมบูรณ์ของสวนมีสหสัมพันธ์กับปริมาณ Cu ที่สามารถสกัดได้ และปริมาณ C ในมวลจุลินทรีย์ดิน (MBC) ดังดัชนีของสหสัมพันธ์ต่อไปนี้ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมี ชีวภาพและความสมบูรณ์ของดินสวนส้มพื้นที่ลาดชัน

| Parameters                           | r      | N  |
|--------------------------------------|--------|----|
| ความสมบูรณ์ของสวน Vs. extractable Cu | 0.58** | 17 |
| ความสมบูรณ์ของสวน Vs. MBC            | 0.59** | 17 |

กรณีของสวนส้มในพื้นที่ราบลุ่มพบว่า ความสมบูรณ์ของสวนมีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณ Fe ที่สามารถสกัดได้ แต่ยังมีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณของ P ที่เป็นประโยชน์ได้ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 สหสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมี ชีวภาพและความสมบูรณ์ของดินสวนส้มพื้นที่ราบลุ่ม

| Parameters                           | r      | N  |
|--------------------------------------|--------|----|
| ความสมบูรณ์ของสวน Vs. extractable Fe | -0.65* | 11 |
| ความสมบูรณ์ของสวน Vs. available P    | -0.61* | 11 |

จากข้อมูลด้าน pH ปริมาณ P ที่เป็นประโยชน์ได้และ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินสวนส้มของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยแม่สูน มีความสอดคล้องกับรายงานของพิทยาและคณะ (2551) ซึ่งรายงานว่าสภาพดินที่ใช้ปลูกส้มในเขตพื้นที่อำเภอฝาง แม่อาฮาย และไชยปราการ ร้อยละ 70 มีสภาพเป็นกรดจัด มี pH ต่ำกว่า 5.5 และมากกว่าร้อยละ 80% มี P ที่เป็นประโยชน์ได้ในปริมาณที่สูงมาก (>40 มก.P/กก.) และมี K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในระดับสูง (>100 มก.K/กก.) สำหรับลักษณะในการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาที่มีความสอดคล้องกับรายงานของภาวิณี (2551) ที่รายงานว่าเกษตรกรผู้ปลูกส้มในเขตอำเภอฝาง แม่อาฮาย และไชยปราการ นิยมใช้ปุ๋ย 15-15-15 ในช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และพัฒนาผล ในขณะที่สูตร 13-13-21 ใช้ในระยะพัฒนาดอกและก่อนการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ ภาวิณียังรายงานว่า การใช้ปุ๋ย N, P และ K ของเกษตรกรผู้ปลูกส้มสูงกว่าความต้องการของพืช ทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินสูงกว่าระดับมาตรฐาน อีกทั้งยังไม่ทำให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตสูงขึ้น แต่สำหรับงานวิจัยนี้ ไม่เพียงแต่ปริมาณของธาตุ P และ K เท่านั้น ธาตุอาหารรอง เช่น Ca ตลอดจนธาตุอาหารเสริมเช่น Fe, Zn, Cu และ Mn ก็อยู่ในระดับที่เหมาะสมหรือสูงกว่า ส่วนปริมาณของ Mg กลับมีต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม แต่ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรพบว่า เกษตรกรยังมีการใช้ปุ๋ยผสมที่มีธาตุอาหารหลักครบ 3 ธาตุ และมีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ โดยไม่คำนึงถึงคุณภาพดินและความต้องการพืช อย่างไรก็ตามการพิจารณาข้อมูลด้านปริมาณของธาตุอาหารพืชในดินเพียงอย่างเดียว ยังไม่เพียงพอที่จะใช้บ่งชี้ถึงความต้องการปุ๋ย เพราะความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชในดินมีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช ดังรายงานของ Brady and Weil (2002) ซึ่งพบว่า หากมีปริมาณ Mg และ K ในดินสูงกว่า K ก็อาจทำให้พืชดูดใช้ Ca ได้น้อยลง และจากรายงานของ He *et al.*(2003) พบว่า การใส่ปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดการขาดสมดุลของธาตุอาหาร และทำให้เกิดผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์และการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช เพราะธาตุอาหารแต่ละชนิดมีความสามารถส่งเสริมและขัดขวางความเป็นประโยชน์ซึ่งกันและกันได้ การที่ดินมี Ca มากเกินไปจะทำให้พืชขาด B, Fe และ Mg ส่วนการมี P มากเกินไปทำให้ขาด Zn การมี K มากเกินไปขัดขวางความเป็นประโยชน์ของ Cu การวิจัยนี้พบว่า ดินในสวนส้มส่วนใหญ่ ปริมาณ Mg ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินในระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม บ่งชี้ว่า ธาตุ Mg อาจมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของต้นส้ม ดังนั้นการสรุปผลเกี่ยวกับความจำเป็นในการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม ตลอดจนธาตุอื่นๆโดยเฉพาะธาตุอาหารเสริมจำเป็นต้องอาศัยผลการวิเคราะห์ใบพืชในการพิจารณาประกอบด้วย

สำหรับสวนส้มในพื้นที่ราบเชิงเขา ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ความสมบูรณ์ของสวนไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางเคมี ชีวภาพและกายภาพของดิน แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า ความสมบูรณ์ของสวนในพื้นที่นี้ไม่ขึ้นกับคุณภาพดิน ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลด้านอื่นๆด้วย เช่น ผลการวิเคราะห์ใบพืชและศักยภาพการให้ผลผลิตของต้นส้มมาประกอบในการพิจารณาร่วมกับข้อมูลด้านดิน เพื่อบ่งชี้ถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสมบูรณ์ของสวนได้อย่างถูกต้อง

### สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

จากการศึกษาสภาพความสมบูรณ์ของสวนส้ม สภาพดินและความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของดินกับความสมบูรณ์ของสวนในเขตลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ในพื้นที่ลาดชัน สวนส้มที่มีความสมบูรณ์ในระดับ 80% มีค่าร้อยละ 36 ของจำนวนสวนส้มตัวอย่างทั้งหมด ส่วนในพื้นที่ราบเชิงเขามีค่าร้อยละ 29 ขณะที่สวนส้มในพื้นที่ราบลุ่มนั้นไม่มีสวนใดเลยที่มีความสมบูรณ์ในระดับ 80%
2. จำนวนสวนส้มที่มีความสมบูรณ์ในระดับ 40% ในพื้นที่ราบลุ่มมีค่าร้อยละ 54 ส่วนในพื้นที่ลาดชันและพื้นที่ราบเชิงเขามีค่าร้อยละ 41 และ 29 ตามลำดับ
3. จำนวนสวนที่มีความสมบูรณ์ต่ำกว่าระดับ 40% ในพื้นที่ราบลุ่มและที่ราบเชิงเขามีค่าร้อยละ 45.5 และ 41% ในขณะที่พื้นที่ลาดชันมีเพียง ร้อยละ 14
4. สวนส้มในพื้นที่ราบเชิงเขาและพื้นที่ลาดชัน ไม่ต่ำกว่า 60% มีสภาพดินที่มี pH ต่ำกว่า 5.5 ในขณะที่สวนส้มในพื้นที่ราบลุ่มประมาณ 80% มี pH อยู่ในช่วง 5.5-6.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินสวนส้มในพื้นที่ลาดชันส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงกว่า 3% ส่วนสวนส้มที่อยู่ในพื้นที่ราบเชิงเขาและที่ราบลุ่มมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 2-3%
5. ปริมาณของ P ที่เป็นประโยชน์ได้ของสวนส้มในทุกพื้นที่อยู่ในระดับที่สูงกว่าระดับที่เหมาะสม ระดับของ Fe, Mn, Zn และ Cu ที่สามารถสกัดได้ก็สูงกว่าระดับที่เหมาะสมด้วย ส่วน Ca ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่เหมาะสม ในขณะที่ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ของดินสวนส้มในที่ราบเชิงเขาและที่ราบลุ่มส่วนใหญ่มีอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม แต่ในพื้นที่ลาดชันกลับมีระดับของธาตุดังกล่าวอยู่ในระดับที่สูงกว่า
6. ปริมาณของแมกนีเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินทุกพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม
7. ในที่ราบลุ่ม ความสมบูรณ์ของสวนส้มมีสหสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณธาตุ Fe ที่สามารถสกัดได้และ P ที่เป็นประโยชน์ได้ ส่วนในพื้นที่ลาดชัน ความสมบูรณ์ของสวนส้มมีสหสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณของ Cu ที่สามารถสกัดได้และปริมาณ C ในมวลจุลินทรีย์ดิน แต่ในพื้นที่ราบเชิงเขา ความสมบูรณ์ของสวนส้มไม่มีสหสัมพันธ์กับสมบัติดิน

### กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมทั้งภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเสนอผลงาน

### เอกสารอ้างอิง (Reference)

- นันทรัตน์ ศุภกานี, ปัญจพร เลิศรัตน์ และสิริ สุวรรณเขตนิคม. 2545. รายงานวิจัย "การประเมินความต้องการธาตุอาหารของส้มโดยการวิเคราะห์พืช". สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. 102 หน้า.
- พิทยา สรวมศิริ, อำพรพร พรมศิริ, สมบัติ ศรีชูวงศ์, จิราพรตฤตฤตฤต, อังสนา อัครพิศาล, เกวลินคุณาศักดากุล, ชวนพิศ บุญจิตศิริกุล, ดุรณี นาพรหม, ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข, อรวรรณ จัตรสีรุ่ง, ชูชาติ สันทรทรัพย์, เยาวลักษณ์ จันทร บาง และวิลาวัลย์ คำปวน. 2551. โครงการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรผู้ปลูกส้ม เชียงใหม่ เพื่อการปรับตัวจากผลกระทบของการเปิดเสรีทางการค้า. รายงาน

ความก้าวหน้า. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เสนอต่อกรรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์.  
257 หน้า.

ภาวิณี จันทวิจิตร, ธวัชชัย รัตนเลิศ, นันทรัตน์ ศุภกานันต์. 2551. การใช้ความสมดุลธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงผลผลิตและ  
คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้ง : การประเมินตำแหน่งใบส้มที่เหมาะสมสำหรับการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ธาตุ  
อาหารพืช. วารสารเกษตร. 24(2) หน้า 117-124.

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2552. สถานการณ์การผลิตส้มเขียวหวานจังหวัดเชียงใหม่ปี 2551/52 งานส่งเสริมการ  
ผลิตไม้ผล สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่.

Brady, N.C. and R. R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13<sup>th</sup> Edition. Prentice Hall, New Jersey,  
USA. 960 p.

He, Z. L., D.V. Calvert, A. K. Alva, D. J. Banks and Y. C. Li. 2003. Threshold of leaf nitrogen for optimum fruit  
production and quality in grapefruit. Soil Sci. Soc. Am.J.67:583-588.

Nunan, N., M.A. Morgan and M. Herlithy. 1997. Ultraviolet absorbance (280 nm) of compounds released from  
soil during chloroform fumigation as an estimates of the microbial biomass. Soil Biol. Biochem.  
30:1599-1603.





มาอยู่ที่นี่ ๔ ชั่วโมงสบายใจแล้ว” ที่เมืองอะ

 **ตั้งชื่อ สัตว์อย่างไรดี**  
เป็นสัตว์เลี้ยงหรือหาขายแล้วดีไหม  
แต่ไม่มีสิทธิ์เลือก แต่ฉันมีสิทธิ์บอก ทำให้  
คนมาโดยเฉพาะคนที่ซื้อสัตว์เลี้ยง ของฉันมากกว่า เพราะตัวสัตว์  
ถูกๆ ของฉันมีราคาแพง...

**เพลงปลุก :** อัมมอสว่าง แม่เอ๋ย และโพธิ์ภาวนา (ที่เอกราช)  
มาก ทำให้ชีวิตของเรามีความสุข (จากสกลนคร) (กับภรรยา)  
ต่างกันเกิน 10 องศา ในร่างอันเดียวกัน (เอ๋ยเอ๋ย)

**ปัจจัยร่วมอื่น:** ยังเป็นหัวข้อที่ถกเถียงกันอยู่ถึง ถ้าเป็น  
สุขภาพดี ไม่เป็นโรค ยังสามารถพบได้และเกิดผลมากกว่าคือ  
(80-200 กก./ตัว/ปี) แต่ก็ขึ้นอยู่กับขนาด (900-1,200  
มิลลิกรัม/ตัว/ปี) และยังมีค่าต่ำที่ไม่ได้เฉพาะตัวเลือก  
ที่ลดลงอย่างรุนแรง แต่ยังมีข้อเสียที่ระบบรากอ่อนแอ ซึ่งไม่  
อาจต้านทานกับยาฆ่า รมายากที่สุด เพราะรากของต้นไม้ใหญ่  
ได้แก่

**สถานการณ์ปัจจุบัน :** ตอนนี้งบประมาณของจีน (แห่งชาติ) ลดลงกว่าร้อยละสามของจีดีพีของจีนกว่าที่เคยเข้าไปเป็นอันดับ 1 ด้วยหลายสาเหตุ บางคนเห็นว่าเพราะโรค ทำให้เศรษฐกิจต้องชะลอตัวลง แต่สิ่งที่น่าห่วงที่สุดของจีนก็คือเงินเฟ้อ ทำให้มูลค่าเงินลดลง แต่คนจีนก็ยังเชื่อว่าจะยังคงครองตำแหน่งประเทศที่มีอำนาจของ (ภาษาจีน) อยู่ต่อไป พวกนี้คิดว่าโดยตลอด อาจจะด้วยสภาพดิน ฟ้าที่ปลูกของจีนทำให้เติบโตเร็วมาก จีนจึงเร็วอยู่ ให้ผลผลิตกับพวกเขาเองได้



ปัญหาทำไมถึงเกี่ยวกับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

แผนนี้จึงยอมลดเงินลงทุนลงกว่าที่คิดไว้เดิมเป็น  
ครึ่ง หรืออาจใช้ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบ เพราะ  
กระแสมูลค่าเงินบาทแข็งขึ้นทำให้ต้นทุนที่ซื้อมาถูกลง  
จนนำไปใช้ (ไม่ครบ) จนทำให้โครงการ ใกล้เคียง  
หลักคิด **ไม่ลงทุนอย่างขาด** ทำให้ไม่เกิดผล

**วิธีแก้ปัญหา** ขงแปดตัวช่วยพัฒนาโปรแกรม  
 ซากชิ้น, บั๊กใหม่เริ่มจากการใช้เครื่องมือตัวแรกให้ได้  
 โปรแกรมใหม่เพราะฮาร์ดแวร์จะช่วยให้ดี  
 สามารถแก้ปัญหาได้ยากสำหรับผู้ดูแลระบบ และ  
 ค่อยๆปลดปล่อยออกมาเพื่อให้ได้



โตไฉ่ไม่พอกับป้าขาว เมื่อใช้เงินในเด็กว่ากัน?

ภาพการ์ตูนตัวนี้เป็นภาพของตัวละครใน  
 โดโด้ที่สะอาดตัวสีขาวให้ดูว่า แต่ได้  
 และละเลยมากขึ้นจนเป็นของเล่น ส่วนผู้ชาย  
 ๖๖ ปีเศษๆก็ไม่ได้แล้ว เพราะว่าได้แบ่ง  
 ๖๖ ปีเศษๆก็ไม่ได้แล้ว เพราะว่าได้แบ่ง  
 ๖๖ ปีเศษๆก็ไม่ได้แล้ว เพราะว่าได้แบ่ง



ภาพลักษณ์ในอุดมคติควรทำอะไร?

ที่เต็มไปด้วยแสงศรัทธาและศรัทธาที่มากมาย แต่ด้วยเวลา และพื้นที่



ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 2-1 ข้อมูลขนาดพื้นที่ขอบเขตลุ่มน้ำฝางและลุ่มน้ำย่อย

| ลุ่มน้ำหลัก | ลุ่มน้ำย่อย         | ขนาดพื้นที่<br>(ตร.กม.) | ขนาดพื้นที่<br>(ไร่) |
|-------------|---------------------|-------------------------|----------------------|
| ฝาง         |                     | 1,899.12                | 1,186,954.90         |
|             | (1) ห้วยมะเฟือง     | 31.57                   | 19,728.17            |
|             | (2) ห้วยขี้ติ้ว     | 49.99                   | 31,244.07            |
|             | (3) แม่อาาย         | 85.47                   | 53,416.26            |
|             | (4) ห้วยแม่สาว      | 14.52                   | 9,076.00             |
|             | (5) แม่กิมหลวง      | 64.06                   | 40,035.32            |
|             | (6) ห้วยม่วง        | 85.12                   | 53,197.39            |
|             | (7) ห้วยโป่ง        | 47.84                   | 29,902.83            |
|             | (8) แม่ฮาง          | 92.64                   | 57,899.81            |
|             | (9) แม่สูน          | 46.85                   | 29,280.37            |
|             | (10) แม่ใจ          | 86.75                   | 54,216.41            |
|             | (11) แม่มาว         | 180.75                  | 112,965.81           |
|             | (12) แม่นาวาง       | 106.97                  | 66,853.37            |
|             | (13) แม่หลักหมื่น   | 74.78                   | 46,737.62            |
|             | (14) ห้วยแม่คะ      | 40.18                   | 25,111.06            |
|             | (15) ห้วยสวนเมียง   | 38.32                   | 23,952.81            |
|             | (16) ห้วยบง         | 48.52                   | 30,327.21            |
|             | (17) ห้วยโป่งน้ำดัง | 39.19                   | 24,492.16            |
|             | (18) ห้วยแม่งอน     | 73.67                   | 46,045.27            |
|             | (19) ห้วยไคร้       | 100.04                  | 62,526.69            |
|             | (20) ห้วยแม่ข้า     | 90.78                   | 56,735.35            |
|             | (21) ห้วยเตือ       | 62.97                   | 39,357.18            |
|             | (22) ห้วยแม่วะ      | 82.50                   | 51,565.06            |
|             | (23) แม่ทะลบ        | 96.32                   | 60,201.65            |
|             | (24) แม่ฝาง         | 163.14                  | 101,961.23           |
|             | (25) ขุนแม่ฝาง      | 56.48                   | 35,297.82            |
|             | (26) แม่ฝางน้อย     | 39.72                   | 24,828.00            |

ตารางภาคผนวกที่ 3-1 คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

| สวนส้ม/ตำบล              | pH   | EC<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|--------------------------|------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| นางขวัญเรือน /แม่สุ่น    | 5.70 | 31.40                             | 3.45      | 20.83                                   | 206.00       | 348.50       | 1763.0        | 252.00        | 321.15        | 6.82          | 36.35         | 26.16         | 0.60         | 42.49        |
| นางรัตนา /แม่สุ่น        | 5.95 | 13.05                             | 2.53      | ND                                      | 87.00        | 220.50       | 1088.0        | 96.00         | 111.55        | 3.72          | 68.80         | 5.07          | 0.51         | 18.03        |
| นางศรีนวล /แม่สุ่น       | 5.68 | 43.70                             | 2.55      | 10.50                                   | 255.00       | 389.78       | 1136.8        | 126.83        | 97.26         | 2.80          | 34.04         | 5.61          | 0.11         | 0.00         |
| นายคำมูล /แม่สุ่น        | 6.14 | 36.60                             | 5.20      | 19.49                                   | 46.64        | 418.50       | 2183.0        | 218.00        | 41.40         | 2.46          | 173.9         | 3.63          | 0.13         | 28.45        |
| นายจำรัส 1 /แม่สุ่น      | 5.95 | 18.91                             | 3.68      | ND                                      | 216.00       | 216.00       | 951.00        | 79.00         | 72.35         | 3.34          | 68.65         | 6.51          | 0.53         | 18.66        |
| นายจำรัส 2 /แม่สุ่น      | 5.86 | 14.43                             | 3.81      | 8.13                                    | 269.00       | 178.25       | 968.00        | 90.00         | 131.20        | 4.16          | 83.05         | 9.86          | 0.31         | 16.42        |
| นายจำรัส เตจิณะ /แม่สุ่น | 5.94 | 21.01                             | 2.75      | 22.35                                   | 55.00        | 170.00       | 1597.0        | 123.00        | 204.60        | 3.98          | 38.45         | 3.63          | 0.34         | 18.92        |
| นายชาติ /แม่สุ่น         | 6.24 | 38.80                             | 1.92      | 24.00                                   | 230.00       | 138.36       | 1548.9        | 234.40        | 63.13         | 2.52          | 4.13          | 4.97          | 0.23         | 0.00         |
| นายณรงค์ /แม่สุ่น        | 5.98 | 24.30                             | 3.55      | ND                                      | 47.00        | 362.50       | 1670.0        | 171.00        | 42.35         | 4.85          | 95.15         | 3.15          | 0.16         | 41.67        |
| นางดวง /แม่สุ่น          | 5.89 | 23.10                             | 1.44      | 19.30                                   | 47.00        | 100.75       | 660.00        | 49.00         | 118.75        | 2.63          | 44.70         | 2.67          | 0.19         | 20.93        |
| นายเตียง /แม่สุ่น        | 5.21 | 13.28                             | 2.21      | 8.13                                    | 182.00       | 211.75       | 591.00        | 109.00        | 104.95        | 5.51          | 15.00         | 8.45          | 0.24         | 22.78        |
| นายถนอม 1 /แม่สุ่น       | 6.13 | 13.65                             | 4.22      | ND                                      | 28.00        | 362.25       | 5105.0        | 258.00        | 94.25         | 3.81          | 90.15         | 2.19          | 0.24         | 26.79        |
| นายถนอม 2 /แม่สุ่น       | 5.45 | 13.23                             | 3.84      | ND                                      | 31.00        | 218.25       | 433.00        | 95.00         | 65.55         | 2.81          | 83.60         | 3.15          | 0.29         | 27.49        |
| นายถา /แม่สุ่น           | 5.65 | 18.56                             | 1.89      | 6.10                                    | 291.00       | 244.00       | 926.00        | 105.00        | 220.00        | 3.92          | 44.60         | 4.59          | 0.45         | 14.40        |
| นายบุญทอง /แม่สุ่น       | 6.22 | 28.50                             | 3.44      | 9.72                                    | 110.25       | 395.50       | 2453.0        | 324.00        | 122.80        | 11.50         | 83.95         | 44.86         | 0.97         | 35.05        |
| นายบุญทิน /แม่สุ่น       | 5.78 | 13.12                             | 1.63      | 12.20                                   | 139.00       | 111.00       | 464.00        | 56.00         | 117.85        | 2.52          | 52.00         | 4.59          | 0.62         | 8.92         |
| นายบุญเลิศ จ. 1 /แม่สุ่น | 5.86 | 26.20                             | 4.99      | ND                                      | 28.00        | 247.50       | 836.00        | 213.00        | 45.70         | 1.55          | 50.80         | 2.67          | 0.07         | 12.97        |
| นายบุญเลิศ จ. 2 /แม่สุ่น | 6.02 | 14.12                             | 4.03      | ND                                      | 6.00         | 256.50       | 985.00        | 168.00        | 64.55         | 1.49          | 67.55         | 1.23          | 0.09         | 9.06         |
| นายบุญเลิศ ร. /แม่สุ่น   | 6.05 | 19.63                             | 2.62      | 6.10                                    | 70.00        | 135.25       | 1972.0        | 164.00        | 226.45        | 4.36          | 96.35         | 5.07          | 0.16         | 16.60        |
| นายบุญศรี /แม่สุ่น       | 4.42 | 17.73                             | 3.65      | 33.02                                   | 384.00       | 111.25       | 313.00        | 23.00         | 293.05        | 6.37          | 13.95         | 5.07          | 0.64         | 17.47        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

| สวนส้ม/ตำบล        | pH   | EC<br>(µS/cm) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|--------------------|------|---------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| นายประพันธ์ 1 /แม่ | 5.73 | 28.70         | 3.78      | 2.54                                    | 255.00       | 463.50       | 1562.0        | 127.00        | 98.95         | 4.12          | 120.0         | 42.95         | 1.10         | 28.23        |
| นายประพันธ์ 2 /แม่ | 6.03 | 18.16         | 2.85      | ND                                      | 198.00       | 308.50       | 2594.0        | 167.00        | 71.35         | 3.69          | 67.35         | 15.62         | 0.19         | 18.31        |
| นายพร /แม่สวน      | 6.69 | 44.20         | 2.19      | 4.50                                    | 179.00       | 312.18       | 1464.1        | 201.53        | 86.87         | 1.78          | 2.04          | 3.99          | 0.20         | ND           |
| นายพรม /แม่สวน     | 5.67 | 80.00         | 2.22      | 7.40                                    | 93.00        | 156.98       | 1294.4        | 137.78        | 205.56        | 3.03          | 122.7         | 7.23          | 0.31         | ND           |
| นายพล /แม่สวน      | 5.05 | 44.00         | 2.15      | 16.50                                   | 151.00       | 310.14       | 1100.5        | 99.93         | 212.98        | 3.43          | 14.42         | 3.99          | 0.22         | 1.75         |
| นายภักดิ์ /แม่สวน  | 6.52 | 25.60         | 3.25      | 24.99                                   | 305.00       | 376.50       | 2645.0        | 251.00        | 83.55         | 5.95          | 55.40         | 16.58         | 0.64         | 17.46        |
| นายบา /แม่สวน      | 6.02 | 23.20         | 3.74      | 1.00                                    | 278.02       | 363.50       | 1721.0        | 149.00        | 66.90         | 3.63          | 89.40         | 6.99          | 0.28         | 15.59        |
| นายวิเชียร /แม่สวน | 6.57 | 32.30         | 2.31      | ND                                      | 149.00       | 158.00       | 1748.0        | 142.00        | 32.25         | 2.74          | 36.75         | 3.63          | 0.30         | 10.17        |
| นายวิรัช /แม่สวน   | 4.58 | 98.70         | 2.85      | 20.00                                   | 500.00       | 361.19       | 882.39        | 116.00        | 267.88        | 4.22          | 30.63         | 8.20          | 0.15         | 4.87         |
| นายศรีบุญ /แม่สวน  | 6.20 | 18.43         | 4.64      | ND                                      | 161.00       | 316.00       | 3017.0        | 187.00        | 75.30         | 4.10          | 58.50         | 6.51          | 0.18         | 26.13        |
| นายสมชาติ /แม่สวน  | 6.32 | 15.26         | 2.31      | ND                                      | 75.00        | 258.50       | 2375.0        | 228.00        | 157.55        | 4.39          | 54.40         | 7.95          | 0.63         | 18.21        |
| นายสมบุญ 1 /แม่สวน | 5.74 | 26.60         | 2.21      | 10.17                                   | 39.00        | 376.50       | 1278.0        | 104.00        | 72.80         | 2.15          | 33.40         | 3.15          | 0.08         | 15.55        |
| นายสมบุญ 2 /แม่สวน | 5.25 | 78.10         | 3.15      | 3.50                                    | 339.00       | 285.63       | 1245.9        | 85.99         | 94.29         | 2.92          | 46.84         | 8.52          | 0.13         | ND           |
| นายสวิง /แม่สวน    | 6.41 | 42.20         | 4.01      | 15.34                                   | 507.37       | 358.25       | 2743.0        | 189.00        | 38.45         | 4.62          | 55.25         | 16.10         | 0.40         | 18.38        |
| นายสุเทพ /แม่สวน   | 6.18 | 71.50         | 3.08      | 10.99                                   | 183.26       | 291.00       | 1733.0        | 196.00        | 87.10         | 4.68          | 51.25         | 5.55          | 0.40         | 48.09        |
| นายสุณิษฐ์ /แม่สวน | 5.61 | 16.72         | 2.75      | 0.00                                    | 49.00        | 133.00       | 429.00        | 61.00         | 71.55         | 2.56          | 106.4         | 2.19          | 0.21         | 23.33        |
| นายอำนาจ 1 /แม่สวน | 6.16 | 20.03         | 3.71      | 0.00                                    | 417.00       | 529.75       | 1949.0        | 156.00        | 63.25         | 2.83          | 65.00         | 4.11          | 0.36         | 23.30        |
| นายอำนาจ 2 /แม่สวน | 5.90 | 11.34         | 3.20      | 13.72                                   | 58.00        | 305.00       | 327.00        | 97.00         | 54.70         | 2.49          | 121.6         | 3.15          | 0.08         | 18.31        |
| นายอำนาจ 3 /แม่สวน | 5.74 | 11.41         | 3.20      | 1.02                                    | 61.00        | 224.00       | 471.00        | 58.00         | 113.45        | 2.14          | 53.55         | 2.19          | 0.13         | 20.23        |
| บ.เอกชน Q1 /แม่สวน | 6.62 | 35.40         | 3.14      | ND                                      | 800.00       | 620.70       | 1954.0        | 259.00        | 60.08         | 10.27         | 13.92         | 42.14         | 0.35         | 38.63        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอต่าง จังหวัดเชียงใหม่

| สวนส้ม/ตำบล           | pH   | EC<br>(µS/cm) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|-----------------------|------|---------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| บ.เอกชน Q2 /แม่สุ่น   | 6.26 | 105.1         | 4.49      | 19.95                                   | 1131.0       | 749.56       | 1862.0        | 252.00        | 104.85        | 36.35         | 17.80         | 63.22         | 0.56         | 65.86        |
| บ.เอกชน Q3 /แม่สุ่น   | 6.09 | 35.60         | 2.47      | 9.21                                    | 856.00       | 323.33       | 1083.0        | 124.00        | 98.88         | 13.05         | 8.76          | 31.59         | 0.34         | 27.88        |
| บ.เอกชน Q4 /แม่สุ่น   | 6.04 | 62.30         | 2.70      | 24.04                                   | 1048.0       | 660.35       | 1358.0        | 211.00        | 77.99         | 9.06          | 12.63         | 18.24         | 0.41         | 39.78        |
| บ.เอกชน Q4/1 /แม่สุ่น | 6.15 | 40.60         | 2.63      | 18.92                                   | 1063.0       | 546.35       | 1174.0        | 139.00        | 107.84        | 20.09         | 11.34         | 44.24         | 0.31         | 61.98        |
| บ.เอกชน Q5 /แม่สุ่น   | 5.25 | 35.00         | 2.19      | 5.11                                    | 980.00       | 382.80       | 578.00        | 109.00        | 158.58        | 11.38         | 16.51         | 20.35         | 0.32         | 46.45        |
| บ.เอกชน Q6 /แม่สุ่น   | 5.94 | 38.70         | 2.80      | 0.51                                    | 1109.0       | 704.95       | 1312.0        | 285.00        | 77.99         | 16.58         | 20.38         | 31.59         | 0.37         | 33.88        |
| บ.เอกชน Q7 /แม่สุ่น   | 4.71 | 12.86         | 2.23      | 6.65                                    | 669.00       | 194.47       | 486.00        | 63.00         | 158.58        | 11.01         | 12.63         | 9.81          | 0.23         | 29.03        |
| บ.เอกชน Q8 /แม่สุ่น   | 5.32 | 22.30         | 1.86      | 16.88                                   | 641.00       | 258.90       | 624.00        | 101.00        | 89.93         | 11.76         | 19.09         | 34.40         | 0.21         | 30.58        |
| บ.เอกชน R /แม่สุ่น    | 6.45 | 45.80         | 2.03      | 20.97                                   | 150.00       | 472.01       | 945.00        | 134.00        | 21.27         | 1.27          | 12.63         | 11.91         | 0.22         | 34.15        |
| นายโกฏิ 1 /มอนปิ่น    | 5.85 | 24.80         | 2.78      | ND                                      | 110.00       | 347.25       | 1947.0        | 250.00        | 72.25         | 3.13          | 60.65         | 3.15          | 0.16         | 19.95        |
| นายโกฏิ 2 /มอนปิ่น    | 5.47 | 26.20         | 3.01      | 44.20                                   | 68.00        | 201.00       | 1994.0        | 245.00        | 89.05         | 3.78          | 66.40         | 2.19          | 0.40         | 20.75        |
| นายคำแดง /มอนปิ่น     | 5.40 | 32.10         | 1.70      | 1.01                                    | 50.00        | 134.50       | 591.00        | 157.00        | 75.55         | 3.00          | 35.10         | 5.07          | 0.36         | 16.63        |
| นายบุญจันทร์ /มอนปิ่น | 5.55 | 9.17          | 4.00      | 15.75                                   | 7.00         | 102.25       | 509.00        | 43.00         | 62.00         | 1.87          | 22.35         | 1.71          | 0.03         | 24.52        |
| นายเมืองพล 1 /มอน     | 5.60 | 11.03         | 1.57      | 17.27                                   | 208.00       | 201.25       | 1160.0        | 122.00        | 205.85        | 5.12          | 41.00         | 13.70         | 0.27         | 13.32        |
| นายเมืองพล 2 /มอน     | 6.01 | 16.80         | 1.82      | 17.27                                   | 280.00       | 271.50       | 1741.0        | 160.00        | 215.75        | 5.39          | 15.45         | 10.82         | 0.48         | 14.82        |
| นายเมืองพล 3 /มอน     | 5.82 | 9.35          | 1.95      | ND                                      | 39.00        | 158.75       | 891.00        | 93.00         | 62.35         | 2.57          | 17.55         | 3.15          | 0.13         | 15.34        |
| นายเรือง 1 /มอนปิ่น   | 5.23 | 11.23         | 2.66      | ND                                      | 37.00        | 252.25       | 5145.0        | 175.00        | 87.60         | 4.00          | 112.4         | 3.63          | 0.11         | 16.39        |
| นายเรือง 2 /มอนปิ่น   | 5.29 | 10.34         | 3.68      | ND                                      | 19.00        | 282.75       | 481.00        | 197.00        | 42.60         | 2.60          | 36.55         | 2.67          | 0.04         | 24.73        |
| นายเรือง 3 /มอนปิ่น   | 5.29 | 10.38         | 4.06      | ND                                      | 24.00        | 306.75       | 965.00        | 264.00        | 67.10         | 2.81          | 83.05         | 3.15          | 0.11         | 23.93        |
| นายเรือง 4 /มอนปิ่น   | 5.24 | 10.26         | 2.94      | ND                                      | 21.00        | 233.00       | 1900.0        | 231.00        | 52.25         | 3.79          | 95.15         | 7.95          | 0.10         | 26.51        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอวัง จังหวัดเชียงใหม่

| ส่วนส้ม/ตำบล            | pH   | EC<br>(µS/cm) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|-------------------------|------|---------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| นายเลื่อน 1 /ม่อนปิ่น   | 6.61 | 20.86         | 1.25      | ND                                      | 104.00       | 216.00       | 1381.0        | 96.00         | 87.40         | 2.86          | 21.60         | 3.63          | 0.07         | 24.45        |
| นายเลื่อน 2 /ม่อนปิ่น   | 6.65 | 10.99         | 0.83      | ND                                      | 39.00        | 116.25       | 1391.0        | 103.00        | 89.00         | 2.97          | 65.20         | 3.63          | 0.05         | 8.29         |
| นายสามารถ /ม่อนปิ่น     | 5.95 | 25.70         | 2.62      | ND                                      | 400.00       | 839.50       | 1467.0        | 194.00        | 230.15        | 11.18         | 32.90         | 10.82         | 0.63         | 28.68        |
| นายสหพันธ์ 1 /ม่อนปิ่น  | 5.18 | 11.80         | 3.20      | ND                                      | 53.00        | 215.25       | 641.00        | 87.00         | 312.20        | 3.16          | 13.30         | 2.67          | 0.21         | 21.94        |
| นายสุพจน์ 2 /ม่อนปิ่น   | 6.21 | 21.03         | 3.87      | 15.24                                   | 252.00       | 395.00       | 2038.0        | 268.00        | 49.80         | 2.93          | 32.45         | 6.99          | 0.38         | 25.85        |
| นายเสารัตน์ 1 /ม่อนปิ่น | 5.46 | 14.22         | 1.50      | 0.00                                    | 221.00       | 185.00       | 1907.0        | 149.00        | 178.65        | 5.27          | 14.45         | 5.55          | 0.35         | 16.63        |
| นายเสารัตน์ 2 /ม่อนปิ่น | 5.05 | 7.78          | 4.06      | 31.50                                   | 17.00        | 260.25       | 119.00        | 25.00         | 85.20         | 2.58          | 38.00         | 1.71          | 0.05         | 15.48        |
| นายเสารัตน์ 3 /ม่อนปิ่น | 5.48 | 12.05         | 2.34      | ND                                      | 49.00        | 261.00       | 932.00        | 140.00        | 177.95        | 3.67          | 36.65         | 7.47          | 0.14         | 13.14        |
| บ.เอกชน E1 /ม่อนปิ่น    | 6.31 | 16.40         | 2.23      | 3.58                                    | 216.00       | 258.89       | 899.00        | 139.00        | 24.25         | 4.05          | 12.63         | 5.59          | 0.10         | 18.55        |
| บ.เอกชน E2 /ม่อนปิ่น    | 5.07 | 21.45         | 2.77      | 16.88                                   | 413.00       | 298.54       | 578.00        | 109.00        | 60.08         | 3.59          | 25.54         | 9.81          | 0.13         | 48.71        |
| บ.เอกชน E3 /ม่อนปิ่น    | 5.50 | 29.90         | 2.84      | 1.54                                    | 155.00       | 402.62       | 1037.0        | 142.00        | 45.15         | 2.75          | 11.34         | 5.10          | 0.16         | 37.55        |
| บ.เอกชน E4 /ม่อนปิ่น    | 5.63 | 29.40         | 2.60      | 21.48                                   | 260.00       | 189.51       | 807.00        | 147.00        | 107.84        | 2.66          | 1.43          | 2.08          | 0.13         | 33.74        |
| บ.เอกชน E5 /ม่อนปิ่น    | 5.14 | 43.00         | 2.63      | 10.35                                   | 260.00       | 481.92       | 1404.0        | 129.00        | 69.03         | 3.96          | 53.92         | 17.54         | 0.13         | 36.57        |
| บ.เอกชน E6 /ม่อนปิ่น    | 5.38 | 19.67         | 2.09      | ND                                      | 735.00       | 605.83       | 945.00        | 134.00        | 116.79        | 9.71          | 25.54         | 40.73         | 0.14         | 23.80        |
| บ.เอกชน E7 /ม่อนปิ่น    | 5.65 | 27.90         | 3.63      | ND                                      | 641.00       | 417.49       | 1450.0        | 127.00        | 66.04         | 10.92         | 16.51         | 14.02         | 0.17         | 40.05        |
| บ.เอกชน E8 /ม่อนปิ่น    | 5.57 | 24.00         | 2.87      | ND                                      | 422.97       | 258.89       | 899.00        | 101.00        | 116.79        | 3.12          | 24.25         | 25.97         | 0.12         | 26.63        |
| บ.เอกชน E9 /ม่อนปิ่น    | 5.33 | 30.80         | 2.84      | 12.28                                   | 269.00       | 392.71       | 899.00        | 122.00        | 77.09         | 3.31          | 51.34         | 44.15         | 0.11         | 31.92        |
| บ.เอกชน E10 /ม่อน       | 5.22 | 35.60         | 3.06      | 17.39                                   | 465.00       | 481.92       | 716.00        | 96.00         | 80.97         | 3.31          | 29.41         | 23.86         | 0.13         | 68.11        |
| บ.เอกชน E11 /ม่อน       | 5.36 | 42.20         | 3.28      | 18.41                                   | 388.00       | 303.50       | 991.00        | 150.00        | 72.02         | 4.05          | 16.51         | 40.73         | 0.15         | 50.26        |
| บ.เอกชน E12 /ม่อน       | 5.01 | 29.10         | 3.07      | 19.95                                   | 141.00       | 258.90       | 670.00        | 116.00        | 48.13         | 3.59          | 19.09         | 4.89          | 0.13         | 64.92        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าค่าสุดที่เครื่องมี้อสามารถตรวจวัดได้)

ตารางผบนวทที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัตินดินที่ปลุสในพื้นอำเภอลาง จังหวัดเชียงใหม่

| ส่วนสั/ค่าบด           | pH   | EC<br>( $\mu$ S/cm) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|------------------------|------|---------------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| บ.เอกชน GF /ม่อนป็น    | 4.92 | 20.86               | 3.12      | 5.12                                    | 573.00       | 457.14       | 1128.0        | 206.00        | 107.84        | 11.94         | 39.73         | 5.59          | 0.28         | 34.15        |
| บ.เอกชน GP /ม่อนป็น    | 4.67 | 52.00               | 3.82      | 10.74                                   | 1025.0       | 268.75       | 761.00        | 122.00        | 152.61        | 31.69         | 15.22         | 18.24         | 0.15         | 44.02        |
| บ.เอกชน GS /ม่อนป็น    | 5.85 | 37.40               | 1.83      | 14.83                                   | 341.00       | 125.08       | 761.00        | 76.00         | 119.78        | 13.52         | 13.92         | 11.91         | 0.13         | 32.36        |
| บ.เอกชน GS /ม่อนป็น    | 4.63 | 19.64               | 1.99      | 8.18                                    | 605.00       | 189.51       | 395.00        | 83.00         | 197.39        | 3.59          | 12.63         | 6.29          | 0.15         | 29.13        |
| บ.เอกชน GS /ม่อนป็น    | 5.07 | 30.50               | 2.37      | 10.23                                   | 403.00       | 244.03       | 1037.0        | 132.00        | 119.78        | 5.72          | 30.70         | 32.99         | 0.18         | 42.40        |
| บ.เอกชน HP /ม่อนป็น    | 6.16 | 24.70               | 3.25      | 9.71                                    | 427.00       | 313.41       | 1404.0        | 191.00        | 77.99         | 11.20         | 22.96         | 12.62         | 0.12         | 37.92        |
| บ.เอกชน HS /ม่อนป็น    | 5.63 | 29.50               | 2.71      | 3.07                                    | 507.00       | 482.00       | 1954.0        | 310.00        | 113.81        | 6.93          | 16.51         | 6.99          | 0.31         | 27.04        |
| บ.เอกชน HS /ม่อนป็น    | 6.54 | 34.60               | 3.85      | 13.81                                   | 353.00       | 511.66       | 1862.0        | 341.00        | 36.19         | 20.09         | 20.38         | 39.32         | 0.17         | 31.55        |
| บ.เอกชน HS /ม่อนป็น    | 5.52 | 41.50               | 2.93      | 13.30                                   | 348.00       | 486.88       | 1954.0        | 290.00        | 89.93         | 15.45         | 46.18         | 49.87         | 0.20         | 50.59        |
| บ.เอกชน HS /ม่อนป็น    | 6.09 | 78.90               | 3.38      | 23.53                                   | 764.00       | 328.28       | 1725.0        | 229.00        | 143.66        | 6.74          | 12.63         | 20.35         | 0.25         | 82.68        |
| บ.เอกชน HS /ม่อนป็น    | 5.99 | 47.00               | 3.25      | 24.04                                   | 516.00       | 442.27       | 1404.0        | 262.00        | 60.07         | 15.45         | 20.38         | 4.89          | 0.17         | 36.27        |
| นายขันคำ 1 /โป่งน้ำ    | 5.16 | 30.70               | 2.65      | 14.73                                   | 332.00       | 105.50       | 466.00        | 30.00         | 121.40        | 7.37          | 43.85         | 35.75         | 0.77         | 20.83        |
| นายขันคำ 2 /โป่งน้ำ    | 5.25 | 38.90               | 2.71      | ND                                      | 458.00       | 142.50       | 457.00        | 68.00         | 92.50         | 6.43          | 50.80         | 19.93         | 0.60         | 36.03        |
| นายสิงห์แก้ว / โป่งน้ำ | 5.70 | 33.00               | 2.08      | 7.93                                    | 38.00        | 140.75       | 799.00        | 42.00         | 78.85         | 2.17          | 41.50         | 7.00          | 0.06         | 47.74        |
| บ.เอกชน R1 /สันทราย    | 6.12 | 30.50               | 2.36      | 10.75                                   | 101.00       | 224.20       | 716.00        | 155.00        | 24.25         | 1.18          | 12.63         | 14.73         | 0.14         | 44.53        |
| บ.เอกชน R2 /สันทราย    | 6.05 | 34.80               | 2.30      | 12.27                                   | 288.00       | 382.80       | 807.00        | 111.00        | 24.25         | 1.36          | 15.22         | 10.51         | 0.20         | 36.17        |
| บ.เอกชน R3 /สันทราย    | 6.06 | 68.20               | 2.03      | 20.97                                   | 487.00       | 442.27       | 853.00        | 152.00        | 27.24         | 2.20          | 15.22         | 17.54         | 0.23         | 36.34        |
| บ.เอกชน A1 /เวียง      | 6.03 | 34.80               | 3.01      | 8.18                                    | 956.00       | 308.46       | 1266.0        | 94.00         | 54.10         | 22.41         | 16.51         | 47.06         | 0.28         | 47.70        |
| บ.เอกชน A2 /เวียง      | 6.30 | 24.50               | 2.94      | 10.75                                   | 788.00       | 209.33       | 1404.0        | 119.00        | 33.20         | 27.05         | 10.05         | 94.11         | 0.21         | 34.28        |
| บ.เอกชน A3 /เวียง      | 5.91 | 34.30               | 3.71      | 6.65                                    | 1127.1       | 338.19       | 1541.0        | 160.00        | 66.04         | 36.33         | 26.83         | 96.95         | 0.28         | 29.83        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าค่าสุดที่เครื่องมีอสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-1 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

| ส่วนส้ม/ตำบล      | pH   | EC<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|-------------------|------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| บ.เอกชน A4 /เวียง | 5.91 | 53.60                             | 4.22      | 13.30                                   | 1145.0       | 308.46       | 1312.0        | 106.00        | 57.09         | 29.37         | 20.38         | 52.68         | 0.24         | 22.08        |
| บ.เอกชน B1 /เวียง | 6.25 | 29.70                             | 3.79      | 3.07                                    | 242.00       | 209.33       | 1037.0        | 114.00        | 42.16         | 5.35          | 10.05         | 20.35         | 0.21         | 18.78        |
| บ.เอกชน B2 /เวียง | 5.32 | 84.60                             | 3.49      | 26.59                                   | 1034.0       | 283.68       | 899.00        | 119.00        | 72.02         | 24.73         | 21.67         | 43.54         | 0.25         | 53.96        |
| บ.เอกชน B3 /เวียง | 5.44 | 31.60                             | 3.15      | 13.81                                   | 861.00       | 293.59       | 853.00        | 86.00         | 66.04         | 17.77         | 19.09         | 39.32         | 0.26         | 27.58        |
| บ.เอกชน B4 /เวียง | 6.11 | 31.90                             | 3.35      | ND                                      | 885.00       | 323.33       | 1266.0        | 117.00        | 48.13         | 10.08         | 11.34         | 38.62         | 0.23         | 22.08        |
| บ.เอกชน C1 /เวียง | 6.24 | 40.10                             | 3.62      | 13.30                                   | 911.00       | 258.90       | 1495.0        | 132.00        | 60.08         | 4.79          | 13.93         | 17.54         | 0.23         | 15.00        |
| บ.เอกชน C2 /เวียง | 5.63 | 52.10                             | 3.92      | 13.81                                   | 906.00       | 397.67       | 1312.0        | 162.00        | 75.00         | 11.48         | 16.51         | 44.24         | 0.45         | 63.87        |
| บ.เอกชน C3 /เวียง | 6.71 | 41.30                             | 4.63      | 7.16                                    | 994.00       | 362.98       | 2367.0        | 206.00        | 42.16         | 13.33         | 13.93         | 18.94         | 0.26         | 5.91         |
| บ.เอกชน C4 /เวียง | 5.84 | 56.00                             | 3.32      | 30.18                                   | 1008.0       | 333.24       | 1220.0        | 117.00        | 77.99         | 7.21          | 19.09         | 25.97         | 0.30         | 27.71        |
| บ.เอกชน D1 /เวียง | 4.87 | 22.70                             | 4.36      | 8.18                                    | 1124.0       | 239.07       | 716.00        | 60.00         | 125.75        | 22.41         | 13.93         | 8.40          | 0.35         | 26.30        |
| บ.เอกชน D2 /เวียง | 5.38 | 122.0                             | 4.02      | 28.14                                   | 1589.0       | 432.25       | 1494.0        | 114.00        | 72.02         | 22.41         | 20.38         | 36.51         | 0.30         | 52.08        |
| บ.เอกชน D3 /เวียง | 4.54 | 94.60                             | 2.35      | 23.53                                   | 781.00       | 293.59       | 486.00        | 43.00         | 80.97         | 4.79          | 17.80         | 4.89          | 0.24         | 49.63        |
| บ.เอกชน D4 /เวียง | 5.19 | 60.90                             | 3.72      | 21.49                                   | 1130.0       | 328.28       | 1174.0        | 109.00        | 75.00         | 11.11         | 19.09         | 73.06         | 0.29         | 31.49        |
| บ.เอกชน M1 /เวียง | 5.86 | 45.30                             | 2.94      | 1.02                                    | 201.00       | 1022.1       | 670.00        | 86.00         | 45.15         | 1.73          | 17.80         | 40.73         | 0.17         | 13.12        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือจะสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-2 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่

| สวนส้ม/ตำบล           | pH   | EC<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|-----------------------|------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| นายเลี้ยว /แม่นาวาง   | 5.24 | 8.15                              | 2.74      | 10.74                                   | 11.87        | 462.75       | 492.00        | 94.00         | 56.20         | 2.00          | 51.90         | 1.71          | 0.06         | 15.56        |
| นายชัยพร /แม่นาวาง    | 5.01 | 19.79                             | 2.67      | ND                                      | 174.78       | 280.25       | 553.00        | 71.00         | 105.95        | 3.88          | 48.00         | 8.42          | 0.18         | 24.83        |
| นายชัยวัฒน์ /แม่นาวาง | 4.85 | 49.60                             | 3.32      | ND                                      | 329.00       | 275.75       | 1648.0        | 75.00         | 83.60         | 6.83          | 276.80        | 31.44         | 0.70         | 44.61        |
| นายดี 1 /แม่นาวาง     | 4.91 | 26.60                             | 2.11      | ND                                      | 39.09        | 403.50       | 801.00        | 140.00        | 120.85        | 2.83          | 87.20         | 3.15          | 0.09         | 35.67        |
| นายดี 2 /แม่นาวาง     | 4.63 | 20.61                             | 2.18      | 2.50                                    | 9.00         | 69.00        | 282.00        | 87.00         | 134.85        | 4.41          | 77.80         | 2.67          | 0.22         | 41.95        |
| นายต้น /แม่นาวาง      | 6.07 | 11.52                             | 1.44      | 23.53                                   | 47.01        | 214.75       | 1175.0        | 86.00         | 123.00        | 2.72          | 39.50         | 2.19          | 0.04         | 9.21         |
| นายตา /แม่นาวาง       | 5.82 | 26.00                             | 3.89      | ND                                      | 65.00        | 352.00       | 3261.0        | 173.00        | 106.20        | 2.93          | 119.70        | 9.86          | 0.43         | 17.45        |
| นายธนพล 1 /แม่นาวาง   | 5.75 | 29.80                             | 2.88      | 15.49                                   | 51.62        | 419.00       | 746.00        | 116.00        | 74.65         | 2.55          | 109.45        | 5.07          | 0.39         | 17.51        |
| นายธนพล 2 /แม่นาวาง   | 6.15 | 36.80                             | 3.67      | 0.00                                    | 145.28       | 257.75       | 1505.0        | 335.00        | 52.05         | 4.63          | 94.30         | 10.82         | 0.34         | 29.05        |
| นายนิพนธ์ /แม่นาวาง   | 4.96 | 70.00                             | 3.04      | 23.02                                   | 273.60       | 286.00       | 1083.0        | 195.00        | 129.90        | 5.52          | 110.80        | 10.82         | 0.22         | 76.47        |
| นายบุญตาม /แม่นาวาง   | 5.43 | 42.30                             | 3.01      | 37.48                                   | 67.00        | 373.75       | 963.00        | 194.00        | 92.25         | 5.40          | 145.75        | 10.34         | 0.42         | 39.49        |
| นายบุญศรี /แม่นาวาง   | 5.52 | 14.22                             | 2.68      | 35.48                                   | 410.00       | 241.25       | 560.00        | 147.00        | 77.15         | 3.86          | 118.50        | 3.63          | 0.35         | 31.37        |
| นายประเสริฐ 1 /แม่นา  | 6.02 | 39.30                             | 3.65      | ND                                      | 123.00       | 285.50       | 4793.0        | 144.00        | 52.40         | 4.60          | 98.30         | 19.45         | 0.58         | 46.86        |
| นายประเสริฐ 2 /แม่นา  | 5.38 | 27.10                             | 6.57      | ND                                      | 236.00       | 192.25       | 763.00        | 157.00        | 96.70         | 6.70          | 105.45        | 30.96         | 0.87         | 24.79        |
| นายประเสริฐ 1 /แม่นา  | 6.38 | 29.10                             | 4.25      | 11.49                                   | 88.00        | 220.00       | 2297.0        | 126.00        | 30.90         | 2.69          | 52.20         | 5.55          | 0.52         | 26.33        |
| นายประเสริฐ 2 /แม่นา  | 5.64 | 23.40                             | 4.30      | 2.00                                    | 76.00        | 199.00       | 1853.0        | 239.00        | 63.05         | 3.73          | 81.35         | 7.95          | 0.28         | 24.21        |
| นายพงษ์สิน /แม่นาวาง  | 5.05 | 84.60                             | 3.28      | 52.18                                   | 517.70       | 390.75       | 1579.0        | 134.00        | 111.75        | 9.33          | 148.95        | 41.03         | 0.67         | 34.38        |
| นายพล /แม่นาวาง       | 6.15 | 75.50                             | 3.01      | ND                                      | 655.00       | 200.50       | 1956.0        | 262.00        | 74.05         | 7.68          | 62.85         | 17.53         | 0.66         | 31.16        |
| นายผั่งกร /แม่นาวาง   | 4.96 | 42.80                             | 2.15      | 5.00                                    | 34.00        | 229.00       | 405.00        | 119.00        | 223.15        | 4.08          | 87.55         | 4.11          | 0.33         | 21.54        |
| นายยุทธพงษ์ /แม่นาวาง | 5.33 | 25.40                             | 3.24      | ND                                      | 255.90       | 377.25       | 1782.0        | 383.00        | 99.45         | 11.03         | 88.60         | 25.21         | 0.28         | 39.09        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-2 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่

| ส่วนส้ม/ตำบล             | pH   | EC<br>(µS/cm) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|--------------------------|------|---------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| นายวรรณ /แม่นาวาง        | 4.94 | 127.60        | 2.35      | 30.99                                   | 198.00       | 200.25       | 624.00        | 162.00        | 173.40        | 7.68          | 83.45         | 26.64         | 0.54         | 93.55        |
| นายวิรัตน์ /แม่นาวาง     | 5.36 | 17.53         | 2.02      | ND                                      | 440.06       | 271.75       | 491.00        | 71.00         | 107.20        | 3.04          | 95.90         | 1.71          | 0.11         | 17.37        |
| นายสกลิต /แม่นาวาง       | 5.18 | 20.05         | 2.77      | 6.41                                    | 30.60        | 371.75       | 666.00        | 144.00        | 81.85         | 2.51          | 150.35        | 6.99          | 0.12         | 25.77        |
| นายสนธิ์ /แม่นาวาง       | 5.06 | 35.70         | 5.58      | 30.18                                   | 29.12        | 280.25       | 1339.0        | 306.00        | 141.65        | 4.29          | 156.90        | 14.66         | 0.24         | 64.75        |
| นายสมเกียรติ /แม่นา      | 4.66 | 35.40         | 6.89      | 8.81                                    | 410.03       | 441.75       | 1234.0        | 159.00        | 123.15        | 13.95         | 173.15        | 33.36         | 0.18         | 35.64        |
| นายสมพล /แม่นาวาง        | 4.75 | 20.08         | 1.56      | ND                                      | 18.00        | 70.75        | 178.00        | 64.00         | 138.40        | 3.11          | 58.75         | 4.11          | 0.34         | 24.54        |
| นายสาคร /แม่นาวาง        | 4.85 | 98.60         | 2.01      | 48.60                                   | 264.75       | 239.75       | 1062.0        | 59.00         | 88.50         | 4.41          | 85.25         | 6.51          | 0.15         | 16.36        |
| นายสุโขใจ /แม่นาวาง      | 5.10 | 19.57         | 3.58      | ND                                      | 180.63       | 152.50       | 1778.0        | 309.00        | 468.80        | 4.55          | 91.50         | 14.18         | 0.08         | 18.73        |
| นายสุทัศน์ /แม่นาวาง     | 5.39 | 31.40         | 3.95      | 29.16                                   | 212.39       | 406.00       | 1286.0        | 126.00        | 75.80         | 11.81         | 62.30         | 36.23         | 0.11         | 20.30        |
| นายสุพจน์ 1 /แม่นาวาง    | 6.32 | 18.02         | 5.10      | 20.00                                   | 91.81        | 758.75       | 1218.0        | 150.00        | 50.45         | 2.65          | 112.65        | 5.55          | 0.24         | 15.98        |
| นายสุพจน์ 2 /แม่นาวาง    | 5.67 | 38.50         | 4.87      | 18.49                                   | 128.69       | 456.75       | 770.00        | 112.00        | 66.95         | 3.51          | 103.70        | 6.03          | 0.18         | 24.52        |
| นายโสภณ /แม่นาวาง        | 4.65 | 37.10         | 1.99      | 28.98                                   | 39.00        | 134.00       | 129.50        | 41.00         | 105.35        | 3.86          | 99.10         | 6.51          | 0.43         | 32.29        |
| นายอดิศักดิ์ 1 /แม่นาวาง | 5.72 | 34.00         | 7.08      | ND                                      | 258.85       | 365.25       | 1231.0        | 204.00        | 96.80         | 5.02          | 109.25        | 30.48         | 0.26         | 51.12        |
| นายอดิศักดิ์ 2 /แม่นาวาง | 5.98 | 53.20         | 8.47      | 21.49                                   | 325.96       | 507.25       | 1676.0        | 279.00        | 93.75         | 6.80          | 93.00         | 36.71         | 0.34         | 46.52        |
| นายอดิศักดิ์ 3 /แม่นาวาง | 5.70 | 21.74         | 4.97      | 8.18                                    | 167.77       | 235.75       | 791.00        | 109.00        | 77.80         | 2.88          | 92.35         | 7.95          | 0.17         | 25.32        |
| นายอนันต์ /แม่นาวาง      | 5.44 | 44.00         | 1.71      | 17.90                                   | 190.27       | 349.00       | 1039.0        | 179.00        | 104.93        | 5.22          | 87.00         | 8.90          | 0.09         | 37.17        |
| นายอัย 1 /แม่นาวาง       | 4.30 | 51.90         | 2.31      | 55.24                                   | 828.91       | 413.00       | 857.00        | 70.00         | 144.10        | 3.75          | 52.20         | 1.71          | 0.13         | 38.53        |
| นายอัย 2 /แม่นาวาง       | 5.24 | 20.69         | 1.69      | 14.99                                   | 21.00        | 212.25       | 620.00        | 88.00         | 126.75        | 4.27          | 114.70        | 1.71          | 0.41         | 11.75        |
| นายอัย 3 /แม่นาวาง       | 5.28 | 23.90         | 1.52      | ND                                      | 41.00        | 166.25       | 607.00        | 84.00         | 54.20         | 6.53          | 95.00         | 3.63          | 0.31         | 12.54        |
| นายอัย 4 /แม่นาวาง       | 5.07 | 30.20         | 2.18      | 4.50                                    | 92.00        | 258.75       | 656.00        | 127.00        | 214.50        | 6.41          | 164.40        | 6.51          | 0.32         | 32.20        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-2 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่

| สวนส้ม/ตำบล          | pH   | EC<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|----------------------|------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| นาอินรูตัน /แม่นาวาง | 5.27 | 13.79                             | 2.47      | 30.69                                   | 55.13        | 246.50       | 799.00        | 131.00        | 76.10         | 1.95          | 48.50         | 2.19          | 0.08         | 15.56        |
| บ. เอกชน Y1 /แม่นา   | 5.73 | 44.90                             | 2.19      | 37.85                                   | 38.00        | 194.47       | 2229.0        | 290.00        | 113.81        | 2.38          | 31.99         | 1.35          | 0.13         | 27.98        |
| บ. เอกชน Y2 /แม่นา   | 5.61 | 43.30                             | 0.27      | 46.03                                   | 38.00        | 189.51       | 1954.0        | 264.00        | 137.69        | 2.47          | 35.86         | 2.78          | 0.12         | 29.19        |
| บ. เอกชน Y3 /แม่นา   | 5.38 | 55.10                             | 1.28      | 42.45                                   | 20.00        | 144.90       | 670.00        | 140.00        | 80.97         | 1.08          | 16.51         | 0.42          | 0.10         | 29.77        |
| บ. เอกชน Y4 /แม่นา   | 5.53 | 53.00                             | 1.42      | 33.25                                   | 33.00        | 149.86       | 578.00        | 127.00        | 101.87        | 0.99          | 5.56          | 0.62          | 0.10         | 23.40        |
| นางลัดดา /แม่นาวาง   | 4.99 | 19.31                             | 3.24      | 19.95                                   | 764.01       | 161.00       | 1431.0        | 87.00         | 154.30        | 6.80          | 42.70         | 6.51          | 0.17         | 19.50        |
| นายณัฐพล /สันตน์หม้อ | 5.84 | 48.80                             | 2.78      | ND                                      | 64.00        | 470.25       | 2161.0        | 460.00        | 110.20        | 4.69          | 104.50        | 15.62         | 0.40         | 60.07        |
| บ.เอกชน L1 /สันตน์   | 5.58 | 45.70                             | 3.04      | 14.83                                   | 132.00       | 323.33       | 991.00        | 86.00         | 60.08         | 6.19          | 11.34         | 19.64         | 0.24         | 50.10        |
| บ.เอกชน L2 /สันตน์   | 4.84 | 50.70                             | 3.21      | 22.51                                   | 463.00       | 179.60       | 532.00        | 55.00         | 110.82        | 10.08         | 13.92         | 45.64         | 0.24         | 52.86        |
| บ.เอกชน L3 /สันตน์   | 4.89 | 68.30                             | 1.91      | 12.79                                   | 276.00       | 194.47       | 440.00        | 32.00         | 42.16         | 1.82          | 24.25         | 20.35         | 0.20         | 47.61        |
| บ.เอกชน L4 /สันตน์   | 5.35 | 66.20                             | 2.64      | 0.00                                    | 276.00       | 244.03       | 853.00        | 66.00         | 51.12         | 2.75          | 25.54         | 26.67         | 0.30         | 42.96        |
| บ.เอกชน L5 /สันตน์   | 5.39 | 33.50                             | 2.94      | 3.58                                    | 553.00       | 268.81       | 762.00        | 73.00         | 83.96         | 3.12          | 15.22         | 37.92         | 0.23         | 53.12        |
| บ.เอกชน M1 /สันตน์   | 4.50 | 79.50                             | 2.91      | 38.36                                   | 69.00        | 239.07       | 440.00        | 50.00         | 54.10         | 0.99          | 7.11          | 0.87          | 0.28         | 59.12        |
| บ.เอกชน M2 /สันตน์   | 5.36 | 28.70                             | 3.24      | 32.22                                   | 377.00       | 209.33       | 624.00        | 32.00         | 72.02         | 4.24          | 17.80         | 25.27         | 0.17         | 7.02         |
| บ.เอกชน M3 /สันตน์   | 4.64 | 83.50                             | 2.94      | 22.50                                   | 73.00        | 248.98       | 578.00        | 99.00         | 54.10         | 1.08          | 8.76          | 0.98          | 0.23         | 64.55        |
| บ.เอกชน M4 /สันตน์   | 4.66 | 139.30                            | 3.64      | 24.55                                   | 158.00       | 392.75       | 807.00        | 122.00        | 51.12         | 1.17          | 8.76          | 1.12          | 0.47         | 87.87        |
| บ.เอกชน M5 /สันตน์   | 5.11 | 146.90                            | 3.68      | 37.86                                   | 138.00       | 432.36       | 853.00        | 157.00        | 54.10         | 1.36          | 10.05         | 3.50          | 0.52         | 91.71        |
| บ.เอกชน NS /สันตน์   | 5.39 | 80.80                             | 1.74      | 14.33                                   | 230.00       | 367.93       | 1174.0        | 198.00        | 95.89         | 3.96          | 10.05         | 47.76         | 0.41         | 39.94        |
| บ. เอกชน K1 บ้าน     | 6.62 | 28.00                             | 2.77      | ND                                      | 339.00       | 159.77       | 1541.0        | 134.00        | 27.24         | 3.68          | 17.80         | 6.29          | 0.31         | 0.52         |
| บ. เอกชน K2 /บ้าน    | 6.69 | 42.00                             | 2.91      | 20.46                                   | 358.00       | 258.90       | 1679.0        | 124.00        | 27.24         | 2.57          | 10.05         | 16.83         | 0.26         | 19.79        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-2 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดเชียงใหม่

| ส่วนส้ม/ตำบล        | pH   | EC<br>(µS/cm) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|---------------------|------|---------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| บ.เอกชน K3 /บ้าน    | 6.30 | 32.90         | 2.41      | 6.40                                    | 317.00       | 407.50       | 1037.0        | 76.00         | 33.21         | 2.29          | 11.34         | 28.08         | 0.22         | 7.26         |
| บ.เอกชน K4 /บ้าน    | 6.33 | 40.70         | 2.81      | 2.04                                    | 314.00       | 422.45       | 1449.0        | 101.00        | 33.21         | 2.75          | 10.05         | 37.21         | 0.33         | 8.06         |
| นายประเวช 1 /มะลิทา | 5.42 | 61.20         | 4.07      | 30.98                                   | 141.59       | 443.50       | 1039.0        | 154.00        | 71.30         | 6.26          | 137.30        | 12.74         | 0.23         | 43.35        |
| นายประเวช 2 /มะลิทา | 5.64 | 24.90         | 4.24      | 4.00                                    | 106.19       | 633.75       | 995.00        | 158.00        | 74.40         | 4.79          | 149.45        | 12.26         | 0.19         | 18.59        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

รายงานผลการตรวจวิเคราะห์ดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

| สวนส้ม/ตำบล           | pH   | EC<br>(µS/cm) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|-----------------------|------|---------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| นายพรพิทักษ์ / ศรีดง  | 6.42 | 16.11         | 1.44      | 46.74                                   | 157.00       | 173.75       | 2019.00       | 167.00        | 187.2         | 4.71          | 40.10         | 16.05         | 0.23         | 25.85        |
| นายอุดม 1 / แม่ทะลบ   | 5.91 | 12.24         | 2.61      | 16.26                                   | 30.00        | 97.75        | 517.00        | 123.00        | 103.2         | 1.79          | 38.90         | 3.15          | 0.12         | 12.46        |
| นายอุดม 2 / แม่ทะลบ   | 5.81 | 15.18         | 3.85      | 8.63                                    | 73.00        | 148.50       | 1017.00       | 182.00        | 71.35         | 2.07          | 46.70         | 6.99          | 0.42         | 14.33        |
| นายอุดม 3 / แม่ทะลบ   | 5.86 | 15.67         | 5.43      | 18.29                                   | 21.00        | 275.25       | 2000.00       | 329.00        | 50.40         | 1.71          | 69.30         | 7.95          | 0.19         | 18.42        |
| นายอุดม 4 / แม่ทะลบ   | 6.50 | 22.50         | 5.13      | ND                                      | 95.00        | 433.75       | 2161.00       | 307.00        | 35.00         | 1.99          | 60.65         | 7.47          | 0.41         | 18.42        |
| นายอุดม 5 / แม่ทะลบ   | 6.64 | 20.89         | 4.09      | ND                                      | 104.00       | 366.75       | 2053.00       | 297.00        | 46.95         | 2.51          | 50.60         | 4.59          | 0.20         | 11.67        |
| นายอุดม 6 / แม่ทะลบ   | 6.42 | 27.50         | 6.77      | ND                                      | 186.00       | 226.25       | 1945.00       | 317.00        | 71.90         | 4.72          | 32.55         | 30.00         | 0.45         | 14.13        |
| นายอุดม 7 / แม่ทะลบ   | 6.15 | 13.01         | 2.01      | ND                                      | 41.00        | 154.00       | 755.00        | 145.00        | 246.3         | 1.75          | 29.35         | 7.95          | 0.10         | 12.38        |
| นายอุดม 8 / แม่ทะลบ   | 6.74 | 58.70         | 2.55      | ND                                      | 148.00       | 210.00       | 2711.20       | 149.00        | 49.80         | 2.95          | 37.25         | 5.07          | 0.23         | 14.45        |
| นายบุญส่ง ตาระก่า     | 6.54 | 15.99         | 1.41      | 12.99                                   | 87.00        | 106.25       | 351.00        | 94.00         | 37.20         | 1.83          | 23.75         | 3.15          | 0.22         | 12.71        |
| นายวิชาญ 1 / ศรีดง    | 6.38 | 32.30         | 3.82      | ND                                      | 88.00        | 218.50       | 1305.00       | 158.00        | 45.25         | 1.64          | 37.20         | 2.67          | 0.42         | 13.96        |
| นายวิชาญ 2 / ศรีดง    | 5.61 | 31.20         | 2.28      | 29.98                                   | 79.00        | 134.75       | 797.00        | 99.00         | 45.95         | 1.38          | 34.55         | 3.63          | 0.89         | 23.25        |
| นายวิชาญ 3 / ศรีดง    | 5.87 | 27.90         | 2.31      | ND                                      | 208.00       | 231.00       | 1241.00       | 121.00        | 58.30         | 4.74          | 50.00         | 12.74         | 0.89         | 21.04        |
| นางเกษม 1 / ศรีดงเย็น | 6.07 | 16.71         | 0.80      | ND                                      | 366.00       | 166.75       | 305.00        | 43.00         | 50.55         | 1.91          | 25.45         | 1.71          | 0.67         | 13.79        |
| นางเกษม 2 / ศรีดงเย็น | 5.76 | 16.30         | 1.34      | ND                                      | 51.00        | 113.50       | 216.00        | 52.00         | 54.20         | 1.49          | 29.30         | 1.71          | 0.53         | 14.38        |
| นางเกษม 3 / ศรีดงเย็น | 5.95 | 12.83         | 1.68      | 32.48                                   | 62.00        | 232.50       | 371.00        | 67.00         | 73.25         | 1.72          | 36.55         | 2.19          | 0.54         | ND           |
| นางเกษม 4 / ศรีดงเย็น | 5.05 | 24.70         | 2.92      | ND                                      | 43.00        | 72.00        | 547.00        | 36.00         | 253.8         | 2.36          | 38.90         | 2.67          | 0.53         | 29.02        |
| นางเกษม 5 / ศรีดงเย็น | 5.46 | 16.77         | 1.74      | ND                                      | 120.00       | 91.00        | 806.00        | 82.00         | 165.7         | 1.99          | 39.05         | 2.10          | 0.30         | 12.54        |
| นางบานเย็น / นอนบัว   | 6.06 | 30.20         | 2.61      | ND                                      | 167.00       | 277.50       | 1583.00       | 161.00        | 99.30         | 5.49          | 62.60         | 6.03          | 0.54         | 27.50        |
| นางจลล 1 / แม่ทะลบ    | 6.27 | 26.20         | 4.83      | 14.49                                   | 39.00        | 342.50       | 1515.00       | 280.00        | 60.00         | 1.68          | 52.80         | 2.67          | 0.36         | 18.92        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-3 (ต่อ) คุณสมบัติของดินที่ปลูกส้มในพื้นที่อำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่

| สวนส้ม/ตำบล          | pH   | EC<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|----------------------|------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| นายพลอง 2/ แม่ทะลบ   | 6.74 | 32.10                             | 4.42      | 2.50                                    | 108.00       | 374.25       | 2216.00       | 341.00        | 35.75         | 2.25          | 35.75         | 8.43          | 0.64         | 10.25        |
| นายพลอง 3/ แม่ทะ     | 6.59 | 33.30                             | 5.53      | ND                                      | 213.00       | 251.25       | 1656.00       | 273.00        | 100.6         | 3.21          | 38.40         | 17.05         | 0.61         | 12.79        |
| นายใจ 1/ ปงดำ        | 6.39 | 19.56                             | 0.94      | 10.99                                   | 51.00        | 215.75       | 89.00         | 22.00         | 68.95         | 1.65          | 35.10         | 1.71          | 0.51         | 10.46        |
| นายใจ 2/ ปงดำ        | 6.27 | 25.40                             | 2.28      | 30.98                                   | 83.00        | 207.50       | 836.00        | 82.00         | 58.45         | 1.72          | 37.90         | 3.15          | 0.61         | 18.79        |
| นายจันทร์คำ 1/ แม่ทะ | 6.11 | 17.88                             | 3.75      | 6.49                                    | 104.00       | 228.25       | 1445.00       | 158.00        | 142.8         | 2.81          | 42.50         | 19.45         | 0.59         | 14.13        |
| นายจันทร์คำ 2/ แม่ทะ | 6.20 | 24.90                             | 5.20      | 50.47                                   | 54.00        | 415.00       | 2092.00       | 408.00        | 58.65         | 2.52          | 72.75         | 18.01         | 0.38         | 4.55         |
| นายมนัส เทพวงศ์      | 5.64 | 21.65                             | 2.08      | 25.49                                   | 100.00       | 261.00       | 1485.00       | 144.00        | 125.5         | 3.54          | 75.80         | 5.55          | 0.47         | 19.17        |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-4 คุณสมบัติของดินที่ไม่ได้ปลูกส้ม ในพื้นที่อำเภอไชยปราการ ฝาง และแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่

| สวนส้ม/ตำบล            | pH   | EC<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | OM<br>(%) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/kg) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) | B<br>(mg/kg) | S<br>(mg/kg) |
|------------------------|------|-----------------------------------|-----------|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| ดินป่า/ถ้ำต๋อง/ไชย     | 6.69 | 30.30                             | 8.91      | 3.53                                    | 68.00        | 858.80       | 5375.83       | 894.52        | 8.96          | 3.05          | 149.05        | 12.50         | ND           | ND           |
| ดินป่า/ศรีดงเย็น/ไชย   | 6.30 | 17.74                             | 4.63      | 2.01                                    | 47.00        | 435.60       | 984.69        | 225.34        | 69.34         | 2.67          | 146.55        | 2.63          | ND           | ND           |
| ดินป่า/แม่สุ่น/ฝาง     | 5.19 | 39.30                             | 2.95      | 10.30                                   | 19.00        | 277.46       | 833.91        | 119.85        | 101.71        | 2.17          | 18.69         | 15.62         | 0.18         | ND           |
| ดินป่า/พระธาตุ/ฝาง     | 5.52 | 14.43                             | 4.04      | 6.55                                    | 86.00        | 197.02       | 480.92        | 151.37        | 133.49        | 1.44          | 18.89         | 3.29          | ND           | ND           |
| ดินป่า/โป่งน้ำร้อน/ฝาง | 6.10 | 21.37                             | 5.15      | 12.00                                   | 12.00        | 219.74       | 408.96        | 94.30         | 133.49        | 1.89          | 28.90         | 4.93          | ND           | ND           |
| ดินป่า/เวียง/ฝาง       | 6.32 | 19.23                             | 2.72      | 5.00                                    | 97.00        | 228.27       | 888.74        | 227.46        | 61.79         | 1.57          | 58.94         | 3.95          | ND           | ND           |
| ดินป่า/แม่กิมหลวง/แม่  | 6.06 | 18.46                             | 8.32      | 3.02                                    | 8.00         | 429.92       | 792.78        | 317.77        | 91.98         | 1.70          | 32.66         | 3.95          | ND           | ND           |
| ดินป่า/ท่าตอน/แม่อาย   | 5.16 | 16.58                             | 2.52      | 4.53                                    | 7.00         | 225.42       | 504.91        | 83.74         | 175.00        | 1.44          | 21.39         | 2.63          | ND           | 6.86         |
| ดินป่า/แม่อาย          | 6.62 | 43.20                             | 6.48      | 4.00                                    | 20.00        | 563.41       | 1608.41       | 358.49        | 58.02         | 1.70          | 88.98         | 4.93          | ND           | ND           |
| ดินนา/มอนบัน/ฝาง       | 5.65 | 16.03                             | 1.99      | 4.00                                    | 154.00       | 151.58       | 360.98        | 35.12         | 295.76        | 2.73          | 6.11          | 5.26          | ND           | ND           |
| ดินนา/แม่คะ/ฝาง        | 5.85 | 17.09                             | 1.85      | 5.00                                    | 27.00        | 128.86       | 264.17        | 56.26         | 42.92         | 1.12          | 7.62          | 3.95          | ND           | ND           |
| ดินนา 1/ฝาง            | 5.38 | 27.40                             | 2.16      | 7.55                                    | 3.00         | 86.25        | 888.74        | 134.46        | 329.72        | 5.96          | 28.90         | 3.29          | ND           | 19.66        |
| ดินนา 2/ฝาง            | 5.11 | 21.78                             | 2.16      | 4.53                                    | 8.00         | 194.18       | 432.94        | 62.60         | 322.17        | 2.41          | 21.39         | 2.96          | ND           | ND           |
| ดินปลูกหอม พริก2/ไชย   | 7.02 | 113.30                            | 5.50      | 9.57                                    | 203.00       | 679.86       | 6911.13       | 235.91        | 7.91          | 3.31          | 22.64         | 8.55          | 0.04         | 8.27         |
| ดินปลูกหอม พริก1/ไชย   | 6.27 | 333.00                            | 6.73      | 43.33                                   | 11.00        | 966.73       | 7774.73       | 119.67        | 2.77          | 2.22          | 32.66         | 7.24          | 0.28         | 107.82       |
| ดินสวนลิ้นจี่/ฝาง      | 6.96 | 23.50                             | 3.73      | ND                                      | 62.00        | 106.13       | 1440.48       | 104.87        | 250.47        | 2.15          | 38.91         | 6.58          | ND           | 4.79         |
| ดินสวนลิ้นจี่/แม่อาย   | 6.33 | 55.00                             | 4.32      | 22.68                                   | 183.00       | 623.06       | 1728.35       | 185.19        | 35.38         | 3.31          | 102.74        | 5.59          | ND           | ND           |

หมายเหตุ ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit, ค่าต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้)

ตารางภาคผนวกที่ 3-5 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกส้มในเขตลุ่มน้ำโดยแม่สุ่น อ.ฝาง จ.เชียงใหม่

| เจ้าของสวน                    | pH   | OM<br>(%) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) |
|-------------------------------|------|-----------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1.นาง จันทร์สวย ยะจันทร์      | 5.95 | 2.59      | 226.08       | 68.80        | 1,063.24      | 122.40        | 178.63        | 2.71          | 28.07         | 12.74         |
| 2.นาย เจริญ อนุอมสิน          | 6.57 | 4.17      | 73.79        | 118.80       | 1,863.49      | 184.12        | 44.11         | 3.03          | 30.34         | 40.37         |
| 3.นาย จันทน์ ธรรมพันแก้ว      | 5.64 | 2.45      | 135.53       | 86.93        | 1,087.25      | 141.95        | 124.82        | 7.52          | 29.21         | 38.33         |
| 4.นาย เสาร์แก้ว จิตราวังค์    | 6.18 | 3.17      | 124.87       | 130.95       | 1,271.31      | 148.12        | 88.95         | 3.03          | 23.53         | 39.35         |
| 5.นาย ใต้ อะตะมะ              | 6.04 | 3.07      | 189.55       | 69.00        | 1,671.43      | 156.35        | 193.57        | 11.38         | 30.34         | 20.93         |
| 6.นาย มิ่ง หลวงคณะ            | 5.71 | 3.00      | 126.34       | 162.02       | 959.21        | 103.89        | 74.00         | 2.07          | 25.80         | 30.14         |
| 7.นาย ไกรสร ตันถาง            | 5.77 | 2.34      | 327.50       | 63.00        | 1,055.24      | 114.18        | 145.74        | 3.35          | 39.43         | 14.79         |
| 8.นาย จำเริญ กำพืด            | 5.01 | 2.65      | 121.20       | 43.00        | 855.18        | 66.35         | 196.56        | 4.95          | 22.40         | 11.72         |
| 9.นาย อินทร แก้วสุริยะ        | 5.82 | 1.38      | 20.84        | 28.00        | 871.18        | 97.72         | 82.97         | 1.74          | 26.94         | 9.67          |
| 10.นาย วิจิตร ศรีสูงฆาร       | 5.40 | 1.79      | 47.85        | 59.00        | 871.18        | 92.58         | 130.80        | 1.74          | 30.34         | 12.74         |
| 11.นาย ไว บังคมเนตร           | 5.73 | 2.37      | 239.31       | 68.80        | 1,695.44      | 137.83        | 151.72        | 9.45          | 31.48         | 21.95         |
| 12.นาย ตา กลมบุญ              | 5.50 | 2.65      | 274.58       | 211.22       | 1,319.32      | 159.43        | 166.67        | 5.92          | 32.61         | 60.84         |
| 13.นาย คม ศรีหาล้า            | 5.96 | 2.48      | 177.79       | 79.16        | 1,455.36      | 130.63        | 178.63        | 5.60          | 34.88         | 40.37         |
| 14.นาง ยุพิน อินตะธา          | 6.13 | 2.92      | 229.02       | 128.36       | 1,519.38      | 154.29        | 100.91        | 4.63          | 24.67         | 49.58         |
| 15.นาย สว่าง วงศ์กาศ สวนนอก   | 6.05 | 2.74      | 265.77       | 84.34        | 1,839.48      | 192.35        | 85.96         | 16.51         | 34.88         | 64.94         |
| 16.นาย สว่าง วงศ์กาศ สวนใน    | 6.75 | 2.17      | 87.76        | 81.00        | 1,447.36      | 227.32        | 71.01         | 3.03          | 28.07         | 21.95         |
| 17.นาง รัตนา อินตะธา          | 6.28 | 2.90      | 132.59       | 93.00        | 1,839.48      | 180.00        | 121.83        | 4.95          | 23.53         | 24.00         |
| 18.นาย ธรรมชัย ชัยวุฒิ        | 5.33 | 2.17      | 179.26       | 70.00        | 879.18        | 112.12        | 148.73        | 7.84          | 30.34         | 69.03         |
| 19.นาย คำปิ่น ยานะ สวนบน      | 5.00 | 2.27      | 212.85       | 71.39        | 1,095.25      | 151.20        | 160.69        | 9.13          | 40.56         | 37.30         |
| 20.นาย จิตติ พิพัฒน์พิทยาสกุล | 5.12 | 3.54      | 489.20       | 138.72       | 1,119.26      | 87.43         | 88.95         | 7.52          | 23.53         | 33.21         |
| 21.นาย ตา วงศ์สาย             | 4.80 | 3.14      | 384.83       | 237.12       | 1,111.26      | 109.03        | 124.82        | 16.83         | 24.67         | 68.01         |
| 22.นาย คำปิ่น ยานะ สวนล่าง    | 5.76 | 3.03      | 312.80       | 237.12       | 1,007.22      | 132.69        | 71.01         | 10.73         | 28.07         | 27.07         |
| 23.นาย บุญมี แก้วสิงห์คำ      | 5.48 | 3.34      | 94.00        | 57.00        | 1,567.40      | 123.43        | 175.64        | 3.67          | 23.53         | 44.47         |

ตารางภาคผนวกที่ 3-5 (ต่อ) คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกส้มในเขตลุ่มน้ำย่อยแม่สุ่น อ.ฝาง จ.เชียงใหม่

| เจ้าของสวน                    | pH   | OM<br>(%) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) |
|-------------------------------|------|-----------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 24.นาย ถนอม สิตี              | 3.98 | 3.27      | 114.58       | 97.00        | 807.16        | 75.60         | 321.38        | 3.35          | 24.67         | 20.93         |
| 25.นาย ทิด                    | 6.08 | 2.59      | 112.01       | 112.00       | 1,111.26      | 155.32        | 79.98         | 9.13          | 24.67         | 44.47         |
| 26.นาย เลื่อน ขวีสาส          | 5.36 | 2.16      | 201.23       | 94.00        | 1,031.23      | 68.92         | 127.81        | 4.95          | 30.34         | 59.82         |
| 27.นาง สัน เจริญชีพ           | 5.34 | 2.25      | 166.03       | 92.00        | 1,239.30      | 98.75         | 139.77        | 5.28          | 20.12         | 33.21         |
| 28.นาย สมเกียรติ วงศ์ดา       | 5.66 | 1.72      | 234.90       | 80.00        | 983.22        | 73.54         | 79.98         | 3.67          | 22.40         | 34.23         |
| 29.นาย บุญมี วงศ์ชัย          | 5.31 | 2.48      | 339.26       | 170.00       | 967.21        | 110.06        | 79.98         | 3.99          | 23.53         | 60.84         |
| 30.นาย พุทธิ ไชยสุ            | 5.26 | 3.75      | 251.07       | 141.31       | 967.21        | 115.20        | 71.01         | 7.52          | 23.53         | 21.95         |
| 31.นาย บรรพต ดาววิ            | 4.44 | 3.87      | 227.55       | 291.50       | 1,399.35      | 98.75         | 115.85        | 9.77          | 30.34         | 17.65         |
| 32.นางสาว เรณู เป้าดาวพันธ์   | 6.24 | 4.60      | 355.43       | 70.00        | 1,855.49      | 163.55        | 47.10         | 27.11         | 31.48         | 19.91         |
| 33.นาย มนตรี วงศ์ร้อย         | 5.49 | 2.78      | 199.62       | 81.00        | 1,287.31      | 86.41         | 76.99         | 3.67          | 21.26         | 20.93         |
| 34.นาย ศรีมา จิตตราชวงศ์      | 4.55 | 3.34      | 109.44       | 286.32       | 635.65        | 85.38         | 97.92         | 2.39          | 31.48         | 37.30         |
| 35.นาย อำนวย วงศ์จันทร์       | 4.18 | 3.48      | 177.05       | 275.96       | 951.21        | 100.81        | 97.92         | 5.28          | 25.80         | 91.54         |
| 36.นาย จักรัส เตชะแก้ว        | 5.02 | 3.42      | 249.60       | 112.82       | 1,407.35      | 172.80        | 109.87        | 4.63          | 29.21         | 57.77         |
| 37.นาย สุนิตย์ แสงอ้าย ส่วน 1 | 4.26 | 4.94      | 373.07       | 335.52       | 1,375.34      | 100.81        | 112.86        | 5.92          | 31.48         | 46.51         |
| 38.นาย สุกิจ แสงอ้าย          | 3.86 | 3.54      | 408.35       | 239.71       | 595.64        | 60.69         | 190.58        | 4.95          | 28.07         | 143.74        |
| 39.นาง รัตนา โพธิ์จันทร์      | 5.52 | 3.65      | 34.75        | 76.00        | 1,447.36      | 169.72        | 91.94         | 4.63          | 23.53         | 53.68         |
| 40.นาง วาสนา สิทธิมา          | 5.34 | 3.50      | 115.32       | 102.00       | 1,487.37      | 181.03        | 136.78        | 7.84          | 22.40         | 55.73         |
| 41.นาย สุนิตย์ แสงอ้าย ส่วน 2 | 4.48 | 4.31      | 315.74       | 755.02       | 1,063.24      | 82.29         | 109.87        | 8.49          | 25.80         | 50.61         |
| 42.นาย รุ่งเรือง ดาววิ        | 4.49 | 1.45      | 140.31       | 459.81       | 1,327.32      | 56.06         | 112.86        | 7.52          | 23.53         | 74.15         |
| 43.นาย นที อินต๊ะวงศ์         | 4.30 | 4.59      | 233.43       | 317.39       | 647.66        | 111.09        | 121.83        | 4.31          | 32.61         | 57.77         |
| 44.นาย ตัณวาร                 | 5.13 | 2.71      | 358.37       | 677.33       | 1,015.23      | 112.12        | 94.93         | 3.99          | 15.58         | 61.87         |
| 45.นาย อุ่นเรือน ปัญญา ส่วน 1 | 6.39 | 4.82      | 376.01       | 395.08       | 2,254.52      | 292.12        | 44.11         | 9.77          | 18.99         | 81.31         |
| 46.นาย อุ่นเรือน ปัญญา ส่วน 2 | 6.57 | 3.73      | 383.36       | 322.57       | 2,311.63      | 191.32        | 38.13         | 10.41         | 13.31         | 33.21         |

ตารางภาคผนวกที่ 3-5 (ต่อ) คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกส้มในเขตลุ่มน้ำโดยแม่ลูน อ.ผาง จ.เวียงใหม่

| เจ้าของสวน                   | pH   | OM<br>(%) | P<br>(mg/kg) | K<br>(mg/kg) | Ca<br>(mg/kg) | Mg<br>(mg/kg) | Fe<br>(mg/kg) | Cu<br>(mg/kg) | Mn<br>(mg/kg) | Zn<br>(mg/kg) |
|------------------------------|------|-----------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 47.นาย บุญธรรม ปันสุรินทร์   | 4.92 | 3.06      | 312.80       | 441.69       | 1,111.26      | 113.15        | 100.91        | 2.39          | 17.85         | 44.47         |
| 48.นาย คำมูล ตลาดแก้ว สวน ลำ | 4.20 | 2.47      | 684.70       | 151.66       | 823.17        | 171.77        | 231.70        | 6.24          | 16.72         | 10.70         |
| 49.นาย ทวีชัย                | 5.47 | 2.14      | 193.96       | 296.68       | 1,143.27      | 109.03        | 127.81        | 6.56          | 20.12         | 28.09         |
| 50.นาย คำมูล ตลาดแก้ว สวน บน | 6.60 | 3.42      | 211.38       | 433.92       | 2,686.66      | 213.95        | 44.11         | 3.99          | 16.72         | 81.31         |

ตารางภาคผนวกที่ 4-1 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอยะบราการ ผาง และแม่เอยายในเดอน พฤศจิกายน 2552

| จุดเก็บ<br>ตัวอย่าง | EC<br>(mS/cm) | TDS<br>(mg/L) | SAR | Hardness<br>CaCO <sub>3</sub><br>(mg/L) | TA<br>CaCO <sub>3</sub><br>(meq/L) | pH   | OD<br>(mg/L) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/L) | P<br>(mg/L) | K<br>(mg/L) | Na<br>(mg/L) | Ca<br>(mg/L) | Mg<br>(mg/L) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/L) | Fe<br>(mg/L) | Cu<br>(mg/L) | Mn<br>(mg/L) | Zn<br>(mg/L) | B<br>(mg/L) |
|---------------------|---------------|---------------|-----|-----------------------------------------|------------------------------------|------|--------------|----------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1                   | 0.08          | 50.56         | 2.4 | 14.33                                   | 0.86                               | 7.33 | 5.10         | 35.00                                  | 0.04        | 3.99        | 27.28        | 5.74         | 2.20         | 1.77                                    | 0.50         | ND           | 0.01         | ND           | ND          |
| 2                   | 0.17          | 106.2         | 1.1 | 57.61                                   | 1.71                               | 7.47 | 3.70         | 66.00                                  | 0.04        | 3.74        | 23.69        | 23.08        | 4.29         | ND                                      | 0.59         | ND           | 0.08         | ND           | ND          |
| 3                   | 0.35          | 224.6         | 0.7 | 184.60                                  | 2.84                               | 7.92 | 3.80         | 120.00                                 | 0.19        | 1.46        | 26.30        | 73.95        | 9.85         | 14.22                                   | 0.70         | ND           | 0.09         | ND           | ND          |
| 4                   | 0.30          | 192.6         | 0.6 | 117.77                                  | 2.25                               | 7.95 | 3.60         | 76.00                                  | 0.03        | 6.81        | 19.36        | 47.18        | 9.21         | 4.20                                    | 0.27         | ND           | 0.09         | ND           | ND          |
| 5                   | 0.34          | 214.4         | 0.6 | 155.64                                  | 2.86                               | 8.06 | 4.10         | 99.00                                  | 0.04        | 5.12        | 20.22        | 62.35        | 9.66         | 1.20                                    | 0.18         | ND           | 0.11         | ND           | ND          |
| 6                   | 0.30          | 193.9         | 0.6 | 108.39                                  | 3.29                               | 6.73 | 9.50         | 160.00                                 | 0.01        | 6.59        | 16.01        | 43.42        | 6.15         | 10.44                                   | ND           | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 7                   | 0.21          | 131.2         | 0.8 | 44.26                                   | 2.15                               | 8.18 | 3.60         | 58.00                                  | 0.04        | 3.43        | 18.98        | 17.73        | 11.21        | 4.50                                    | 0.36         | ND           | 0.11         | ND           | ND          |
| 8                   | 0.06          | 37.76         | 1.5 | 15.45                                   | 1.36                               | 8.28 | 3.00         | 29.00                                  | 0.01        | 3.71        | 16.38        | 6.19         | 1.29         | ND                                      | 0.12         | ND           | 0.13         | ND           | ND          |
| 9                   | 0.12          | 78.08         | 1.7 | 21.02                                   | 1.92                               | 8.23 | 3.70         | 72.00                                  | 0.08        | 3.71        | 25.05        | 8.42         | 3.84         | 10.02                                   | 4.37         | ND           | 0.16         | ND           | ND          |
| 10                  | 0.19          | 119.6         | 1.4 | 39.79                                   | 2.05                               | 8.34 | 3.90         | 92.00                                  | 0.13        | 4.27        | 26.79        | 15.94        | 6.84         | ND                                      | 1.69         | ND           | 0.21         | 0.03         | ND          |
| 11                  | 0.03          | 21.76         | 2.9 | 7.34                                    | 0.72                               | 8.73 | 4.60         | 30.00                                  | 0.02        | 1.46        | 22.08        | 2.94         | 0.75         | ND                                      | ND           | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 12                  | 0.05          | 32.00         | 1.7 | 10.23                                   | 0.72                               | 8.70 | 4.10         | 41.00                                  | 0.02        | 31.86       | 16.75        | 4.10         | 1.56         | ND                                      | ND           | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 13                  | 0.27          | 170.8         | 0.5 | 111.08                                  | 2.18                               | 8.39 | 4.00         | 110.00                                 | 0.02        | 36.93       | 15.27        | 44.50        | 8.66         | ND                                      | ND           | ND           | 0.06         | ND           | ND          |

หมายเหตุ : ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์)

ตารางภาคผนวกที่ 4-2 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอยะบะระการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน มกราคม 2553

| จุดเก็บ<br>ตัวอย่าง | EC<br>(mS/cm) | TDS<br>(mg/L) | SAR | Hardness<br>CaCO <sub>3</sub><br>(mg/L) | TA<br>CaCO <sub>3</sub><br>(meq/L) | pH  | OD<br>(mg/L) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/L) | P<br>(mg/L) | K<br>(mg/L) | Na<br>(mg/L) | Ca<br>(mg/L) | Mg<br>(mg/L) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/L) | Fe<br>(mg/L) | Cu<br>(mg/L) | Mn<br>(mg/L) | Zn<br>(mg/L) | B<br>(mg/L) |
|---------------------|---------------|---------------|-----|-----------------------------------------|------------------------------------|-----|--------------|----------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1                   | 0.09          | 55.87         | 1.6 | 16.85                                   | 1.19                               | 7.4 | 7.30         | 63.00                                  | 0.11        | 4.80        | 20.10        | 6.75         | 2.80         | 0.90                                    | 0.31         | 0.01         | ND           | 0.13         | ND          |
| 2                   | 0.07          | 43.58         | 1.4 | 14.48                                   | 0.66                               | 7.2 | 7.10         | 62.00                                  | 0.10        | 2.15        | 16.88        | 5.80         | 2.55         | 0.30                                    | 0.12         | 0.01         | ND           | 0.06         | ND          |
| 3                   | 0.35          | 226.5         | 0.5 | 159.64                                  | 3.45                               | 7.8 | 6.90         | 90.00                                  | 0.18        | 5.80        | 19.36        | 63.9         | 11.2         | 7.44                                    | 0.33         | 0.01         | 0.12         | ND           | ND          |
| 4                   | 0.29          | 183.6         | 0.4 | 129.93                                  | 2.80                               | 7.7 | 6.00         | 40.00                                  | 0.08        | 5.73        | 14.03        | 52.0         | 10.5         | 7.29                                    | 0.10         | ND           | 0.12         | ND           | ND          |
| 5                   | 0.36          | 227.2         | 0.5 | 159.94                                  | 3.67                               | 7.8 | 6.30         | 60.00                                  | 0.15        | 6.93        | 17.99        | 64.0         | 11.5         | 6.36                                    | 0.39         | ND           | 0.09         | ND           | ND          |
| 6                   | 0.18          | 112.1         | 0.9 | 67.62                                   | 1.57                               | 7.6 | 6.60         | 88.00                                  | 0.15        | 2.38        | 20.72        | 27.0         | 4.55         | 2.73                                    | 0.72         | ND           | 0.12         | ND           | ND          |
| 7                   | 0.18          | 115.8         | 0.6 | 75.64                                   | 1.69                               | 7.6 | 6.60         | 100.00                                 | 0.20        | 4.93        | 14.77        | 30.3         | 5.50         | 5.70                                    | 1.98         | ND           | 0.16         | ND           | ND          |
| 8                   | 0.07          | 43.46         | 1.1 | 26.21                                   | 0.69                               | 6.9 | 5.90         | 55.00                                  | 0.09        | 1.95        | 14.90        | 10.5         | 1.40         | ND                                      | ND           | ND           | 0.12         | ND           | ND          |
| 9                   | 0.13          | 86.27         | 1.4 | 22.84                                   | 1.22                               | 7.3 | 6.70         | 93.00                                  | 0.23        | 4.75        | 21.46        | 9.15         | 4.10         | 12.48                                   | 4.36         | ND           | 0.15         | ND           | ND          |
| 10                  | 0.20          | 129.7         | 1.0 | 50.30                                   | 2.12                               | 7.8 | 6.50         | 70.00                                  | 0.13        | 3.55        | 22.70        | 20.1         | 8.50         | ND                                      | 0.40         | ND           | 0.13         | ND           | ND          |
| 11                  | 0.09          | 60.10         | 1.4 | 19.60                                   | 0.90                               | 7.4 | 6.70         | 71.00                                  | 0.11        | 2.08        | 18.98        | 7.85         | 3.65         | ND                                      | 0.38         | ND           | 0.03         | ND           | ND          |
| 12                  | 0.04          | 24.58         | 2.1 | 2.87                                    | 0.44                               | 6.7 | 7.60         | 42.00                                  | 0.10        | 2.73        | 12.92        | 1.15         | 0.90         | ND                                      | ND           | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 13                  | 0.30          | 193.2         | 0.3 | 134.30                                  | 3.52                               | 8.1 | 7.10         | 110.00                                 | 0.09        | 6.80        | 11.80        | 53.8         | 12.0         | ND                                      | ND           | ND           | 0.00         | ND           | ND          |
| 14                  | 0.20          | 125.9         | 0.4 | 90.61                                   | 2.05                               | 7.9 | 7.50         | 70.00                                  | 0.09        | 2.93        | 11.06        | 36.3         | 6.15         | ND                                      | ND           | ND           | 0.03         | ND           | ND          |
| 15                  | 0.18          | 117.          | 0.5 | 82.38                                   | 1.78                               | 7.5 | 6.60         | 40.00                                  | 0.09        | 1.78        | 12.42        | 33.00        | 5.25         | 0.2                                     | ND           | ND           | ND           | 0.08         | ND          |

หมายเหตุ : ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์)

ตารางภาคผนวกที่ 4-3 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอยะปริงการ ผาง และแม่เอยาย ในเดือน มีนาคม 2553

| จุดเก็บ<br>ตัวอย่าง | EC<br>(mS/cm) | TDS<br>(mg/L) | SAR | Hardness<br>CaCO <sub>3</sub><br>(mg/L) | TA<br>CaCO <sub>3</sub><br>(meq/L) | pH  | OD<br>(mg/L) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/L) | P<br>(mg/L) | K<br>(mg/L) | Na<br>(mg/L) | Ca<br>(mg/L) | Mg<br>(mg/L) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/L) | Fe<br>(mg/L) | Cu<br>(mg/L) | Mn<br>(mg/L) | Zn<br>(mg/L) | B<br>(mg/L) |
|---------------------|---------------|---------------|-----|-----------------------------------------|------------------------------------|-----|--------------|----------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1                   | 1             | 0.09          | 57. | 2.75                                    | 31.63                              | 1.1 | 7.07         | 7.10                                   | 20.80       | 0.10        | 7.36         | 42.50        | 12.67        | 3.29                                    | 1.26         | 0.51         | ND           | 0.02         | ND          |
| 2                   | 2             | 0.15          | 96. | 1.86                                    | 64.23                              | 1.5 | 7.05         | 6.90                                   | 18.30       | 0.08        | 9.05         | 39.39        | 25.73        | 4.96                                    | 2.07         | 1.10         | ND           | 0.44         | ND          |
| 3                   | 3             | 0.38          | 241 | 0.98                                    | 215.20                             | 4.1 | 7.58         | 6.50                                   | 18.80       | 0.13        | 5.26         | 36.72        | 86.21        | 12.50                                   | 5.82         | 0.43         | ND           | 0.11         | ND          |
| 4                   | 4             | 0.29          | 188 | 1.14                                    | 153.45                             | 3.3 | 7.33         | 3.20                                   | 18.40       | 0.09        | 6.95         | 37.06        | 61.47        | 10.84                                   | 4.77         | 0.80         | ND           | 0.48         | ND          |
| 5                   | 5             | 0.40          | 252 | 1.03                                    | 203.20                             | 4.0 | 7.56         | 6.00                                   | 28.50       | 0.11        | 6.95         | 38.06        | 81.40        | 12.83                                   | 9.57         | 0.25         | ND           | 0.08         | ND          |
| 6                   | 6/1           | 0.18          | 117 | 1.21                                    | 127.71                             | 2.4 | 7.86         | 7.10                                   | 26.40       | 0.06        | 5.68         | 34.72        | 51.16        | 6.84                                    | 0.15         | 0.10         | ND           | 0.06         | ND          |
| 7                   | 6/2           | 0.24          | 152 | 1.28                                    | 112.28                             | 2.3 | 7.61         | 6.30                                   | 47.80       | 0.06        | 4.00         | 34.50        | 44.98        | 5.85                                    | 0.60         | 0.00         | ND           | 0.00         | ND          |
| 8                   | 6/3           | 0.17          | 111 | 1.36                                    | 132.85                             | 2.4 | 7.25         | 4.80                                   | 45.60       | 0.08        | 6.95         | 38.83        | 53.22        | 4.85                                    | 1.35         | 2.28         | ND           | 0.92         | ND          |
| 9                   | 7             | 0.17          | 107 | 1.83                                    | 59.06                              | 1.7 | 7.42         | 6.00                                   | 12.50       | 0.07        | 6.10         | 40.95        | 23.66        | 8.62                                    | 4.83         | 0.25         | ND           | 0.08         | ND          |
| 10                  | 8             | 0.17          | 110 | 2.24                                    | 36.77                              | 0.4 | 7.08         | 5.30                                   | 22.50       | 0.06        | 4.42         | 34.72        | 14.73        | 2.08                                    | 1.80         | 0.03         | ND           | 0.15         | ND          |
| 11                  | 9             | -             | -   | -                                       | -                                  | -   | -            | -                                      | -           | -           | -            | -            | -            | -                                       | -            | -            | -            | -            | -           |
| 12                  | 10            | -             | -   | -                                       | -                                  | -   | -            | -                                      | -           | -           | -            | -            | -            | -                                       | -            | -            | -            | -            | -           |
| 13                  | 11            | 0.04          | 24. | 3.22                                    | 17.90                              | 0.9 | 7.50         | 7.60                                   | 15.40       | 0.07        | 5.68         | 36.72        | 7.17         | 1.63                                    | 0.09         | 0.10         | ND           | ND           | ND          |

หมายเหตุ : ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์)

ตารางภาคผนวกที่ 4-4 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอยะปริงการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน พฤษภาคม 2553

| จุดเก็บ<br>ตัวอย่าง | EC<br>(mS/cm) | TDS<br>(mg/L) | SAR | Hardness<br>CaCO <sub>3</sub><br>(mg/L) | TA<br>CaCO <sub>3</sub><br>(meq/L) | pH  | OD<br>(mg/L) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/L) | P<br>(mg/L) | K<br>(mg/L) | Na<br>(mg/L) | Ca<br>(mg/L) | Mg<br>(mg/L) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/L) | Fe<br>(mg/L) | Cu<br>(mg/L) | Mn<br>(mg/L) | Zn<br>(mg/L) | B<br>(mg/L) |
|---------------------|---------------|---------------|-----|-----------------------------------------|------------------------------------|-----|--------------|----------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1                   | 0.11          | 71.68         | 1.9 | 16.25                                   | 1.13                               | 7.6 | 5.80         | 24.20                                  | 0.11        | 14.36       | 24.69        | 6.51         | 3.51         | ND                                      | 0.51         | ND           | 0.04         | ND           | 0.10        |
| 2                   | 0.16          | 102.5         | 1.1 | 45.93                                   | 1.60                               | 7.9 | 6.80         | 35.20                                  | 0.07        | 13.30       | 22.40        | 18.40        | 5.01         | ND                                      | 0.93         | ND           | 0.35         | ND           | 0.15        |
| 3                   | 0.38          | 245.7         | 0.6 | 196.06                                  | 3.69                               | 8.2 | 4.50         | 47.20                                  | 0.11        | 17.54       | 23.83        | 78.54        | 12.69        | 22.14                                   | 0.43         | ND           | 0.18         | ND           | 0.16        |
| 4                   | -             | -             | -   | -                                       | -                                  | -   | -            | -                                      | -           | -           | -            | -            | -            | -                                       | -            | -            | -            | -            | -           |
| 5                   | 0.36          | 232.9         | 0.7 | 177.03                                  | 3.58                               | 7.9 | 5.90         | 48.30                                  | 0.06        | 14.89       | 25.27        | 70.92        | 12.36        | 5.64                                    | ND           | ND           | 0.04         | ND           | 0.15        |
| 6/1                 | 0.23          | 144.0         | 0.7 | 115.20                                  | <b>2.17</b>                        | 8.0 | 5.70         | 48.20                                  | 0.05        | 11.18       | 19.25        | 46.15        | 7.02         | ND                                      | ND           | ND           | 0.02         | ND           | 0.10        |
| 6/2                 | 0.17          | 105.8         | 0.8 | 75.61                                   | 1.65                               | 7.7 | 5.30         | 57.60                                  | 0.05        | 9.06        | 20.68        | 30.29        | 6.19         | 1.77                                    | ND           | ND           | 0.02         | ND           | 0.08        |
| 6/3                 | 0.30          | 192.6         | 0.6 | 169.62                                  | 2.10                               | 7.9 | 7.50         | 83.80                                  | 0.07        | 12.24       | 21.25        | 67.95        | 5.19         | 18.00                                   | 0.93         | ND           | 0.16         | ND           | 0.19        |
| 7                   | 0.10          | 61.25         | 1.5 | 26.04                                   | 1.03                               | 7.3 | 6.10         | 26.50                                  | 0.07        | 13.30       | 22.69        | 10.43        | 3.85         | 0.66                                    | 0.85         | ND           | 0.07         | ND           | 0.11        |
| 8                   | 0.10          | 65.60         | 1.1 | 33.57                                   | 1.12                               | 7.1 | 4.40         | 25.30                                  | 0.05        | 12.24       | 18.10        | 13.45        | 2.52         | 0.36                                    | 0.51         | ND           | 0.39         | ND           | 0.03        |
| 9                   | -             | -             | -   | -                                       | -                                  | -   | -            | -                                      | -           | -           | -            | -            | -            | -                                       | -            | -            | -            | -            | -           |
| 10                  | -             | -             | -   | -                                       | -                                  | -   | -            | -                                      | -           | -           | -            | -            | -            | -                                       | -            | -            | -            | -            | -           |
| 11                  | 0.04          | 28.35         | 2.1 | 10.53                                   | 0.49                               | 7.4 | 6.30         | 13.70                                  | 0.05        | 11.18       | 19.82        | 4.22         | 1.43         | ND                                      | 0.18         | ND           | 0.02         | ND           | 0.11        |
| 12                  | 0.09          | 57.15         | 1.4 | 26.61                                   | 0.98                               | 7.9 | 6.40         | 14.80                                  | 0.04        | 10.12       | 22.11        | 10.66        | 3.76         | ND                                      | 0.09         | ND           | 0.02         | ND           | 0.08        |
| 13                  | 0.32          | 204.8         | 0.5 | 169.62                                  | 3.33                               | 8.3 | 5.80         | 47.30                                  | 0.04        | 9.59        | 18.39        | 67.95        | 13.53        | 0.51                                    | 0.00         | ND           | 0.07         | ND           | 0.08        |

หมายเหตุ : ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์)

ตารางภาคผนวกที่ 4-5 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอยะบราการ ผาง และแม่เอยายในเดือน มิถุนายน 2553

| จุดเก็บ<br>ตัวอย่าง | EC<br>(mS/cm) | TDS<br>(mg/L) | SAR | Hardness<br>CaCO <sub>3</sub><br>(mg/L) | TA<br>CaCO <sub>3</sub><br>(meq/L) | pH   | OD<br>(mg/L) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/L) | P<br>(mg/L) | K<br>(mg/L) | Na<br>(mg/L) | Ca<br>(mg/L) | Mg<br>(mg/L) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/L) | Fe<br>(mg/L) | Cu<br>(mg/L) | Mn<br>(mg/L) | Zn<br>(mg/L) | B<br>(mg/L) |
|---------------------|---------------|---------------|-----|-----------------------------------------|------------------------------------|------|--------------|----------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1                   | 0.08          | 53.38         | 1.3 | 13.85                                   | 1.09                               | 7.08 | 6.30         | 23.70                                  | 0.26        | 29.21       | 16.14        | 5.55         | 2.90         | 2.76                                    | 1.15         | ND           | 0.07         | ND           | 0.14        |
| 2                   | 0.23          | 146.5         | 0.7 | 74.24                                   | 1.98                               | 7.55 | 5.80         | 46.10                                  | 0.13        | 29.21       | 17.90        | 29.74        | 6.35         | 9.87                                    | 1.37         | ND           | 0.26         | ND           | 0.18        |
| 3                   | 0.39          | 248.9         | 0.4 | 184.15                                  | 3.79                               | 7.86 | 5.30         | 59.20                                  | 0.26        | 16.64       | 16.53        | 73.77        | 11.63        | 12.15                                   | 0.79         | ND           | 0.21         | ND           | 0.23        |
| 4                   | 0.31          | 198.4         | 0.4 | 154.72                                  | 3.21                               | 7.64 | 5.20         | 51.50                                  | 0.10        | 12.44       | 14.57        | 61.98        | 10.06        | 6.99                                    | 0.28         | ND           | 0.02         | ND           | 0.09        |
| 5                   | 0.40          | 256.6         | 0.5 | 188.79                                  | 3.48                               | 7.79 | 4.00         | 49.40                                  | 0.19        | 29.21       | 18.10        | 75.63        | 10.98        | 10.32                                   | 0.43         | ND           | 0.12         | ND           | 0.15        |
| 6/1                 | 0.23          | 144.6         | 0.4 | 119.12                                  | 2.40                               | 7.65 | 5.90         | 70.10                                  | 0.09        | 10.70       | 13.78        | 47.72        | 6.62         | 0.03                                    | 0.28         | ND           | 0.07         | ND           | 0.06        |
| 6/2                 | 0.18          | 117.5         | 0.6 | 88.17                                   | 2.00                               | 7.50 | 5.20         | 117.00                                 | 0.06        | 24.67       | 15.16        | 35.32        | 5.38         | ND                                      | ND           | ND           | 0.02         | ND           | 0.05        |
| 6/3                 | 0.27          | 174.7         | 0.5 | 137.69                                  | 2.30                               | 7.32 | 3.10         | 114.00                                 | 0.17        | 17.33       | 15.55        | 55.16        | 5.60         | 16.50                                   | 4.12         | ND           | 1.38         | ND           | 0.12        |
| 7                   | 0.09          | 59.14         | 1.4 | 15.40                                   | 1.00                               | 7.58 | 6.40         | 33.20                                  | 0.10        | 12.79       | 18.49        | 6.17         | 3.33         | 0.09                                    | 1.73         | ND           | 0.05         | ND           | 0.09        |
| 8                   | 0.13          | 82.62         | 0.7 | 52.55                                   | 1.28                               | 7.60 | 9.10         | 35.50                                  | 0.07        | 37.24       | 13.78        | 21.05        | 3.17         | ND                                      | 0.21         | ND           | 0.07         | ND           | 0.09        |
| 9                   | 0.15          | 94.21         | 1.5 | 23.14                                   | 1.50                               | 7.34 | 8.30         | 43.30                                  | 0.19        | 14.89       | 23.19        | 9.27         | 5.38         | ND                                      | 1.95         | ND           | 0.33         | ND           | 0.08        |
| 10                  | 0.22          | 142.0         | 1.1 | 51.02                                   | 1.77                               | 7.78 | 5.30         | 68.60                                  | 0.15        | 23.27       | 24.37        | 20.44        | 8.88         | 3.54                                    | 0.50         | ND           | 0.31         | ND           | 0.07        |
| 11                  | 0.05          | 29.31         | 1.7 | 9.29                                    | 0.53                               | 6.86 | 6.50         | 15.90                                  | 0.10        | 11.40       | 15.55        | 3.72         | 1.34         | 0.45                                    | 0.43         | ND           | ND           | ND           | 0.19        |
| 12                  | 0.06          | 37.31         | 1.5 | 13.93                                   | 0.57                               | 7.06 | 6.80         | 19.00                                  | 0.08        | 12.79       | 16.92        | 5.58         | 1.93         | 2.34                                    | 0.21         | ND           | ND           | ND           | 0.11        |
| 13                  | 0.32          | 203.5         | 0.4 | 170.19                                  | 3.92                               | 8.13 | 6.10         | 50.50                                  | 0.07        | 11.59       | 15.16        | 68.18        | 6.29         | 0.00                                    | 0.14         | ND           | 0.02         | ND           | 0.04        |

หมายเหตุ : ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์)

ตารางภาคผนวกที่ 4-6 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอยะปราชการ ฝาง และแม่อาย ในเดือน กรกฎาคม 2553

| จุดเก็บ<br>ตัวอย่าง | EC<br>(mS/cm) | TDS<br>(mg/L) | SAR | Hardness<br>CaCO <sub>3</sub><br>(mg/L) | TA<br>CaCO <sub>3</sub><br>(meq/L) | pH  | OD<br>(mg/L) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/L) | P<br>(mg/L) | K<br>(mg/L) | Na<br>(mg/L) | Ca<br>(mg/L) | Mg<br>(mg/L) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/L) | Fe<br>(mg/L) | Cu<br>(mg/L) | Mn<br>(mg/L) | Zn<br>(mg/L) | B<br>(mg/L) |
|---------------------|---------------|---------------|-----|-----------------------------------------|------------------------------------|-----|--------------|----------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1                   | 0.06          | 37.76         | 2.3 | 13.03                                   | 0.74                               | 7.1 | 4.60         | 32.20                                  | 0.13        | 23.21       | 25.41        | 5.22         | 2.14         | 30.84                                   | 4.81         | ND           | 0.10         | ND           | 0.33        |
| 2                   | 0.12          | 79.94         | 1.6 | 24.39                                   | 1.02                               | 6.6 | 2.70         | 48.50                                  | 0.16        | 21.13       | 23.71        | 9.77         | 3.74         | 2.58                                    | 3.02         | ND           | 0.08         | ND           | 0.17        |
| 3                   | 0.35          | 224.0         | 0.7 | 156.02                                  | 3.27                               | 7.8 | 3.30         | 37.90                                  | 0.18        | 18.47       | 23.92        | 62.50        | 10.31        | 1.20                                    | 0.14         | ND           | 0.03         | ND           | ND          |
| 4                   | 0.31          | 197.7         | 0.7 | 138.79                                  | 2.40                               | 7.5 | 2.90         | 61.90                                  | 0.13        | 17.58       | 21.79        | 55.60        | 8.98         | 17.13                                   | 0.26         | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 5                   | 0.31          | 198.4         | 0.8 | 127.81                                  | 2.82                               | 7.6 | 2.10         | 32.50                                  | 0.18        | 20.84       | 24.13        | 51.20        | 8.49         | 4.86                                    | ND           | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 6/1                 | 0.23          | 147.8         | 0.8 | 101.17                                  | 1.95                               | 7.8 | 5.60         | 57.00                                  | 0.05        | 16.4        | 21.79        | 40.53        | 6.17         | 1.71                                    | ND           | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 6/2                 | 0.23          | 144.6         | 0.8 | 91.79                                   | 1.66                               | 7.4 | 5.10         | 46.10                                  | 0.05        | 13.44       | 20.30        | 36.77        | 6.22         | 3.30                                    | ND           | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 6/3                 | 0.20          | 129.6         | 0.9 | 68.27                                   | 1.20                               | 7.5 | 4.50         | 31.90                                  | 0.09        | 19.65       | 21.38        | 27.35        | 4.95         | 12.93                                   | 0.02         | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 7                   | 0.13          | 84.54         | 1.5 | 18.12                                   | 0.92                               | 7.2 | 5.10         | 26.10                                  | 0.07        | 15.51       | 22.86        | 7.26         | 5.50         | 10.83                                   | 1.10         | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 8                   | 0.14          | 91.65         | 1.0 | 57.31                                   | 1.41                               | 7.9 | 9.10         | 28.80                                  | 0.04        | 16.69       | 19.66        | 22.96        | 3.19         | ND                                      | ND           | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 9                   | 0.07          | 46.72         | 2.0 | 12.38                                   | 0.45                               | 6.6 | 3.60         | 15.80                                  | 0.17        | 26.17       | 23.28        | 4.96         | 3.24         | 2.58                                    | 2.42         | ND           | ND           | ND           | 0.02        |
| 10                  | 0.12          | 75.58         | 1.4 | 29.63                                   | 0.95                               | 7.0 | 2.70         | 20.90                                  | 0.19        | 22.32       | 23.92        | 11.87        | 5.28         | 7.68                                    | 3.86         | ND           | 0.03         | ND           | 0.06        |
| 11                  | 0.04          | 26.88         | 1.2 | 6.99                                    | 0.40                               | 6.6 | 5.50         | 11.60                                  | 0.09        | 14.92       | 20.51        | 2.80         | 11.36        | 0.33                                    | 0.26         | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 12                  | 0.07          | 41.98         | 0.8 | 15.60                                   | 0.51                               | 6.9 | 5.80         | 14.60                                  | 0.08        | 11.66       | 20.51        | 6.25         | 20.35        | 0.84                                    | 0.50         | ND           | ND           | ND           | ND          |
| 13                  | 0.28          | 181.1         | 0.6 | 135.65                                  | 3.09                               | 8.2 | 6.60         | 33.70                                  | 0.07        | 12.84       | 19.24        | 54.34        | 9.20         | 33.96                                   | ND           | ND           | ND           | ND           | ND          |

หมายเหตุ : ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์)

ตารางภาคผนวกที่ 4-7 คุณภาพของน้ำในพื้นที่ปลูกส้ม ในเขตอำเภอลำปลายสมันต์ จังหวัดบุรีรัมย์ และแม่ข่ายในเดือน สิงหาคม 2553

| จุดเก็บ<br>ตัวอย่าง | EC<br>(mS/cm) | TDS<br>(mg/L) | SAR | Hardness<br>CaCO <sub>3</sub><br>(mg/L) | TA<br>CaCO <sub>3</sub><br>(meq/L) | pH  | OD<br>(mg/L) | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/L) | P<br>(mg/L) | K<br>(mg/L) | Na<br>(mg/L) | Ca<br>(mg/L) | Mg<br>(mg/L) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/L) | Fe<br>(mg/L) | Cu<br>(mg/L) | Mn<br>(mg/L) | Zn<br>(mg/L) | B<br>(mg/L) |
|---------------------|---------------|---------------|-----|-----------------------------------------|------------------------------------|-----|--------------|----------------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 1                   | 0.07          | 43.78         | 0.1 | 21.49                                   | 0.67                               | 7.4 | 6.60         | 36.8                                   | 0.25        | 19.09       | 1.99         | 8.61         | 2.47         | 10.74                                   | 1.89         | ND           | ND           | 0.02         | 0.28        |
| 2                   | 0.15          | 97.73         | 0.0 | 65.00                                   | 1.46                               | 7.2 | 3.80         | 47.4                                   | 0.17        | 15.37       | 1.81         | 26.04        | 4.00         | 1.41                                    | 1.18         | ND           | ND           | 0.02         | 0.44        |
| 3                   | 0.19          | 124.3         | 0.0 | 107.46                                  | 1.85                               | 7.6 | 6.50         | 31.5                                   | 0.20        | 15.66       | 1.34         | 43.05        | 5.44         | 4.17                                    | 1.12         | ND           | ND           | 0.03         | <b>0.1</b>  |
| 4                   | 0.30          | 193.2         | 0.0 | 161.21                                  | 3.08                               | 7.9 | 6.60         | 44.0                                   | 0.08        | 9.37        | 1.04         | 64.58        | 9.45         | 8.85                                    | 0.28         | ND           | ND           | 0.03         | 0.22        |
| 5                   | 0.21          | 133.7         | 0.0 | 108.86                                  | 1.85                               | 7.4 | 5.80         | 44.1                                   | 0.17        | 12.80       | 1.81         | 43.61        | 5.19         | 3.15                                    | 0.92         | ND           | ND           | 0.06         | 0.56        |
| 6/1                 | 0.11          | 73.54         | 0.0 | 49.45                                   | 1.04                               | 7.7 | 6.90         | 34.6                                   | 0.04        | 9.66        | ND           | 19.81        | 3.31         | 0.21                                    | 0.09         | ND           | ND           | 0.04         | 0.37        |
| 6/2                 | 0.13          | 80.83         | 0.0 | 57.94                                   | 1.18                               | 7.5 | 6.50         | 39.5                                   | 0.06        | 14.80       | ND           | 23.21        | 3.56         | 10.38                                   | 0.03         | ND           | ND           | 0.04         | 0.29        |
| 6/3                 | 0.17          | 107.2         | 0.0 | 74.89                                   | 1.28                               | 7.7 | 6.00         | 56.6                                   | 0.05        | 14.23       | 0.85         | 30.00        | 4.40         | 7.80                                    | 0.41         | ND           | ND           | 0.03         | 0.25        |
| 7                   | 0.15          | 98.69         | 0.1 | 42.36                                   | 1.37                               | 7.5 | 6.60         | 28.1                                   | 0.10        | 15.09       | 2.16         | 16.97        | 8.71         | 7.62                                    | 1.63         | ND           | ND           | 0.02         | 0.17        |
| 8                   | 0.06          | 36.29         | 0.0 | 19.75                                   | 0.50                               | 7.0 | 6.30         | 24.5                                   | 0.04        | 9.37        | ND           | 7.91         | 1.33         | ND                                      | 0.00         | ND           | ND           | 0.02         | 0.37        |
| 9                   | 0.14          | 90.43         | 0.0 | 23.99                                   | 1.31                               | 7.2 | 5.60         | 22.0                                   | 0.17        | 31.66       | 0.14         | 9.61         | 5.04         | 2.64                                    | 3.49         | ND           | ND           | 0.02         | 0.35        |
| 10                  | 0.16          | 103.8         | 0.0 | 35.30                                   | 1.37                               | 7.6 | 6.40         | 18.7                                   | 0.32        | 17.37       | 0.16         | 14.14        | 6.43         | 20.40                                   | 1.82         | ND           | ND           | 0.03         | <b>0.1</b>  |
| 11                  | 0.04          | 25.79         | 0.1 | 9.34                                    | 0.42                               | 7.1 | 7.10         | 22.9                                   | 0.02        | 9.94        | 0.99         | 3.74         | 1.23         | ND                                      | 0.35         | ND           | ND           | 0.02         | 0.18        |
| 12                  | 0.05          | 31.68         | 0.1 | 12.58                                   | 0.45                               | 6.8 | 7.20         | 17.6                                   | 0.02        | 10.23       | 1.22         | 5.04         | 1.77         | ND                                      | 0.35         | ND           | ND           | 0.02         | 0.12        |
| 13                  | 0.16          | 100.8         | 0.0 | 73.49                                   | 1.65                               | 7.9 | 7.00         | 42.3                                   | 0.02        | 13.66       | ND           | 29.44        | 4.90         | 0.03                                    | 0.09         | ND           | ND           | 0.02         | 0.15        |

หมายเหตุ : ND = ปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า detection limit ของเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์)

ตารางภาคผนวกที่ 6-1 กำหนดการฝึกอบรมโปรแกรมสารสนเทศส์เพื่อการคืนข้อมูลให้ชุมชน

| วัน / เวลา                                              | รายการฝึกอบรม                                                                                                                                | สถานที่                     | เขตพื้นที่<br>ผู้เข้ารับการอบรม | วิทยากร                      |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 6 ต.ค.53 /<br>1300 - 1430<br>1430 - 1500<br>1500 - 1600 | - การใช้โปรแกรมสารสนเทศส์<br>(window-based)<br>----- พักรับประทานอาหารว่าง -----<br>- การใช้โปรแกรมสารสนเทศส์<br>ทางอินเทอร์เน็ต (web-based) | ห้องประชุม<br>อบต.ศรีดงเย็น | อำเภอไชยปราการ                  | ทีมงาน จาก<br>โครงการวิจัย ฯ |
| 7 ต.ค.53 /<br>1300 - 1430<br>1430 - 1500<br>1500 - 1600 | - การใช้โปรแกรมสารสนเทศส์<br>(window-based)<br>----- พักรับประทานอาหารว่าง -----<br>- การใช้โปรแกรมสารสนเทศส์<br>ทางอินเทอร์เน็ต (web-based) | ห้องประชุม<br>อบต.แม่สุ่น   | อำเภอฝาง                        | ทีมงาน จาก<br>โครงการวิจัย ฯ |
| 8 ต.ค.53 /<br>0900 - 1030<br>1030 - 1100<br>1100 - 1200 | - การใช้โปรแกรมสารสนเทศส์<br>(window-based)<br>----- พักรับประทานอาหารว่าง -----<br>- การใช้โปรแกรมสารสนเทศส์<br>ทางอินเทอร์เน็ต (web-based) | ห้องประชุม<br>อบต.แม่นาวาง  | อำเภอแม่สาย                     | ทีมงาน จาก<br>โครงการวิจัย ฯ |

ตารางภาคผนวกที่ 6-2 รายชื่อและหน่วยงานผู้เข้าฝึกอบรมโปรแกรมสารสนเทศส์เพื่อการคืนข้อมูลให้ชุมชน

| อำเภอ     | หน่วยงาน                | ลำดับ | ชื่อผู้เข้าฝึกอบรม          | ตำแหน่ง                            |
|-----------|-------------------------|-------|-----------------------------|------------------------------------|
| ไชยปราการ | อบต.หนองบัว             | 1     | นายอนงค์ บัวลาแก้ว          | รองนายกเทศมนตรี                    |
|           |                         | 2     | นายสมศักดิ์ ปิ่นแก้ว        | ประธานสภาเทศบาล                    |
|           |                         | 3     | นางอโณทัย เทียมวัง          | เจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์           |
|           | อบต.ศรีดงเย็น           | 4     | นายวิชัย อยู่ศิริ           | นายก อบต.ศรีดงเย็น                 |
|           |                         | 5     | นางสาวกรรณิการ์ ดันมูล      | ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล     |
|           | เทศบาลตำบลไชยปราการ     | 6     | นางสาวภาวินี หลิ่งห้า       | พนักงานทั่วไป                      |
|           |                         | 7     | นางสาวเบญจวรรณ โกสุมาร      | ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่พัฒนาชุมชน       |
|           | สนง.เกษตรอำเภอไชยปราการ | 8     | นางอำไพ อินท่า              | นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ |
| ฝาง       | อบต.แม่สุน              | 9     | นายสมชาติ ทาราช             | ส.อบต.แม่สุน                       |
|           |                         | 10    | นางธนากานต์ พรหมกำ          | เจ้าหน้าที่เกษตร อบต.แม่สุน        |
|           |                         | 11    | นายขรรยง ชัยวุฒิ            | ส.อบต.แม่สุน                       |
|           | อบต.เวียง               | 12    | นางพกามาศ ดันมูล            | กรรมการศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีฯ      |
|           |                         | 13    | นายวุฒิขจร หิรัณยวิรุฬห์    | หมอดิน                             |
|           | อบต.โป่งน้ำร้อน         | 14    | นายพนัสบดีนทร์ กันตวัชรสกุล | รองนายก อบต.โป่งน้ำร้อน            |
|           |                         | 15    | นายศักดิ์ สุภาธาดา          | ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่ธุรการ           |
|           | อบต.แม่งอน              | 16    | นางสาวกนกอร สุนทรสถิตาพร    | นักวิชาการเกษตร                    |
|           | อบต.แม่ข้า              | 17    | นางสาวสุภารัตน์ อินคำ       | ผู้ช่วยนักวิชาการเกษตร             |
|           |                         | 18    | นางสาวโสพิศ ปันพรม          | ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่ประชาสัมพันธ์    |
|           |                         | 19    | นางสาวสุกญา ขุมคำ           | ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่ธุรการ           |
|           | อบต.ม่อนปิ่น            | 20    | นายขวัญเมือง แสงคำ          | เลขานุการนายก อบต.ม่อนปิ่น         |
|           |                         | 21    | นายวสันต์ ศรีสนอง           | นิติกร                             |
| แม่เอย    | อบต.สันด้นหมื้อ         | 22    | นางสาวเบญจรัตน์ วัตรากร     | เจ้าหน้าที่ธุรการ                  |
|           | อบต.ท่าตอน              | 23    | นายศักดิ์ณรงค์ เลิศภูธร     | นักวิชาการเกษตร                    |
|           |                         | 24    | นายพัชระ มณีจักร            | ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ฯ       |
|           | อบต.บ้านหลวง            | 25    | นายสุรินทร์ วงศ์คำ          | ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่เกษตร            |
|           |                         | 26    | นายนิยม มิตรขุนทด           | ผู้ช่วยเจ้าหน้าที่เกษตร            |
|           | อบต.แม่เอย              | 27    | นายณรงค์เดช บัวหลวง         | เจ้าหน้าที่ธุรการ                  |
|           |                         | 28    | คุณพัชรี ธรรมะแสน           | พนักงานทั่วไป                      |
|           | อบต.แม่นาง              | 29    | นางสาวสุภัคชญา เนาวรัตน์    | เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ฯ              |
|           | สนง. เกษตรอำเภอแม่เอย   | 30    | นางศรีสุดา กันธวงค์         | นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ |

ตารางภาคผนวกที่ 7-1 รายชื่อฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่พัฒนาได้จากโครงการวิจัย ฯ

| ลำดับ | ชื่อฐานข้อมูล      | คำอธิบายฐานข้อมูล                                    | รูปแบบ | หมายเหตุ |
|-------|--------------------|------------------------------------------------------|--------|----------|
| 1     | SNP_Tambon         | ขอบเขตตำบล                                           | vector | บทที่ 2  |
| 2     | SNP_Amphoe         | ขอบเขตอำเภอ                                          | vector | บทที่ 2  |
| 3     | SNP_Province       | ขอบเขตจังหวัด                                        | vector | บทที่ 2  |
| 4     | SNP_Village        | ตำแหน่งที่ตั้งหมู่บ้าน                               | vector | บทที่ 2  |
| 5     | SNP_Streamline     | เส้นทางน้ำ                                           | vector | บทที่ 2  |
| 6     | SNP_Waterbody      | แหล่งน้ำ                                             | vector | บทที่ 2  |
| 7     | SNP_Transport      | เส้นทางคมนาคม                                        | vector | บทที่ 2  |
| 8     | SNP_RoadMain       | เส้นทางคมนาคมหลัก                                    | vector | บทที่ 2  |
| 9     | SNP_Soil           | กลุ่มชุดดิน                                          | vector | บทที่ 2  |
| 10    | SNP_Weather        | สภาพอากาศ                                            | vector | บทที่ 2  |
| 11    | SNP_SoilPoint      | ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดิน                            | vector | บทที่ 2  |
| 12    | SNP_Watershed      | ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง                              | vector | บทที่ 2  |
| 13    | SNP_SubWatershed   | ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย                             | vector | บทที่ 2  |
| 14    | SNP_MaesoonWS      | ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สูน                           | vector | บทที่ 2  |
| 15    | SNP_DEM            | ระดับความสูงเชิงเลข                                  | Raster | บทที่ 2  |
| 16    | SNP_Hillshed       | ภูมิประเทศแบบแสงเงา                                  | Raster | บทที่ 2  |
| 17    | SNP_Landuse45      | การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2544/45                       | vector | บทที่ 2  |
| 18    | SNP_Landuse51      | การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2551/52                       | vector | บทที่ 2  |
| 19    | SNP_LanduseChange  | การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2544/45-2551/52 | vector | บทที่ 2  |
| 20    | SNP_Tangerine45    | พื้นที่ปลูกส้มปี 2544/45                             | vector | บทที่ 2  |
| 21    | SNP_Tangerine51    | พื้นที่ปลูกส้มปี 2551/52                             | vector | บทที่ 2  |
| 22    | SNP_TangChange     | การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกส้มปี 2544/45-2551/52       | vector | บทที่ 2  |
| 23    | SNP_LandSuit       | พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกส้ม                          | vector | บทที่ 2  |
| 24    | SNP_TangerineSuit  | ความเหมาะสมของพื้นที่ปลูกส้มปัจจุบัน                 | vector | บทที่ 2  |
| 25    | SNP_Change         | การลดลงของพื้นที่ปลูกส้มกับลักษณะกายภาพของพื้นที่    | vector | บทที่ 2  |
| 26    | SNP_Waterquality   | คุณภาพน้ำ                                            | vector | บทที่ 4  |
| 27    | SNP_WeatherStation | สถานีตรวจวัดอากาศ                                    | vector | บทที่ 4  |
| 28    | SNP_RunoffStation  | สถานีวัดปริมาณน้ำท่า                                 | vector | บทที่ 4  |
| 29    | SNP_Wateryield     | ปริมาณน้ำภายในลุ่มน้ำย่อย                            | vector | บทที่ 5  |
| 30    | SNP_DroughtRisk    | พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง                                 | vector | บทที่ 5  |
| 31    | SNP_TangDrought    | ความเสี่ยงภัยแล้งของพื้นที่ส้ม                       | vector | บทที่ 5  |
| 32    | SNP_FloodRisk      | พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม                                 | vector | บทที่ 5  |
| 33    | SNP_TangFlood      | ความเสี่ยงน้ำท่วมของพื้นที่ส้ม                       | vector | บทที่ 5  |