# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

## 1. หลักในการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประเมินค่าที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามหลักการประเมินที่ดินของ FAO (1983) โดยอาศัยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยการบูรณาการคุณภาพที่ดินที่หลากหลายด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินได้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การประเมินความเหมาะสมทางด้านกายภาพ การประเมินความเหมาะสมด้านการจัดการ และการประเมินความเหมาะสมด้านการอนุรักษ์ จากนั้นทำการประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ในภาพรวม ตรวจสอบในภาคสนาม และนำแบบจำลองที่ให้ผลถูกต้องที่สุดมาวิเคราะห์เชิงเศรษฐกิจ และทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ปลูกจากภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อหาพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สอดคล้องกับความเหมาะสมของที่ดิน

## 2. พื้นที่ศึกษา

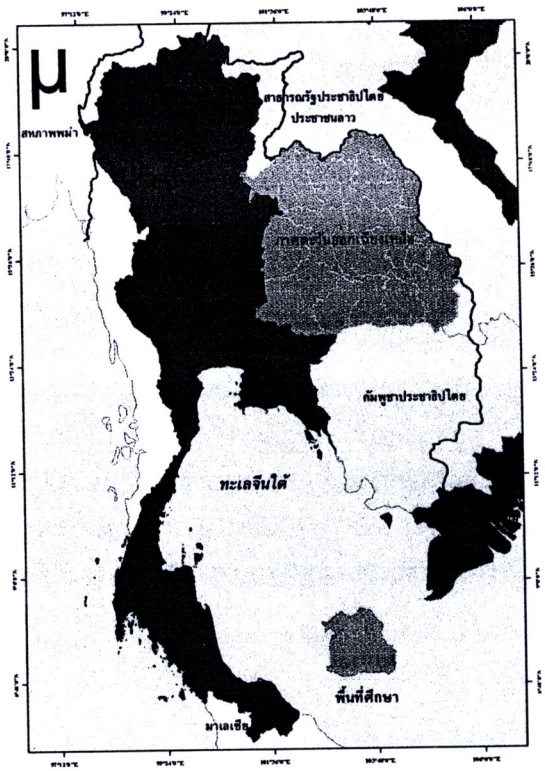
### 2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเนื้อที่ทั้งหมด 168,825.34 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14° 14′-18° 27′ และระหว่างเส้นแวงที่ 101° 15′-105° 35′ ซึ่งแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 19 จังหวัด โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น เลย มุกดาหาร นครพนม หนองบัวลำภู หนองคาย ร้อยเอ็ด สกลนคร อุดรธานี และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดอำนาจเจริญ บุรีรัมย์ ชัยภูมิ นครราชสีมา ศรีสะเกษ สุรินทร์ อุบลราชธานี และยโสธร โดยมีอาณาเขตติดต่อกับต่างประเทศ ดังภาพที่ 3 อธิบายได้ดังต่อไปนี้

| | | |
|---|---|---|
| ทิศเหนือ | ติดต่อกับ | ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว |
| ทิศใต้ | ติดต่อกับ | ประเทศกัมพูชาประชาธิปไตย |
| ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | ติดต่อกับ | ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว |

### 2.2 สภาพภูมิประเทศ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีสภาพพื้นที่ที่มีแนวเขาล้อมรอบ โดยทิศตะวันตกมีเทือกเขาเพชรบูรณ์และดงพญาเย็นกั้นระหว่างภาคเหนือและภาคกลาง ทิศใต้มีเทือกเขาพนมดงรักกั้นแบ่งเขตกับภาคตะวันออกและประเทศกัมพูชา และมีเทือกเขาภูพานทอดเป็นแนวขวางของภาคทำให้สามารถแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน คือ แอ่งที่ราบโคราช (Korat basin) และแอ่งสกลนคร (Sakon nakorn basin) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีช่วงระดับความสูงของพื้นที่มีความสูงอยู่ในช่วง 120-200 เมตร จากระดับน้ำทะเล ซึ่งมีพื้นที่ 76.90 เปอร์เซ็นต์ของทั้งภาค (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2549) ซึ่งจะปรากฏอยู่ทั่วภูมิภาค ส่วนระดับความสูงที่มากกว่า 750 เมตร จากระดับน้ำทะเล คือจังหวัดเลย ซึ่งมีความสูงเท่ากับ 1,784 เมตร จากระดับน้ำทะเล




**ภาพที่ 6** พื้นที่ศึกษา (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)

**2.3 สภาพภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝน**

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้รับลมมรสุม 2 ชนิดคือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีสภาพอากาศชื้นและมีเมฆฝนในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 26.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 32.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 22.26 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นมีค่าเท่ากับ 73.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 89.4 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนกันยายน และเฉลี่ยต่ำสุด 53.2 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนมีนาคม ซึ่งมีค่าความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่าภูมิภาคอื่น เนื่องจากไม่มีขอบเขตติดกับทะเล

ปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความผันแปรตั้งแต่ 700 - 3,000 มิลลิเมตร/ปี โดยสามารถแบ่งเขตน้ำฝนตามปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยต่อปีได้ 3 เขต ได้แก่

(1) เขตที่มีฝนน้อย ปริมาณน้ำฝน 700-1,200 มิลลิเมตร/ปี

(2) เขตที่มีฝนปานกลาง ปริมาณน้ำฝน 1,200-1,400 มิลลิเมตร/ปี

(3) เขตที่มีฝนมาก ปริมาณน้ำฝน มากกว่า 1,400 มิลลิเมตร/ปี

โดยภาพรวมแล้วปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ตกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าเท่ากับ 1,446.70 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยเท่ากบ 177 วัน (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2549) ซึ่งกลุ่มจังหวัดที่มีการกระจายตัวของปริมาณฝนในพื้นที่ค่อนข้างสูง ได้แก่ จังหวัดเลย อุดรธานี หนองคาย นครพนม สกลนคร กาฬสินธุ์ ยโสธร ร้อยเอ็ด อุบลราชธานี และ ศรีสะเกษ

**2.4 ทรัพยากรดินและภูมิสัณฐาน**

ทรัพยากรดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งเกิดจากตะกอนเก่าที่แม่น้ำลำธารนำมาทับถมกันไว้เป็นเวลานาน มีการระบายน้ำดีแต่ในขณะเดียวกันก็อุ้มน้ำไม่ดี ดั้งนั้นดินจึงขาดความอุดมสมบูรณ์ อีกทั้งพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังเป็นดินเค็มประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งภาค เนื่องจากพื้นที่มีหน่วยหินมหาสารคามซึ่งมีองค์ประกอบของเกลือหินรองรับ ทำให้เกิดการสะสมตัวของเกลือใต้ผิวดิน ซึ่งจะเกิดในแอ่งสกลนคร และแอ่งโคราชที่มีหน่วยหินมหาสารคามรองรับ

ลักษณะภูมิสัณฐานที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อดิน ซึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สามารถจำแนกออกเป็น 5 ลักษณะ ดังภาพที่ 7 อธิบายได้ดังต่อไปนี้

(1) ดินที่เกิดบริเวณสันดินริมน้ำ (Levee) และที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood plain) ซึ่งเป็นดินเหนียวถึงเหนียวจัด พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งมีเนื้อที่เท่ากับ 4.94 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งภาค

(2) ดินที่เกิดบริเวณที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำ (Low terrace) ปรากฏอยู่ติดกับที่ราบน้ำท่วมถึง ลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีความสามารถในการกักเก็บน้ำได้ดี จึงเหมาะสำหรับปลูกข้าว ซึ่งมีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 33.84 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งภาค ซึ่งพบได้มากในจังหวัดบุรีรัมย์

(3) ดินที่เกิดบริเวณที่ราบขั้นบันได ระดับกลาง (Middle terrace) เป็นพื้นที่ที่นิยมปลูกพืชไร่ ซึ่งมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด ลักษณะดินเป็นเนื้อค่อนข้างหยาบ การระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และสามารถแบ่งเนื้อดินออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มดินร่วนปนทราย ดินทรายจัด และดินที่เป็นกรวดและศิลาแลง ซึ่งมีเนื้อที่เท่ากับ 26.47 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งภาค

(4) ดินที่เกิดบริเวณที่ราบขั้นบันได ระดับสูง (High terrace) เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พบกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งมีเนื้อที่เท่ากับ 3.16 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งภาค

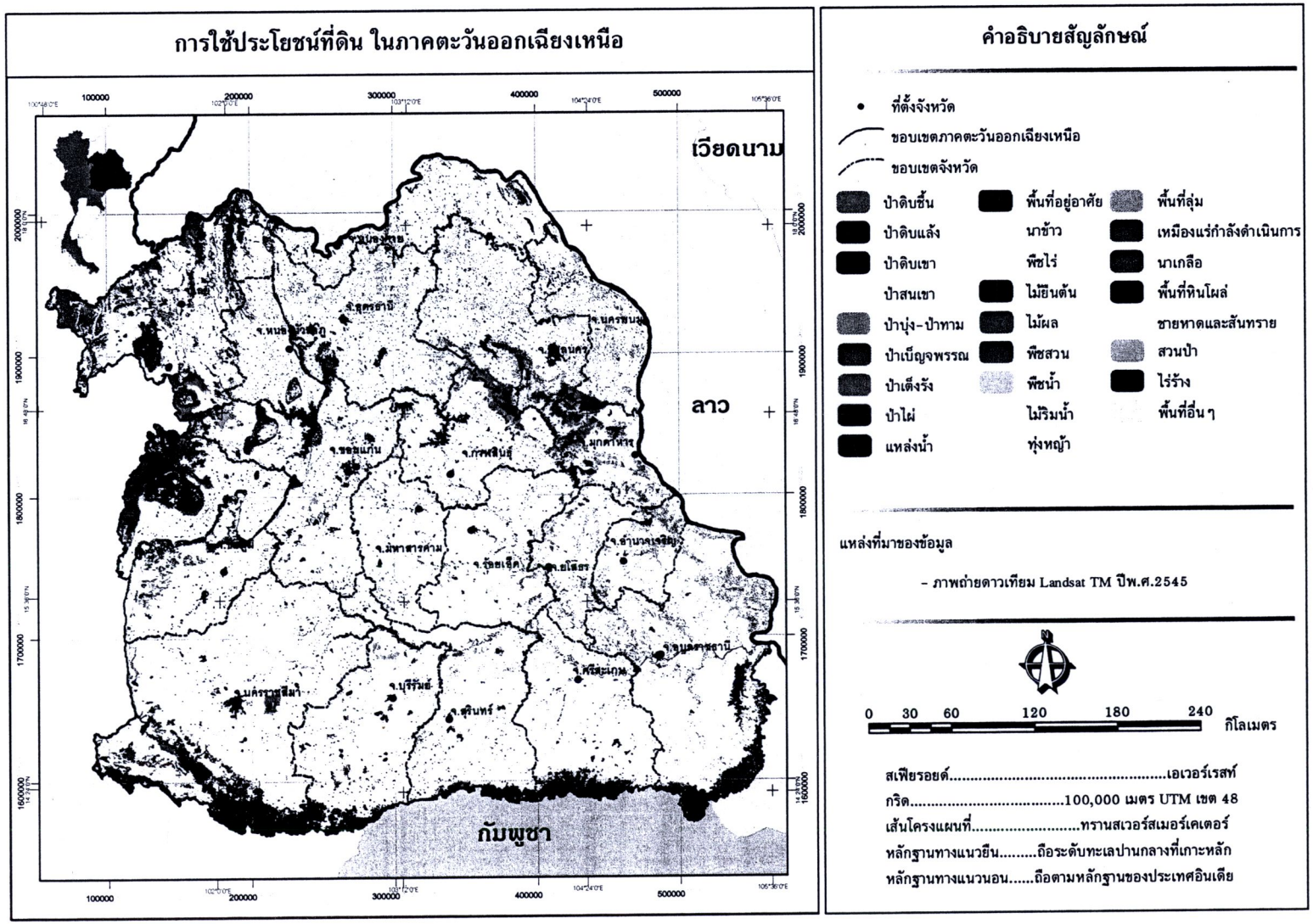
(5) พื้นที่เหลือค้างจากกษัยการ (Dissected erosion surface) และพื้นที่ภูเขา (Mountain/Hill) ซึ่งลักษณะดินส่วนใหญ่จะเป็น Slope complex และหินโผล่ ไม่เหมาะสำหรับการทำการเกษตร

**ภาพที่ 7** ลักษณะภูมิสัณฐานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ดัดแปลงจาก Mongkolsawat et al, 1988)

**2.5 การใช้ประโยชน์ที่ดิน**

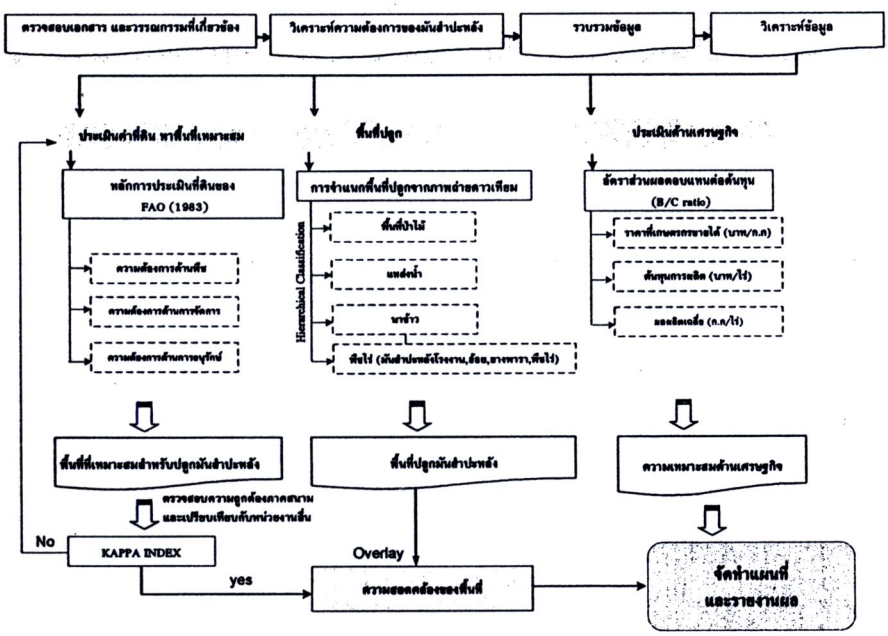
พื้นที่ส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร ส่วนมากของพื้นที่ทั้งภูมิภาคเป็นพื้นที่นาข้าว ซึ่งเกษตรกรจะปลูกข้าวในพื้นที่ที่ลุ่มราบเรียบ จากการตีความภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท ในปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2545 แสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือดังภาพที่ 8 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่นาข้าวร้อยละ 55.12 ของพื้นที่ รองลงมาเป็นพืชไร่ปลูกบนที่ดอน ถึงพื้นที่ภูเขามีพื้นที่ร้อยละ 22.03 ของพื้นที่ทั้งภาค (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2549) พืชไร่ที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด และยางพารา เป็นต้น

ภาพที่ 8 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



## 3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาวิจัยแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก 7 ขั้นตอน ได้แก่ การประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับมันสำปะหลัง การประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังในภาพรวม การประเมินพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างพื้นที่ปลูกกับผลการประเมินที่ดิน การวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจ การตรวจสอบความถูกต้อง และการจัดทำแผนที่ แสดงขั้นตอนการวิจัย ดังภาพที่ 9




**ภาพที่ 9** ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

### 3.1 การประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับมันสำปะหลัง

ขั้นตอนในการประเมินความเหมาะสมของที่ดินมีขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอน ได้แก่ การตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การคัดเลือกคุณภาพที่ดินเพื่อวิเคราะห์ความต้องการการใช้ที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง การรวบรวมข้อมูล การนำเข้าข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การประเมินความเหมาะสมของที่ดินในแต่ละชั้นคุณภาพที่ดิน และการประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังในภาพรวม อธิบายได้ดังต่อไปนี้

#### 3.1.1 การตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินที่ดินเพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลัง ที่หน่วยงานอื่นได้วิจัย หรือจากงานวิจัยของผู้เชี่ยวชาญ โดยศึกษาหลักการในการวิจัย วิธีการวิจัย ซึ่งมีทั้งในรูปแบบของหนังสือ วารสาร เอกสาร บทความ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

**3.1.2 การคัดเลือกคุณภาพที่ดินเพื่อวิเคราะห์ความต้องการการใช้ที่ดินสำหรับมันสำปะหลัง**

พืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ต้องอาศัยปัจจัยที่เหมาะสมกับความต้องการใช้ที่ดินของพืชนั้น ๆ เช่น ปริมาณธาตุอาหารในดิน สภาพภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ ความชื้นดิน ความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ FAO ได้รวบรวมไว้ในรูปแบบของคุณภาพที่ดิน เพื่อการประเมินความเหมาะสมของที่ดินตามความต้องการการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ สำหรับการประเมินพื้นที่เหมาะสมปลูกมันสำปะหลังด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้ใช้หลักการ FAO (1983) ที่ได้เสนอคุณภาพที่ดินจำนวน 25 คุณภาพที่ดิน โดยได้เสนอแนะว่าการประเมินความเหมาะสมของที่ดินควรเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต และเป็นปัจจัยที่สามารถตรวจวัดหรือมีข้อมูลที่สามารถรวบรวมในพื้นที่ศึกษาได้ และข้อมูลที่ได้รวบรวมนั้นต้องมีค่าวิกฤตที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกคุณภาพที่ดินสำหรับประเมินพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลัง โดยได้คัดเลือกคุณภาพที่ดินจำนวน 15 คุณภาพที่ดิน จากปัจจัยวินิจฉัย (Diagnostic factor) ทั้งหมด 24 ปัจจัย ดังตารางที่ 5 โดยในการคัดเลือกคุณภาพที่ดินได้ยึดหลักการการคัดเลือกคุณภาพที่ดินของ FAO (1983)

**ตารางที่ 5 คุณภาพที่ดินที่คัดเลือกและปัจจัยวินิจฉัยที่นำมาวิเคราะห์ความเหมาะสมของที่ดิน**

| ลำดับที่ | ชั้นคุณภาพที่ดิน | สัญลักษณ์ | ปัจจัยวินิจฉัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ |
|---|---|---|---|
| 1. | ชั้นข้อมูลความเข้มของแสงอาทิตย์ (Radiation regime) | u | ปริมาณแสงแดดต่อวัน (Sunshine hours) |
| 2. | ชั้นข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature regime) | t | อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีในช่วงการเพาะปลูก (Mean temp in growing period) |
| 3. | น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Water availability) | w | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (Annual rainfall) |
| 4. | ชั้นข้อมูลความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (Oxygen availability) | o | สภาพการระบายน้ำของดิน (Soil drainage) |
| 5. | ชั้นข้อมูลดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (Nutrient availability index) | nai | ไนโตรเจนในดิน (N total)<br>ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (P)<br>โพแทสเซียมในดิน (K)<br>ปฏิกิริยาในดิน (pH) |
| 6. | ชั้นข้อมูลความจุในการดูดยึดธาตุอาหาร (Nutrient retention) | s | ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (C.E.C.)<br>ความอิ่มตัวด้วยด่างในดิน (B.S.) |
| 7. | ชั้นข้อมูลการรักษาน้ำของเนื้อดิน (Water retention) | i | เนื้อดิน (Soil texture) |
| 8. | ชั้นข้อมูลสภาวะการหยั่งลึกของราก (Rooting conditions) | r | ความลึกของดิน (Soil depth) |
| 9. | ชั้นข้อมูลความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood hazard) | f | จำนวนครั้งที่น้ำท่วมในช่วงรอบปี (Frequency) |
| 10. | ชั้นข้อมูลการมีเกลือมากเกินไป (Excess of salts) | d | ผลกระทบจากเกลือ (Salt hazard) |
| 11. | ชั้นข้อมูลสภาพพื้นที่ (Topography) | g | ความลาดชันของพื้นที่ (Slope)<br>ภูมิสัณฐาน (Landforms) |
| 12. | ชั้นข้อมูลสภาวะการเขตกรรม (Soil workability) | k | การเกาะตัวของดิน (Soil consistence)<br>โครงสร้างดิน (Soil structure)<br>เนื้อดิน (Soil texture) |
| 13. | ข้อมูลศักยภาพการใช้เครื่องจักร (Potential for mechanization) | m | ความลาดชันของพื้นที่ (Slope)<br>ปริมาณก้อนหินบนชั้นดินบน (Coarse fragments)<br>ปริมาณดินเหนียวบนชั้นดินบน (Clay content)<br>พื้นที่หินโผล่ (Rockout crop) |
| 14. | ชั้นข้อมูลการเข้าถึงพื้นที่ (Access within the production unit) | a | ระยะห่างระหว่างจากถนนสายหลักและแหล่งเพาะปลูก<br>ระยะห่างระหว่างโรงงานแหล่งรับซื้อและแหล่งเพาะปลูก |
| 15. | ชั้นข้อมูลความเสียหายจากการกัดกร่อน (Erosion hazard) | e | ปริมาณการสูญเสียดิน (Soil loss) |

### 3.1.3 การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ในครั้งนี้ได้รวบรวบตามปัจจัยวินิจฉัยและคุณภาพที่ดินที่ได้คัดเลือก ซึ่งข้อมูลปัจจัยวินิจฉัยที่ได้รวบรวมมีทั้งข้อมูลที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ ดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดของข้อมูลที่ได้รวบรวม และนำไปบูรณาการเพื่อสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่คุณภาพที่ดินเพื่อประเมินความเหมาะสมของที่ดินในการปลูกมันสำปะหลังต่อไป

**ตารางที่ 6** รายการข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย

| ข้อมูลเชิงพื้นที่ | ชื่อชั้นข้อมูล | มาตราส่วน | ที่มาของข้อมูล | ปีที่จัดเก็บข้อมูล |
|---|---|---|---|---|
| ข้อมูลกลุ่มชุดดิน | Soil_gr | 1:50,000 | กรมพัฒนาที่ดิน | พ.ศ. 2548 |
| แผนที่ภูมิประเทศ | | 1:50,000 | กรมแผนที่ทหาร | พ.ศ. 2512-2538 |
| ตำแหน่งสถานีน้ำฝน | Stn_rain | - | กรมอุตุนิยมวิทยา | พ.ศ. 2545 |
| ข้อมูลศักยภาพความเค็ม | Saltpoten_ne | 1:50,000 | ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | พ.ศ. 2549 |
| ข้อมูลภูมิสัณฐาน | Landform | 1:50,000 | ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | พ.ศ.2546 |
| ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน | Landuse | 1:50,000 | กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม | พ.ศ. 2550 |
| ข้อมูลกษัยการดิน | Erosion | 1:50,000 | ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | พ.ศ.2549 |
| ข้อมูลเส้นทางคมนาคม | Trans | 1:50,000 | กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม | พ.ศ. 2550 |
| ข้อมูลตำแหน่งโรงงานลานมัน ที่รับซื้อมันสำปะหลัง | Factory | 1:50,000 | กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม | พ.ศ. 2550 |
| ข้อมูลขอบเขตการปกครองระดับจังหวัด อำเภอ และตำบล | Polbndry | 1:50,000 | ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | พ.ศ. 2548 |

**ตารางที่ 7** รายการข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ที่ใช้ในการวิจัย

| ข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ | ที่มาของข้อมูล | รายละเอียดข้อมูล | ปีที่จัดเก็บข้อมูล |
|---|---|---|---|
| ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี | กรมอุตุนิยมวิทยา | ข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยสะสมรายปีทั้งหมด 27 ปี 308 สถานี | พ.ศ. 2518-2545 |
| ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย | กรมอุตุนิยมวิทยา | ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในคาบ 30 ปี จำนวน19 สถานี | พ.ศ. 2521-2550 |
| ข้อมูลความยาวนานของแสงแดดเฉลี่ย | กรมอุตุนิยมวิทยา | ความยาวนานของแสงแดดเฉลี่ยรายเดือนในคาบ 10 ปี จำนวน 19 สถานี | พ.ศ. 2541-2550 |
| ข้อมูลคุณสมบัติของดินในแต่ละชุดดิน | กรมพัฒนาที่ดิน | ข้อมูลคุณสมบัติของดิน ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหาร N, P, K ในดิน C.E.C., B.S. ในดิน ความเป็นกรดเป็นด่างในดิน เนื้อดิน โครงสร้างดิน การเกาะตัวของดิน ความลึกดิน การระบายน้ำในดิน ความชื้นในดิน ปริมาณกรวดบนชั้นดินบน ปริมาณดินเหนียวในดิน จำนวนครั้งที่น้ำท่วมในช่วงรอบปี | พ.ศ. 2548 |
| ข้อมูลสถิติการผลิตมันสำปะหลัง | สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร | ผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อไร่<br>ข้อมูลราคามันสำปะหลังที่ที่เกษตรกรขายได้<br>ข้อมูลต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง | พ.ศ. 2541-2552 |

### 3.1.4 การนำเข้าข้อมูลและออกแบบฐานข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ในการนำเข้าข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นการนำเข้าข้อมูลทั้งในข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ความพร้อม ตลอดจนความต่อเนื่องของข้อมูลในพื้นที่ศึกษาเพื่อสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ก่อนนำไปประเมินที่ค่าดิน

ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่จะจัดเก็บไว้เป็นชั้นข้อมูลในแต่ละปัจจัยวินิจฉัย ซึ่งมีทั้งหมด 24 ชั้นข้อมูลในรูปแบบของ Coverage เป็นระบบ UTM เขต 48 ในชั้นข้อมูลปัจจัยวินิจฉัยทั้งหมดจะมีข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ที่เก็บไว้ในรูปของ Database (*.dbf) การนำเข้าข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ในแต่ละปัจจัยโดยผ่านทางโปรแกรม Excel และโปรแกรม ArcView 3.1 เพื่อเก็บรายละเอียด และคำอธิบายของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยแต่ละชั้นข้อมูลมีรายละเอียดการนำเข้าและออกแบบข้อมูลดัง ตารางที่ 8

**ตารางที่ 8** การจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ปัจจัยวินิจฉัยทั้งหมด 24 ชั้นข้อมูล

| ลำดับที่ | ชื่อชั้นข้อมูล | คำอธิบายชั้นข้อมูล | ลักษณะข้อมูลที่จัดเก็บ |
|---|---|---|---|
| 1. | Sunshine | ปริมาณแสงแดดเฉลี่ยต่อวัน | point |
| 2. | Temperature | อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีในช่วงการเพาะปลูก | point |
| 3. | Rainfall | น้ำฝนเฉลี่ย | point |
| 4. | Soil_drn | สภาพการระบายน้ำของดิน | polygon |
| 5. | Soil_N | ไนโตรเจนในดิน | polygon |
| 6. | Soil_P | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน | polygon |
| 7. | Soil_K | โพแทสเซียมในดิน | polygon |
| 8. | Soil_ph | ปฏิกิริยาในดิน | polygon |
| 9. | Soil_cec | ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน | polygon |
| 10. | Soil_bs | ความอิ่มตัวด้วยด่างในดิน | polygon |
| 11. | Soil_txt | เนื้อดิน | polygon |
| 12. | Soil_dept | ความลึกของดิน | polygon |
| 13. | Soil_flood | จำนวนครั้งที่น้ำท่วมในช่วงรอบปี | polygon |
| 14. | Salt_hazard | ผลกระทบจากเกลือ | polygon |
| 15. | Slope | ความลาดชันของพื้นที่ | polygon |
| 16. | Landform | ภูมิสัณฐาน | polygon |
| 17. | Soil_consct | การเกาะตัวของดิน | polygon |
| 18 | Soil_str | โครงสร้างดิน | polygon |
| 19. | Soil_cf | ปริมาณก้อนหินบนชั้นดินบน | polygon |
| 20. | Soil_cc | ปริมาณดินเหนียวบนชั้นดินบน | polygon |
| 21. | Soil_rl | พื้นที่หินโผล่ | polygon |
| 22. | Trans_buf | กันชนระยะห่างจากถนนสายหลักและที่ตั้งฟาร์ม | polygon |
| 23. | Fac_buf | กันชนระยะห่างจากแหล่งรับซื้อและที่ตั้งฟาร์ม | polygon |
| 24. | Soil_loss | ปริมาณการสูญเสียดิน | polygon |

**3.1.5 การประเมินความเหมาะสมในแต่ละชั้นคุณภาพที่ดิน**

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินความเหมาะสมของแต่ละคุณภาพที่ดิน ที่ได้คัดเลือกไว้ 15 คุณภาพที่ดิน หลังจากการวิเคราะห์ความต้องการการใช้ที่ดินของมันสำปะหลัง และรวบรวมข้อมูลเพื่อออกแบบโครงสร้างชั้นข้อมูล จัดเก็บ จัดการ และวิเคราะห์ข้อมูลชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่จากปัจจัยวินิจฉัยทั้งหมด 24 ปัจจัย ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมในแต่ละคุณภาพที่ดินนั้นได้บูรณาการคุณภาพที่ดินจากการวิเคราะห์ความต้องการใช้ที่ดินโดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ความต้องการด้านพืช (Crop requirements) จากคุณภาพที่ดิน 11 ชั้นข้อมูล ความต้องการด้านการจัดการ (Management requirements) จากคุณภาพที่ดิน 3 ชั้นข้อมูล และความต้องการด้านการอนุรักษ์ (Conservation requirements) จากคุณภาพที่ดิน 1 ชั้นข้อมูล ในการให้ค่าคะแนนปัจจัย (Factor rating) ในแต่ละคุณภาพที่ดินนั้นได้ตรวจสอบเอกสาร และรวบรวม เอกสารงานวิจัย และการปรึกษานักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อกำหนดช่วงค่าคะแนนความเหมาะสม ดังตารางที่ 9 โดยมีขั้นตอนการบูรณาการคุณภาพที่ดินเชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อให้ได้ความเหมาะสมในแต่ละชั้นคุณภาพที่ดินดังภาพที่ 10 และสามารถอธิบายการสร้างชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดินได้ดังต่อไปนี้

**3.1.5.1 การบูรณาการคุณภาพที่ดินด้านความต้องการพืช (Crop requirements)**

(1) ชั้นข้อมูลความเข้มของแสงอาทิตย์ (Radiation regime)

ปริมาณแสงแดดมีผลต่อความหนาแน่นของรากและการสร้างหัวของมันสำปะหลัง คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน (Diagnostic characteristic) ของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ได้แก่ ปริมาณแสงแดด (Sunshine hours) และความยาวของช่วงแสง (Day length) มันสำปะหลังเป็นพืชที่ชอบแสงแดด ปริมาณแสงแดดที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 10-12 ชั่วโมง/วัน

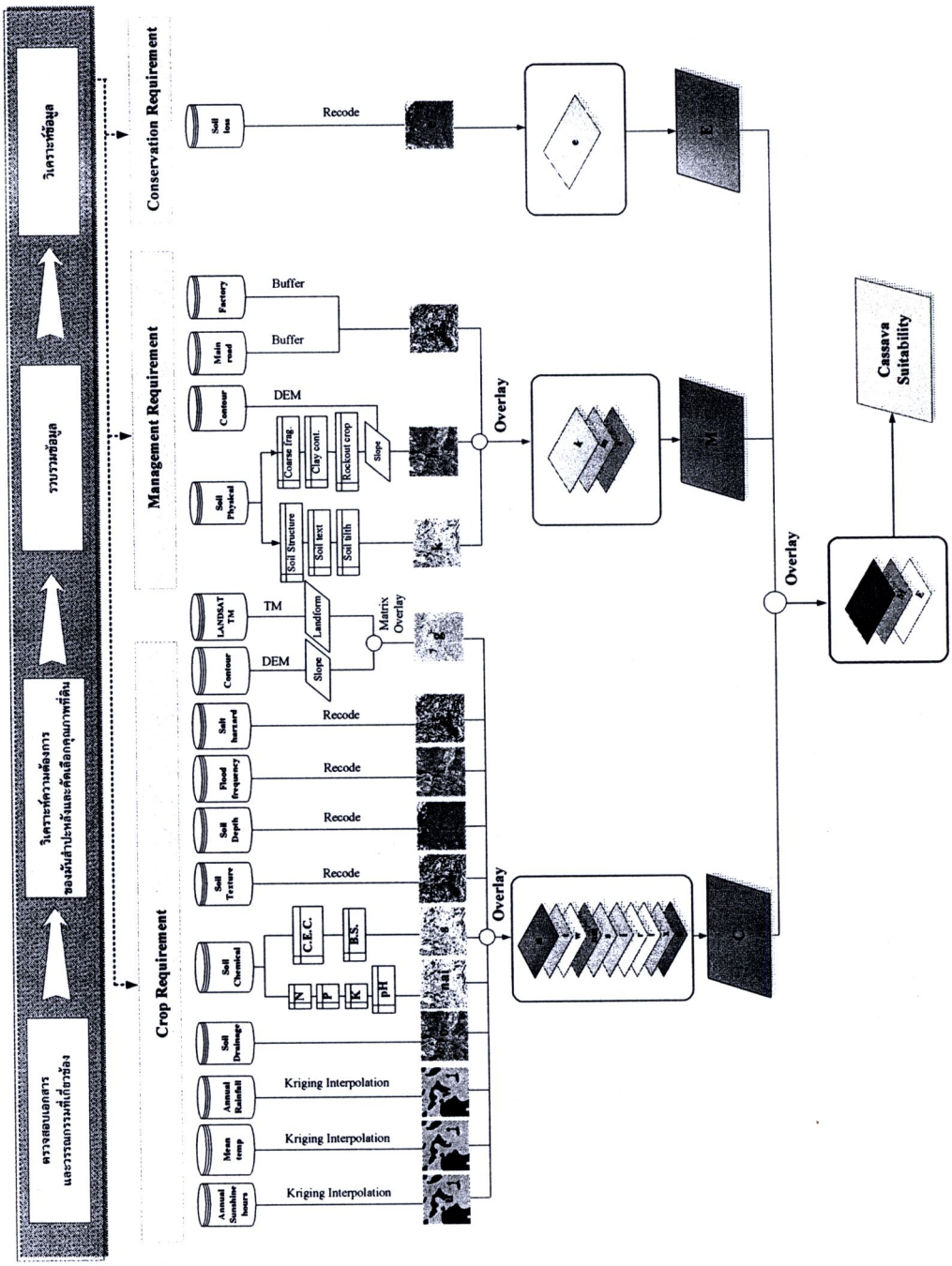
การสร้างชั้นข้อมูลของคุณภาพที่ดินจากการรวบรวมข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นข้อมูลความยาวนานของแสงแดดต่อวัน ซึ่งเป็นข้อมูลรายเดือนในรอบ 10 ปี คือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 โดยใช้ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ศึกษาจำนวน 19 สถานี โดยนำมาสร้างเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการประมาณค่า (Interpolation) ด้วยวิธี Kriging กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล U ซึ่งจะให้ค่าคะแนน และ กำหนดระดับความเหมาะสมมาก (S1), เหมาะสมปานกลาง (S2), เหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสม (N) ดังตารางที่ 9

(2) ชั้นข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature regime)

คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีในช่วงการเพาะปลูก (Mean temp in growing period) เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2521-2550) จากกรมอุตุนิยมวิทยา ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาจำนวน 19 สถานี นำมาสร้างเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Kriging กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล T และจำแนกความเหมาะสม ดังตารางที่ 9

(3) ชั้นข้อมูลน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Water availability)

คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทน ของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (Annual rainfall) ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในครั้งนี้ เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยกรมอุตุนิยมวิทยา 27 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2545 ครอบคลุมพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 308 สถานีจะนำมาสร้างเป็นชั้นข้อมูลน้ำฝนเชิงพื้นที่ โดยวิธีการประมาณค่าด้วยวิธี Kriging กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล W ซึ่งจำแนกความเหมาะสม ดังตารางที่ 9




**ภาพที่ 10** ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความเหมาะสมเชิงพื้นที่ ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

## ตารางที่ 9 ความต้องการการใช้ที่ดินและการให้ค่าคะแนนในแต่ละปัจจัยวินิจฉัยสำหรับมันสำปะหลัง

| ความต้องการการใช้ที่ดินสำหรับมันสำปะหลัง | | | ค่าคะแนนปัจจัย | | | | ที่มา |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.ความต้องการด้านพืช (C) | | | S1 | S2 | S3 | N | |
| คุณภาพที่ดิน | ปัจจัยวินิจฉัย | หน่วย | 1.0 | 0.8 | 0.4 | 0.1 | |
| 1.ความเข้มของแสงอาทิตย์ (U) | ปริมาณแสงแดดต่อวัน | ชม./วัน | 10-12 | 6-9 | 3-6 | >12,<3 | FAO (1983) |
| 2.อุณหภูมิ (T) | อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีในช่วงการเพาะปลูก | ℃ | 25-29 | 30-32,24-14 | 33-35,13-10 | >35,<10 | FAO (1983) |
| 3.น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (W) | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี | มม. | 1,100-1,500 | 900-1,100<br>1,500-2,500 | 500-900<br>2,500-4,000 | <500<br>>4,000 | FAO (1983) |
| 4.ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (O) | สภาพการระบายน้ำของดิน | class | ดี,ดีมาก | ดีปานกลาง | ค่อนข้างดี,ค่อนข้างเลว | เลว,เลวมาก | Sys et al (1993) |
| 5.ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (NAI) | NAI = N * P * K * pH | - | >0.6400 | 0.1024-0.6399 | 0.0016-0.1023 | < 0.0016 | Radcliffe and Rochette(1982) |
| | ไนโตรเจนในดิน (N) | % | >0.2 | 0.1-0.2 | <0.1 | - | |
| | ฟอสฟอรัสมนดิน (P) | ppm | >25 | 6-25 | <6 | - | |
| | โพแทสเซียมในดิน (K) | ppm | >60 | 30-60 | <30 | - | |
| | ความเป็นกรดเป็นด่างในดิน (pH) | - | 6.1-7.3 | 7.4-7.8,5.1-6.0 | 7.9-8.4,4.0-5.0 | >8.4, <4 | |
| 6.ความจุในการดูดยึดธาตุอาหาร (NR) | NR = CEC * BS | | >0.80 | 0.32 - 0.79 | 0.04 - 0.31 | < 0.04 | FAO (1983) |
| | ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC) | meq/100g | >10 | <10 | - | - | |
| | ความอิ่มตัวด้วยด่างในดิน (BS) | % | >35 | <35 | - | - | |
| 7.การรักษาน้ำของเนื้อดิน (I) | เนื้อดิน | - | L, SiL, Si, SL | LS | SiC, CL, SCL, SiCL | C,G,SC,AC,S, SS,F | FAO (1983) |
| 8.สภาวะการหยั่งลึกของราก (R) | ความลึกของดิน | ชม. | >100 | 50-100 | 25-50 | <25 | FAO (1983) |
| 9.ความเสียหายจากน้ำท่วม (F) | จำนวนครั้งที่น้ำท่วมในช่วงรอบปี | ปี/ครั้ง | 10/1 | 6-9/1 | 3-5/1 | 1-2/1 | FAO (1983) |
| 10.การมีเกลือมากเกินไป (D) | ผลกระทบจากเกลือ | class | Non-saline | Low | Medium | High | FAO (1983) |
| 11.สภาพพื้นที่ (G) | ภูมิสัณฐาน<br>ความลาดชันของพื้นที่ | class<br>% | ความสัมพันธ์ระหว่างภูมิสัณฐานและความลาดชันของพื้นที่ (ตารางที่ 11) | | | | FAO (1983) |
| 2.ความต้องการด้านการจัดการ (M) | | | - | ค่าคะแนนปัจจัย | | | |
| คุณภาพที่ดิน | ปัจจัยวินิจฉัย | หน่วย | 1.0 | 0.8 | 0.4 | 0.1 | |
| 12.สภาวะการเขตกรรม (SW) | ความยากง่ายของสภาวะการเขตกรรม | class | ง่าย | ปานกลาง | ยาก | ยากมาก | FAO (1983) |
| | การเกาะตัวของดิน<br>โครงสร้างดิน<br>เนื้อดิน | - | ความสัมพันธ์ระหว่างการเกาะตัวของดิน โครงสร้างดิน และเนื้อดิน (ตารางที่ 12) | | | | |
| 13.ศักยภาพการใช้เครื่องจักร (PM) | PM = sl * cf * c * rc | - | >0.6400 | 0.1024-0.6399 | 0.0016-0.1023 | < 0.0016 | FAO (1983) |
| | ความลาดชันของพื้นที่ (sl) | % | 0-12 | 12-20 | 20-35 | >35 | |
| | ปริมาณก้อนหินบนชั้นดินบน (cf) | % | 0-3 | 3-15 | 15-35 | >35 | |
| | ปริมาณดินเหนียวบนชั้นดินบน (c) | % | 0-15 | 15-25 | 25-40 | >40 | |
| | พื้นที่หินโผล่ (rc) | - | - | - | - | พื้นที่หินโผล่ | |
| 14.การเข้าถึงพื้นที่ (A) | A = dr * df | - | >0.80 | 0.32 - 0.79 | 0.04 - 0.31 | < 0.04 | FAO (1983) |
| | ระยะห่างจากถนนสายหลัก (dr) | กม. | < 10 | 10-20 | 20-30 | >30 | |
| | ระยะห่างจากแหล่งรับซื้อ (df) | กม. | < 10 | 10-20 | 20-30 | >30 | |
| 3. ความต้องการด้านการอนุรักษ์ (E) | | | ค่าคะแนนปัจจัย | | | | |
| คุณภาพที่ดิน | ปัจจัยวินิจฉัย | หน่วย | 1.0 | 0.8 | 0.4 | 0.1 | |
| 15.ความเสียหายจากการกัดกร่อน (H) | ปริมาณการสูญเสียดิน | ตัน/เฮกแตร์/ปี | 0.00-0.32 | 0.33 - 0.80 | 0.81-2.40 | > 2.40 | FAO (1983) |

หมายเหตุ : เนื้อดิน : L=Loam, SiCL=Silty clay loam, SiL=Silty loam, SCL= Sandy clay loam, CL=Clay loam, SL=Sandy loam, C=Clay, LS=Loamy sand, SC=Sandy clay, SiC=Silty clay, S=Sand, G=Gravel soil, SC=Slope complex, AC=Alluvial complex, F=Fragmental, SS=Skeleton soil

ศักยภาพการเกิดดินเค็ม : High = บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือมากที่สุด, Medium = บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือปานกลาง, Low = บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือน้อย, Non-saline = บริเวณที่ไม่เค็ม

(4) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (Oxygen availability)

คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่สภาพการระบายน้ำของดิน (Soil drainage) ซึ่งได้จากการจัดการฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินเชื่อมโยงด้วยตารางสภาพการระบายน้ำของดิน กำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล O ให้ค่าคะแนนและกำหนดระดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 9

(5) ดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช (Nutrient availability index)

คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่ ไนโตรเจนในดิน (N total) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (P) โพแทสเซียมในดิน (K) และปฏิกิริยาในดิน (pH) ซึ่งหลักการนี้เป็นการวิเคราะห์ตามแนวความคิดจาก Radcliffe and Rochette (1982) โดยการให้ค่าคะแนนความเหมาะสมของไนโตรเจนในดิน (N) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (P) โพแทสเซียมในดิน (K) และปฏิกิริยาดิน (pH) แต่ละปัจจัยวินิจฉัยจะกำหนดค่าคะแนน จัดระดับความเหมาะสม จากนั้นนำค่าคะแนนความเหมาะสมในแต่ละปัจจัยวินิจฉัยมาวิเคราะห์แบบผลคูณจากสมการ NAI = N * P * K * pH โดยกำหนดช่วงค่าคะแนน และจัดระดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 10

**ตารางที่ 10** การกำหนดช่วงค่าคะแนนและชั้นความเหมาะสมให้กับดัชนีความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืช

| ชั้นความเหมาะสม | ช่วงค่าคะแนนความเหมาะสม (NAI = N * P * K * pH) | ช่วงค่าคะแนนที่จัดใหม่ |
|---|---|---|
| เหมาะสมมาก (S1) | $(1^2 \times 0.8^2) - (1^4)$ | 0.6400 - 1.0000 |
| เหมาะสมปานกลาง (S2) | $(0.8^2 \times 0.4^2) - (1^2 \times 0.8^2)$ | 0.1024 - 0.6399 |
| เหมาะสมน้อย (S3) | $(0.4^2 \times 0.1^2) - (0.8^2 \times 0.4^2)$ | 0.0016 - 0.1023 |
| ไม่เหมาะสม (N) | 0.0000 - 0.0015 | 0.0000 - 0.0015 |

(6) ความจุในการดูดยึดธาตุอาหาร (Nutrient retention)

คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้มี 2 ปัจจัยวินิจฉัย ได้แก่ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (Cation exchange capacity) และความอิ่มตัวด้วยด่างในดิน (Base saturation) ซึ่งปัจจัยทั้งสองมีผลทางอ้อม ต่อการเจริญเติบโตของพืชในเรื่องปริมาณธาตุอาหารที่ดินสามารถดูดยึด และการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยกำหนดค่าคะแนนและจัดระดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 9 วิเคราะห์โดยการซ้อนทับชั้นข้อมูลทั้งสองและนำค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยมาคูณกัน ซึ่งผลคูณที่ได้จากสมการ NR = CEC * BS จะนำมาจัดช่วงค่าคะแนนความเหมาะสมใหม่ ดังตารางที่ 11

**ตารางที่ 11** การกำหนดช่วงค่าคะแนนและชั้นความเหมาะสมให้กับชั้นข้อมูลความจุในการดูดยึดธาตุอาหาร

| ชั้นความเหมาะสม | ช่วงค่าคะแนนความเหมาะสม (NR = CEC * BS) | ช่วงค่าคะแนน |
|---|---|---|
| เหมาะสมมาก (S1) | $(1 \times 0.8) - (1^2)$ | 0.80 - 1.00 |
| เหมาะสมปานกลาง (S2) | $(0.8 \times 0.4) - (1 \times 0.8)$ | 0.32 - 0.79 |
| เหมาะสมน้อย (S3) | $(0.4 \times 0.1) - (0.8 \times 0.4)$ | 0.04 - 0.31 |
| ไม่เหมาะสม (N) | 0.00 - 0.03 | 0.00 - 0.03 |

(7) การรักษาน้ำของเนื้อดิน (Water retention)

คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่ข้อมูลเนื้อดิน ซึ่งกำหนดค่าคะแนนและจัดระดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 9

(8) สภาวะการหยั่งลึกของราก (Rooting conditions)

คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่ ความลึกของดิน (Soil depth) ซึ่งเป็นปัจจัยวินิจฉัยที่มีความสำคัญและสัมพันธ์กับการลงหัวของมันสำปะหลัง ในการกำหนดความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินนี้โดยการกำหนดค่าคะแนนและจัดระดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 9

(9) ความเสียหายจากน้ำท่วม (Flood hazard)

คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่จำนวนครั้งที่น้ำท่วมในช่วงรอบปี (Frequency) ในการกำหนดความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินนี้โดยการกำหนดค่าคะแนนและจัดระดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 9

(10) การมีเกลือมากเกินไป (Excess of salts)

ปัญหาในการปลูกพืชเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากข้อจำกัดด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและประมาณน้ำฝนแล้ว ปัญหาที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งคือปัญหาดินเค็ม ซึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีหน่วยหินมหาสารคามรองรับอยู่เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งหน่วยหินนี้เป็นหน่วยหินที่มีชั้นเกลือหินเป็นองค์ประกอบทำให้เกิดปัญหาดินเค็มและเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืช คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่ ผลกระทบจากเกลือ (Salt hazard) และกำหนดความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินนี้โดยการกำหนดค่าคะแนนและจัดระดับความเหมาะสม ดังตารางที่ 9

(11) สภาพพื้นที่ (Topography)

Nawata et al. (2004) ได้รายงานการทำแผนที่ผลผลิตของมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และพบว่าผลผลิตมันสำปะหลังที่มีผลผลิตที่สูงและเสถียรนั้นจะพบในพื้นที่ Middle lands ถึงพื้นที่ High lands และยังสามารถปรับปรุงให้มีผลผลิตที่สูงขึ้นโดยพัฒนาวิธีการปลูกร่วมกับการปรับปรุงพันธุ์ คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ ได้แก่ ข้อมูลภูมิสัณฐาน (Landform) และข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ (Slope) โดยการซ้อนทับกันและกำหนดให้เป็นชั้นข้อมูล G และจัดระดับความเหมาะสม จากความสัมพันธ์แบบ Matrix ระหว่างชั้นข้อมูลทั้งสอง เป็นเหมาะสมมาก (S1), เหมาะสมปานกลาง (S2), เหมาะสมน้อย (S3) และไม่เหมาะสม (N) ดังตารางที่ 12

**ตารางที่ 12** ความสัมพันธ์ระหว่างภูมิสัณฐานและความลาดชันของพื้นที่สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

| Slope (%) | Landform | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Flood plain | Low terrace | Middle terrace | High terrace | Foot slope & Erosion surface | Mountain & Outcrop |
| 0-2 | N | N | S1 | S2 | S1 | N |
| 2-5 | - | S1 | S2 | S3 | S2 | N |
| 5-12 | - | S2 | S3 | S3 | S3 | N |
| 12-20 | - | S3 | S3 | N | N | N |
| >20 | - | N | N | N | N | N |

**หมายเหตุ:** Factor rating S1 = 1.0, S2 = 0.8, S3 = 0.4, N = 0.0

### 3.1.5.2 การบูรณาการคุณภาพที่ดินด้านความต้องการด้านการจัดการ

(1) ชั้นข้อมูลสภาวะการเขตกรรม (Soil workability)

คุณลักษณะที่ดินที่สามารถเป็นตัวแทนของคุณภาพที่ดินนี้คือความยากง่ายในการเขตกรรม ซึ่งหมายถึงความยากง่ายในการไถพรวนโดยเครื่องจักร การไถพรวนโดยสัตว์ หรือเครื่องมืออื่น ๆ โดยปัจจัยวินิจฉัยที่นำมาวิเคราะห์ในครั้งนี้ได้แก่ การเกาะตัวของดิน โครงสร้างดิน และเนื้อดิน โดยการสร้างชั้นข้อมูลจากการซ้อนทับของชั้นข้อมูลทั้ง 3 ปัจจัย กำหนดให้เป็นชั้นความยากง่ายในการเขตกรรม 4 ระดับได้แก่ ง่าย ปานกลาง ยาก และยากมาก ตามลำดับ ดังตารางที่ 13

(2) ข้อมูลศักยภาพการใช้เครื่องจักร (Potential for mechanization)

คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินศักยภาพการใช้เครื่องจักรได้แก่ ความลาดชัน ปริมาณก้อนหินบนชั้นดินบน ปริมาณดินเหนียว และหินโผล่ ซึ่งคุณลักษณะที่ดินของปัจจัยวินิจฉัยทั้ง 4 มีผลต่อการไถพรวนดินของเครื่องจักร จะให้ค่าคะแนนดังตารางที่ 9 ในการวิเคราะห์และจำแนกความเหมาะสมของศักยภาพการใช้เครื่องจักรจากการนำชั้นข้อมูลปัจจัยวินิจฉัยทั้ง 4 ซ้อนทับกันและนำค่าคะแนนแต่ละปัจจัยมาคูณกัน ผลคูณที่ได้จากสมการ PM = sl * cf * c * rc นำมาจัดช่วงค่าคะแนนความเหมาะสมใหม่ ดังตารางที่ 14

**ตารางที่ 13** การกำหนดชั้นความยากง่ายของสภาวะการเขตกรรม

| ปัจจัยวินิจฉัย | สภาวะการเขตกรรม | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ง่าย | ปานกลาง | ยาก | ยากมาก |
| การเกาะตัวของดิน | Friable, Very friable, Loose | Firm-very firm | Very firm-Extremely firm | Extremely firm |
| โครงสร้างดิน | - | Strongmed, Fine blocky, Granular, Crumb | Coarse, Platy, Massive | Very coarse blocky, Prismatic columnar, Massive |
| เนื้อดิน | S, LS, L, SC, SiL, Si | SL | SCL, CL, SiCL, SiC | C, G, AC |

หมายเหตุ การเกาะตัวของดิน : Loose=หลุดลุ่ยเม็ดดินไม่เกาะกัน, Friable=ร่วนซุย, Very friable=ร่ วนซุยมาก, Firm=คงทน, Slightly firm=คงทนเล็กน้อย, Very firm=คงทนมาก, Extremely firm=คงทนอย่างยิ่ง

โครงสร้างดิน : Blocky=โครงสร้างแบบกล่อง, Granular=โครงสร้างแบบก้อนกลม, Crumb=โครงสร้างแบบก้อนกลมพรุน, Platy=โครงสร้างแบบแผ่น, Prismatic=โครงสร้างแบบแท่งหน้าตัดราบ, Columnar=โครงสร้างแบบแท่งหน้าตัดโค้งมน, Massive=ไม่มีโครงสร้าง

เนื้อดิน : L=Loam, Si=Silt, SiCL=Silty clay loam, SiL=Silty loam, SCL= Sandy clay loam, CL=Clay loam, SL=Sandy loam, C=Clay, LS=Loamy sand, SC=Sandy clay, SiC=Silty clay, S=Sand, G=Gravel soil, SC=Slope complex, AC=Alluvial complex

**ตารางที่ 14** การกำหนดช่วงค่าคะแนนและชั้นความเหมาะสมให้กับศักยภาพชั้นข้อมูลการใช้เครื่องจักร

| ชั้นความเหมาะสม | ช่วงค่าคะแนนความเหมาะสม (PM = sl * cf * c * rc) | ช่วงค่าคะแนน |
|---|---|---|
| เหมาะสมมาก (S1) | $(1^2 \times 0.8^2) - (1^4)$ | 0.6400 - 1.0000 |
| เหมาะสมปานกลาง (S2) | $(0.8^2 \times 0.4^2) - (1^2 \times 0.8^2)$ | 0.1024 - 0.6399 |
| เหมาะสมน้อย (S3) | $(0.4^2 \times 0.1^2) - (0.8^2 \times 0.4^2)$ | 0.0016 - 0.1023 |
| ไม่เหมาะสม (N) | 0.0000 - 0.0015 | 0.0000 - 0.0015 |

(3) ชั้นข้อมูลการเข้าถึงพื้นที่ (Access within the production unit)

ในชั้นคุณภาพที่ดินนี้เป็นชั้นคุณภาพที่ดินที่อยู่ในความต้องการด้านการจัดการ หมายถึงความสะดวกในการจัดการต่าง ๆในพื้นที่ คุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดินนี้ คือระยะทางของแหล่งเพาะปลูกและแหล่งรับซื้อผลผลิต โดยในการวิเคราะห์ด้วยการสร้างแนวกันชนจากถนนและแหล่งรับซื้อ ซึ่งก็คือตำแหน่งที่ตั้งโรงงานแป้งมัน และลานมัน จากนั้นกำหนดให้เป็นระดับความเหมาะสมของชั้นข้อมูลทั้งสอง ดังตารางที่ 9 และทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลทั้งสองพร้อมทั้งนำค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยมาคูณกัน ซึ่งผลคูณที่ได้จากสมการ A = dr * df จะนำมาจัดช่วงค่าคะแนนความเหมาะสมใหม่ ดังตารางที่ 15

**ตารางที่ 15** การกำหนดช่วงค่าคะแนนและชั้นความเหมาะสมให้กับชั้นข้อมูลการเข้าถึงพื้นที่

| ชั้นความเหมาะสม | ช่วงค่าคะแนนความเหมาะสม (A = dr * df) | ช่วงค่าคะแนน |
|---|---|---|
| เหมาะสมมาก (S1) | (1 x 0.8) - ( $1^2$) | 0.80 - 1.00 |
| เหมาะสมปานกลาง (S2) | (0.8 x 0.4) - (1 x 0.8) | 0.32 - 0.79 |
| เหมาะสมน้อย (S3) | (0.4 x 0.1) - (0.8 x 0.4) | 0.04 - 0.31 |
| ไม่เหมาะสม (N) | 0.00 - 0.03 | 0.00 - 0.03 |

### 3.1.5.2 การบูรณาการคุณภาพที่ดินด้านการอนุรักษ์

(1) ชั้นข้อมูลความเสียหายจากการกัดกร่อน (Erosion hazard)

ความเสียหายจากการกัดกร่อนเป็นปัญหาสำคัญในการปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเมื่อผิวดินที่ถูกกัดกร่อนหรือพัดพาไปโดยน้ำจะทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปจากดิน ในภาคตะวันออกฉียงเหนือมีพื้นที่ที่มีสภาพปัญหากษัยการดินในระดับรุนแรง มีปริมาณการสูญเสียดินตั้งแต่ 5 ตัน/ไร่/ปี คิดเป็นร้อยละ 8 ของเนื้อที่ทั้งภาค (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, 2549) ซึ่งในพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงในการสูญเสียดินในระดับรุนแรงจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง จำเป็นต้องมีการจัดการด้านการอนุรักษ์ และเฝ้าระวังเพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมในด้านความต้องการด้านการอนุรักษ์ ซึ่งคุณลักษณะที่ดินที่เป็นตัวแทนของชั้นคุณภาพที่ดิน ได้แก่ ปริมาณการสูญเสียดิน (Soil loss) โดยได้รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ 6 ปัจจัยในการวิเคราะห์จากศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งได้ประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดกษัยการดินที่วิเคราะห์จากสมการการสูญเสียดินสากล (Universal soil loss equation: USLE) ซึ่งมีสมการดังต่อไปนี้

A = RKLSCP (Wischmeier and Smith, 1978)

โดยที่ A แทน การสูญเสียดินต่อหน่วยของพื้นที่
R แทน ปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน
K แทน ปัจจัยความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน
LS แทน ปัจจัยความลาดชัน และ ความยาวความลาดชัน
C แทน ปัจจัยพืชพรรณที่ปกคลุมดิน
P แทน ปัจจัยการป้องกันการพังทลายของดิน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ในการวิเคราะห์ระดับการสูญเสียดินจากสมการการสูญเสียดินสากลจะทำการประเมินปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย โดยให้ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยตามการประเมินปริมาณการสูญเสียดิน ที่กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ได้เสนอไว้ในหนังสือการประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย และงานวิจัยของ Mongkolsawat, Paiboonsak, and Chanket (2006) ที่ได้ทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดกษัยการดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยสมการการสูญเสียดินสากล โดยในการประเมินการสูญเสียดินได้กำหนดให้พื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมดเป็นมันสำปะหลังเพื่อหาปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลัง เพื่อสร้างเป็นชั้นข้อมูลความเสียหายจากการกัดกร่อนเมื่อมีการปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย ได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยในการประเมินปัจจัยพืชพรรณที่ปกคลุมดิน (C) และการป้องกันการชะล้างพังทลาย (P) โดยตามหลักในการประเมินจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 1:50,000 โดยจะกำหนดให้พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรทั้งหมดมีค่าของปัจจัยพืชพรรณที่ปกคลุมดินเท่ากับ 0.600 และค่าการป้องกันการชะล้างพังทลายมีค่าเท่ากับ 1.000 ซึ่งเป็นค่าของพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลัง ตามที่กรมพัฒนาที่ดิน (2545) ได้กำหนดไว้ จากนั้นทำการซ้อนทับปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย และคำนวณปริมาณการสูญเสียดินเพื่อสร้างเป็นชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดินความเสียหายจากการกัดกร่อน กำหนดเป็นชั้นข้อมูล H จากนั้นจัดระดับความรุนแรงการสูญเสียดินออกเป็น 4 ระดับได้แก่ ระดับการสูญเสียดินน้อย (0.00-0.32 ตัน/เฮกแตร์/ปี) ระดับการสูญเสียดินปานกลาง (0.33-0.80 ตัน/เฮกแตร์/ปี) ระดับการสูญเสียดินรุนแรง (0.81-2.40 ตัน/เฮกแตร์/ปี) และระดับการสูญเสียดินรุนแรงมาก-มากที่สุด (>2.40 ตัน/เฮกแตร์/ปี) การจัดระดับความเหมาะสมในชั้นคุณภาพที่ดินความเสียหายจากการกัดกร่อนจะจัดระดับตามระดับการสูญเสียดิน ดังตารางที่ 16

**ตารางที่ 16** การกำหนดความเหมาะสมของชั้นคุณภาพที่ดินความเสียหายจากการกัดกร่อน

| ชั้นความเหมาะสม | ระดับการสูญเสียดิน | ปริมาณการสูญเสียดิน (ตัน/เฮกแตร์/ปี) |
|---|---|---|
| เหมาะสมมาก (S1) | น้อย | 0.00-0.32 |
| เหมาะสมปานกลาง (S2) | ปานกลาง | 0.33-0.80 |
| เหมาะสมน้อย (S3) | รุนแรง | 0.81-2.40 |
| ไม่เหมาะสม (N) | รุนแรงมาก-มากที่สุด | >2.40 |

### 3.2 การประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังในภาพรวม

ขั้นตอนนี้เป็นการนำชั้นข้อมูลคุณภาพที่ดินทั้ง 15 คุณภาพที่ดินที่กำหนดค่าคะแนนความเหมาะสมและให้ค่าน้ำหนักมาบูรณาการด้วยการซ้อนทับ และประเมินหาระดับความเหมาะสมโดยใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Empirical combination of land characteristics) ด้วยวิธีการคูณ (Multiplicative) ซึ่งได้แบ่งออกตามประเภทความต้องการการใช้ที่ดิน 3 ประเภท ได้แก่ ความต้องการด้านพืช (C) พิจารณาผลคูณสมการ C = U * T * W * O * NAI * NR * I * R * F * D * G ความต้องการด้านการจัดการ (M) พิจารณาจากผลคูณสมการ M = SW * PM * A และความต้องการด้านการอนุรักษ์ (E) พิจารณาจากความเหมาะสมของคุณภาพที่ดินความเสียหายจากการกัดกร่อน เมื่อได้ความเหมาะสมของแต่ละความต้องการการใช้ที่ดินแล้วจึงนำมาซ้อนทับกันอีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมในภาพรวม จากสมการ Cassava suitability = C * M * E

ในการประเมินความเหมาะสมของแต่ละความต้องการการใช้ที่ดินนั้น โดยการจัดระดับความเหมาะสมใหม่จากการนำผลคูณของความเหมาะสมในแต่ละคุณภาพที่ดิน มาจัดช่วงค่าคะแนนและกำหนดระดับความเหมาะสมใหม่ โดยนำจำนวนคุณภาพที่ดินที่ใช้ในการวิเคราะห์มาร่วมคำนวณด้วย ดังตารางที่ 18 ผลที่ได้คือหน่วยแผนที่ดินที่แสดงถึงศักยภาพของที่ดินเชิงพื้นที่พร้อมทั้งข้อมูลเชื่อมโยงถึงคุณลักษณะของที่ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลัง และสร้างเป็นแผนที่ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป

**ตารางที่ 17** สมการความเหมาะสมของความต้องการด้านพืช การจัดการ และการอนุรักษ์

| กลุ่มคุณภาพที่ดิน | สมการความเหมาะสม |
|---|---|
| ความต้องการด้านพืช (Crop requirement: C) | U * T * W * O * NAI * NR * I * R * F * D * G |
| ความต้องการด้านการจัดการ (Management requirement: M) | SW * PM * A |
| ความต้องการด้านการอนุรักษ์ (Conservation requirement: E) | H |

**ตารางที่ 18** การกำหนดค่าคะแนนและความเหมาะสมจากการบูรณาการคุณภาพที่ดินสำหรับปลูกสำปะหลัง

| ชั้นความเหมาะสม | ค่าคะแนน | ค่าคะแนนขอบล่าง เมื่อยกกำลังตามจำนวนคุณภาพที่ดิน | ช่วงความเหมาะสมที่จัดใหม่ |
|---|---|---|---|
| **ความเหมาะสมของความต้องการด้านพืช (C = U * T * W * O * NAI * NR * I * R * F * D * G)** | | | |
| เหมาะสมมาก | 1.0 | $[1.0^{11} + 0.8^{11}]/2$ - 1.000000 | 0.542950 - 1.000000 |
| เหมาะสมปานกลาง | 0.8 | $[(0.8^{11} + 0.4^{11})]/2$ - 0.542950 | 0.042971 - 0.542949 |
| เหมาะสมเล็กน้อย | 0.4 | $[(0.4^{11} + 0.1^{11})]/2$ - 0.042971 | 0.000020 - 0.042970 |
| ไม่เหมาะสม | 0.0 | 0.000000 - 0.000019 | 0.000000 - 0.000019 |
| **ความเหมาะสมของความต้องการด้านการจัดการ (M = SW * PM * A)** | | | |
| เหมาะสมมาก | 1.0 | $[(1.0^3 + 0.8^3)]/2$ - 1.0000 | 0.7561 - 1.0000 |
| เหมาะสมปานกลาง | 0.8 | $[(0.8^3 + 0.4^3)]$ /2 - 0.7560 | 0.2881 - 0.7560 |
| เหมาะสมเล็กน้อย | 0.4 | $[(0.4^3 + 0.1^3)]$ /2 - 0.2880 | 0.0325 - 0.2880 |
| ไม่เหมาะสม | 0.1 | 0.0000 - 0.0324 | 0.0000 - 0.0324 |
| **ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลังในภาพรวม (Cassava suitability = C * M * E)** | | | |
| เหมาะสมมาก | 1.0 | $[(1.0^3 + 0.8^3)]/2$ - 1.0000 | 0.7561 - 1.0000 |
| เหมาะสมปานกลาง | 0.8 | $[(0.8^3 + 0.4^3)]$ /2 - 0.7560 | 0.2881 - 0.7560 |
| เหมาะสมเล็กน้อย | 0.4 | $[(0.4^3 + 0.1^3)]$ /2 - 0.2880 | 0.0325 - 0.2880 |
| ไม่เหมาะสม | 0.1 | 0.0000 - 0.0324 | 0.0000 - 0.0324 |

### 3.3 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจ

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิเคราะห์อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit cost ratio) หรือ B/C ratio (Boardman et al, 1996) เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจของการปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้รวบรวมจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปีการผลิต 2542 ถึง 2552 ระดับจังหวัด ได้แก่ ข้อมูลผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ข้อมูลต้นทุนการผลิตรวมต่อไร่ ข้อมูลราคาหัวมันสำปะหลังสดคละที่เกษตรขายได้ที่ไร่นา มีสูตรการคิดดังต่อไปนี้

$$B/C\ ratio = \frac{B_t (1 + i)^t}{C_t (1 + i)^t}$$

| โดยที่ | | | |
|---|---|---|---|
| | B/C ratio | แทน | Benefit cost ratio |
| | $B_t$ | แทน | Total annual return |
| | $C_t$ | แทน | Total annual cost |
| | n | แทน | Number of year or project duration |
| | t | แทน | The production period in each year |
| | i | แทน | Discount rate |

เกณฑ์ในการตัดสินความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจพิจารณาจากค่า B/C ratio ที่มากกว่า 1 หมายถึงการลงทุนที่คุ้มทุน ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐกิจ ในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้ทำการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนต่อผลตอบแทนในแต่ละระดับความเหมาะสม ได้แก่ ระดับเหมาะสมมาก ปานกลาง และเล็กน้อย โดยทำการวิเคราะห์ตามราคาที่เกษตรกรขายได้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผันผวน

### 3.4 การประเมินพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

ขั้นตอนในการจำแนกพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง แบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ได้แก่ การรวบรวมและการนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม การประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น (Preprocessing) โดยทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเลขาคณิต (Geometric correction) เน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement) และในขั้นตอนสุดท้ายคือการจำแนกภาพถ่ายจากดาวเทียม (Image classification) เพื่อหาพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแต่ละขั้นตอนอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

#### 3.4.1 การรวบรวมและการนำเข้าข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่นำมาใช้ในการจำแนกพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในการศึกษาครั้งนี้คือ ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT-5, SPOT-4 และ SPOT-2 ซึ่งเป็นระบบการถ่ายภาพแบบ Multispectral จำนวน 78 ภาพ บันทึกภาพช่วงเดือนเมษายน ปี พ.ศ.2548 ถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ.2550 ความละเอียดภาพ 10, 20 และ20 เมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 19 นำเข้าข้อมูลด้วยโปรแกรม PCI geometica 9.1และโปรแกรม Erdas imagine 8.6

ตารางที่ 19 รายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT-2, SPOT-4 และ SPOT-5 ที่ใช้ในการศึกษา

| ลำดับที่ | ดัชนีภาพ | | วันที่ถ่ายภาพ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | K | J | SPOT-5 รายละเอียดภาพ 10 เมตร | SPOT-4 รายละเอียดภาพ 20 เมตร | SPOT-2 รายละเอียดภาพ 20 เมตร |
| 1 | 261 | 315 | 27 มี.ค. 50 | - | - |
| 2 | 262 | 314 | 1 เม.ย. 50 | - | - |
| 3 | 262 | 315 | 1 เม.ย. 50 | - | - |
| 4 | 262 | 316 | 31 มี.ค. 50 | - | - |
| 5 | 263 | 314 | 22 ธ.ค. 49 | - | - |
| 6 | 263 | 315 | - | 3 ก.พ. 50 | - |
| 7 | 263 | 316 | 13 ม.ค. 50 | - | - |
| 8 | 263 | 317 | 4 ก.พ. 49 | - | - |
| 9 | 263 | 318 | 4 ก.พ. 49 | - | - |
| 10 | 263 | 319 | 28 ธ.ค. 49 | - | - |
| 11 | 263 | 320 | 18 ก.พ. 50 | - | - |
| 12 | 263 | 321 | 18 ก.พ. 50 | - | - |
| 13 | 263 | 314 | 28 ธ.ค. 49 | - | - |
| 14 | 265 | 315 | - | 3 ม.ค. 50 | - |
| 15 | 265 | 316 | 22 เม.ย. 50 | - | - |
| 16 | 265 | 317 | - | 3 ม.ค. 50 | - |
| 17 | 265 | 318 | 16 มี.ค. 50 | - | - |
| 18 | 265 | 319 | 16 มี.ค. 50 | - | - |
| 19 | 265 | 320 | 16 มี.ค. 50 | - | - |
| 20 | 265 | 321 | 12 มี.ค. 49 | - | - |
| 21 | 265 | 314 | 28 เม.ย. 48 | - | - |
| 22 | 265 | 315 | 29 ม.ค. 50 | - | - |
| 23 | 265 | 316 | 12 ธ.ค. 49 | - | - |
| 24 | 265 | 317 | 29 ม.ค. 50 | - | - |
| 25 | 265 | 318 | - | 26 ม.ค. 48 | - |
| 26 | 265 | 319 | - | 7 มี.ค. 50 | - |
| 27 | 265 | 320 | 3 ก.พ. 50 | - | - |
| 28 | 265 | 321 | 27 ก.พ. 50 | - | - |
| 29 | 265 | 322 | 13 ม.ค. 49 | - | - |
| 30 | 266 | 313 | 12 ม.ค. 50 | - | - |
| 31 | 266 | 314 | 7 พ.ย. 49 | - | - |
| 32 | 266 | 315 | 7 พ.ย. 49 | - | - |

**ตารางที่ 19** รายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT-2, SPOT-4 และ SPOT-5 ที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

| ลำดับที่ | ดัชนีภาพ | | วันที่ถ่ายภาพ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | K | J | SPOT-5 รายละเอียดภาพ 10 เมตร | SPOT-4 รายละเอียดภาพ 20 เมตร | SPOT-2 รายละเอียดภาพ 20 เมตร |
| 33 | 266 | 316 | - | 9 ก.พ. 50 | - |
| 34 | 266 | 317 | - | 9 ก.พ. 50 | - |
| 35 | 266 | 318 | - | 9 ก.พ. 50 | - |
| 36 | 266 | 319 | 6 พ.ย. 49 | - | - |
| 37 | 266 | 320 | 6 พ.ย. 49 | - | - |
| 38 | 266 | 321 | 9 ธ.ค. 48 | - | - |
| 39 | 266 | 322 | 9 ธ.ค. 48 | - | - |
| 40 | 267 | 313 | 23 ธ.ค. 49 | - | - |
| 41 | 267 | 314 | 23 ธ.ค. 49 | - | - |
| 42 | 267 | 315 | 24 ม.ค. 50 | - | - |
| 43 | 267 | 316 | - | 31 ม.ค. 49 | - |
| 44 | 267 | 317 | - | 25 ธ.ค. 49 | - |
| 45 | 267 | 318 | - | 25 ธ.ค. 50 | - |
| 46 | 267 | 319 | 27 ม.ค. 50 | - | - |
| 47 | 267 | 320 | 22 พ.ย. 49 | - | - |
| 48 | 267 | 321 | 29 ธ.ค. 48 | - | - |
| 49 | 267 | 322 | 25 ม.ค. 49 | - | - |
| 50 | 268 | 314 | 19 ม.ค. 50 | - | - |
| 51 | 268 | 315 | 19 ธ.ค. 48 | - | - |
| 52 | 268 | 316 | - | 20 พ.ย. 48 | - |
| 53 | 268 | 317 | - | 15 ม.ค. 49 | - |
| 54 | 268 | 318 | 11 มี.ค. 50 | - | - |
| 55 | 268 | 319 | 12 มี.ค. 50 | - | - |
| 56 | 268 | 320 | 12 มี.ค. 50 | - | - |
| 57 | 268 | 321 | 3 ม.ค. 50 | - | - |
| 58 | 269 | 315 | 10 ก.พ. 49 | - | - |
| 59 | 269 | 316 | - | - | 2 ม.ค. 49 |
| 60 | 269 | 317 | - | - | 2 ม.ค. 49 |
| 61 | 269 | 318 | - | - | 2 ม.ค. 49 |
| 62 | 269 | 319 | 17 ม.ค. 50 | - | - |
| 63 | 269 | 320 | 1 เม.ย. 50 | - | - |
| 64 | 269 | 321 | 1 เม.ย. 50 | - | - |

ตารางที่ 19 รายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT-2, SPOT-4 และ SPOT-5 ที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

| ลำดับที่ | ดัชนีภาพ | | วันที่ถ่ายภาพ | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | K | J | SPOT-5 รายละเอียดภาพ 10 เมตร | SPOT-4 รายละเอียดภาพ 20 เมตร | SPOT-2 รายละเอียดภาพ 20 เมตร |
| 65 | 270 | 315 | 9 ก.พ. 50 | - | - |
| 66 | 270 | 316 | - | 5 ก.พ. 49 | - |
| 67 | 270 | 317 | - | 5 ก.พ. 49 | - |
| 68 | 270 | 318 | - | 5 ก.พ. 49 | - |
| 69 | 270 | 319 | - | 5 ก.พ. 49 | - |
| 70 | 270 | 320 | 8 ธ.ค. 49 | - | - |
| 71 | 270 | 321 | - | 13 มี.ค. 50 | - |
| 72 | 271 | 318 | 19 ธ.ค. 48 | - | - |
| 73 | 271 | 319 | - | - | 6 ม.ค. 49 |
| 74 | 271 | 320 | 15 ม.ค. 49 | - | - |
| 75 | 271 | 321 | - | - | 27 ธ.ค. 48 |
| 76 | 272 | 319 | - | - | 7 ธ.ค. 48 |
| 77 | 272 | 320 | 10 ม.ค. 49 | - | - |
| 78 | 272 | 321 | 10 ม.ค. 49 | - | - |

### 3.4.2 การประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียมเบื้องต้น (Preprocessing)

#### 3.4.2.1 การแก้ไขความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (Geometric correction)

เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่นำมาวิเคราะห์ยังมีความคลาดเคลื่อนในระดับ 2A ซึ่งเป็นความคลาดคลื่นในเชิงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ จึงต้องดำเนินการปรับแก้พิกัดตำแหน่ง (Coordinate transformation) เพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิต โดยการกำหนดพิกัดตำแหน่งของภาพให้ถูกต้องตามพิกัดแผนที่ภูมิประเทศ 1: 50,000 ชุด L7017 ของกรมแผนที่ทหาร ในการดำเนินการศึกษานี้กำหนดระบบพิกัดตำแหน่ง เป็นแบบ UTM (Universal transverse mercator) โซน 48 ให้กับข้อมูลเชิงตัวเลขของภาพถ่ายดาวเทียมครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา โดยวิธีการนำภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ปรับแก้พิกัดทางภูมิศาสตร์แล้วอ้างอิงพิกัดไปสู่ภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT (Image to image registration) ซึ่งภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้อ้างอิงในครั้งนี้ ได้แก่ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat TM ในปี พ.ศ. 2548 จากนั้นทำการประมาณค่าของจุดภาพเพื่อปรับภาพที่มีด้วยวิธีการใช้ค่าของจุดภาพที่ใกล้ที่สุด (Nearest neighbor resampling) ด้วยโปรแกรม Erdas Imagine 8.6

#### 3.4.2.2 การเน้นข้อมูลภาพ (Enhancement)

การเน้นข้อมูลภาพ เป็นการเพิ่มความคมชัดของข้อมูล ช่วยทำให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น และได้ทำการการสร้างสีผสมเท็จจากระบบ Multispectral ในภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT โดยได้สร้างสีผสมเท็จ R G B (XS3 XS1 XS2)

3.4.2.3 การจำแนกภาพถ่ายจากดาวเทียม

ขั้นตอนนี้ต้องทำการออกสำรวจพื้นที่เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสีในภาพถ่ายดาวเทียมและสภาพพื้นที่จริงก่อนการลงมือจำแนกภาพเพื่อการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมได้ถูกต้อง

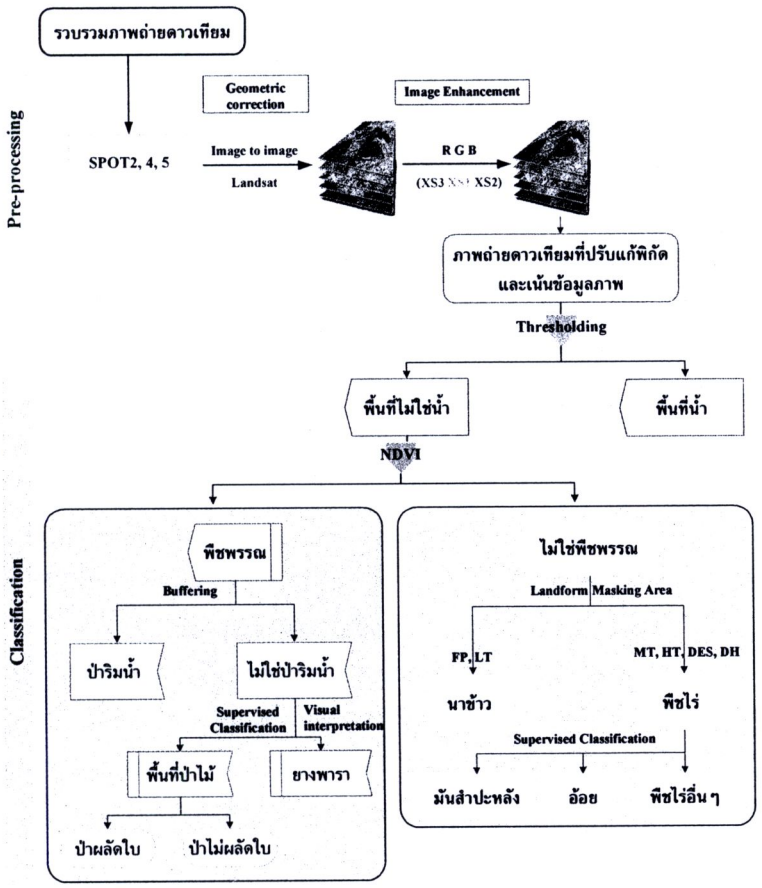
ในการจำแนกพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจากภาพถ่ายดาวเทียมจะใช้วิธีการจำแนกด้วยวิธี Hierarchical classification (Wang, 1986) และการจำแนกแบบควบคุม (Supervised classification) ด้วยวิธี Maximum likelihood (Oza, Bhagia, Patel, Dutta, & Dadhwal, 1996) ซึ่งขั้นตอนในการจำแนกภาพแสดงได้ดังภาพที่ 11

การจำแนกตามลำดับชั้น มีผู้วิจัยนำเทคนิคนี้เพื่อจำแนกสิ่งปกคลุมดินหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน ขั้นตอนแรกเริ่มต้นจากการแยกระหว่างพื้นที่แหล่งน้ำกับไม่ใช่แหล่งน้ำออกจากกันด้วยการตัดแบ่งค่าจุดภาพ หรือเรียกว่า Thresholding จากนั้นในพื้นที่ไม่ใช่แหล่งน้ำจะจำแนกออกเป็นพื้นที่ที่เป็นพืชพรรณกับไม่ใช่พืชพรรณโดยใช้โมเดลดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอมัลไลซ์ (Normalized vegetation index) หรือ NDVI ที่เสนอขึ้นโดย Kriegler et al ในปี ค.ศ.1969 (Gibson & Power, 2000) เป็นโมเดลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับของนักวิจัยมากมาย ซึ่งมีสมการจากการคำนวนผลต่างของค่าจุดภาพ จากระบบ Multispectral ของภาพถ่ายดาวเทียม SPOT คือ NDVI = $(\rho_{NIR} - \rho_{RED})/(\rho_{NIR} + \rho_{RED})$ โดยที่ $\rho_{NIR}$ และ $\rho_{RED}$ คือ ค่าการสะท้อนของวัตถุในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง ตามลำดับ สำหรับค่า NDVI นั้นสามารถแยกพื้นที่ที่เป็นพืชพรรณและไม่ใช่พืชพรรณ ซึ่งในส่วนของพื้นที่พืชเป็นพรรณนั้นจะทำการจำแนกป่าริมน้ำออกมาก่อน โดยการจำแนกภายใต้หน้ากาก โดยสร้างหน้ากากห่างออกมาจากลำน้ำ 300 และ 500 เมตร ส่วนในพื้นที่ที่เป็นพืชพรรณนอกเหนือจากป่าริมน้ำจะจำแนกออกเป็นพื้นที่ป่าไม้ และ ยางพารา

พื้นที่ที่ไม่ใช่พืชพรรณจะทำการจำแนกแบบ Supervised classification ด้วยวิธี Maximum likelihood ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการจำแนก นาข้าว มันสำปะหลัง อ้อย และพืชไร่อื่น ๆ ซึ่งพื้นที่นาจะพิจารณาจากลักษณะภูมิสัณฐานที่เป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงและที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำ ส่วนพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิสัณฐานแบบที่ราบขั้นบันไดระดับกลางขึ้นไปจนถึงพื้นที่ภูเขาจะนำมาสร้างเป็นหน้ากาก เพื่อใช้เทคนิคการจำแนกภายใต้หน้ากากหาพื้นที่ปลูกพืชไร่ที่เป็นมันสำปะหลัง อ้อย และยางพารา พร้อมทั้งพิจารณาค่าความแยกออกจากกัน (Transformed divergence) หรือ ค่า TD (Richards, 1986) ของแต่ละชั้นการใช้ประโยชน์ที่ดินในระหว่างการจำแนกเพื่อให้มีความถูกต้องในการจำแนกมากยิ่งขึ้น

3.5 การวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างพื้นที่ปลูกกับผลการประเมินที่ดิน

เมื่อประเมินที่ดินและทราบพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง และหาพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแล้ว จะนำผลการวิเคราะห์ในเชิงพื้นที่ทั้งสองมาซ้อนทับกัน เพื่อหาพื้นที่ที่มีความสอดคล้องกับพื้นที่ที่มีการปลูกจริง และหาพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังภาพที่ 12




หมายเหตุ : Landform: FP=Flood plain, LT= Low terrace, MT=Middle terrace, HT=High terrace, DES=Dissected erosion surface, DH=Mountain/Hill

**ภาพที่ 11** ขั้นตอนการจำแนกภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยวิธีตามลำดับชั้น เพื่อหาพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

**ภาพที่ 12** ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างพื้นที่เหมาะสมและพื้นที่ปลูก

### 3.6 การตรวจสอบความถูกต้อง

ในการตรวจสอบความถูกต้องได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วงการตรวจสอบ ได้แก่ การตรวจสอบแบบจำลองความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง และการตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังด้วยภาพถ่ายดาวเทียม โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับปลูกมันสำปะหลัง ทำการเปรียบเทียบความถูกต้องจากการสำรวจภาคสนาม และตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลหน่วยงานอื่น

#### 3.6.1 การสำรวจความถูกต้องในภาคสนาม

วิธีการสำรวจความถูกต้องในภาคสนามโดยสุ่มเลือกจุดการสำรวจ ในแต่ละชั้นความเหมาะสมจากผลที่ได้จากการประเมินในขั้นต้น เพื่อเปรียบเทียบกับสภาพพื้นที่ปลูกจริง เก็บข้อมูลตำแหน่งหรือพิกัดแปลงปลูก สัมภาษณ์และกรอกแบบสอบถามเกษตรกรถึงผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ พันธุ์ ต้นทุนการผลิต ถ่ายรูปลักษณะการเจริญเติบโต และเก็บข้อมูล ลักษณะการเจริญเติบโต ข้อมูลสภาพพื้นที่ ลักษณะดินในพื้นที่เพาะปลูก จากนั้นจะนำผลการสำรวจมาตรวจสอบความสอดคล้องกับผลการประเมินที่ดินด้วยค่าสัมประสิทธ์ Kappa index (Cohen J, 1960)

#### 3.6.2 การตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลหน่วยงานอื่น

โดยตรวจสอบกับผลการสำรวจและคาดการณ์ผลผลิตมันสำปะหลัง โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2549 จากกรมพัฒนาที่ดินด้วยการสุ่มเลือกเป็นรายตำบลโดยให้มีการกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากในรายงานการสำรวจของกรมพัฒนาที่ดินได้คาดการณ์ผลผลิตของมันสำปะหลัง จึงได้ทำการจัดช่วงของผลผลิตต่อไร่รายตำบล ตามความเหมาะสมคือผลผลิตเฉลี่ยมากกว่า 3.5 ตัน/ไร่ กำหนดให้เป็นเหมาะสมมาก 2.5-3.5 ตัน/ไร่ กำหนดให้เป็นเหมาะสมปานกลาง 1.0-2.5 ตัน/ไร่ กำหนดให้เป็นเหมาะสมน้อย และผลผลิตเฉลี่ยน้อยกว่า 1.0 ตัน/ไร่ กำหนดให้เป็นไม่เหมาะสม จากนั้นจึงนำผลจากการสำรวจในภาคสนามและข้อมูลจากการรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการประเมินความเหมาะสม เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องด้วยค่าสัมประสิทธ์ Kappa index

### 3.7 การจัดทำแผนที่

หลังจากตรวจสอบความถูกต้อง และปรับเปลี่ยนอัตราปัจจัยให้มีความถูกต้องตามการสำรวจภาคสนาม และทำการแก้ไขความถูกต้องของแบบจำลองแล้ว จึงนำผลที่ได้มาจัดทำแผนที่ความเหมาะสมในแต่ละชั้นคุณภาพที่ดิน ความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกมันสำปะหลัง แผนที่พื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง และความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจสำหรับปลูกมันสำปะหลัง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่อไป