



การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินธาตุอาหารพืชในดิน  
สำหรับการปลูกข้าว กรณีศึกษา: อำเภออุทุมพร  
จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

โดย

นายไชสหวัน อินทวง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท)  
ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2559  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินธาตุอาหารพืชในดิน  
สำหรับการปลูกข้าว กรณีศึกษา: อำเภออุทุมพร  
จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

โดย

นายไชสະหວັນ อินทะวง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท)  
ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2559  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



THE APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM ON  
SOIL NUTRIENT ASSESSMENT FOR RICE PLANTATION  
CASE STUDY: OUTHOUMPHONE DISTRICT,  
SAVANNKHET PROVINCE, LAO PDR

BY

MR. XAYSAVANH INTHAVONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
(TECHNOLOGY FOR RURAL DEVELOPMENT)  
DEPARTMENT OF RURAL TECHNOLOGY  
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
THAMMASAT UNIVERSITY  
ACADEMIC YEAR 2016  
COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายไชยสรวิน อินทวง

เรื่อง

การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว  
กรณีศึกษา: อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท)

เมื่อ วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ดร.สถาพร ใจอารีย์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



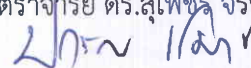
(รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล พินเนียม ชนะไพฑูรย์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเพชร จิระจรกุล)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมิน ธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว กรณีศึกษา: อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว
ชื่อผู้เขียน	นายไชสะหวัน อินทะวง
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	เทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล พินเนียม ชนะไพฑูรย์
ปีการศึกษา	2559

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ (1) ศึกษาลักษณะคุณสมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวของอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว (2) การประเมินพื้นที่และจัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าวของอำเภออุทุมพร ด้วยวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) ร่วมกับการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (SAW) (3) เสนอแนวทางการจัดการดินและความต้องการปุ๋ยที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในระดับหมู่บ้าน ภายในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว ซึ่งได้ทำการศึกษาในปี (พ.ศ. 2558-2559) โดยการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ ประมวลผล และจัดทำแผนที่ตามพิกัดทางภูมิศาสตร์ของลักษณะพื้นที่และคุณสมบัติสำคัญของดิน ที่จะใช้ในการเพิ่มผลผลิตข้าวให้ได้ตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาที่ดินเพื่อการเกษตรของลาว โดยได้แบ่งการเก็บข้อมูลอำเภออุทุมพร ซึ่งมีพื้นที่ทั้งสิ้น 676,481.77 ไร่ ออกตามความลาดชันและประเภทเนื้อดิน (ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว) แล้วกระจายการเก็บตัวอย่างดินตามกระบวนการสำรวจดินพร้อมจุดพิกัดทั้งหมด 41 จุด นำดินที่สุ่มเก็บจากพื้นที่มาวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชและคุณสมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ 7 ปัจจัย คือ ปริมาณค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน และความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง เพื่อใช้ประเมินศักยภาพพื้นที่ธาตุอาหารพืชในดิน จากนั้นได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การสร้างแผนที่ของทั้ง 7 ปัจจัยที่ทำการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า ดินในอำเภออุทุมพรส่วนใหญ่เป็นดินทราย จำนวน 638,413.24 ไร่ (ร้อยละ 94.37) รองลงมา คือ เป็นพื้นที่ดินทรายแฉะ จำนวน 38,060.29 ไร่ (ร้อยละ 5.63) มีพื้นที่ดินร่วนน้อยมาก คือ 8.24 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่มีความเป็นกรดรุนแรงมากที่สุดถึงกรดจัด, ปริมาณไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, ความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างมีต่ำถึงค่อนข้างต่ำ และอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าต่ำถึงต่ำที่สุดกระจายอยู่ทั่วอำเภอ ในขณะที่มีพื้นที่ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างสูงถึงสูงกระจายอยู่ทั่วไป ทั้งนี้จึงส่งผลให้พื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ถึงค่อนข้างต่ำ จำนวน 493,411.21 ไร่ (ร้อยละ 72.94) และ 183,070.58 ไร่ (ร้อยละ 27.06) และ เนื่องจากพื้นที่ที่มีความเป็นกรดรุนแรงมากที่สุด กรดจัดมาก และกรดจัด จึงควรปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินพร้อมกับเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ กิโลกรัมต่อไร่ และจำนวนหมูบ้าน ในอัตรา 160, 160, 80 กิโลกรัมต่อไร่, 1,600, 960, 800 กิโลกรัมต่อไร่ และ 50, 14, 4 หมูบ้าน ตามลำดับ การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังช่วยให้การประเมินศักยภาพของพื้นที่ปลูกข้าวในรูปแบบแผนที่มีความเป็นระบบ ชัดเจน สามารถสร้างโมเดล เพื่อทดลองและการจัดการปรับปรุงดินให้สามารถเพิ่มศักยภาพการผลิตได้ในอนาคต ทั้งการปรับปรุงคุณสมบัติดินและเพิ่มธาตุอาหารพืช การเลือกพื้นที่ให้เหมาะสมกับชนิดพืช หรือการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความทนทานต่อสภาพดินในพื้นที่

**คำสำคัญ:** ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์, การประเมินพื้นที่ธาตุอาหารพืชในดิน, การปลูกข้าว, สปป ลาว

Thesis Title	THE APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM ON SOIL NUTRIENT ASSESSMENT FOR RICE PLANTATION CASE STUDY: OUTHOUMPHONE DISTRICT, SAVANNAKHET PROVINCE, LAO PDR
Author	Mr. Xaysavanh Inthavong
Degree	Master of Science
Major Field /Faculty/University	Technology for Rural Development Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Naruemon Pinniam Chanapaitoon, Ph.D.
Academic Years	2016

## ABSTRACT

This research aims to (1) study soil characteristics of rice plantation in Outhoumphone district, Savannakhet province, Lao PDR. (2) assess soil nutrients and soil fertility of nutrients mapping for rice plantation in the area by applying Pairwise Comparison method with Simple Additive Weighting (SAW), and (3) propose the soil management guidelines and the fertilizer need of the appropriated plant nutrients in the soil to the village. Geographic Information System (GIS) has been applied to process overall data base, analyzed, and prepared maps with geographical coordinates for the effective national agricultural land use plan of Lao PDR. Land and soil characteristics of the district covered the area of 676,481.77 rai during 2015-2016 has been classified by the slope and soil texture (sand, silt, and clay) for field investigation and soil collection of 41 samples which represented each location. Soil samples were analyzed in laboratory by applying the standard soil survey and laboratory analytical methods for its macronutrient elements and properties, consisting of 7 factors which were the amount of Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), soil acid-alkaline (pH), soil organic matter (OM), cation exchange

capacity of the soil (CEC) and base saturation (BS). Results were used in soil suitability assessment by applying the mathematical database management model. GIS Database analytical results were used to evaluate land potential by creating maps and overlaying soil suitability data for rice potential land use.

It was found that soil in the study area was mostly sand; 638,413.24 rais (94.37 percent), silt area 38,060.29 rais (5.63 percent), and slightly loam area (8.24 rais) with strongly to very strong acidity together with low to the lowest amount of N, P, K, OM, and BS scattering around district area. However, the data of high CEC level in the soil implied that land potential for rice plantations should be risen up with suitable soil nutrients management. The areas of district have mostly low, quite low of soil fertility amount 493,411.21 rais (72.94 percent), 183,070.58 rais (27.06 percent) respectively. The areas has very strong acidity, strong acidity and acidity which of soil need lime, organic fertilizer kg/rais and amount 160, 160, 80 kg/rais, 1,600, 960, 800 kg/rais and 50, 14, 4 village respectively. The application of GIS was able to support the assessment of land potential for rice plantation in systematic, adjustable, and explicitly process shown in maps of the area. The experiment models of soil adjustment and land management could be tested for the future treatments. Beside the adjustment of soil property treatment, the future practices could consider the suitable land utilization for proper crops or applying the selective varieties of rice for this district.

**Keywords:** Geographic Information Systems, Multi-Criteria Decision Analysis, Soil nutrient assessment, Rice plantation, Lao PDR



## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาอย่างยิ่ง จากบุคคลหลายท่าน ในหลายองค์กร ผู้ศึกษา จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในความสำเร็จมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ กองทุนการศึกษาพระราชทานสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาครั้งนี้จนเสร็จสิ้นด้วยดี

ขอขอบพระคุณ กรมพัฒนาที่ดินประเทศไทย กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว และสำนักงานเกษตรกรและป่าไม้อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว บุคลากรทุกท่านที่มอบมิตรภาพและให้คำปรึกษาแก่ผู้ศึกษาในการสำรวจและเก็บข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่เริ่มต้นจนงานวิจัยเสร็จสิ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สถาพร ใจอารีย์ ประธานกรรมการ รองศาสตราจารย์ ดร.สุเพชร จิระจกรกุล กรรมการวิทยานิพนธ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร. นฤมล พินเนียม ชนะไพฑูรย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และการสนับสนุนที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัยอย่างใกล้ชิดโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ของภาควิชาเทคโนโลยีชนบท และอาจารย์พิเศษทุกท่าน ที่ได้ทุ่มเทถ่ายทอดวิชาความรู้ และแนวคิดอย่างหลากหลาย รวมถึงผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการเสนอแนะความคิดเห็นเพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีชนบททุกท่าน อาทิ คุณพิระวัฒน์ แก้ววิการณ และคุณสุนันต์ อ่วมกระพุ่ม ที่ช่วยเหลือในด้านเทคนิค งานเอกสารต่าง ๆ ซึ่งผู้ศึกษาวิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ เพื่อนนักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาอย่างดีเสมอมา และด้วยผมเป็นนักศึกษาจาก สปป ลาว อาจเขียนถ่ายทอดงานวิทยานิพนธ์เป็นภาษาไทยได้ไม่สมบูรณ์ ต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

ท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดา ผู้ให้กำเนิด ผู้อบรมสั่งสอน ครอบครัว และพี่น้องที่สนับสนุนส่งเสริมการศึกษาอย่างดีตลอดมา ซึ่งผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา

นายไชสະหັນ อินทวง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(13)
สารบัญภาพ	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.4 ขอบเขตของเบื้องต้น	4
1.5 ขอบเขตของการศึกษา	5
1.6 กระบวนการศึกษา	5
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
1.8 ขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัย	7
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 ทบทวนวรรณกรรม	8
2.1.1 ทฤษฎีการดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน	8
2.1.1.1 ดินและความสำคัญ	8
2.1.1.2 กำเนิดของดิน	9

(1) ภูมิอากาศ	10
(2) สิ่งมีชีวิตหรือปัจจัยทางชีวภาพ	10
(3) สภาพภูมิประเทศ	10
(4) วัตถุดิบกำเนิดของดิน	10
(5) เวลา	10
2.1.1.3 ส่วนประกอบของดิน	10
2.1.1.4 เนื้อดิน	11
(1) กลุ่มดินทราย	11
(2) กลุ่มดินร่วน	11
(3) กลุ่มดินเหนียว	11
2.1.1.5 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	12
2.1.2 การจัดการดินเพื่อเกษตรกรรม	13
2.1.2.1 การจัดการดินสำหรับการผลิตพืช	13
2.1.2.2 การสำรวจดิน	14
2.1.2.3 การเก็บตัวอย่างดิน	14
2.1.3 ธาตุอาหารพืช	15
2.1.3.1 ธาตุอาหารที่ได้จากอากาศ และ น้ำ	15
2.1.3.2 ธาตุที่ได้จากดิน	15
(1) ธาตุอาหารหลัก	15
(2) ธาตุอาหารรอง	17
(3) ธาตุอาหารเสริมหรือจุลธาตุ	20
2.1.3.3 คุณสมบัติทางเคมีของดิน	20
(1) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	20
(2) ความต้องการปุ๋ยของดิน	21
(3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน	22
(4) การเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดิน	24
(5) ค่าการนำไฟฟ้า	24
(6) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน	25
(7) ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง	26
(8) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดิน	27

2.1.3.4 การวิเคราะห์ดิน	28
2.1.3.5 วิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน	28
(1) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	28
(2) การวิเคราะห์ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน	29
(3) การวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน	31
(4) การวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน	31
(5) การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมในดิน	33
(6) การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	34
2.1.3.6 การจัดการธาตุอาหารพืชในดิน	37
2.1.4 ข้าว	38
2.1.4.1 ความสำคัญของข้าว	38
2.1.4.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกข้าว	39
(1) ความสูงของพื้นที่	39
(2) ดิน	39
(3) ปริมาณน้ำ	39
(4) แสงอาทิตย์	39
(5) อุณหภูมิ	39
(6) ความชื้นสัมพัทธ์	39
(7) ลม	40
2.1.4.3 การจำแนกข้าว	40
(1) การจำแนกข้าวตามคุณสมบัติของเมล็ดข้าว	40
(2) จำแนกข้าวตามฤดูกาลหรือการตอบสนองต่อช่วงแสง	40
(3) การจำแนกตามฤดูการปลูก	40
2.1.5 การปลูกข้าวในพื้นที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต สปป ลาว	41
2.1.5.1 ชนิดข้าว	41
(1) ข้าวเหนียว	41
(2) ข้าวเจ้า	41
2.1.5.2 วิธีการเพาะปลูกข้าว	41
(1) การปลูกข้าวนาดำ	41
(2) การปลูกข้าวนาหว่าน	43

(3) การปลูกข้าวนาหยอด	44
2.1.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	44
2.1.6.1 องค์ประกอบของ GIS	44
(1) ฮาร์ดแวร์	44
(2) ซอฟต์แวร์	44
(3) บุคลากร	44
(4) วิธีปฏิบัติงาน	45
(5) ข้อมูล	45
2.1.6.2 ประเภทข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	45
(1) ข้อมูลเชิงพื้นที่	45
(2) ข้อมูลคุณลักษณะ	45
2.1.6.3 ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่	45
(1) รูปแบบแรสเตอร์	45
(2) รูปแบบเวกเตอร์	46
2.1.6.4 ลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะ	46
2.1.6.5 หลักการและความหมายฐานข้อมูล	46
(1) ข้อมูล	46
(2) ข้อมูลสารสนเทศ	47
(3) ฐานข้อมูล	47
2.1.6.6 การประมาณค่าในช่วง (Interpolation)	47
2.1.6.7 วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging	47
2.1.6.8 ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก	49
2.1.6.9 การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์	49
2.1.7 พื้นที่ศึกษา	54
2.1.7.1 ความสำคัญและนโยบายการพัฒนาพื้นที่	54
2.1.7.2 ข้อมูลทั่วไปของอำเภออุทุมพร	54
(1) ที่ตั้งและอาณาเขต	54
(2) ภูมิประเทศอำเภออุทุมพร	57
(3) ภูมิอากาศ	57
(4) ภูมิสังคม	57

	(10)
(5) การเกษตร	57
2.1.7.3 ดินและการจัดการดินเพื่อการเกษตรในอำเภออุทุมพร	58
(1) สภาพดินและปัญหา	58
(2) การจัดการดินเพื่อการเกษตร	58
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	64
 บทที่ 3 วิธีการวิจัย	 69
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	69
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	70
3.3 วิธีดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล	71
3.3.1 วิธีการเก็บข้อมูลภาคสนาม	71
3.3.1.1 การเก็บข้อมูลดินในภาคสนาม	71
3.3.1.2 การเก็บตัวอย่างดิน	71
3.3.1.3 การวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ	72
3.3.2 กรอบแนวคิดรวมในการดำเนินงานวิจัย	73
3.3.2.1 ข้อมูลจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช	73
3.3.2.2 การวิเคราะห์ตัดสีนใจแบบพหุเกณฑ์	73
3.3.2.3 เพื่อให้ได้พื้นที่ธาตุอาหารพืชให้เกษตรกรใช้	74
3.3.3 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์	74
3.3.3.1 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 1	74
3.3.3.2 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 2	74
3.3.3.3 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 3	76
3.4 กรอบแนวคิดรวมของงานวิจัย	77
3.4.1 กรอบแนวคิดรวมในการดำเนินงานวิจัย	77
3.4.2 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 1	78
3.4.3 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 2	79
3.4.4 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 3	80

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	81
4.1 การประเมินพื้นที่เนื้อดินและคุณภาพธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว	81
4.1.1 การประเมินเนื้อดิน	82
4.1.2 คุณภาพธาตุอาหารพืชในดิน	87
4.1.2.1 พื้นที่คุณภาพความเป็นกรดเป็นด่างในดิน	87
4.1.2.2 พื้นที่คุณภาพอินทรีย์วัตถุในดิน	90
4.1.2.3 พื้นที่คุณภาพไนโตรเจน	93
4.1.2.4 พื้นที่คุณภาพฟอสฟอรัส	96
4.1.2.5 พื้นที่คุณภาพโพแทสเซียม	99
4.1.2.6 พื้นที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	102
4.1.2.7 พื้นที่ความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง	106
4.2 การจัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืช	109
4.2.1 พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดิน	112
4.3 การศึกษาแนวทางการจัดการดินและความต้องการธาตุอาหารพืชในดิน	114
4.3.1 พื้นที่เนื้อดินตามความอุดมสมบูรณ์ของดิน	115
4.3.2 พื้นที่และการจัดการอัตราปุ๋ยตามความอุดมสมบูรณ์ของดิน	115
4.3.3 พื้นที่ที่ต้องการปริมาณความต้องการปุ๋ย และปุ๋ยอินทรีย์	119
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	123
5.1 สรุปผลการวิจัย	123
5.1.1 การวิจัยพื้นที่เนื้อดิน และคุณภาพธาตุอาหารพืชในดิน	123
5.1.2 การวิเคราะห์จัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดิน	124
5.1.3 การวิเคราะห์เสนอแนวทางการจัดการดินและความต้องการธาตุอาหารพืช ที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในระดับหมู่บ้าน	124
5.2 ข้อเสนอแนะ	125
รายการอ้างอิง	127

ภาคผนวก	132
ภาคผนวก ก แบบสอบถามการให้ค่าน้ำหนัก และค่าคะแนนความสำคัญของช่วงปัจจัย	133
ภาคผนวก ข การคำนวณค่าน้ำหนัก	141
ภาคผนวก ค ค่าคะแนนแบบสอบถามจากผู้ทรงคุณวุฒิ	145
ภาคผนวก ง ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ศึกษา	151
ภาคผนวก จ การแนะนำการใส่ปุ๋ยและการใส่ปูน	154
ภาคผนวก ช พื้นที่ตัวอย่างดิน	155
ประวัติผู้เขียน	158





## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยวิธีการประเมินผลการวิเคราะห์ดิน	13
2.2 ปริมาณธาตุอาหารและศักยภาพดินสำหรับการปลูกพืช	14
2.3 ระดับปริมาณไนโตรเจน ที่เป็นประโยชน์ในดิน	16
2.4 ระดับปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ในดิน	16
2.5 ระดับปริมาณโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ในดิน	17
2.6 ระดับปริมาณแคลเซียม ที่เป็นประโยชน์ในดิน	18
2.7 ระดับปริมาณแมกนีเซียม ที่เป็นประโยชน์ในดิน	19
2.8 ระดับปริมาณกำมะถัน ที่เป็นประโยชน์ในดิน	20
2.9 การจัดระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	21
2.10 ปริมาณความต้องการปูนเพื่อปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	22
2.11 ปริมาณปูนเพื่อปรับสภาพดิน	22
2.12 ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของอินทรีย์วัตถุในดิน	24
2.13 อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช	25
2.14 ระดับปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	26
2.15 อัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง	27
2.16 ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก) ที่แนะนำเกษตรกร	28
2.17 ระดับความสำคัญของปัจจัยสำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่	52
2.18 ดัชนีการสู่มไม่สอดคล้อง	53
2.19 การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภออุทุมพร	55
2.20 เขตเกษตรกรรมในอำเภออุทุมพร	58
2.21 การจัดระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน	59
2.22 การจัดระดับอินทรีย์วัตถุของดิน	60
2.23 การจัดระดับไนโตรเจนในดิน	60
2.24 การจัดการธาตุอาหารฟอสฟอรัส	61
2.25 การจัดระดับธาตุโพแทสเซียม	61
2.26 ปริมาณปูนและปุ๋ยหมัก เพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน	62
2.27 ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับข้าวนาปี	63

2.28 ปริมาณปุ๋ย ฟอสฟอรัสสำหรับข้าวนาปี	63
2.29 ปริมาณปุ๋ย โปแทสเซียมสำหรับข้าวนาปี	64
3.1 การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิ	69
3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์	70
3.3 ข้อมูลจากแผนที่	70
4.1 ผลการวิเคราะห์พื้นที่เนื้อดินในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์	84
4.2 จำนวนหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่แต่ละเนื้อดินในอำเภออุทุมพร	86
4.3 ผลการวิเคราะห์ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง	88
4.4 ผลการวิเคราะห์ระดับอินทรียวัตถุในดิน	91
4.5 ผลการวิเคราะห์ระดับไนโตรเจนในดิน	94
4.6 ผลการวิเคราะห์ระดับฟอสฟอรัสในดิน	98
4.7 ผลการวิเคราะห์ระดับโปแทสเซียมในดิน	101
4.8 ผลการวิเคราะห์ระดับความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	104
4.9 ผลการวิเคราะห์ระดับความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน	108
4.10 ค่าน้ำหนักความสำคัญ และค่าคะแนนระดับของปัจจัย	110
4.11 ค่าน้ำหนักความสำคัญ และค่าคะแนนระดับของปัจจัย ตามค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด	112
4.12 การแบ่งค่าช่วงคะแนนความอุดมสมบูรณ์ของดินตามค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด	112
4.13 ผลการวิเคราะห์พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว	113
4.14 จำนวนหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่ความเป็นกรดเป็นด่างในอำเภออุทุมพร	116
4.15 อัตราปุ๋ยที่ควรใส่ในแต่ละพื้นที่ตามความอุดมสมบูรณ์ของเนื้อดิน	117
4.16 อัตราและปริมาณความต้องการปุ๋ย และปุ๋ยอินทรีย์ที่ควรจัดใส่ในนา	121

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 แผนที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต สปป ลาว	3
2.1 ปัจจัยกำเนิดดิน	9
2.2 สามเหลี่ยมประเภทเนื้อดิน	12
2.3 วิธีประมาณค่าแบบช่วง	48
2.4 การประมาณค่าในช่วงของธาตุอาหารพืช	48
2.5 ที่ตั้งและอาณาเขตของอำเภออุทุมพร	56
2.6 แผนที่เขตการปกครองอำเภออุทุมพร	56
3.1 จุดเก็บตัวอย่างดินในอำเภออุทุมพร	73
3.2 กรอบแนวคิดรวมของงานวิจัย	77
3.3 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 1	78
3.4 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 2	79
3.5 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 3	80
4.1 จุดเก็บตัวอย่างของเนื้อดินในอำเภออุทุมพร	82
4.2 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของดินทรายในอำเภออุทุมพร	82
4.3 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของดินทรายแป้งในอำเภออุทุมพร	83
4.4 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของดินร่วนในอำเภออุทุมพร	83
4.5 เนื้อดินในอำเภออุทุมพร	84
4.6 การจำแนกพื้นที่เนื้อดินในอำเภออุทุมพร	85
4.7 พื้นที่ตัวอย่างในอำเภออุทุมพร	85
4.8 จุดเก็บตัวอย่างดินของความเป็นกรดเป็นด่างในดิน	87
4.9 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของความเป็นกรดเป็นด่างในดิน	88
4.10 คุณภาพความเป็นกรดเป็นด่างในดิน	89
4.11 การจำแนกพื้นที่ความเป็นกรดเป็นด่างในดิน	89
4.12 จุดเก็บตัวอย่างดินของความเป็นกรดเป็นด่างในดิน	90
4.13 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของอินทรีย์วัตถุในดิน	91
4.14 คุณภาพอินทรีย์วัตถุในดิน	92
4.15 การจำแนกพื้นที่อินทรีย์วัตถุในดิน	92

4.16 จุดเก็บตัวอย่างดินของไนโตรเจนในดิน	93
4.17 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของไนโตรเจนในดิน	94
4.18 คุณภาพไนโตรเจนในดิน	95
4.19 การจำแนกพื้นที่ไนโตรเจนในดิน	95
4.20 จุดเก็บตัวอย่างดินของฟอสฟอรัสในดิน	96
4.21 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของฟอสฟอรัสในดิน	97
4.22 คุณภาพฟอสฟอรัสในดิน	98
4.23 การจำแนกพื้นที่ฟอสฟอรัสในดิน	99
4.24 จุดเก็บตัวอย่างดินของโพแทสเซียมในดิน	100
4.25 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของโพแทสเซียมในดิน	100
4.26 คุณภาพโพแทสเซียมในดิน	101
4.27 การจำแนกพื้นที่โพแทสเซียมในดิน	102
4.28 จุดเก็บตัวอย่างดินความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	103
4.29 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	103
4.30 คุณภาพความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	105
4.31 การจำแนกพื้นที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	105
4.32 จุดเก็บตัวอย่างดินของความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน	106
4.33 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน	107
4.34 คุณภาพความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน	108
4.35 การจำแนกพื้นที่ความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน	109
4.36 ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว	113
4.37 การจำแนกพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว	114
4.38 ความอุดมสมบูรณ์ตามเนื้อดินในแต่ละหมู่บ้านของอำเภออุทุมพร	118
4.39 การจำแนกพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ตามเนื้อดินในอำเภออุทุมพร	118
4.40 พื้นที่ความต้องการปุ๋ย และปุ๋ยอินทรีย์ในอำเภออุทุมพร	120

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ตามทิศทางและแผนพัฒนาเศรษฐกิจ-สังคมของพรรคและรัฐบาลแห่งสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป ลาว) ได้มุ่งเน้นการผลิตข้าวเป็นหลัก เพื่อความมั่นคงทางด้านอาหารและสร้างรายได้แก่เกษตรกรและประเทศชาติโดยรวม ทั้งนี้ในการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การวางแผนการใช้ที่ดิน อนุรักษ์และพัฒนาที่ดินเพื่อการเกษตรของกระทรวงเกษตรและป่าไม้ สปป ลาว (พ.ศ. 2558-2568) ได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาและอนุรักษ์ดินเพื่อการเกษตร ตามคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมีและชีววิทยาของที่ดิน เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตอาหารและสร้างรายได้ โดยเน้นการกำหนดเขตวางแผนใช้ที่ดิน วิเคราะห์ และประเมินคุณภาพที่ดินเพื่อการเกษตรในระดับจุลภาค (ตำบล/หมู่บ้าน) ทั่วประเทศ (กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556, น. 1)

ตามเป้าหมายของแผนยุทธศาสตร์การเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อการบริโภคของประชากรและส่งออกของประเทศ เมื่อสิ้นสุดแผนในปี พ.ศ. 2563 สปป ลาวซึ่งคาดว่าจะมีจำนวนประชากร 7.5 ล้านคนและจะสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวเป็น 4.7 ล้านเมตริกซ์ตัน จากพื้นที่ทำการเกษตร 4.5 ล้านเฮกตาร์ หรือร้อยละ 19 ของประเทศ ในนี้มีพื้นที่ปลูกข้าว 2.04 ล้านเฮกตาร์ (คำนวณจากอัตราการบริโภคข้าวเฉลี่ย 450-500 กิโลกรัม/คน/ปี) หรือมีศักยภาพการผลิตข้าว 4.5-5 ล้านตัน/เฮกตาร์ ขณะที่ใน พ.ศ. 2558 สปป ลาว มีจำนวนประชากรเพียง 6.4 ล้านคน และมีความสามารถในการผลิตเพียง 3-4 ล้านตัน/เฮกตาร์ มีผลผลิตข้าว 4.2 ล้านตันต่อปี (กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2558, น. 7-8) รัฐบาลแห่งสปป ลาว จึงตั้งเป้าหมายในการพัฒนาพื้นที่ปลูกข้าวทั่วประเทศใน 7 ที่ราบขนาดใหญ่ 16 ที่ราบขนาดกลาง 12 ที่ราบขนาดเล็ก และพื้นที่นาบนที่ราบสูง (กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556, น. 6)

เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว จึงจำเป็นต้องสำรวจดินและประเมินคุณภาพพื้นที่สำหรับการเกษตรในขอบเขตที่ราบทั่วประเทศ และโดยเฉพาะที่ราบใหญ่ ซึ่งจังหวัดสุวรรณเขต นับเป็นที่ราบขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศ และมีอำเภออุทุมพรตั้งอยู่ใจกลางที่ราบสุวรรณเขตของจังหวัดนี้ มีความเหมาะสมในการผลิตข้าวเพื่อตอบสนองความต้องการบริโภคของภูมิภาคอื่น ๆ ของ สปป ลาว ตลอดจน อีกทั้งยังมีศักยภาพที่จะเป็นตัวแทนให้แก่พื้นที่จังหวัดอื่น ซึ่งมีลักษณะเป็นที่ราบของประเทศด้วย

อย่างไรก็ตาม แม้การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินของพื้นที่นาปี ในเขตที่ราบดังกล่าว จะมีความสำคัญ และจำเป็นต่อการกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยในพื้นที่ และการวางแผนการปลูกข้าวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิตข้าวต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น แต่การสำรวจที่ผ่านมายังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ทั้งอำเภอ จึงทำให้การกำหนดแนวทางการจัดการพื้นที่เป็นไปอย่างไม่ครอบคลุมทั่วถึง (กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556, น. 1)

พื้นที่นาในอำเภออุทุมพร ส่วนใหญ่เป็นดินทราย (ร้อยละ 90) มีแร่ธาตุอาหารพืชต่ำกว่าดินสำหรับปลูกพืชอื่น ๆ ทั่วไป เมื่อใช้พื้นที่ปลูกข้าวติดต่อกันมาหลายร้อยปี จึงทำให้ดินเสื่อมโทรมได้ผลผลิตข้าวต่ำ ในการเพิ่มผลผลิตข้าวที่ผ่านมาปริมาณธาตุอาหารพืชก็ยิ่งขาดแคลน การกำหนดให้มีผลผลิตข้าวสูง จึงจำเป็นต้องเติมธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมและถูกต้อง ที่ผ่านมากษัตริกรในพื้นที่ดังกล่าวมักใส่ปุ๋ยไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น ใส่มากเกินไปจนจำเป็นหรือน้อยจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชที่จะนำไปใช้ (สำนักงานการเกษตรและป่าไม้ อำเภออุทุมพร, 2556, น. 2) ซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของดิน มีความเกี่ยวข้องกับธาตุอาหารพืชในดิน เพราะจะส่งผลต่อการตอบสนองธาตุอาหารต่าง ๆ ที่จำเป็น ในรูปที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ และเนื่องจากธาตุอาหารมีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมาก พืชจะเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงเมื่อได้รับปัจจัยต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงจึงเป็นดินที่ให้อาหารแก่พืชได้ครบทุกธาตุในปริมาณที่เพียงพอและสมดุล (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548, น. 1)

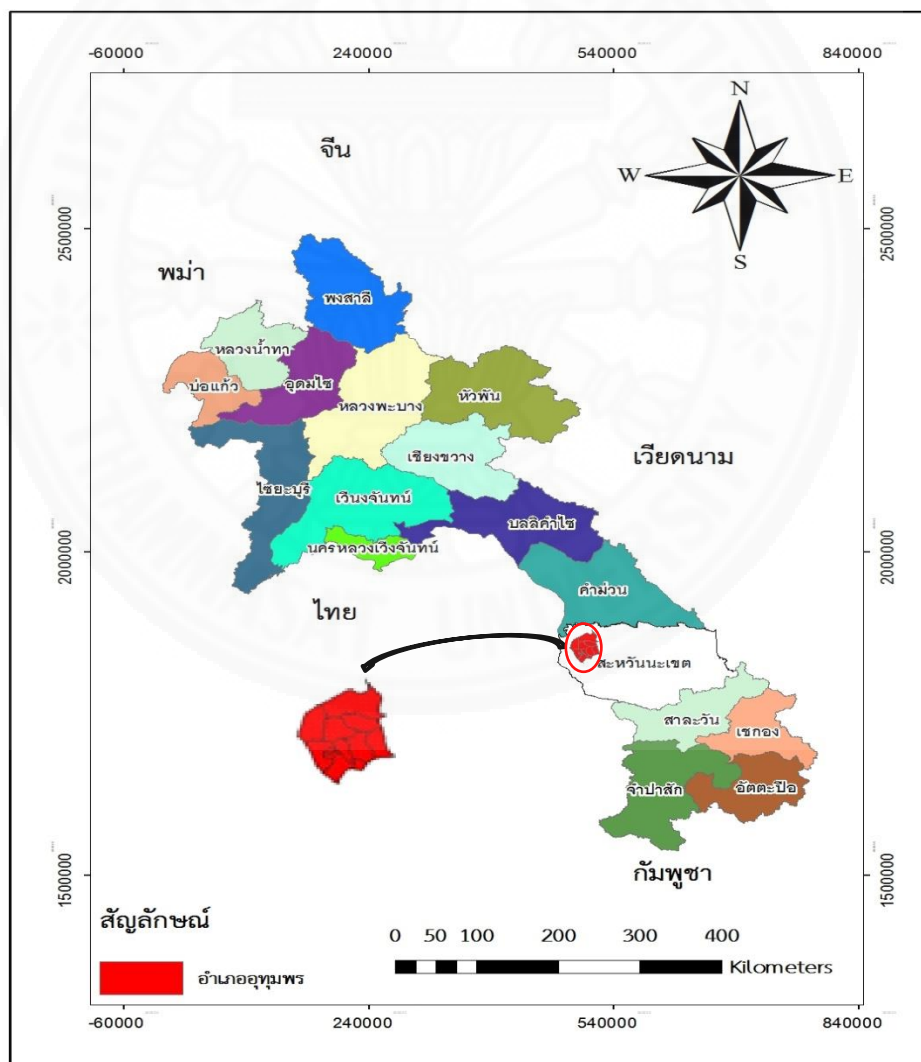
ข้าว เป็นพืชอาหารหลักประชาชน ตามแผนยุทธศาสตร์ของ สปป ลาว นั้น นับเป็นอาหารหลักของประชากรกว่าร้อยละ 50 ของโลกมาช้านานแล้ว โดยเฉพาะในทวีปเอเชีย ทั้งนี้ข้าวถูกใช้เป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั่วโลกบริโภค ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสองทั่วโลกรองจากข้าวโพด แต่เป็นธัญพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์ (FAOSTAT, 2014)

ในการวางแผนจัดการพื้นที่ระดับประเทศนั้น การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการรวบรวมและบันทึกข้อมูลด้านทรัพยากรดิน สิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติให้อยู่ในรูปแบบเชิงพื้นที่ที่อ้างอิงถึงตำแหน่งภูมิศาสตร์และข้อมูลทางสถิติ เพื่อประโยชน์ในการวางแผน การจัดการ การเลือกใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์จะสามารถช่วยให้การจำลองสภาพความเป็นจริงเชิงพื้นที่จากโลกความจริง (Real World) ให้เข้าไปอยู่ในรูปของฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในโลกของดิจิทัล (Digital World) สำหรับใช้ในการจัดการเชิงพื้นที่ ซึ่งสามารถดูและระบบและจัดการแก้ไข ข้อมูลให้เป็นปัจจุบันได้อยู่เสมอ การสืบค้นและวิเคราะห์สามารถทำได้โดยสะดวก รวดเร็ว

แม่นยำ ซึ่งข้อมูลจะประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงอธิบาย (Non-Spatial Data) ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดข้อมูลตำแหน่งของข้อมูลเชิงพื้นที่ (สุภารัตน์ ใจอุดม, 2550)

ด้วยเหตุที่ข้อมูลธาตุอาหารในดินสำหรับการปลูกข้าว เพื่อใช้ในการกำหนดแผนและการจัดการเพิ่มผลผลิตใน สปป ลาว ยังมีความจำกัดที่จะจัดทำฐานข้อมูลในรูปแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่สามารถดำเนินต่อเนื่องได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ เพื่อเป็นเครื่องมือในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงดิน, แนะนำเกษตรกร, และจัดการด้านอื่น ๆ ต่อไปในอำเภออุทุมพร

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการนำระบบภูมิสารสนเทศมาประยุกต์ในการศึกษาประเมินพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินคุณภาพธาตุอาหารพืชในดินและจัดทำเป็นแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของดินในอำเภออุทุมพร เพื่อใช้เป็นต้นแบบแก่พื้นที่อื่น ๆ ใน สปป ลาว ต่อไป



ภาพที่ 1.1 อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว, โดย กรมคุ้มครอง และพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาลักษณะสมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวของอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

1.2.2 ประเมินพื้นที่และจัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าวของอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

1.2.3 เสนอแนวทางการจัดการดินและความต้องการปุ๋ยที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในระดับหมู่บ้าน ภายในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ทำนา เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวของอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต

1.3.2 เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและการจัดการดินอย่างเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกัน เพื่อประหยัดต้นทุนในการผลิตของเกษตรกร

1.3.3 เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิต ในขณะที่มีผลตอบแทนสูงขึ้น ส่งผลให้มีชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น ลดความยากจน และลดการเคลื่อนย้ายแรงงานออกนอกพื้นที่

1.3.4 เป็นฐานข้อมูลทางวิชาการของอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต ซึ่งกรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดินเกษตร กระทรวงการเกษตรและป่าไม้ สปป ลาวและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและเอกชนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

## 1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

เนื่องจากการคาดคะเนความอุดมสมบูรณ์ของดินจากผลการวิเคราะห์ดินโดยพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารพืชชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดิน ซึ่งอ้างอิงตามวิธีการคาดคะเนความอุดมสมบูรณ์ของผู้เชี่ยวชาญทางดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 1983) เป็นการนำผลวิเคราะห์ดินทุกด้านมาใช้ในการคาดคะเนความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้น ค่อนข้างมีข้อจำกัดในทางปฏิบัติสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

ดังนั้น ในการศึกษารวบรวมข้อมูลพื้นที่ระดับอำเภออุทุมพร จะเลือกใช้ข้อมูลเฉพาะคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญเท่านั้น เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM), ปริมาณไนโตรเจน (N), ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P), ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์



(K), ค่าความสามารถในแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) และค่าที่ดินดุดยิตไว้ (BS) ถ้าพื้นที่ใด ๆ มีคุณสมบัติดังกล่าวเหมาะสมเพียงพอ ก็จะถือว่าพื้นที่นั้นมีธาตุอาหารที่จำเป็นเพียงพอและมีสภาพที่เหมาะสมด้วย

## 1.5 ขอบเขตของการศึกษา

1.5.1 ประเมินปริมาณธาตุอาหารพืชในดินที่สามารถระบุถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ดินนั้น คือ

- (1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter: OM)
- (2) ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ( Available Nitrogen: N)
- (3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus: P)
- (4) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available Potassium: K)
- (5) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity: CEC)
- (6) ปริมาณธาตุที่เป็นค่าที่ดินดุดยิตไว้ (Base Saturation: BS)

1.5.2 ประเมินปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชในดิน (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม)

1.5.3 ปริมาณความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เพื่อประเมินความต้องการปุ๋ยในพื้นที่

1.5.4 การศึกษางานวิจัยนี้ครอบคลุมเฉพาะพื้นที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

1.5.5 การประเมินพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินนี้จะเน้นผลในทางปฏิบัติ เพื่อใช้เสนอแนะการจัดการดินและความต้องการธาตุอาหารพืชในดินแก่เกษตรกรภายในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

## 1.6 กระบวนการศึกษา

1.6.1 ทบทวนวรรณกรรม สำรวจพื้นที่ และการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) และทุติยภูมิ (Secondary data) และได้ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น หนังสือ วารสาร เอกสาร รวมทั้งการค้นคว้าข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ต

1.6.2 นำผลการประเมินค่าธาตุอาหารพืช คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุ (OM) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ

บวกของดิน (CEC) และความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง (BS) จากห้องวิเคราะห์ และค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ (X, Y) ในแต่ละจุดตรวจดิน เข้าสู่กระบวนการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) ด้วยวิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging และการจัดชั้นธาตุอาหาร (Reclassify) ได้แผนที่ธาตุอาหารพืชดังกล่าว ในพื้นที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

1.6.3 ทำการวิเคราะห์หาความอุดมสมบูรณ์ของดินสำหรับการปลูกข้าวของเกษตรกร โดยวิธีซ้อนทับ (Overlay) แผนที่ธาตุอาหาร คือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) และค่าที่ดินดุดยิดไว้ (BS) เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ตัดสีใจแบบพหุเกณฑ์ วิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) ร่วมกับการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (SAW) ได้แผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืช ในพื้นที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว

1.6.4 นำข้อมูลแผนที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) มาซ้อนทับกัน (Overlay) กับแผนที่เนื้อดิน (Soil Texture) ได้แผนที่ความต้องการธาตุอาหารพืชและแนะนำเกษตรกรในแต่ละหมู่บ้านในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาวใช้ต่อไป

## 1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

**ดิน (Soil)** ในด้านการเกษตร หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากหินและแร่ที่สลายตัวผุพังเป็นชั้นเล็กชั้นน้อย มาผสมคลุกเคล้ากับอินทรีย์วัตถุที่เน่าเปื่อยผุพัง รวมตัวกับน้ำและอากาศในสัดส่วนที่เหมาะสม เกิดเป็นชั้น ๆ ห่อหุ้มเปลือกโลกไว้ช่วยให้พืชเจริญเติบโตและยังชีพอยู่ได้

**ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Soil Fertility)** หมายถึง สมบัติของดินในการให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสมธาตุอาหารที่จำเป็น ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงจะเอื้อต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างเพียงพอ

**ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)** คือ เครื่องมือที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการนำเข้า จัดเก็บ จัดเตรียมตัดแปลง แก้ไข จัดการ และวิเคราะห์ พร้อมทั้งแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ ดังนั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จึงเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการจัดการและบริหารทรัพยากรธรรมชาติสิ่งแวดล้อม และสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลด้านพื้นที่ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นระบบการไหลเวียนของข้อมูลและการประสานข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) หรือข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ให้เป็นข่าวสารที่มีคุณภาพ

## 1.8 ขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัย



## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาถึงการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว กรณีศึกษา: อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขตนัน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ทรัพยากรดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน
2. ปัญหาและการจัดการดินเพื่อเกษตรกรรม
3. ธาตุอาหารพืช
4. การปลูกข้าว
5. การปลูกข้าวในพื้นที่อำเภออุทุมพร
6. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
7. พื้นที่ศึกษา

#### 2.1 ทบทวนวรรณกรรม

##### 2.1.1 ทรัพยากรดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

###### 2.1.1.1 ดินและความสำคัญ

พื้นผิวของโลก ประกอบด้วยส่วนที่เป็นพื้นน้ำ เช่น มหาสมุทร ทะเล ทะเลสาบ แม่น้ำ ลำธารประมาณ 3 ส่วน และพื้นดินเพียง 1 ส่วน โดยครึ่งหนึ่งของพื้นดินเป็นทะเลทราย บริเวณขั้วโลกมีน้ำแข็งปกคลุม และเป็นเทือกเขาสูงชันไม่เหมาะต่อการใช้ประโยชน์ อีกครึ่งหนึ่งของผิวดินสามารถนำมาใช้เพาะปลูกได้เพียงร้อยละ 60 ซึ่งพื้นที่ที่สามารถใช้เพาะปลูกพืชเพื่อผลิตอาหารมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, น. 2)

พื้นที่ดินเป็นทรัพยากรที่เป็นแหล่งผลิตปัจจัยสี่ทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค นอกจากนี้ยังเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญทางภาคการเกษตร การเพิ่มประชากรมนุษย์อย่างรวดเร็ว ทำให้มนุษย์มีความต้องการขยายเกษตรกรรมเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ที่มีมากยิ่งขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548, น. 1)

**“ดิน”** คือ วัตถุธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากผลของการผุพังสลายตัวของหินและแร่ต่าง ๆ ผสมคลุกเคล้ารวมกับอินทรีย์วัตถุหรืออินทรีย์สารที่ได้มาจากการสลายตัวของเศษซากพืชซากสัตว์จนเป็นเนื้อเดียวกัน มีลักษณะร่วน ไม่เกาะกันแข็งเป็นหิน เกิดขึ้นปกคลุมพื้นผิวโลกอยู่เป็น

ชั้นบาง ๆ และเป็นที่ยึดเหนี่ยวแก่พืช รวมถึงเป็นแหล่งน้ำ อาหาร และอากาศแก่สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในดินและบนดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, น. 2)

### หน้าที่ของดินทางการเกษตร มีดังนี้

1) ดินทำหน้าที่เป็นที่ให้รากพืชได้ยึดเกาะ เพื่อให้ลำต้นของพืชยืนต้นได้อย่างมั่นคงแข็งแรง ในขณะที่พืชเจริญเติบโต รากของพืชจะซอนไชหยั่งลึกแพร่กระจายลงไปในดินอย่างกว้างขวางทั้งแนวลึกและแนวราบ ดินที่ร่วนซุยและมีชั้นดินลึก รากพืชจะเจริญเติบโตได้ดี และแข็งแรง สามารถเกาะยึดดินต้านทานต่อลมพายุ ไม่ทำให้ต้นพืชล้มหรือถอนโคนได้

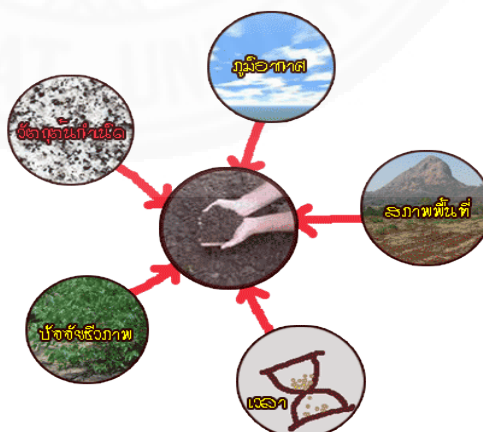
2) ดินเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยธาตุอาหารพืชจะถูกปลดปล่อยออกจากอินทรีย์วัตถุ และแร่ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของดิน ให้อยู่ในรูปที่รากพืชสามารถดึงดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย

3) ดินเป็นแหล่งเก็บกักน้ำหรือความชื้นในดิน ให้อยู่ในรูปที่รากพืชสามารถดึงดูดนำไปหล่อเลี้ยงลำต้นและสร้างการเจริญเติบโตได้ง่าย น้ำในดินจะต้องอยู่ในสภาพที่เหมาะสมเท่านั้น รากพืชจึงจะสามารถดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้

4) ดินเป็นแหล่งที่ให้อากาศในดินที่รากพืชใช้เพื่อการหายใจ ทำให้เกิดพลังงานเพื่อการดึงดูดน้ำ ธาตุอาหาร และการเจริญเติบโต ดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี รากพืชจะแข็งแรง สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้มาก ทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตดี และให้ผลผลิตสูง

#### 2.1.1.2 กำเนิดของดิน

ปัจจัยสำคัญที่ควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดดินที่มีลักษณะและสมบัติแตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ปัจจัยกำเนิดดิน. จาก คู่มือการพัฒนาที่ดิน สำหรับหมอดินและเกษตรกร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (น. 3), โดย กรมพัฒนาที่ดิน, 2553

(1) **ภูมิอากาศ (Climate)** ปัจจัยด้านภูมิอากาศที่สำคัญคือ อุณหภูมิ และหยาดน้ำฟ้า เนื่องจากเป็นตัวควบคุมการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ทั้งกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งมีผลต่ออัตราการผุพังสลายตัวของวัสดุต่าง ๆ รวมทั้งยังมีอิทธิพลต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลง เคลื่อนย้าย และสะสมวัสดุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในดินด้วย

(2) **สิ่งมีชีวิตหรือปัจจัยทางชีวภาพ (Organism)** หมายถึง พืชพรรณธรรมชาติ สัตว์ เอนไซม์ และสารต่าง ๆ ที่สิ่งมีชีวิตผลิตออกมา รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ จะมีผลต่อการสะสมอินทรีย์วัตถุในดิน การผสมคลุกเคล้าภายในหน้าตัดดิน การหมุนเวียนของธาตุอาหารพืช และความคงทนของโครงสร้างดิน เป็นต้น

(3) **สภาพภูมิประเทศ (Relief)** คือ ความสูงต่ำหรือระดับที่ไม่เท่ากันของพื้นที่ ความลาดชัน และทิศทางของความลาดชัน ซึ่งมีอิทธิพลต่ออัตราการไหลบ่าของน้ำ การชะล้างพังทลายของดิน การทับถมของอินทรีย์วัตถุในดินและอุณหภูมิดิน โดยทั่วไป ในพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก มักจะเป็นดินต้น มีชั้นดินน้อย ชั้นดินบนบาง หรืออาจจะไม่มีชั้นดินบนเลยก็ได้ มีโอกาสเกิดการชะล้างหน้าดินได้มาก

(4) **วัตถุดิบกำเนิดของดิน (Parent Material)** หมายถึง วัตถุซึ่งเกิดจากการผุพังสลายตัวของหิน แร่ และเศษซากพืชและสัตว์ ซึ่งอาจเป็นวัสดุที่เกิดจากการแปรสภาพอยู่กับที่ ในบริเวณนั้น ๆ หรือเป็นพวกตะกอนต่าง ๆ ที่ถูกเคลื่อนย้ายมาจากแหล่งอื่นโดยน้ำ ลม หรือธารน้ำแข็ง แล้วมาทับถมอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง มีอิทธิพลต่อลักษณะและสมบัติต่าง ๆ ของดินที่เกิดขึ้น

(5) **เวลา (Time)** หมายถึง ช่วงเวลาที่ต่อเนื่องกันไป โดยไม่มีเหตุการณ์ที่รุนแรงมาขัดขวางการพัฒนาตัวของดิน สามารถบ่งชี้ได้ว่าดินนั้นได้ผ่านกระบวนการผุพัง กระบวนการชะล้าง กระบวนการสะสม หรือกระบวนการแปรสภาพมาอย่างต่อเนื่องยาวนานเพียงใด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

### 2.1.1.3 ส่วนประกอบของดิน (Soil Component)

อนุภาคดินที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชแบ่งได้เป็น 4 ส่วน คือ

- (1) อนินทรีย์วัตถุ (Mineral Matter)
- (2) อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter)
- (3) น้ำ (Water)
- (4) อากาศ (Gas)

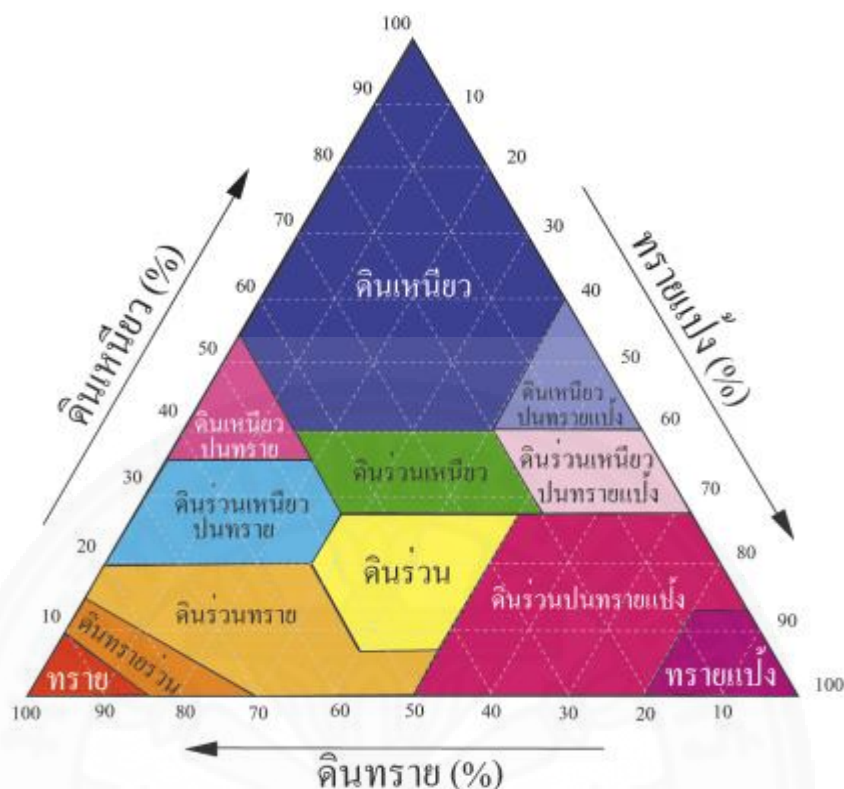
#### 2.1.1.4 เนื้อดิน (Soil Texture)

เนื้อดินหรืออนุภาคดินเป็นสมบัติที่บอกถึงความหยาบหรือละเอียดของดินที่มีผลต่อการดูดซับน้ำ การดูดซับธาตุอาหารและปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในดินซึ่งเนื้อดินแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามขนาด คือ อนุภาคขนาดทราย (มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0-0.05 มิลลิเมตร) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.05-0.002 มิลลิเมตร) และขนาดดินเหนียว (มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) โดยมีลักษณะ ดังนี้

(1) **กลุ่มดินทราย (Soil Sand)** มีองค์ประกอบของอนุภาคทรายอยู่มากกว่าร้อยละ 85 ของดินทราย และน้อยกว่าร้อยละ 15 ของดินเหนียว เกาะติดกันหลวม ๆ และมองเห็นเป็นเม็ดเดี่ยว ๆ เมื่อสัมผัสดินที่แห้งจะรู้สึกสากมือ แยกออกจากกันได้ง่าย มีการระบายน้ำและอากาศมาก แต่การอุ้มน้ำต่ำ น้ำซึมผ่านในดินได้อย่างรวดเร็ว ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เพราะความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารของพืชน้อย พืชที่ขึ้นบนดินทรายจึงมักขาดทั้งธาตุอาหารและน้ำ ได้แก่ ดินทราย และดินทรายปนดินร่วน

(2) **กลุ่มดินร่วน (Soil Loam)** ประกอบด้วยอนุภาคขนาดทรายอยู่มากกว่าร้อยละ 50 ของดินทรายแป้ง และน้อยกว่าร้อยละ 55 ของดินเหนียว ทรายแป้งและดินเหนียวในปริมาณใกล้เคียงกัน เนื้อดินค่อนข้างละเอียดและนุ่มมือ ในสภาพดินแห้งจะจับกันเป็นก้อนแข็งพอประมาณ ในสภาพดินชื้น ดินจะยึดหยุ่นได้บ้าง ดินร่วนเหมาะแก่การเพาะปลูกพืช เพราะไถพรวนง่าย มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี มักจะมีความอุดมสมบูรณ์สูง ได้แก่ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินทรายแป้ง ดินร่วนปนดินเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

(3) **กลุ่มดินเหนียว (Soil Clay)** มีอนุภาคขนาดดินเหนียวตั้งแต่ร้อยละ 20 ของดินเหนียวขึ้นไปและน้อยกว่าร้อยละ 75 ของดินทรายแป้ง มีเนื้อละเอียด ในสภาพดินแห้งจะเกาะกันเป็นก้อนแข็ง เมื่อเปียกน้ำแล้วจะมีความยึดหยุ่น สามารถปั้นเป็นก้อนหรือเป็นเส้นยาวได้เหนียวติดมือ มีทั้งที่ระบายน้ำและอากาศได้ดี และไม่ตี สามารถอุ้มน้ำ ดูดซับและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ดี เมื่อเป็นดินเหนียวจัดจะไถพรวนยาก เมื่อแห้งจะแข็งมาก แต่เมื่อเปียกจะเหนียวติดมือหรือเครื่องไถพรวน เนื้อดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย และดินเหนียวปนทรายแป้ง ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 สามเหลี่ยมประเภทเนื้อดิน (ดินทราย ดินทรายแป้ง และดินเหนียว). จาก *คู่มือการพัฒนาที่ดิน สำหรับหมอดินและเกษตรกร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์* (น. 13), โดย กรมพัฒนาที่ดิน, 2553

#### 2.1.1.5 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

หมายถึง สมบัติของดินในการให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ผู้เชี่ยวชาญทางดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO, 1983) ระบุว่า การคาดคะเนความอุดมสมบูรณ์ของดิน จะพิจารณาจากระดับธาตุอาหารพืชชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดิน

อย่างไรก็ตาม กองจำแนกที่ดิน กรมพัฒนาที่ดินไทยได้ระบุว่า การนำผลวิเคราะห์ดินทุกอย่างมาใช้ในการคาดคะเนความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้นเป็นไปได้ยาก จึงมักเลือกเฉพาะสมบัติทางเคมีที่สำคัญ ๆ เท่านั้น ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter: OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus: P) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available Potassium: K) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity: CEC) และปริมาณธาตุที่เป็นต่างที่ติดูดยึดไว้ (Base Saturation: BS) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (ชูจิตต์ สวงนทรัพย์ากร, 2556, น. 21, อ้างถึงใน FAO, 1983) ดังแสดงในตาราง ที่ 2.1



## ตารางที่ 2.1

การคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยวิธีการประเมินผลการวิเคราะห์ดิน

OM (%)	BS (%)	CEC (Cmol/kg)	Avail.P (mg/kg)	Avail.K (mg/kg)	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน
<1.0 (1)	<20 (1)	<5 (1)	<6 (1)	<30 (1)	ต่ำ
1.0-1.5 (2)	20-35 (2)	5-10 (2)	6-10 (2)	30-60 (2)	ค่อนข้างต่ำ
1.5-2.5 (3)	35-50 (3)	10-15 (3)	10-15 (3)	60-75 (3)	ปานกลาง
2.3-3.5 (4)	50-75 (4)	15-20 (4)	15-25 (4)	75-90 (4)	ค่อนข้างสูง
>3.5 (5)	>75 (5)	>20 (5)	>25 (5)	>90 (5)	สูง

หมายเหตุ. จาก วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (น. 5), โดย กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543

หมายเหตุ: วิธีคิดคะแนนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้วิธีให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)

- (1) ถ้าคะแนนรวมในแถว  $\leq 7$  ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ
- (2) 8-12 ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ
- (3) 13-17 ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง
- (4) 18-22 ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง
- (5) 23-27 ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

### 2.1.2 การจัดการดินเพื่อเกษตรกรรม

#### 2.1.2.1 การจัดการดินสำหรับการผลิตพืช

การเลือกพื้นที่ทำการปลูกและการจัดการดินให้เหมาะสมก่อนปลูกมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการปลูกพืชใหม่หรือการแก้ไขหลังการปลูกจะทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ปริมาณธาตุอาหารและสภาพดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกพืชโดยทั่วไป (ชูชาติ สันทรทรัพย์, 2556, น. 10) มีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 2.2

## ตารางที่ 2.2

### ปริมาณธาตุอาหารและศักย์ภาพดินสำหรับการปลูกพืช

คุณสมบัติของดิน	ช่วงที่เหมาะสม
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	6.0 - 7.0
อินทรีย์วัตถุในดิน (% OM)	2.0 - 3.0
ไนโตรเจน (% N)	0.1 - 0.15
ฟอสฟอรัส P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	35 - 60
โพแทสเซียม K (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	100 - 120

หมายเหตุ. จาก การจัดการดินสำหรับการปลูกพืช (น. 6), โดย ชูชาติ สันทรทรัพย์, 2556.

### 2.1.2.2 การสำรวจดิน (Soil Survey)

หมายถึง การหาข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์ของดินชนิดต่าง ๆ ในบริเวณพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง และนำมาบันทึกไว้ในรูปแบบของแผนที่และรายงานสำรวจดิน แผนที่ดินจะแสดงถึงชนิดและการกระจายของดินแต่ละชนิดที่พบในบริเวณที่สำรวจ ส่วนรายงานสำรวจดินจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ของดิน และสภาพสิ่งแวดล้อมที่เกิดดิน ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขรวมทั้งข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมกับศักยภาพของดินแต่ละชนิดด้วย (สมเจตน์ จันทวัฒน์, 2548)

การตรวจวิเคราะห์หาคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของดินก่อนการเพาะปลูก เพื่อนำข้อมูลดินมาใช้ในการประเมินศักยภาพเพื่อประกอบการตัดสินใจในการจัดการดินอย่างเหมาะสม มีความจำเป็นที่จะต้องเก็บตัวอย่างดินอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ข้อมูลที่ได้จึงจะสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (ชูชาติ สันทรทรัพย์, 2556)

### 2.1.2.3 การเก็บตัวอย่างดิน

ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินเป็นข้อมูลพื้นฐานแสดงศักยภาพของดินที่เกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหาร สมบัติของดินทั้งทางด้านแร่ และจุลสัณฐานดิน ทั้งทางกายภาพ และทางเคมีของดิน ซึ่งการวิเคราะห์ดินจะมีความถูกต้องเชื่อมั่นได้เพียงใดขึ้นอยู่กับตัวอย่างดินที่เก็บมา จึงควรเก็บตัวอย่างดินให้ถูกหลักเกณฑ์ เพื่อเป็นตัวแทนที่ดีของดินส่วนใหญ่ในพื้นที่นั้นให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ การเก็บตัวอย่างดินควรปฏิบัติ ดังนี้

(1) ถึงแม้จะสามารถเก็บตัวอย่างดินได้ตลอดปี แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ปลายฤดูปลูกหรือหลังเก็บพืชผล เพื่อทราบสถานการณ์ของดิน เช่น ดินเป็นกรดเป็นด่างเพียงใด มีธาตุอาหารเหลือเท่าใด เพื่อเป็นข้อมูล สำหรับการแก้ไข ปรับปรุง บำรุงดิน และการให้ปุ๋ยแก่พืชในฤดูถัดไป (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556)

(2) ความชื้นในดิน ไม่ควรเก็บขณะดินเปียกมากหรือมีน้ำขังอยู่

(3) สถานที่เก็บตัวอย่างจะต้องเป็นตัวแทนที่ดี ไม่อยู่ในบริเวณคอกสัตว์เก่า หรือมีปุ๋ยตกค้าง

(4) ขนาดของแปลง พื้นที่ประมาณ 10-20 ไร่ ควรเก็บประมาณ 10-20 จุด แล้วนำมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง แต่ไม่ควรเกิน 25 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, น. 89)

### 2.1.3 ธาตุอาหารพืช

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2548) ได้กำหนดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช มี 17 ธาตุ ได้แก่

**2.1.3.1 ธาตุอาหารที่ได้จากอากาศ และ น้ำ** (3 ธาตุ) ได้แก่ ออกซิเจน (O) คาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H)

**2.1.3.2 ธาตุที่ได้จากดิน** (14 ธาตุ) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

(1) **ธาตุอาหารหลัก** พืชต้องการในปริมาณมาก มี 3 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)

#### 1) ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (Available Nitrogen; avail: N)

ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารพืชที่มีหน้าที่สำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช เนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ และเอนไซม์บางชนิดเป็นตัวกระตุ้น ให้เกิดการพัฒนาของเซลล์และเนื้อเยื่อที่มีชีวิต ทำให้พืชมีสีเขียวและมีความแข็งแรง ปรับปรุงคุณภาพใบของพืชผัก และโปรตีนในธัญพืช แหล่งที่มาของไนโตรเจนในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จะถูกปลดปล่อยออกมาจากการผุพังสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน หรือสารอินทรีย์ที่เติมลงไปในดินโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ดินที่ใช้ในการเกษตรทั่วไปจะมีอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 1-3% เพราะอินทรีย์วัตถุสลายตัวได้รวดเร็ว โดยเฉพาะในแถบชุ่มชื้นและอุณหภูมิสูงอย่างในเขตร้อน ดังนั้นการประเมินปริมาณไนโตรเจนทางอ้อม คือ คำนวณจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โดยทั่วไป อินทรีย์วัตถุในดินจะมีไนโตรเจนประมาณ 5% (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556, น. 13, อ้างถึงใน วิจิตร วังไฉน, 2552) ดังแสดงในตารางที่ 2.3

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (\%)} = \text{ปริมาณอินทรีย์วัตถุ} \times 0.05$$

### ตารางที่ 2.3

ระดับปริมาณไนโตรเจน ที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ระดับ (N)
< 1.0	ต่ำมาก
1.0-2.0	ต่ำ
2.0-5.0	ปานกลาง
5.0-7.5	สูง
> 7.5	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ (น. 6), โดย กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2536

### 2) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus; avail: P)

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก เป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก และนิวคลีโอโปรตีน มีความสำคัญต่อการสร้างยีนส์ (Genes) การแบ่งเซลล์และการสร้างเซลล์ในพืช และเป็นส่วนประกอบของฟอสโฟลิพิด (Phospholipide), NADP และ ATP เป็นตัวถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่อสารในระบบต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การเคลื่อนย้ายสาร และช่วยในการเจริญเติบโตของราก อีกทั้งยังเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการออกดอก ติดเมล็ด และการพัฒนาของเมล็ดและผล (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556, น. 14, อ้างถึงใน วิจิตร วังไฉน, 2552) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

### ตารางที่ 2.4

ระดับปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ระดับ (P)
<3	ต่ำมาก
3-6	ต่ำ
6-10	ค่อนข้างต่ำ
10-15	ปานกลาง
15-25	ค่อนข้างสูง
>45	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินและเกษตรกร (น. 93), โดย กรมพัฒนาที่ดิน, 2553

### 3) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; avail: K)

โพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก มีองค์ประกอบสำคัญของเอ็นไซม์ที่ช่วยในการสังเคราะห์แสง การสร้างโปรตีน แป้ง ช่วยในการลำเลียงแป้งและน้ำตาล ควบคุมและรักษาความเป็นกรดเป็นด่าง ควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด กระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ช่วยให้ทุกส่วนของต้นพืชและระบบรากแข็งแรง ทนทานต่อโรคและแมลง ช่วยเพิ่มขนาดของผลผลิต เมล็ด และปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต โพแทสเซียมในดินมีอยู่ด้วยกัน 3 รูป คือ Fixed K, Exchangeable K<sup>+</sup> และ Soluble K<sup>+</sup> รูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ คือ Exchangeable K<sup>+</sup> และ Soluble K<sup>+</sup> สำหรับ Soluble K<sup>+</sup> นั้น พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย แต่เนื่องจากมีปริมาณน้อยมากจึงไม่ค่อยนำมาใช้ในการประเมินปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมในดินในรูปต่าง ๆ จะสมดุลเสมอ กล่าวคือเมื่อรากพืชดูด Exchangeable K<sup>+</sup> (Readily Available: K) ไปใช้ประโยชน์อยู่เสมอ จนมีระดับต่ำมาก โพแทสเซียมในดิน ที่ถูกตรึงไว้จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูป Readily Available ซึ่งการปลดปล่อยนี้จะเร็วหรือช้าขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของ Soil Colloid และความชื้นของดิน เป็นต้น (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556, น. 16, อ้างถึงใน วิจิตร วังไฉน, 2552) ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5

ระดับปริมาณโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ระดับ (K)
<30	ต่ำมาก
30-60	ต่ำ
60-90	ปานกลาง
90-120	สูง
>120	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินและเกษตรกร (น. 93), โดย กรมพัฒนาที่ดิน, 2553

(2) ธาตุอาหารรอง มี 3 ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

#### 1) แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Calcium; avail: Ca)

แคลเซียม เป็นธาตุอาหารรองธาตุหนึ่งซึ่งพืชต้องการปริมาณมาก แต่น้อยกว่าธาตุหลัก ปกติมีอยู่ในดินค่อนข้างมากเพียงพอกับความต้องการของพืชทั่วไป แคลเซียมมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชคือ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ จำเป็นต่อการแบ่งเซลล์ ช่วยให้ผนังเซลล์แข็งแรง รักษาโครงสร้างของโครโมโซม (Chromosome) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด ทำหน้าที่ลดพิษของกรดอินทรีย์พืช ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก การผสมเกสร และการงอกของเมล็ด แคลเซียมในดินมีปริมาณแตกต่างกันไป ขึ้นกับชนิดของดิน ดินที่มีปูนอยู่มาก (Calcareous Soil) จะมีปริมาณแคลเซียมมากกว่า ดินชนิดอื่นส่วนใหญ่จะมีมากกว่า 2.5% แต่สำหรับดินทั่วไปแล้วจะมีประมาณ 0.5-2.0% สำหรับดินทรายจะมีปริมาณแคลเซียมน้อยมากคือ <math><0.1\%</math> แคลเซียมในดินมีอยู่หลายรูปด้วยกัน รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชคือรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable  $\text{Ca}^{+2}$ ) และรูปที่ละลายได้ (Soluble  $\text{Ca}^{+2}$ ) ซึ่งแคลเซียมในดินรูปต่าง ๆ จะอยู่ในสภาพสมดุลแลกเปลี่ยนไปมาได้ (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556, น. 17, อ้างถึงใน วิจิตร วังไ, 2552) ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6

ระดับปริมาณแคลเซียม ที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปริมาณแคลเซียมในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ระดับ (Ca)
<math><400</math>	ต่ำมาก
400-1000	ต่ำ
1000-2000	ปานกลาง
2000-4000	สูง
>4000	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก ทรัพยากรดิน (น. 17), โดย บรรเจิด พลาญกูร, 2543

## 2) แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Magnesium; avail: Mg)

แมกนีเซียม เป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งสำคัญสำหรับการสังเคราะห์แสงเป็นส่วนประกอบของระบบเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการสร้างแป้งสร้างกรดนิวคลีอิกในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจของเซลล์ และเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ช่วยเสริมสร้างการดูดใช้ และการลำเลียงธาตุฟอสฟอรัสช่วยเคลื่อนย้ายน้ำตาลในพืชด้วย แมกนีเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable  $\text{Mg}^{+2}$ ) และแมกนีเซียมที่ละลายน้ำ (Soluble  $\text{Mg}^{+2}$ ) เป็น

แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Mg) ในดินเนื้อละเอียดมีมากกว่าดินเนื้อหยาบ (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556, น. 18, อ้างถึงใน วิจิตร วังไ, 2552) ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7

ระดับปริมาณแมกนีเซียม ที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปริมาณแมกนีเซียมในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ระดับ (Mg)
< 36	ต่ำมาก
36-120	ต่ำ
120-360	ปานกลาง
360-960	สูง
> 960	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก *ทรัพยากรดิน* (น. 17), โดย บรรเจิด พลาญกูร, 2543

### 3) กำมะถัน (Extractable Sulfur; extr: S)

กำมะถันมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดพลังงาน เป็นส่วนประกอบของ กรดอะมิโน และโปรตีน เกี่ยวข้องกับกิจกรรมสร้างวิตามิน ไบโอติน ไรอะมิน และโคเอ็นไซม์ เอ (Coenzyme A) มีผลทางอ้อมในการสร้างคลอโรฟิลล์และการแบ่งเซลล์ในส่วนยอดของพืช ช่วยให้โครงสร้างของเซลล์มีเสถียรภาพ ช่วยในการสร้างน้ำมันในพืช กำมะถันในดินอนินทรีย์ คือ ซัลไฟด์ ซัลเฟต รวมอยู่กับคาร์บอน และไนโตรเจนในสารประกอบอินทรีย์ 95% ของกำมะถันในดินอยู่ในรูป อินทรีย์ซัลเฟต โดยเฉพาะในดินเขตชุ่มชื้น และกึ่งชุ่มชื้น กำมะถันในดินจะมีปริมาณ 0.01-0.05% นอกจากรูปอนินทรีย์และอินทรีย์แล้ว ยังอยู่ในรูปของแร่ เช่น แร่ไพไรต์ ( $\text{FeS}_2$ ) ยิปซัม ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ดัวย ในดินที่มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี กำมะถันส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ ซัลเฟต โดยจะถูกรีดิวส์เป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ถูกออกซิไดส์เป็นซัลไฟด์ ( $\text{SO}_3^-$ ) และเป็นซัลเฟต ( $\text{SO}_4^-$ ) ในดินชายทะเล หรือดินตะกอนทะเล กำมะถันอยู่ในรูปของซัลไฟด์ คือ เหล็กซัลไฟด์ และจะถูกออกซิไดส์เป็นซัลฟูริกแอซิดเมื่อถูกอากาศ (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556, น. 18, อ้างถึงใน วิจิตร วังไ, 2552) ดังแสดงในตารางที่ 2.8

## ตารางที่ 2.8

## ระดับปริมาณกำมะถัน ที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปริมาณกำมะถันในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ระดับ (S)
< 5	ต่ำมาก
5-10	ต่ำ
11-20	ปานกลาง
21-30	สูง
> 30	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก *ทรัพยากรดิน* (น. 17), โดย บรรเจิด พลาญกูร, 2543, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรมพัฒนาที่ดิน

(3) ธาตุอาหารเสริมหรือจุลธาตุ พืชต้องการในปริมาณน้อย มี 8 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) โมลิบดีนัม (Mo) คลอรีน (Cl) โบรอน (B) และนิกเกิล (Ni)

## 2.1.3.3 คุณสมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติทางเคมีของดิน เป็นสมบัติที่สามารถตรวจสอบได้ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หรือขบวนการทางเคมีเป็นเครื่องชี้บ่ง เช่น ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ความต้องการปุ๋ย ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เป็นต้น ซึ่งสมบัติทางเคมีของดินเหล่านี้จะมีผลเกี่ยวข้องโดยตรงและโดยอ้อมกับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช (ชูจิตต์ สงวนทรัพยากร, 2556, น. 5)

(1) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil reaction: pH) ปฏิกิริยาดิน หมายถึง ความเป็นกรด (Acidity) หรือความเป็นด่าง (Alkalinity) ของดิน การที่ดินมีสภาพเป็นกรดหรือเป็นด่าง เป็นเพราะความเข้มข้นของ hydrogen ion ( $H^+$ ) ในสารละลายดิน ถ้าในสารละลายดิน  $[H^+] > [OH^-]$  ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด ถ้า  $[H^+] < [OH^-]$  ดินมีปฏิกิริยาเป็นด่าง และถ้า  $[H^+] = [OH^-]$  ดินมีปฏิกิริยาเป็นกลาง มักวัดเป็นค่า pH เรียกว่า มาตราพีเอช (pH Scales) เป็นตัวเลข ดังแสดงในตารางที่ 2.9



## ตารางที่ 2.9

## การจัดระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

ค่า pH ของดิน	ระดับความรุนแรงของกรด
<3.5	กรดรุนแรงมากที่สุด
3.5-4.5	กรดรุนแรงมาก
4.6-5.0	กรดจัดมาก
5.1-5.5	กรดจัด
5.6-6.0	กรดปานกลาง
6.1-6.5	กรดเล็กน้อย
6.6-7.3	กลาง
7.4-7.8	ด่างเล็กน้อย
7.9-8.4	ด่างปานกลาง
8.5-9.0	ด่างจัด
>9.0	ด่างจัดมาก

หมายเหตุ. จาก คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินและเกษตรกร (น. 91), โดย กรมพัฒนาที่ดิน, 2553

(2) **ความต้องการปูนของดิน (Lime Requirement: LR)** หมายถึง ปริมาณ แคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) บริสุทธิ์ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อไร่ ที่ใส่ลงในดินต่อหน่วยพื้นที่แล้วทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นถึงระดับที่ต้องการ (ปกติถ้าไม่ระบุว่าเป็น pH ระดับใดจะหมายถึง pH 7) ชนิดของปูนที่ใช้ในการปรับปรุงดินกรดสำหรับการเกษตรต้องเป็นปูนที่มีแคลเซียมและ/หรือแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ปูนขาว หินปูนบด หินปูนเผา เปลือกหอยเผาปูนโดโลไมท์ ปูนมาร์ล หรือดินมาร์ล เป็นต้น ดังตารางที่ 2.10 และตารางที่ 2.11

## ตารางที่ 2.10

ปริมาณความต้องการปูนเพื่อปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

เนื้อดิน	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (%)	ปริมาณความต้องการปูน (กิโลกรัม/ไร่)
ดินทราย	2.5	850
ดินร่วนปนทราย	3.0	2,000
ดินร่วนและร่วนปนทราย	4.0	2,800
ดินเหนียวปนทรายแป้งและร่วน	5.0	3,600

หมายเหตุ. จาก The Nurture and Properties of Soil, by Brady, 1974.

## ตารางที่ 2.11

ปริมาณปูนเพื่อปรับสภาพดิน

ชนิดปูน	เทียบเท่ากับปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO <sub>3</sub> ) บริสุทธิ์	ปริมาณปูนทางการเกษตรที่ใช้ (กิโลกรัมต่อไร่)
ปูนขาว CaO	CaCO <sub>3</sub> 100 x 0.78	78
ปูนมาร์ล CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub> 100 x 1.20	120
หินปูนบด CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub> 100 x 1.50	150
ปูนโดโลไมท์ Ca.Mg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub> 100 x 1.09	109

หมายเหตุ. จาก The Nurture and Properties of Soil, Brady, 1974.

ปูนที่แนะนำ ได้แก่ ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO<sub>3</sub>) บริสุทธิ์ 100 กิโลกรัม เทียบเท่ากับปริมาณปูนทางการเกษตรอื่น ๆ

### (3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter: OM)

อินทรีย์วัตถุในดิน หมายถึง อินทรีย์สารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน ซึ่งได้จากซากพืช ซากสัตว์ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน สิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์สลายตัวทับถมอยู่ในดิน รวมถึงอินทรีย์สารที่รากพืชปลดปล่อยออกมา และที่จุลินทรีย์ดินสังเคราะห์ขึ้นมา อินทรีย์วัตถุในดินจึงประกอบด้วยอินทรีย์สารหลายชนิด คือ พอกสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส สารประกอบอินทรีย์กำมะถัน เป็นต้น

เมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัวโดยจุลินทรีย์ถึงขั้นสุดท้ายจะได้ฮิวมัส (Humus) ซึ่งเป็น สารอินทรีย์ประกอบเชิงซ้อน ที่ประกอบขึ้นจากสารกลุ่มต่าง ๆ เช่น Methyl, Phenolic, Quinone และ Carboxylic Groups ที่มีอยู่ในดิน ฮิวมัสแบ่งได้เป็นสองส่วน คือ Humic Acid และ Fulvic Acid ฮิวมัสไม่ใช่สารที่คงทนถาวร แต่อัตราการสลายตัวของฮิวมัสจะช้ากว่าการสลายตัวของอินทรีย์สารที่เป็นต้นกำเนิดของฮิวมัส และมีบทบาทสำคัญ ในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ดูดซับน้ำได้ดี และมีบทบาทสำคัญต่อการเกาะยึดกันเป็นเม็ดของอนุภาคดิน (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556, น. 11, อ้างถึงใน คณาจารย์ ปฐพีวิทยา, 2535)

อินทรีย์วัตถุในดินมีอิทธิพลต่อสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพ เช่น มีผลต่อการเกิดสีของดิน ช่วยให้ดินทรายมีการจับตัวเป็นก้อน การอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ การดูดซับประจุบวก เพราะมีประจุลบจำนวนมาก และมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกได้สูงจึงมีผลทำให้ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดเป็นด่างได้ดี และเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารขนาดใหญ่ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน และหลังจากถูกย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จะปลดปล่อยธาตุอาหารเกือบทุกชนิดออกมาสะสมอยู่ในดิน

เนื่องจากคาร์บอน (Carbon) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุ ดังนั้น ในการหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน จึงใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน โดยใช้สารเคมีที่ทำให้เกิด Oxidation กับคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุในดิน แล้วคำนวณปริมาณคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจากความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เมื่อทราบปริมาณคาร์บอนแล้วสามารถนำมาคำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุได้โดยประมาณ โดยคูณกับ “Van Bemmelen factor” ซึ่งเท่ากับ 1.724 โดยยึดหลักที่ว่าอินทรีย์วัตถุมีปริมาณคาร์บอน 58% (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556 น. 11, อ้างถึงใน Allison. L.E., 1965) ดังตารางที่ 2.12

## ตารางที่ 2.12

## ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของอินทรีย์วัตถุในดิน (OM)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ร้อยละ)	ระดับ (OM)
< 0.5	ต่ำมาก
0.5-1.0	ต่ำ
1.0-1.5	ค่อนข้างต่ำ
1.5-2.5	ปานกลาง
2.5-3.5	ค่อนข้างสูง
3.5-4.5	สูง
>4.5	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก *ทรัพยากรดิน* (น. 12), โดย บรรเจิด พลาญกูร, 2543

## (4) การเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดิน ปฏิบัติได้ ดังนี้

1) **ปลูกพืชหมุนเวียน** เป็นการจัดการระบบการปลูกพืช โดยปลูกพืชหลักและพืชปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่เพาะปลูกในระยะเวลาที่เหมาะสม พืชหลักได้แก่ ข้าว ผัก ส่วนพืชปรับปรุงบำรุงดิน ได้แก่ พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ฯลฯ

2) **ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ** เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น

3) **การไถกลบตอซังของพืชที่ปลูกลงในแปลงปลูก** เช่น ฟางข้าว ตอซังข้าวโพด และตอซังอ้อย เป็นต้น

4) **ใส่วัสดุที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม** เช่น กากอ้อย กากถั่ว และสำเหล้า ฯลฯ

(5) **ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC)** เป็นค่าที่ใช้ประเมินปริมาณเกลือที่ละลายได้ในดิน เกลือที่ละลายได้มีหลายชนิด บางชนิดละลายได้ดี เช่น NaCl, CaCl<sub>2</sub>, NaHCO<sub>3</sub> และ Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> เป็นต้น บางชนิดละลายได้เพียงบางส่วน เช่น CaSO<sub>4</sub> และใช้เป็นตัวกำหนดระดับความเค็มของดินอีกด้วยมีหน่วยเป็นเดซิซีเมนส์ต่อเมตร (dS/m) หรือ m mho/cm ค่า EC ของสารละลายเกลือจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2% เมื่อ

อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C ดังนั้น อุณหภูมิมาตรฐานเมื่อรายงานค่า EC คือ 25 °C (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556) ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13

อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช (EC)

EC (dS/m)	ระดับความเค็มของดิน	อิทธิพลต่อพืช
0 – 2	ไม่เค็ม	ไม่มีผลกระทบต่อการปลูกพืชทุกชนิด
2- 4	เค็มเล็กน้อย	พืชที่ไวต่อความเค็มมีการเจริญเติบโตลดลงบ้าง
4 – 8	เค็มปานกลาง	พืชทนความเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี
8 -16	เค็มมาก	พืชทนเค็มบางชนิดเท่านั้นที่ยังเจริญเติบโตได้ดี
> 16	เค็มมากที่สุด	พืชทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้เลย

หมายเหตุ. จาก คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินและเกษตรกร (น. 92), โดย กรมพัฒนาที่ดิน, 2553

(6) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) หมายถึง ความจุของสารคอลลอยด์ในดินที่สามารถดูดซับธาตุที่มีประจุบวกไว้ได้มากที่สุดมีหน่วยเป็น เซนติโมลต่อกิโลกรัม (cmol/kg) สารคอลลอยด์ในดินเกี่ยวข้องกับความสามารถของดิน ดังนี้

ถ้าดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง หมายความว่า ดินนั้นมีแนวโน้มที่จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกำเนิดดินมีธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกดูดซับเล็กน้อยเพียงใด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชจะตอบสนองต่อปุ๋ยสูง เนื่องจากดินสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกไว้ให้พืชได้ใช้ยาวนาน และยังบอกให้ทราบถึงระดับความมากน้อยในการสลายตัวของหินและแร่ที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดดินด้วย

โดยปกติ CEC ของดินทรายจะมีค่าอยู่ในช่วง 5-10 Cmol/kg ดินร่วนจะมีค่าอยู่ในช่วง 10-20 Cmol/kg ดินเหนียวจะมีค่าสูงกว่า 20 Cmol/kg ขึ้นไป ค่าของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินมักคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงบ้างแต่ต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของสารคอลลอยด์ (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556, น. 21) ดังตารางที่ 2.14

## ตารางที่ 2.14

## ระดับปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC)

ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน	ระดับความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก
<5	ต่ำ
5-10	ค่อนข้างต่ำ
10-15	ปานกลาง
15-20	ค่อนข้างสูง
>20	สูง

หมายเหตุ. จาก วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (น. 7), โดย กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543

(7) ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (Base Saturation Percentage, %BS) หมายถึง สัดส่วนระหว่าง ประจุบวกที่มีสมบัติเป็นด่าง (Basic Cations หรือ Base) กับประจุบวกที่มีสมบัติเป็นกรด (Acid Cations) ที่ดูดซับในดินได้ จากการคำนวณโดยนำค่าประจุบวกที่เป็นด่างทั้งหมดที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (Total Exchangeable Bases; Exch.  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) หารด้วยค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity; CEC) แล้วคูณด้วย 100 ดังแสดงในตารางที่ 2.15

$$\%BS = \frac{\text{ค่าประจุบวกที่เป็นด่างทั้งหมดที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน}}{\text{ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน}} \times 100$$

## ตารางที่ 2.15

## อัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง (%BS)

ปริมาณความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน	ระดับความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง
< 20	ต่ำ
20-35	ค่อนข้างต่ำ
35-50	ปานกลาง
50-75	ค่อนข้างสูง
> 75	สูง

หมายเหตุ. จาก วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (น. 8), โดย กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543

## (8) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดิน

เนื่องจากอินทรีย์วัตถุในดินมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงด้านกายภาพของดินให้ดีขึ้น ทำให้อนุภาคของดินเกาะเป็นเม็ดดิน และส่งผลให้ดินมีโครงสร้างที่เหมาะสม เพิ่มการอุ้มน้ำเก็บรักษาความชื้นในดิน การซึมผ่านของน้ำในดินดีขึ้น การระบายอากาศดีขึ้น ทำให้ระบบของรากพืชแข็งแรง มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดีขึ้น ลดการชะล้างพังทลายของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เหมาะสม ทำให้จุลินทรีย์ดินทำงานได้ดี ช่วยลดปัญหาโรคพืชเพราะระบบรากแข็งแรง

ในดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำถึงต่ำมาก (น้อยกว่า 1%) จำเป็นที่จะต้องใส่อินทรีย์วัตถุให้กับดินเพื่อรักษาระดับของอินทรีย์วัตถุให้สูงกว่า 2% ถึงแม้ในดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางหรือสูงก็ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้แกดินอย่างสม่ำเสมอทุกปี เพื่อรักษาระดับอินทรีย์วัตถุในดินเอาไว้

สำหรับอัตราในการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีข้อกำหนดในการใช้ที่แน่นอน เนื่องจากคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้จะมีค่าแตกต่างกันไป การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มากไปบ้างก็ไม่ส่งผลเสียต่อพืชแต่ต้องพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตควบคู่ไปด้วย โดยทั่วไปมีการแนะนำการใช้ในอัตรา 2-3 ตันต่อไร่ต่อปี อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สามารถใช้ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาได้ (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556) ดังตารางที่ 2.16

## ตารางที่ 2.16

ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก) ที่แนะนำเกษตรกร

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (%)	อัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (กิโลกรัม/ตารางเมตร)
<0.5	3.5 - 4.0
0.5 - 1.0	2.5 - 3.0
1.0 - 2.0	2.0 - 2.5
2.0 - 2.5	1.5 - 2.0
> 2.5	1.0 - 1.5

หมายเหตุ. จาก การจัดการดินสำหรับการปลูกพืชมะเขือเทศ, โดย ชูชาติ สันทรัพย์, 2556

#### 2.1.3.4 การวิเคราะห์ดิน

การวิเคราะห์ดินก่อนการเพาะปลูกพืชมีความสำคัญอย่างมากต่อเกษตรกร เพราะเป็นการประเมินศักยภาพของดินเพื่อประกอบการตัดสินใจในการจัดการดินอย่างเหมาะสม การเก็บตัวอย่างดินสำหรับการวิเคราะห์ดินอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการจะสามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลความอุดมสมบูรณ์และปัญหาของดินในแปลงปลูกพืชนั้น ๆ พร้อมกับการผลการวิจัยไปแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข เช่น การใช้ปุ๋ย การใช้วัสดุปรับปรุงดินที่เป็นกรดหรือดินเปรี้ยวจัด รวมทั้งการใช้วัสดุหรือสารปรับปรุงดินอย่างอื่นตามความจำเป็นเพื่อให้สามารถปลูกพืชแล้วได้รับผลผลิตที่ดีเพิ่มมากขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, น. 5)

#### 2.1.3.5 วิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน (pH, OM, N, P, K, CEC และ BS)

##### (1) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

ความเป็นกรด (Acidity) หรือความเป็นด่าง (Alkalinity) ของดิน เป็นสมบัติที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อขบวนการทางเคมีและชีวภาพในดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช ความเป็นกรดหรือความเป็นด่างของดินเกี่ยวข้องกับ Hydrogen ion ( $H^+$ ) และ Hydroxyl ion ( $OH^-$ ) ในสารละลายดิน (Soil solution) โดยปกติในสารละลายดินจะมีไอออนทั้งสองชนิดนี้ ถ้ามี  $H^+ > OH^-$  ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด เรียก ดินกรด ถ้ามี  $H^+ < OH^-$  ดินมีปฏิกิริยาเป็นด่าง เรียก ดินด่าง ถ้ามี  $H^+ = OH^-$  ดินมีปฏิกิริยาเป็นกลาง เรียกดินเป็นกลาง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

1) อุปกรณ์ มีดังนี้ (1) เครื่อง pH meter (2) เครื่องชั่ง (3) ปีกเกอร์พลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร หรือ ขนาด 100 มิลลิลิตร และ (4) แท่งแก้วสำหรับคน (5) กระจกบอกระดับน้ำ (6) ซ้อนตวง และ (7) กระจกบอกระดับ 25 มิลลิลิตร



**2) สารเคมี** ได้แก่ (1) สารละลายมาตรฐาน pH 7.0 (Standard buffer Solution) (2) สารละลายมาตรฐาน pH 4.0 (Standard buffer Solution) (3) สารละลายมาตรฐาน pH 10.0 (Standard buffer Solution) (4) สารละลาย 1 M KCl: ละลาย KCl (อบที่ 110 °C นาน 2 ชั่วโมง) 74.5 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น และ (5) สารละลาย 0.01 M CaCl<sub>2</sub>: ละลาย CaCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O (อบที่ 110 °C นาน 2 ชั่วโมง) 1.47 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

### 3) วิธีการ มีดังนี้

**3.1) การวัด pH** ในน้ำ อัตราส่วนดิน:น้ำ = 1:1 (w/w) ชั่งดิน 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์พลาสติก เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ในระยะ 30 นาที แรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงวัด pH ของดินในส่วนที่เป็นน้ำใสด้วย pH meter หรือใช้ช้อนตวงตักดินและตวงน้ำแทนการชั่งดิน เพื่อวัด pH (1:1, v/v) ก็ได้

**3.2) การวัด pH** ใน 1 M KCl อัตราส่วนดิน : น้ำ = 1:1 ทำเช่นเดียวกับการวัดค่า pH ในน้ำ แต่ใช้ 1 M KCl แทนน้ำกลั่น

**3.3) การวัด pH** ใน 0.01 M CaCl<sub>2</sub> อัตราส่วนดิน: น้ำ = 1:2 ชั่งดิน 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมสารละลาย 0.01 M CaCl<sub>2</sub> 40 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ๆ ให้บ่อยครั้งในระยะ 30 นาทีแรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงวัด pH ของดินในส่วนที่เป็นน้ำใส ด้วย pH meter แล้วอ่านค่า pH

### (2) การวิเคราะห์ค่าอินทรีย์วัตถุในดิน (OM)

คาร์บอน (Carbon) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุ ดังนั้นในการหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจึงใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนโดยใช้สารเคมีทำให้เกิด Oxidation กับคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุในดิน แล้วคำนวณปริมาณคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจากปริมาณของสารเคมีที่ใช้เกิดปฏิกิริยา และเมื่อทราบปริมาณคาร์บอนแล้วสามารถนำมาคำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยประมาณ โดยคูณกับ “Van Bemmelen factor” ซึ่งเท่ากับ 1.724 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

**1) อุปกรณ์** มีดังนี้ (1) ขวดชมพู (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร (2) Dispenser ขนาด 10 และ 20 มิลลิลิตร (3) กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร (4) บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร และ (5) เครื่องกวน (magnetic stirrer)

**2) สารเคมี** มีดังนี้ (1) สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 1.0 N. (2) กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (3) สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulfate) 0.5 N. และ (4) สารละลายออร์โทฟีแนนโทรลีน อินดิเคเตอร์

**3) วิธีเตรียมน้ำยาเคมี** มีดังนี้ (1) สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1.0 N ละลาย  $K_2Cr_2O_7$  (A.R grade อบที่  $105\text{ }^{\circ}C$  24 ชั่วโมง) 49.04 กรัมในน้ำกลั่น แล้วทำสารละลายให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (2) สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.5 N ละลาย  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  196.1 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร ที่มีกรด  $H_2SO_4$  เข้มข้น อยู่ 20 มิลลิลิตร แล้วทำให้เป็นสารละลาย 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล และ (3) สารละลาย ออร์โทฟีแนนโทรลีน อินดิเคเตอร์ ละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 0.7 กรัม และ ออร์โทฟีแนน-โทรลีน 1.48 กรัม ในน้ำกลั่น และทำให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

**4) วิธีการ** มีดังนี้ (1) ชั่งดิน 1 กรัม ใส่ขวดชมพู ขนาด 250 มิลลิลิตร (ปริมาณตัวอย่างดินอาจลดลงได้ตามความเหมาะสม ถ้าดินนั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสังเกตได้จากสีของดิน ถ้าเป็นดินสีดำหรือสีน้ำตาลเข้มต้องชั่งดินให้ลดลง แต่ถ้ากรณีเป็นดินทรายก็ต้องเพิ่มปริมาณดินให้มากขึ้นกว่าเดิม) (2) เติมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1.0 N 10 มิลลิลิตร โดยใช้ Dispenser (3) เติม  $H_2SO_4$  เข้มข้น 20 มิลลิลิตร โดยใช้ Dispenser พยายามให้กรดไหลลงข้าง ๆ ขวดให้ชะล้างตัวอย่างลงไปอยู่ในขวดให้หมด เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดดินเกาะติดอยู่ตามข้างขวด เขย่าเบา ๆ ให้ตัวอย่างเข้ากันดีเป็นเวลาประมาณ 1 นาที (4) ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง (5) เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้ให้เย็น (6) หยดอินดิเคเตอร์ออร์โทฟีแนนโทรลีน 5 หยด (7) ไตเตรทด้วยสารละลาย FAS 0.5 N ที่จุด end point สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง และ (8) ทำ Blank โดยเริ่มทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 6

### 5) วิธีคำนวณค่าอินทรีย์วัตถุในดิน (OM)

$$5.1) \% \text{ อินทรีย์คาร์บอน (O.C.)} = \frac{10 \times (A - B) \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 1000 \times W}$$

$$\text{หรือ } \% \text{ อินทรีย์วัตถุ (O.M.)} = \frac{10 \times (A - B) \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 1000 \times W}$$

$$\text{หรือ } \% \text{ OM} = \% \text{ O.C.} \times 1.724$$

เมื่อ B = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)

S = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักดินที่ใช้ (กรัม)

N = ความเข้มข้นของ  $K_2Cr_2O_7$

(ในกรณีที่ความเข้มข้นไม่ใช่ 1.0 N) (หน่วย Normality)

### (3) การวิเคราะห์ค่าไนโตรเจน (N)

ไนโตรเจนในดินที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่จะถูกปลดปล่อยออกมาจากการผุพังสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินหรือสารอินทรีย์ที่เติมลงไปในดินโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดินที่ใช้ในการเกษตรทั่วไปจะมีอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 1-3% เพราะอินทรีย์วัตถุสลายตัวได้รวดเร็ว ดังนั้น การประเมินปริมาณไนโตรเจนทางอ้อม คือ คำนวณจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โดยทั่วไปอินทรีย์วัตถุในดินจะมีไนโตรเจนประมาณ 5%

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (\%)} = \text{ปริมาณอินทรีย์วัตถุ} \times 0.05$$

### (4) การวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (P)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชธาตุหนึ่งที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และจะมีอยู่ในดินต่ำมากโดยมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.06% เมื่อเทียบกับไนโตรเจนที่มี 0.14% และโพแทสเซียม 0.83% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในรูปอนุมูลฟอสเฟต คือ  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  และ  $\text{HPO}_4^{2-}$  ซึ่งได้จากกระบวนการแปรสภาพของอินทรีย์วัตถุ และจากการละลายของสารประกอบฟอสเฟตต่าง ๆ ในดิน ออกมาอยู่ในสารละลายดิน (Soil Solution) ซึ่งอยู่ในสภาพสมดุลกัน เมื่อพืชดูดดึงฟอสเฟตในสารละลายดินไปใช้จะทำให้ปริมาณในส่วนนี้ลดลง ฟอสเฟตในส่วนของ Soil solid จะถูกปลดปล่อยออกมาเพื่อชดเชย ซึ่งอัตราการสลายตัวของฟอสเฟตออกมามูลสารละลายดินจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบฟอสเฟตในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553, น. 37-41)

**1) อุปกรณ์** มีดังนี้ (1) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (2) ขวดแก้วกันแบน (Erlenmeyer Flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร (3) หลอดแก้ว (Test Tube) (4) กระจกทรงเบอร์ 5 ขนาด 11 เซนติเมตร (5) ปิเปต (Pipette) (6) เครื่องทำสารละลายเจือจาง (Auto dilutor) (7) ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร และ 1 ลิตร (8) ปีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร (9) สารเคมีชนิดต่าง ๆ และ (10) เครื่อง Spectrophotometer

**2) สารเคมี** สารละลายและวิธีเตรียม มีดังนี้ (1) น้ำยาสกัด Bray II (0.03 N  $\text{NH}_4\text{F}$ , 0.1 N HCl) (Bray และ Kurtz, 1945) ละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ (Ammonium fluoride,  $\text{NH}_4\text{F}$ ) 11.10 กรัม ในน้ำกลั่น 8 ลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (Conc. HCl) ลงไป 86 มิลลิลิตร แล้วปรับให้มีปริมาตร 10 ลิตร ปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 1.5-1.6 (2) Stock solution (Reagent A: Sulfuric-molybdate-tartrate solution) ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (Ammonium molybdate,  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ ) 50 กรัมใส่ในปีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร คนให้ละลาย ละลายแอนติโมนี โพแทสเซียมคาร์เตรท (Antimony Potassium

tartrate,  $\text{KSbO}\cdot\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ) 1.213 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (ถ้าไม่ละลายนำไปอุ่นแต่ต้องไม่เกิน  $60^\circ\text{C}$ ) เมื่อละลายเข้ากันดีแล้ว เทใส่ในบีกเกอร์ที่ใส่แอมโมเนียมโมลิบเดต คนให้เข้ากันอีกครั้ง และค่อย ๆ เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc. $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 700 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวด Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร แล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตรด้วย น้ำกลั่น เทเก็บไว้ในขวด Polyethylene หรือขวด Pyrex สีน้ำตาลและเก็บไว้ในที่มืดและเย็น น้ำยานี้ทิ้งไว้ได้นาน 6 เดือน (3) น้ำยา develop สี (Working solution, Reagent B) ละลาย Ascorbic Acid 1.76 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 1,600 มิลลิลิตร เติมน้ำละลายข้อ (2) ลงไป 40 มิลลิลิตร ทำให้มีปริมาตร 2 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง (4) สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม P ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium Dihydrogen Phosphate,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ที่อบให้แห้งที่  $40^\circ\text{C}$  นาน 2 ชั่วโมง) 0.2195 กรัม ในน้ำกลั่นพอสมควร ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟูริก 1-2 หยด แล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร (5) นำสารละลายมาตรฐาน ข้อ (4) มาทำ Standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม P ด้วยน้ำยาสกัด

**3) วิธีการ** มีดังนี้ (1) ชั่งตัวอย่างดิน 1.0 กรัม ใส่ในขวดแก้วกันแบน (Erlenmeyer Flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร (2) เติมน้ำยาสกัด Bray II 10 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง No.5 ขนาด 11.0 เซนติเมตร (3) ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ในข้อ (2) อัตราส่วน 1 ส่วนต่อ Working solution 16 ส่วน (เท่ากับ 17 เท่า โดยใช้ Auto-dilutor) ลงในหลอดแก้ว ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้น (Concentration) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 882 นาโนเมตร (4) ทำ blank และชุดของสารละลายมาตรฐาน (Standard set) เช่นเดียวกับข้อ (3)

#### 4) วิธีคำนวณค่าฟอสฟอรัสในดิน (P)

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (P)} = \frac{B \times DF (\text{Sample}) \times X}{A \times DF (\text{Standard})}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)

B = น้ำยาสกัด (มิลลิลิตร)

X = ค่าที่อ่านได้ เมื่อวัดค่าเทียบกับ Standard Set

DF = อัตราส่วนการเจือจาง (Dilution factor)

ถ้าไม่มีการทำเจือจาง

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (P)} = \frac{B \times X \text{ (mlkg / kg)}}{A}$$

### (5) การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมในดิน (K)

ปริมาณเป็นประโยชน์ได้ของโพแทสเซียม คือ Exchangeable K<sup>+</sup> ซึ่ง Exchangeable K<sup>+</sup> จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น CEC ปริมาณของแร่ดินเหนียว หรือประเภทเนื้อดิน ฯลฯ เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปแล้วว่าโพแทสเซียมในดินที่พืชจะนำไปใช้ได้ นั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Exchangeable K<sup>+</sup> และ K<sup>+</sup> ในสารละลายดิน ดังนั้น ปริมาณโพแทสเซียมในดินสามารถจะบอกได้ว่าดินนั้นมีระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available Potassium) สูงหรือต่ำเพียงใด วิธีการสกัดด้วยน้ำยาโดยทั่วไปไม่อาจจะไล่ที่ Exchangeable K<sup>+</sup> ออกมาได้หมด แต่หากใช้น้ำยาสกัดที่เหมาะสมแล้ว ค่าที่ได้ถือว่าเป็นเพียงพอสำหรับการแนะนำการใช้ปุ๋ยได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

**1) อุปกรณ์** มีดังนี้ (1) ขวดปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร (2) ขวดชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร (3) ปิเปต (Pipette) ขนาด 1, 2, 5 และ 10 มิลลิลิตร (4) กระจกกรอง เบอร์ 1 (5) กรวยกรอง (6) Dispenser ขนาด 25 มิลลิลิตร (7) Flame Spectrophotometer (8) เครื่องชั่ง (Balance) และ (9) เครื่องเขย่า (Shaker)

**2) สารเคมี** มีดังนี้ (1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตต (NH<sub>4</sub>OAc) 1 M pH 7.0 (2) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 1,000 mgL<sup>-1</sup> (3) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 mg L<sup>-1</sup>

**3) วิธีเตรียมน้ำยาเคมี** คือ (1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตต (NH<sub>4</sub>OAc) 1 M pH 7.0 จากนั้นละลาย 1,140 มิลลิลิตร Glacial Acetic Acid (99.5%) ในน้ำกลั่นประมาณ 16 ลิตร เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH<sub>4</sub>OH) เข้มข้น 1,380 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น จนสารละลายทั้งหมดมีปริมาตรประมาณ 19 ลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับ pH ของสารละลายด้วย NH<sub>4</sub>OH หรือ Glacial Acetic Acid ให้ได้ pH เท่ากับ 7.0 จึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 20 ลิตร (2) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 1,000 mgL<sup>-1</sup> จากนั้นละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1.9067 กรัม (ที่อบแห้ง) ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (3) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 mgL<sup>-1</sup> จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 1000 mgL<sup>-1</sup> 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 100 mgL<sup>-1</sup> จากนั้นปิเปตสารละลายนี้ 0, 2, 4, 6, และ 8 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นจะได้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 mgL<sup>-1</sup> ตามลำดับ

**4) วิธีการ** มีดังนี้ (1) ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ในขวดชมพู่ (Erlenmeyer Flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร (2) เติม 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 25 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที (3) กรองดินและเก็บสารละลายที่กรองได้ (4) วิเคราะห์ปริมาณ K ด้วยเครื่อง Flame Spectrophotometer โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

#### 5) วิธีคำนวณค่าโพแทสเซียมในดิน (K)

$$\text{โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (mg kg}^{-1}\text{)} = 10 \times K \times df$$

$$\text{เมื่อ } K = \text{ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ (mg kg}^{-1}\text{)}$$

$$df = \text{dilution factor}$$

#### (6) การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC)

อนุภาคขนาดดินเหนียว (Clay Size Particle) ในดินมีอยู่ 2 ชนิด คือ อนุภาคอนินทรีย์ (Inorganic Particles) ได้แก่ Silicate Clay และ Hydrous oxides ของเหล็กและอลูมิเนียม เป็นต้น อีกชนิดหนึ่ง คือ อนุภาคอินทรีย์ (Organic particles) อนุภาคอินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้มีประจุ (Charge) 2 ประเภทคือ ประจุถาวร (Permanent Charge) และประจุผันแปร (Variable Charge) ปริมาณประจุถาวรในดินจะไม่มีเปลี่ยนแปลงไปตามค่า pH ของดิน แต่ปริมาณประจุผันแปรในดินแปรเปลี่ยนไปเมื่อ pH ของดินเปลี่ยนไป เนื่องจากค่า CEC สัมพันธ์กับผลรวมของปริมาณประจุบวกที่เกิดจากประจุถาวรและประจุผันแปร

การวิเคราะห์ปริมาณ CEC ในดินจึงเป็นวิธีการอย่างหนึ่งในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในภาพรวมทั้งหมด และศักยภาพในการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้สามารถใช้บ่งบอกชนิดของแร่ดินเหนียวในดินได้อย่างกว้าง ๆ วิธีการวิเคราะห์ CEC มีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีต้องกำหนดค่า pH ในการวิเคราะห์หาค่า CEC ในดินโดยการทำดินอิ่มตัวด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท ( $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M pH 7) เป็นวิธีการอย่างหนึ่ง วิธีนี้แบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ คือ

ขั้นตอนที่ (1) การทำให้ดินอิ่มตัวและชะล้าง (Saturation and leaching step) เป็นการทำให้ดินอิ่มตัวด้วย  $\text{NH}_4^+$  ion โดยการแช่ดินด้วย Neutral  $\text{NH}_4\text{OAc}$  เพื่อให้  $\text{NH}_4^+$  ion จากสารละลาย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  เข้าไปแทนที่ ion ประจุบวกของดิน กรองและล้างตัวอย่างด้วยสารละลาย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  และตามด้วย  $\text{NH}_4\text{Cl}$  เพื่อให้  $\text{NH}_4^+$  เข้าแทนที่ Native Cations ต่าง ๆ ในดินจนอิ่มตัวอย่างเต็มที่ ขั้นตอนที่ (2) การล้าง (Washing Step) เป็นการล้างดินด้วย Ethyl Alcohol 95% เพื่อไล่  $\text{NH}_4^+$  ส่วนเกินที่ไม่ได้ถูกดูดยึดไว้ออกจากดินทั้งหมด ขั้นตอนที่ (3) การแทนที่ (Replacing Step) ให้  $\text{Na}^+$  เข้าไปแทนที่  $\text{NH}_4^+$  ในดิน โดยใช้สารละลาย Acidified NaCl ขั้นตอนที่ (4) การวิเคราะห์

(Analyzing step) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณ  $\text{NH}_4^+$  ที่ถูกแทนที่ออกมาจากดิน โดยการกลั่นและไตเตรท (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

**1) อุปกรณ์** มีดังนี้ (1) ขวดชมพู (Erlenmeyer Flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร (2) ขวดกรอง (Filtering Flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร (3) ขวดกลั่น (Kjeldahl Flask) ขนาด 800 มิลลิลิตร (4) ขวดพลาสติกทนกรดทนด่างขนาด 10 และ 20 ลิตร (5) กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel) (6) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 (7) เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) (8) เครื่องกลั่น (Distillation Apparatus) (9) บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร และ (10) เครื่องกวน (Magnetic Stirrer)

**2) สารเคมี** มีดังนี้ (1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรท (Ammonium Acetate,  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1M pH 7.0 (2) สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium Chloride,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 1 M pH 7.0 (3) สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 M (4) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride,  $\text{NaCl}$ ) 10% acidified (5) เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) 95% (6) สารละลายกรดบอริก ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 3% (7) สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator Solution) (8) สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) 1% (9) สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ( $\text{AgNO}_3$ ) 0.10 M (10) สารละลายกรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริก ( $\text{HCl}$ ) 0.1 M (11) สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) 0.1 M (12) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% และ (13) โฟแตสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (Potassium hydrogen phthalate)

**3) วิธีเตรียมน้ำยาเคมี** มีดังนี้ (1) สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรท (Ammonium acetate,  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1 M pH 7.0 เตรียมโดยใส่น้ำกลั่นประมาณ 16 ลิตร ในขวดพลาสติกทนกรดทนด่างขนาด 20 ลิตร เติมกรดกลacialอะซิติก (Glacial Acetic Acid, 99.5%) 1,136 มิลลิลิตร และสารละลายแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$  Solution,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , 25%) 1,500 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปให้มีปริมาตรประมาณ 19 ลิตร ผสมน้ำยาทั้งสองให้เข้ากัน ปรับ pH ของน้ำยาให้เป็น pH 7.0 โดยใช้สารละลายแอมโมเนีย แล้วจึงปรับปริมาตรให้เป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (2) สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 1 M pH 7.0 ละลาย  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 กิโลกรัม ในน้ำกลั่น 18 ลิตร ปรับ pH เป็น 7.0 ด้วย  $\text{NH}_3$  solution หรือกรด  $\text{HCl}$  แล้วจึงเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 19 ลิตร (3) สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 M pH 7.0 ตวง 2.5 ลิตร  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 M สารละลายข้อ (2) ใส่น้ำกลั่น 7 ลิตร แล้วปรับ pH เป็น 7.0 แล้วจึงปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (4) สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride,  $\text{NaCl}$ ) 10% Acidified เตรียมโดยละลาย  $\text{NaCl}$  2 กิโลกรัม ในน้ำกลั่น 18 ลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 8.35 มิลลิลิตร คนให้ละลาย แล้วทำให้เป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (5) สารละลายกรดบอริก ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 3% ค่อย ๆ ละลาย

กรดบอริก 600 กรัม ในน้ำกลั่นอุณหภูมิประมาณ 50–60 °C จนกรดบอริกละลายหมด จึงปรับปริมาตรทั้งหมดเป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น (6) สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed Indicator solution) ละลายโบรมโครโซลกรีน (Bromocresol Green) 0.22 กรัม และเมทิลเรด (Methyl red) 0.075 กรัม ใน 95% เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) 96 มิลลิลิตร ที่ใส่ 3.5 มิลลิลิตร ของ 0.1 M NaOH ไว้แล้ว (7) สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) 1% ละลายฟีนอล์ฟ-ทาลีน 1 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร (8) สารละลายกรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 M เจือจางกรดเกลือเข้มข้น 82.7 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตร (9) สารละลาย  $\text{AgNO}_3$  0.1 M ละลายซิลเวอร์ไนเตรท 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เก็บสารละลายนี้ในขวดสีชา (10) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 M ละลาย NaOH 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตรด้วยน้ำกลั่น (11) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% จากนั้นละลาย NaOH 4 กิโลกรัม ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตรด้วยน้ำกลั่น (12) การ Standardization NaOH ด้วยโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (Potassium Hydrogen phthalate) ซังโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (Potassium Hydrogen Phthalate, KHP,  $[\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOK})\text{COOH}]$ , น้ำหนักกรัมสมมูลย์ 204.23 กรัม) ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 °C ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ประมาณ 0.4 กรัม บันทึกน้ำหนัก KHP ใส่ในขวดชมพูขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 20 มิลลิลิตร เขย่าจนละลายหมดจึงไปไตเตรทกับสารละลาย 0.1 M NaOH ที่เตรียมไว้ในข้อ (8) โดยเติม 1% Phenolphthalein 2-3 หยด ไตเตรทจนสารละลายเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีชมพูซึ่งเป็นจุดยุติ (End Point) คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย NaOH จากสูตร ดังนี้

$$\text{Normality ของ NaOH} = \frac{\text{น.น. เป็นกรัมของโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท} \times 1000}{\text{น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของกรด KHP} \times \text{ปริมาตรของ NaOH}}$$

**4) วิธีการ** มีดังนี้ (1) ซังดิน 5 กรัม ใส่ในขวดชมพู ขนาด 125 มิลลิลิตร เติม 1 M pH 7.0  $\text{NH}_4\text{OAc}$  50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี ทิ้งไว้ค้างคืน (2) นำมากรองโดยใช้กรวยบุชเนอร์ (Buchner Funnel) ต่อเข้ากับขวดกรอง ใช้กระดาษกรอง Whatman No.5 จำนวน 1 แผ่น (หรือใช้ No.42 จำนวน 1 แผ่น หรือ No.1 จำนวน 2 แผ่น แทนกันได้) ล้างตัวอย่างดินด้วย 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 ทีละน้อย หลาย ๆ ครั้ง จนได้ปริมาตรเกือบ 100 มิลลิลิตร นำสารละลายที่กรองได้นี้ถ่ายใส่ Volumetric Flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรเก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณ Exchangeable Cations  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  และ  $\text{K}^+$  ต่อไป (3) ล้างตัวอย่างดินในกรวยบุชเนอร์ ใน



ข้อ (2) ต่อด้วย 1 M NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 อีก 5 ครั้ง ครั้งละประมาณ 20 มิลลิลิตร (4) ล้างตัวอย่างดิน ต่อด้วย 1 M NH<sub>4</sub>Cl pH 7.0 5 ครั้ง ครั้งละประมาณ 20 มิลลิลิตร (5) ล้างตัวอย่างดินต่อด้วย 0.25 M NH<sub>4</sub>Cl pH 7.0 ประมาณ 20 มิลลิลิตร 1 ครั้ง (6) ล้างด้วย ethyl alcohol 95% อีก 5-6 ครั้ง ครั้งละประมาณ 20 มิลลิลิตร ทุกครั้งที่ล้างใช้กระบอกฉีด ฉีดล้างตัวอย่างดินที่อาจติดค้างอยู่ที่ปาก Buchner Funnel ให้ลงไปรวมอยู่ในกรวยให้หมด สารละลายที่ได้จากข้อ (3) และข้อ (6) เททิ้งไป (7) เปลี่ยนขวดกรองใหม่สำหรับรองรับสารละลายใหม่ ล้างตัวอย่างดินที่ยังอยู่ในกรวยบุชเนอร์ ในข้อ (6) ด้วย Acidified NaCl 10% แต่ครั้งที่ล้างให้ใส่สารละลาย NaCl ให้ท่วมตัวอย่างดินจนกระทั่ง ได้สารละลายที่กรองได้ (Leachate) ประมาณ 300-350 มิลลิลิตร (8) ถ่ายสารละลายที่กรองได้ใส่ใน ขวดกลั่น ล้างขวดกรองด้วยน้ำกลั่นและเทน้ำที่ล้างรวมลงไปขวดกลั่น (9) นำขวดกลั่นไปกลั่น โดย เติมนิโคเตียมไฮดรอกไซด์ 40% ลงไปในขวดกลั่นให้มากเกินพอ (ประมาณ 30 มิลลิลิตร) โดยมี สารละลายกรดบอริก (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) 3% ประมาณ 30 มิลลิลิตร ใส่ในขวดผสมพูนขนาด 500 มิลลิลิตร คอย รองรับสารละลายที่กลั่นออกมาได้ และในสารละลายกรดบอริกนี้ใส่อินดิเคเตอร์ผสมประมาณ 5 หยด ใช้เวลากลั่น ประมาณ 40-45 นาที หรือจนกลั่นได้สารละลายประมาณ 250-275 มิลลิลิตร (10) นำ สารละลายที่กลั่นได้ในขวดผสมพู่ที่รองรับไปไตเตรทกับสารละลายกรดเกลือ 0.1 N จุดยุติคือสีของ อินดิเคเตอร์ในสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง บันทึกปริมาตรของกรดเกลือที่ใช้ไตเตรท แล้ว นำมาคำนวณค่า CEC (11) นำสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 10% ที่ใช้ล้างดินมากลั่นเป็น Blank โดย ทำเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

### 5) วิธีคำนวณค่า (CEC)

$$CEC (cmolc / kg) = \frac{(T - B) \times N \times 100 \times AD / OD}{Sample.wt (gm)}$$

เมื่อ T = ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่างดิน

B = ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรทกับ Blank

N = ความเข้มข้นของกรดเกลือมีหน่วยเป็นนอร์มัลลิตี (Normality)

AD/OD = อัตราส่วนน้ำหนักดินกับดินอบแห้ง (Airdried/oven-dried ratio)

#### 2.1.3.6 การจัดการธาตุอาหารพืชในดิน

จากผลของการวิเคราะห์ดินในพื้นที่นั้น ๆ เมื่อได้รับผลวิเคราะห์ดินแล้ว พบว่า ดินที่มีความเป็นกรดหรือมีอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารพืช ฟอสฟอรัสหรือโพแทสเซียมต่ำ ดินนั้น ย่อมต้องการในการแก้ไข และปรับปรุง เพื่อให้สามารถใช้ในการเพาะปลูกพืชให้ได้รับผลผลิตดีและ คุ่มค่าต่อการลงทุน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

## 2.1.4 ข้าว

ข้าว (Rice) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Oryza sativa* L, ชื่อวงศ์ Poaceae ข้าวเป็นพืชในสกุล (Genus) *Oryza* ซึ่งอยู่ในวงศ์ (Family) เดียวกับหญ้า จากการตรวจสอบหลักฐานทางโบราณคดีพบว่าข้าวมีการปลูกมานานมากกว่า 2,800 ปี ก่อนคริสตกาลในอินเดียและจีน หลักฐานล่าสุดจากการค้นพบของนักโบราณคดี Donn T. Bayard และคณะ ได้มาขุดค้นเรื่องราวทางประวัติศาสตร์โบราณคดีที่บ้านโนนนกทา อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น พบเมล็ดข้าวที่มีอายุประมาณ 3,500 ปี ก่อนคริสตกาล จึงเชื่อว่าถิ่นกำเนิดของข้าวนั้นอยู่ในทวีปเอเชียโดยเฉพาะเอเชียใต้ และตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศในเอเชียปลูกและบริโภคข้าว ประมาณ 90% ของโลก เนื่องจากมีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ข้าวส่วนใหญ่ปรับตัวได้ดี (Khush 1997, Hossain and Narciso, 2004)

พืชสกุลข้าวแบ่งเป็นชนิดปลูก (Cultivated species) 2 ชนิด และ ชนิดป่า (Wild species) 21 ชนิด มีการประมาณว่าทั่วโลกมีข้าวอยู่ 120,000 สายพันธุ์ (Khush, 1997) ข้าวชนิดที่คนไทยบริโภคคือ *Oryza sativa* L. ส่วนชนิดที่บริโภคในทวีปแอฟริกาโดยเฉพาะแอฟริกาตะวันตกคือ *Oryza glaberrima* Steud ข้าวเอเชียแบ่งย่อยออกเป็น 1) ข้าวเมล็ดสั้นหรือข้าวญี่ปุ่น (*Oryza sativa* var. japonica) ที่ปลูกในประเทศแถบเอเชียตะวันออก เช่น จีน ญี่ปุ่น และ เกาหลี 2) ข้าวเมล็ดยาว (*Oryza sativa* var. indica) ที่ปลูกในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และอินโดนีเซีย และ 3) ข้าวชวา (*Oryza sativa* var. javanica) ที่ปลูกในอินโดนีเซีย ประชากรประเทศไทยประมาณ 64.24 ล้านคนบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยข้าวที่ปลูกในประเทศไทยนั้นใช้บริโภคประมาณ 55% และ ส่งออกประมาณ 45% (ประสิทธิ์ วัจนพัฒน์วงศ์, 2553)

### 2.1.4.1 ความสำคัญของข้าว

ข้าว เป็นอาหารหลักของประชากรกว่าร้อยละ 50 ของโลกมานานแล้ว โดยเฉพาะในทวีปเอเชีย ทั้งนี้ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั้งโลกบริโภค ข้าวเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับสองทั่วโลก รองจากข้าวโพด แต่เป็นธัญพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการและการได้รับแคลอรีของมนุษย์ เพราะข้าวโพดส่วนใหญ่ปลูกเพื่อจุดประสงค์อื่น นอกจากการบริโภคของมนุษย์ (FAOSTAT, 2014) สำหรับประเทศในทวีปอเมริกาเหนือและใต้ 9 ประเทศ และประเทศในทวีปแอฟริกาอีก 8 ประเทศ และข้าวมีส่วนประมาณ 20% ในการเป็นอาหารที่ให้พลังงาน นอกเหนือจากให้พลังงานแล้ว ข้าวยังเป็นแหล่งรวมวิตามิน ไบโอฟลาวิน และไนอาซิน (FAO, 2004) และยังเป็นแหล่งอาหารรอง (Micronutrients) ในพื้นที่ชนบท (Liang et al, 2008)

ประชากรในทวีปเอเชียประมาณ 3 พันล้านคน บริโภคข้าวเพื่อให้พลังงานเป็นสัดส่วนร้อยละ 30-60 ของปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ได้รับ (Khush, 1997)

#### 2.1.4.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกข้าว

##### (1) ความสูงของพื้นที่ (Height area)

ข้าวเจริญเติบโตได้ในระดับความสูงของพื้นที่ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึง 2,500 เมตร ทั้งในที่ดอน (ข้าวไร่) และที่ลุ่มที่มีระดับน้ำตั้งแต่ 5 เซนติเมตร (รวิรัชต์ รักขันธุ์, 2558)

##### (2) ดิน (Soil)

ข้าวเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิดยกเว้นดินทราย ส่วนใหญ่ชอบขึ้นในดินเหนียว และดินเหนียวร่วนที่มีความเป็นกรดและด่าง (pH) ตั้งแต่ 3-10 แต่ที่เหมาะสมคือระหว่าง 5.5-7.0

##### (3) ปริมาณน้ำ (Estimated water)

ข้าวมีความต้องการน้ำตั้งแต่ 875 มิลลิเมตร (ข้าวไร่) จนถึง 2,000 มิลลิเมตร (ข้าวนาสวน) ต่อปี แต่ควรมีการกระจายฝนที่ดี ในพื้นที่ที่ไม่ได้รับน้ำชลประทานหรือที่เรียกว่านาฝน ซึ่งส่วนใหญ่จะปลูกข้าวได้ในนาปีเท่านั้น และการตอบสนองต่อความต้องการน้ำขึ้นอยู่กับพันธุ์และช่วงของการเจริญเติบโต ในช่วงการเตรียมดินนั้นควรมีน้ำประมาณ 150-200 มิลลิเมตร ช่วงที่เป็นต้นกล้าต้องการน้ำประมาณ 250-400 มิลลิเมตร จนถึงต้นกล้าอายุ 30-40 วัน ส่วนในช่วงปักดำจนกระทั่งเก็บเกี่ยวนั้นควรมีน้ำอยู่ในระหว่าง 800-1,200 มิลลิเมตร

##### (4) แสงอาทิตย์ (Sunshine)

ปริมาณแสงมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตโดยที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และช่วงเวลาสั้นๆ ของกลางวันกลางคืนยังมีผลต่อการขยายพันธุ์ของข้าวไวแสง ความเข้มของแสงในฤดูฝนซึ่งมีเมฆหมอกมากนั้นจะน้อยกว่าความเข้มของแสงในฤดูร้อน ผลผลิตข้าวส่วนใหญ่จึงน้อยกว่าในฤดูฝน

##### (5) อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของข้าว การงอกของเมล็ด การยืดของใบ การแตกกอ การสร้างดอกอ่อน การผสมเกสร และการให้ผลผลิต โดยพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 25-33 °C

##### (6) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศต่อการเจริญเติบโตของข้าว จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มแสง และอุณหภูมิ คือ เมื่อความเข้มของแสงมากและอุณหภูมิ

สูงมักทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อุณหภูมิต่ำในเวลากลางวันทำให้เกิดน้ำค้างสูง จะมีผลต่อการพัฒนาของเชื้อโรคของข้าวบางชนิดได้

#### (7) ลม (Wind)

มีส่วนช่วยให้มีการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงได้ดี ทำให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น แต่ถ้าลมแรงจะมีผลให้ต้นข้าวหักล้มเกิดความเสียหายแก่ผลผลิตได้ (รวิรัชต์ รักจันทร์, 2558)

#### 2.1.4.3 การจำแนกข้าว

(1) การจำแนกข้าวตามคุณสมบัติของเมล็ดข้าว ซึ่งเมล็ดข้าวจะประกอบด้วยแป้งส่วนใหญ่ 2 ชนิดคือ อะมัยโลเพคติน (Amylopectin) ทำให้เมล็ดข้าวมีสีขาวขุ่น เวลาต้มสุกแล้วจะเหนียว และอะมัยโลส (amylose) ที่ทำให้ข้าวมีสีขาวใส เมื่อต้มสุกจะมีสีขาวขุ่นและร่วน

1) ข้าวเหนียว (Glutinous rice) มีส่วนประกอบของแป้งอะมัยโลเพคตินเป็นส่วนใหญ่ คือประมาณร้อยละ 95 และมีแป้งอะมัยโลสน้อยมากหรือไม่มี

2) ข้าวเจ้า (Non-glutinous rice) มีส่วนประกอบของแป้งอะมัยโลสสูง 10-30% และมีอะมัยโลเพคติน 70-90%

(2) จำแนกข้าวตามฤดูกาลหรือการตอบสนองต่อช่วงแสง แบ่งออกเป็น

1) ข้าวพันธุ์ไวต่อช่วงแสง (Photoperiod sensitive varieties) เป็นพันธุ์ข้าว ที่จะออกดอกได้ในช่วงวันสั้น (น้อยกว่า 12 ชั่วโมง) จะปลูกได้เฉพาะนาปี ถ้าปลูกในนาปรังจะไม่ออกดอก

2) ข้าวพันธุ์ไม่ไวต่อช่วงแสง (Photoperiod Insensitive Varieties) จะออกได้โดยไม่ขึ้นกับความยาวของช่วงวัน แต่จะขึ้นอยู่กับการเกี่ยวเกี่ยวที่ค่อนข้างแน่นอน และใช้เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกในนาปรัง ซึ่งต้องอาศัยน้ำชลประทาน

(3) การจำแนกตามฤดูกาลปลูก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1) ข้าวนาปี คือ ข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติตามฤดูฝน ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละภาคและท้องที่ ส่วนมากจะใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสง พันธุ์ข้าวนาปียังแบ่งออกเป็นพันธุ์ข้าวหนัก ข้าวกลาง และข้าวเบา ตามอายุการเกี่ยวเกี่ยว

2) ข้าวนาปรัง คือ ข้าวที่ปลูกนอกฤดูทำนาปกติได้รับน้ำจากชลประทาน ส่วนมากจะใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสง จะสามารถกำหนดอายุเกี่ยวเกี่ยวของแต่ละพันธุ์ได้ค่อนข้างแน่นอน (รวิรัชต์ รักจันทร์, 2558)

#### 2.1.5 การปลูกข้าวในพื้นที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์ สปป ลาว

### 2.1.5.1 ชนิดข้าว

อำเภออุทุมพรเป็นพื้นที่ราบเหมาะสมในการปลูกข้าว ซึ่งเกษตรกรมีการปลูกข้าวนาปี มีทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า คือ

(1) **ข้าวเหนียว** มีการปลูกมากถึงร้อยละ 90 ของพื้นที่ที่ทำการเกษตร มักเป็นข้าวพันธุ์ปรับปรุง เช่น พันธุ์ท่าสะโน 4 ท่าสะโน 7 โพนงาม 3 ท่าดอกคำ 1 ท่าดอกคำ 6 ท่าดอกคำ 8 และท่าดอกคำ 11 เป็นต้น ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยว 125-145 วัน

(2) **ข้าวเจ้า** มีเพียง ร้อยละ 10 ของพื้นที่ มักเป็นพันธุ์ปรับปรุง ซึ่งมีอายุแต่ 130-140 วัน เช่น พันธุ์ข้าวเจ้าเซแอ 104 ข้าวเจ้าหอมมะลิ และข้าวเจ้าหอมประทุม เป็นต้น (สำนักงานเกษตรและป่าไม้อำเภออุทุมพร, 2556)

### 2.1.5.2 วิธีการเพาะปลูกข้าว

การปลูกข้าวในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต แบ่งออกได้เป็น 3 วิธีด้วยกัน คือ การปลูกข้าวนาดำ การปลูกข้าวนาหว่าน และการปลูกข้าวนาหยอด ดังต่อไปนี้

(1) **การปลูกข้าวนาดำ (Transplanting rice culture)** แบ่งวิธีการออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ การตกกล้า (เพาะกล้า) ในแปลงขนาดเล็ก และการถอนต้นกล้าหรือย้ายกล้าไปปักดำในนาที่ได้เตรียมพื้นที่ไว้แล้ว มีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) **การเตรียมดิน** ในพื้นที่ที่จะทำการปักดำจะต้องมีการไถตะ ไถแปรและคราด เอาเศษพืชออกจากนา โดยทั่วไปจะแบ่งแปลงนาออกเป็นแปลงเล็ก ๆ มีขนาดประมาณ 1 ไร่หรือเล็กกว่า คำนวณมีไว้สำหรับเก็บกักน้ำ หรือปล่อยน้ำทิ้งจากแปลงนา ก่อนไถต้องรอให้ดินมีความชื้นพอที่จะไถได้เสียก่อน อาจจะรอให้ฝนตกจึงทำการไถคราด

2) **ขั้นการตกกล้า** หมายถึง การเอาเมล็ดไปหว่านในหังอกและเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นต้นกล้า สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตกกล้าในดินเปียกคือตกกล้าบนเทือก การตกกล้าในดินแห้ง คือ จะตกกล้าในพื้นที่ที่มีการปรับที่เรียบรื้อแล้ว โดยเมล็ดพันธุ์ที่เอามาตกกล้าจะต้องเป็นเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์ปราศจากเชื้อโรคต่าง ๆ นำมาให้ความชื้นจนเมล็ดงอกแล้วจึงเอาไปหว่านบนแปลงกล้าเปียกที่ได้เตรียมไว้ ถ้าเป็นในดินแห้งจะใช้การหว่านเมล็ดบนแปลงกล้าที่เปิดเป็นร่องเป็นแถวแล้วกลบ อาจจะมีการรดน้ำช่วยให้ข้าวงอกเร็วขึ้นถ้าฝนไม่ตก โดยปกติใช้เมล็ดพันธุ์จำนวน 30-40 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อกล้ามีอายุครบ 25-30 วันนับจากวันหว่านเมล็ด จะถอนต้นกล้าไปปักดำ

3) **ขั้นการปักดำ** ใช้ต้นกล้าอายุ 25-30 วัน โดยถอนต้นกล้าจากแปลงแล้วมัดรวมกันเป็นมัด ๆ ถ้าต้นกล้าสูงมากก็ให้ตัดปลายใบทิ้ง นำไปปักดำในที่นาที่เตรียมไว้ ซึ่งควรมีน้ำขัง

อยู่ประมาณ 5-10 เซนติเมตร เพราะช่วยค้ำต้นข้าวไม่ให้ล้มเมื่อมีลมพัด จากนั้นทำการปักดำเป็นแถว โดยใช้กล้า 3-4 ต้นต่อกอ

**4) การดูแลรักษา** หลังจากเพาะปลูกข้าว เช่น การใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืช โรคข้าว และศัตรูศัตรูข้าว รายละเอียด ดังต่อไปนี้

**4.1) การใส่ปุ๋ย** พื้นที่ดินนาในอำเภออุทุมพรเขมราชเป็นนาดินทราย ร้อยละ 90 จะมีแร่ธาตุอาหารพืชต่ำกว่าดินสำหรับปลูกพืชอื่น ๆ ทั่วไป ยิ่งเมื่อปลูกข้าวติดต่อกันมา การเพิ่มผลผลิตข้าวที่ผ่านมาเป็นการเติมปุ๋ย โดยแบ่งการใส่ปุ๋ยออกเป็นสองครั้ง คือ

- ใส่ก่อนปักดำ 1 วัน หรือใส่วันปักดำหรือหลังจากปักดำประมาณ 15 วัน เมื่อข้าวตั้งตัวได้แล้ว โดยใช้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 หรือ 15-15-15 อัตรา 5-10 กิโลกรัมต่อไร่

- ใส่หลังปักดำแล้วประมาณ 35-45 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวเริ่มสร้างช่อดอกอ่อน (ประมาณ 30 วันก่อนออกดอก) เป็นการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าปุ๋ยที่ใช้ 46-0-0 ใส่ในอัตรา 5-8 กิโลกรัมต่อไร่ (ใส่ปุ๋ยตามที่เกษตรกรมี)

#### 4.2) การกำจัดวัชพืช

วัชพืชเป็นปัญหาที่สำคัญที่ขัดขวางกีดการเจริญเติบโตและลดผลผลิตของข้าวได้ หากไม่มีการจัดการที่ดีจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตมาก และปริมาณของวัชพืชจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และวิธีการทำนา เช่น นาหว่านจะมีวัชพืชมากกว่านาดำ เนื่องจากนาดำมีวิธีการเตรียมดินดีกว่า มีการเก็บวัชพืชออกไปก่อนปักดำ และมีการปลูกเป็นแถวเป็นแนวสามารถกำจัดวัชพืชได้ง่ายกว่า (นาหว่านแก้ปัญหาเรื่องแรงงาน นาดำแก้ปัญหาเรื่องวัชพืช)

วัชพืชในนาข้าวมีทั้งพวกใบกว้าง (ใบเลี้ยงคู่) และใบแคบ (ใบเลี้ยงเดี่ยว) หรือพวกหญ้าต่าง ๆ และชนิดของวัชพืชจะขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่นา เช่น ในที่นาดอนจะมีวัชพืชกลุ่มหญ้าแดง (*Ischaemum rugosum*), หญ้านกสีชมพู (*Echinochloa colona*) และหญ้าชันอากาศ (*Panicum repens*) ส่วนที่นาลุ่มปานกลางจะมีวัชพืชพวงขาเขียว (*Monochoria vaginalis*) หัวทรงกระเทียม (*Elcocharis dulcis*) หญ้าหนวดปลาตุ๊ก (*Fimbristylis miliacea*) และกกสามเหลี่ยม (*Scirpus grossus*) เป็นต้น เกษตรกรมักกำจัดวัชพืช โดยใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ (สำนักงานเกษตรและป่าไม้อำเภออุทุมพร, 2556)

#### 5) โรคข้าว

โรคของข้าวมีหลายชนิดและสามารถทำลายให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต ตั้งแต่ระดับไม่รุนแรงจนถึงรุนแรงมากเป็นบริเวณกว้าง โรคของข้าวที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

**5.1) โรคที่เกิดจากเชื้อรา (Fungus) ที่สำคัญ ได้แก่ โรคไหม้ (Rice blast)** เกิดจากเชื้อ *Pyricularia oryzae* โรคใบจุดสีน้ำตาล (Brown leaf spot) เกิดจากเชื้อ *Helminthosporium oryzae* โรคใบขีดสีน้ำตาล (Narrow brown leaf spot) เกิดจากเชื้อ *Cercospora oryzae* และโรคกาบใบแห้ง (Sheath blight) เกิดจากเชื้อ *Thanatephorus cucumeris* และโรคกาบใบเน่า (Sheath rot) เกิดจากเชื้อ *Acrocyliodrium oryzae*,

**5.2) โรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย (Bacteria) โรคขอบใบแห้ง (Bacteria leaf blight)** เกิดจากเชื้อ *Xanthomonas oryzae* และโรคใบขีดโปรงแสง (Bacteria leaf streak) เกิดจากเชื้อ *X. translucens*

**5.3) โรคที่เกิดจากไส้เดือนฝอย (Nematode) ที่สำคัญ ได้แก่ ไส้เดือนฝอยรากปม (Root knot nematode) เกิดจากไส้เดือนฝอย (*Meloidogyne graminicola*)**

#### 6) สัตว์ศัตรูข้าว สร้างความเสียหายในวงกว้าง ได้แก่

หนูสามารถเข้าทำลายได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว และมีการขยายพันธุ์ได้เร็ว มักจะอาศัยอยู่บริเวณชายป่า มีความสามารถในการย้ายถิ่นฐานเมื่อขาดแคลนอาหารทำให้เกิดการระบาดของได้กว้างขวาง ได้แก่ หนูพุกใหญ่ หนูพุกเล็ก หนูนาท้องขาว หนูหริ่งหางยาว และหนูหริ่งหางสั้น เป็นต้น

#### 7) การเก็บเกี่ยว

ข้าวจะเริ่มสุกแก่ทำการเก็บเกี่ยวได้ หลังจากออกดอกหรือมีการผสมเกสรแล้วประมาณ 25-30 วัน ในระยะข้าวสุกแก่ข้าวจะมีสีเหลืองอมเขียวหรือเรียกว่าสีปลับปลิง ข้าวในระยะนี้เมล็ดยังไม่แห้งเต็มที่ เมล็ดมีความชื้นประมาณร้อยละ 20-25 ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวไม่ควรเกิน 20% เพราะถ้าความชื้นสูงจะทำให้ข้าวมีคุณภาพต่ำ แต่ถ้าเก็บเกี่ยวช้าเกินไปก็จะทำให้คอรวงหัก การเก็บเกี่ยวเพื่อทำพันธุ์ต้องเก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดแห้งเต็มที่แล้ว การเก็บเกี่ยวของเกษตรกรในอุทุมพรจะใช้เคียว ส่วนใหญ่จะเป็นการเกี่ยววางเรียง โดยจะเกี่ยวใกล้ข้อที่หนึ่งนับจากรวง วางข้าวเป็นกอง บนกองฟางเมื่อแห้งแล้วจึงมามัดรวมกันเป็นกำ ตากแดดไว้ไม่ให้โดนน้ำ

**8) การนวดข้าว** เมื่อเก็บเกี่ยวแล้วจะตากมัดข้าวไว้ให้แห้งประมาณ 2-4 วัน (ขึ้นกับแสงแดดในแต่ละพื้นที่) จนความชื้นในเมล็ดลดลงประมาณ 13-15% ชาวนาจะขนข้าวจากนาไปกองบนลานสำหรับนวดข้าว แล้วใช้แรงงานคนนวดหรือเครื่องจักรเข้าช่วย (สำนักงานเกษตรและป่าไม้อำเภออุทุมพร, 2556)

#### (2) การปลูกข้าวนาหว่าน (Broadcasting or direct sowing rice culture)

เป็นการปลูกข้าวโดยการหว่านเมล็ดพันธุ์ โดยหว่านลงไปในพื้นที่นาที่ได้เตรียมไว้ พื้นที่ที่หว่านนาหว่านนั้นมีการไถตะ ไถแปร โดยจะมีการไถพื้นที่ พลิกดินไว้ก่อน 1-2 เดือนเพื่อรอฝน เมื่อฝนเริ่มมา

จึงทำการหว่าน หลังจากดินตกตะกอนเป็นน้ำใสแล้ว จึงใช้เมล็ดพันธุ์จำนวน 15-20 กิโลกรัมต่อไร่  
หว่านลงแปลง

**(3) การปลูกข้าวนาหยอด (Direct drop rice culture)** หลังจากเตรียมดิน  
โดยการไถตะ ไถแปร แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เพาะในหว่านหยอดลงไปบนดินโดยตรง ใน  
พื้นที่แห้ง โดยปกติใช้เมล็ดพันธุ์ 5-10 กิโลกรัมต่อไร่

### 2.1.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) คือ  
กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูล และ  
สารสนเทศที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งเชิงพื้นที่ ในแผนที่ GIS ซึ่งเป็นข้อมูลสารสนเทศ ที่อยู่ในรูป  
ของข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute data) หรือตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับ  
ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) รูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงคุณลักษณะ และข้อมูลเชิง  
พื้นที่สามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS ซึ่งสามารถสืบค้น จัดการ แก้ไข/ปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน  
วิเคราะห์ข้อมูล จัดเก็บข้อมูลในลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ที่แสดงในรูปของภาพ  
(graphic) แผนที่ (map) ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute data) หรือฐานข้อมูล  
(database) ที่เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองประเภทเข้าด้วยกัน จะทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะแสดง  
ข้อมูลทั้งสองประเภทได้พร้อม ๆ กัน ซึ่งสามารถนำเสนอในรูปแบบดิจิทัล (digital) เช่น การเสนอ  
ผ่านทางเว็บไซต์ อินเทอร์เน็ต และสามารถจัดพิมพ์ในรูปสิ่งพิมพ์ (hard copy) เพื่อเผยแพร่แล้ว  
นำไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจต่อไป (สุเพชร จิรขจรกุล, 2556, น. 1-6)

#### 2.1.6.1 องค์ประกอบของ GIS มีดังต่อไปนี้

**(1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware)** คือ เครื่องมือที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถจับต้อง  
ได้สำหรับใช้งานร่วมกับโปรแกรม รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูล เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์  
(computer), กล้องดิจิทัล (digital camera) และเครื่อง GPS เป็นต้น

**(2) ซอฟต์แวร์ (Software)** คือ โปรแกรมหรือชุดคำสั่งที่สั่งให้คอมพิวเตอร์  
ทำงาน ต้องมีโปรแกรมเกี่ยวกับการจัดการระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการสร้างข้อมูลการ  
นำเข้า การปรับปรุงแก้ไข การค้นหา การประมวลผล การวิเคราะห์ และการรายงานผลข้อมูล

**(3) บุคลากร (People ware)** คือ ผู้มีหน้าที่จัดการองค์ประกอบทั้งหมด  
ทำงานประสานกันได้ผลลัพธ์ออกมา เป็นบุคคลที่มีความรู้พื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์ และข้อมูลระบบ  
สารสนเทศภูมิศาสตร์



(4) **วิธีปฏิบัติงาน (Methodology หรือ Procedure)** คือ ขั้นตอนการทำงาน หรือวิธีการในการนำเข้า การจัดเก็บ และการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละหน่วยงานในการปฏิบัติการ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

(5) **ข้อมูล (Data)** คือ ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นที่ได้จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ หรือทุติยภูมิ แล้วนำมาจัดการเป็นระบบเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ ให้ทำการประมวลผลออกมา เนื้อหาของข้อมูลเป็นส่วนที่จะทำให้ผู้ใช้ได้ประโยชน์

#### 2.1.6.2 ประเภทข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ข้อมูลในทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มี 2 รูปแบบหลัก คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Data) เพื่อแสดงแหล่งที่ตั้งทรัพยากร สิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติ และสถิติที่ประกอบข้อมูลนั้น ข้อมูลทั้งสองรูปแบบทำงานสัมพันธ์กันในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะขาดส่วนใดส่วนหนึ่งก็จะทำให้การดำเนินการวิเคราะห์ในระบบไม่สมบูรณ์หรือไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(1) **ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data)** เป็นข้อมูลที่เป็นตัวแทนวัตถุ ปรากฏการณ์ และสถานการณ์บนพื้นผิวโลก เช่น ทรัพยากร สิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติ โดยกำหนดตัวแทนเป็นจุด เส้น หรือพื้นที่ สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ทางภาคพื้นดิน ข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

- 1) จุด (Point) ได้แก่ ที่ตั้งหมู่บ้าน ที่ตั้งสถานที่สำคัญ จุดเกิดเหตุ จุดตัดของถนนและแม่น้ำ เป็นต้น
- 2) เส้น (Line) ได้แก่ ถนน ลำคลอง แม่น้ำ เป็นต้น
- 3) พื้นที่หรือรูปปิด (Area or Polygon) ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกพืช พื้นที่ป่า ขอบเขตอำเภอ เป็นต้น

(2) **ข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Data)** เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ และแสดงออกมาเป็นข้อมูลตาราง สถิติ อาจจะเป็นข้อมูลระดับคุณภาพ หรือข้อมูลระดับปริมาณ ที่สามารถคำนวณในทางสถิติพื้นฐานจนถึงขั้นประยุกต์

#### 2.1.6.3 ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Characteristics)

ข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้กับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo-reference) ทางภาคพื้นดิน ในการจัดเก็บข้อมูลทางภูมิศาสตร์ สามารถจำแนกลักษณะของการจัดเก็บข้อมูล แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

(1) **รูปแบบแรสเตอร์ (Raster or Grid Representation)** คือจุดของเซลล์ที่อยู่ในแต่ละช่วงสี่เหลี่ยม (Grid) โครงสร้างของแรสเตอร์ประกอบด้วยชุดของ Grid Cell หรือ Pixel

หรือ Picture Element Cell ข้อมูลแบบแรสเตอร์เป็นข้อมูลที่อยู่บนพิกัดรูปตารางแฉวนอน และแถวตั้ง แต่ละ cell อ้างอิงโดยแถวและสดมภ์ ภายใน Grid cell จะมีข้อมูลตัวเลข ซึ่งเป็นตัวแทนสำหรับค่าใน cell นั้น ๆ

**(2) รูปแบบเวกเตอร์ (Vector Representation)** ตัวแทนของเวกเตอร์นี้อาจแสดงด้วย จุด เส้น หรือพื้นที่ ซึ่งถูกกำหนดโดยจุดพิกัด ซึ่งข้อมูลประกอบด้วย จุดพิกัดทางแนวราบ (X, Y) และแนวตั้ง (Z) หรือ Cartesian Coordinate System ถ้าข้อมูลมีการเก็บค่าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะเป็นค่าของจุด ถ้าจุดพิกัดสองจุด หรือมากกว่าก็เป็นเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 4 จุดขึ้นไป จุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้ายจะต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกัน โดยมีรูปแบบเวกเตอร์ ดังนี้

**1) รูปแบบของจุด (Point Feature)** เป็นลักษณะของจุดในตำแหน่งใด ๆ จะไม่มีขนาดของพื้นที่และระยะทาง ข้อมูลประกอบด้วยพิกัดทางแนวราบ (X, Y) และ/หรือแนวตั้ง (Z) โดยจะอธิบายถึงตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูล เช่น ที่ตั้งโรงเรียน โรงพยาบาล และสถานีวัดปริมาณน้ำฝน

**2) รูปแบบของเส้น (Linear Feature)** ประกอบไปด้วยลักษณะของเส้นตรง เส้นหักมุม และเส้นโค้ง ซึ่งอธิบายลักษณะต่าง ๆ โดยอาศัยขนาดทั้งความกว้าง และความยาว เช่น ถนน แม่น้ำ

**3) รูปแบบของพื้นที่ (Area Feature)** เป็นลักษณะขอบเขตพื้นที่ เรียกว่า รูปปิดหลายเหลี่ยม (Polygon) ซึ่งสามารถคำนวณขอบเขตเนื้อที่ เส้นรอบวง และรูปปิดหลายเหลี่ยม จะใช้อธิบายขอบเขตข้อมูลต่าง ๆ เช่น ขอบเขตพื้นที่ป่าไม้ และขอบเขตการปกครอง

#### 2.1.6.4 ลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Characteristics)

เป็นข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งเป็นลักษณะประจำตัว หรือลักษณะที่มีความแปรผันในการชี้วัดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามธรรมชาติ โดยระบุถึงสถานที่ที่ทำการศึกษในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ โดยข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute) อาจมีลักษณะต่อเนื่องกัน เช่น เส้นชั้นระดับความสูง หรือเป็นลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องกัน เช่น ข้อมูลประชากร เป็นต้น (สุเพชร์ จิระจรกุล, 2556)

#### 2.1.6.5 หลักการและความหมายฐานข้อมูล

**(1) ข้อมูล (Data)** หมายถึง ข่าวสารหรือข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับคนหรือสิ่งของข้อมูลอาจจะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือข้อความ ซึ่งได้จากการนับ การวัด การสังเกต หรือการบันทึก อาจจะแบ่งข้อมูลได้ 3 ประเภท คือ

- 1) ข้อเท็จจริงที่เป็นจำนวน ปริมาณ ระยะทาง

2) ข้อเท็จจริงที่ไม่เป็นตัวเลข เช่น ชื่อ ที่อยู่ สถานภาพ ประวัติการศึกษา  
 3) ข่าวสารที่ยังไม่ได้ประเมิน เช่น รายงาน บันทึก คำสั่ง ระเบียบกฎหมาย และเหตุการณ์หรือสถานการณ์ต่าง ๆ แหล่งข้อมูลที่ได้มานั้นสามารถจัดจำแนกตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด คือ แหล่งที่มาของต้นตอของข้อมูลเรียกว่า แหล่งปฐมภูมิ (Primary Source) และแหล่งทุติยภูมิ (Secondary Source)

**(2) ข้อมูลสารสนเทศ (Information)** หมายถึง ข้อมูลที่ได้ถูกกระทำให้มีความสัมพันธ์หรือมีความหมายนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานหรือหน่วยงาน ข้อมูลสารสนเทศจึงเป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสำรวจพื้นที่หรือการสัมภาษณ์ชุมชน นำข้อมูลที่ได้มาผ่านการเปลี่ยนแปลงโดยการนำข้อมูลตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ที่มีความเกี่ยวข้องกันมาจัดทำหรือประมวลผล เพื่อให้มีความหมายหรือมีคุณค่าเพิ่มขึ้นตามวัตถุประสงค์ (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2544)

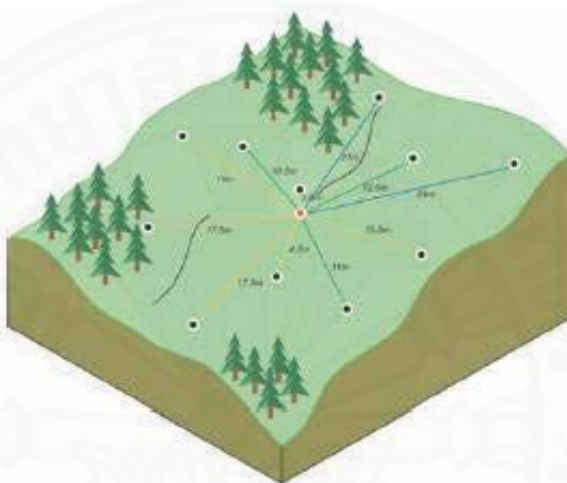
**(3) ฐานข้อมูล (Database)** เป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในที่เดียวกันไม่ซับซ้อนและสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้อย่างเป็นระบบ สะดวกต่อการเรียกใช้ สามารถแก้ไขได้ง่าย สำหรับผู้ใช้งานจำนวนมาก มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

- (3.1) การจัดเก็บ (Storing)
- (3.2) การแปลงผัน (Converting)
- (3.3) การส่ง (Conveying)
- (3.4) การทำซ้ำ (Reproducing)
- (3.5) การจำแนกประเภท (Classifying)
- (3.6) การสังเคราะห์ (Synthesizing)
- (3.7) การจัดกระทำ (Manipulating)
- (3.8) การค้นคืน (Retrieving)
- (3.9) การพิจารณาทบทวน (Reviewing)
- (3.10) การทำลาย (Destroying)

**2.1.6.6 การประมาณค่าในช่วง (Interpolation)** เป็นการพยากรณ์หรือทำนายค่าให้กับเซลล์ (cell) ในข้อมูลประเภทแรสเตอร์ (Raster) จากข้อมูลจุดตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด ด้วยวิธีการนี้สามารถใช้ในการพยากรณ์ค่าที่ไม่ทราบจุดใด ๆ ทางภูมิศาสตร์ได้ไม่ว่าจะเป็นจุดความสูง (elevation) ปริมาณน้ำฝน การกระจายตัวของสารเคมีในดินและในน้ำ ระดับเสียงรบกวน และอื่น ๆ (สุเทพ จิรขจรกุล, 2556)

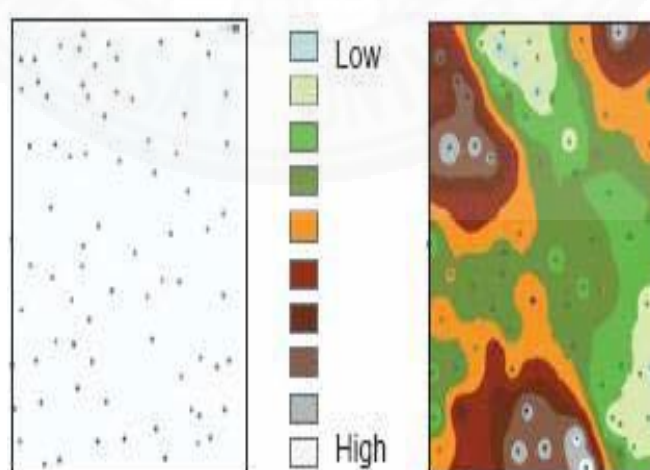
**2.1.6.7 วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging** เป็นการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่จากค่าถ่วงน้ำหนัก ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคู่ข้อมูลทุกคู่ที่จัดบันทึกได้

ณ สถานีตรวจอากาศสองสถานีหรือจุดของข้อมูลดินที่ห่างกันเป็นระยะทางต่าง ๆ ทุกคู่สถานีในพื้นที่ศึกษา และแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว ในรูปวาริโอแกรม และใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนักและค่าของธาตุอาหารพืชในระดับต่าง ๆ เพื่อนำไปประมาณค่า เช่น ข้อมูลปริมาณฝนหรือปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ณ ตำแหน่งใด ๆ ในพื้นที่ศึกษา โดยค่าสถิติที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ซึ่งมักจะใช้ในทางปฐพีวิทยาและธรณีวิทยา ดังแสดงในภาพที่ 2.3 และภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.3 วิธีประมาณค่าแบบ Kriging. จาก *Environmental Systems Research Institute*.

Kriging, 2014, <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html>



ภาพที่ 2.4 การประมาณค่าในช่วงของธาตุอาหารพืช (Data Interpolation/Kriging). จาก

*Environmental Systems Research Institute*. Kriging, 2014, <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html>.

Com/en/help/main/10.2/index.html.

**2.1.6.8 ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS)** โดยอาศัยคลื่นวิทยุและรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียม NAVSTAR 24 ดวง ที่โคจรรอบโลกวันละ 2 รอบและมีตำแหน่งอยู่เหนือพื้นโลกที่ความสูง 20,200 กิโลเมตร สามารถใช้ในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมงที่ทุกจุดบนผิวโลก ใช้นำร่องจากที่หนึ่งไปที่อื่นตามต้องการ ใช้ติดตามการเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของต่าง ๆ การทำแผนที่ การทำงานรังวัด (Surveying) ตลอดจนใช้อ้างอิงการวัดเวลาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก (สุเพชร จิรขจรกุล, 2556)

#### องค์ประกอบของ GPS

องค์ประกอบของระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

- (1) ส่วนอวกาศ (Space Segment)
- (2) ส่วนสถานีควบคุม (Control Segment)
- (3) ส่วนผู้ใช้ (User Segment)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ GPS คือ การนำเสนอข้อมูลของสถานที่ใด ๆ ในลักษณะของแผนที่เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจของผู้ใช้ ซึ่งตัวข้อมูลที่นำเสนอมีลักษณะเป็นการประกอบกันของชั้นข้อมูลหลาย ๆ ระดับ ชั้นข้อมูลที่นำมาประกอบกันขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้ใช้เป็นหลักเช่น การค้นหารายละเอียดของสถานที่ต่าง ๆ การวิเคราะห์ความเสียหายของสภาพแวดล้อม เป็นต้น

#### 2.1.6.9 การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ (Multi Criteria Decision Analysis)

การวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ ประกอบด้วยชุดของทางเลือกที่ถูกประเมินบนพื้นฐานของเกณฑ์ที่มีความขัดแย้ง และไม่สามารถวัดได้ด้วยเกณฑ์มาตรฐาน Criteria ประกอบด้วยแนวคิดแบบ Attribute กับ Objective ซึ่งแนวคิดทั้ง 2 แบบจะมีลักษณะปัญหาของการตัดสินใจ 2 ประเภท คือ ปัญหาแบบที่มีผู้ตัดสินใจคนเดียวกับปัญหาที่มีการตัดสินใจโดยกลุ่มโดยลักษณะการตัดสินใจทั้ง 2 แบบสามารถแบ่งออกได้เป็น (ณัฐพล จันทร์แก้ว, 2556)

**(1) Deterministic Decision Problem** เป็นลักษณะปัญหาที่มีความแน่นอนซึ่งตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าข้อมูล และสารสนเทศที่ต้องการมีความถูกต้องเป็นพื้นฐาน รวมถึงยังทราบความสัมพันธ์ที่แน่นอนระหว่างทางเลือกตัดสินใจกับผลลัพธ์ที่ตามมา

**(2) Probabilistic Decision Problem** เป็นลักษณะการวิเคราะห์ที่ใช้ความน่าจะเป็นอาศัยหลักในการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งลักษณะการตัดสินใจขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจ และผลลัพธ์ที่ตามมา

(3) **Fuzzy Decision Problem** เป็นการตัดสินใจที่สารสนเทศในกระบวนการจะมีความคลุมเครือ ไม่สามารถแยกเฉพาะชัดเจนลงไปได้

#### (4) องค์ประกอบของ MCDA

MCDA มี 6 องค์ประกอบ คือ

(4.1) Goal คือ จุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ปัญหา

(4.2) Decision maker คือ ผู้ทำการตัดสินใจ ซึ่งอาจเป็นการตัดสินใจแบบคนเดียวหรืออาจเป็นการตัดสินใจแบบกลุ่ม ซึ่งเป็นผู้ทำการเลือกหลักเกณฑ์การประเมินทางเลือกต่าง ๆ ตามความชอบของแต่ละบุคคล

(4.3) Evaluation criteria ทางเลือกคือ เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน

(4.4) Decision alternative คือ ทางเลือกในการตัดสินใจ

(4.5) State of Nature คือ ภาวะแวดล้อมซึ่งเป็นตัวแปรที่สามารถจะควบคุมได้

(4.6) Outcomes คือ ชุดของผลลัพธ์กับผลที่ตามมาของผลลัพธ์นั้น ๆ ในแต่ละทางเลือก

#### (5) ลักษณะของ MCDA

การวิเคราะห์แบบ Multi Objective กับ Multi Attribute

Attribute คือ คุณลักษณะของวัตถุที่ปรากฏอยู่ในรูปข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์สามารถวัด และอธิบายได้ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุนั้น ๆ ได้ Multi Attribute Decision Making จะเน้นที่ใช้ Attribute มาวัดความสามารถของระบบที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ตัดสินใจ วัตถุประสงค์ คือ แนวทางที่ต้องการภายใต้เงื่อนไขใด ๆ ซึ่งจะบ่งบอกทิศทางการเลือกใช้ Attribute มาสนับสนุนการทำงาน Function เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับที่ต้องการมากที่สุด การใช้ Attribute ที่หลากหลายยิ่งทำให้ความสมบูรณ์ของ วัตถุประสงค์มากขึ้น

#### (6) กรอบแนวความคิดของ Spatial MCDA

MCDA เป็นการประมวลผล (Process) ที่ทำการรวบรวมและเปลี่ยนรูปข้อมูลทางภูมิศาสตร์ไปเป็นผลที่ได้จากการตัดสินใจ ส่วนกระบวนการ (Procedure) คือ กฎที่ใช้ในการตัดสินใจ ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่าง แผนที่ที่เข้ากันกับแผนที่แสดงผล กระบวนการเป็นการจัดการข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่มีอยู่ ร่วมกับความพึงพอใจของผู้ทำการตัดสินใจ จัดทำกฎที่ใช้ในการตัดสินใจ (Decision Rule) (ณัฐพล จันทร์แก้ว, 2556)

### (7) หลักเกณฑ์การให้ค่าน้ำหนัก (Criterion weighting)

หลักเกณฑ์การให้ค่าน้ำหนัก (Criterion Weighting) มีวัตถุประสงค์ของหลักเกณฑ์การให้ค่าน้ำหนัก (Objective หรือ Attribute) คือ การเน้นความสำคัญของแต่ละหลักเกณฑ์ที่มีความสัมพันธ์กับหลักเกณฑ์อื่น ๆ โดยจะขึ้นอยู่กับค่าความพึงพอใจของผู้ตัดสินใจ ถ้าค่าน้ำหนักมาก แสดงว่า หลักเกณฑ์นั้นมีความสำคัญมากเมื่อเทียบกับหลักเกณฑ์อื่น ๆ วิธีการที่ได้รับความนิยมในการประมาณค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์ ประกอบด้วย วิธีการจัดลำดับ (Rating) วิธีเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) และการวิเคราะห์แบบได้ออยอย่าง

การให้ค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์ สามารถทำได้โดยการเพิ่มหรือลดลำดับ หลักโดยทั่วไป คือ การเข้าใจถึงประโยชน์ของการเปลี่ยนแปลงจากระดับที่มากที่สุดไปยังระดับที่น้อยสุดของแต่ละ criterion outcome ที่สัมพันธ์กันกับประโยชน์ของการเปลี่ยนแปลงจากระดับที่น้อยที่สุดไปยังระดับที่ดีที่สุด สำหรับหลักเกณฑ์อื่นภายใต้การพิจารณา ซึ่งค่าน้ำหนักที่ normalized แล้วเมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าเท่ากับ 1

(8) วิธีเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) เป็นการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจอย่างเป็นลำดับขั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบเป็นคู่เพื่อสร้างตารางสัดส่วน ซึ่งทำได้โดยการกำหนดความสัมพันธ์ของความสำคัญของหลักเกณฑ์ ซึ่งสามารถทำได้โดยวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (ณัฐพล จันทรแก้ว, 2556 อ้างจาก Thomas L. Saaty, 1980)

วิธีการนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

- (8.1) การสร้างตารางเปรียบเทียบ
- (8.2) การคำนวณค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์
- (8.3) การประเมินค่าความสอดคล้อง

(9) การพัฒนาตารางเปรียบเทียบเป็นคู่ (Development of the Pairwise Comparison Matrix) เป็นตารางในการวินิจฉัยเปรียบเทียบหลักเกณฑ์เป็นคู่ ๆ โดยใช้ระดับความสำคัญของปัจจัยที่กำหนดไว้ 1 – 9 ซึ่งจะสัมพันธ์กับความชอบระหว่าง 2 หลักเกณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 2.17

## ตารางที่ 2.17

## ระดับความสำคัญของปัจจัยสำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่

ค่าความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	มีความสำคัญเท่ากัน (Equal Importance)	ปัจจัยทั้งสองที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญเท่าเทียมกัน
3	มีความสำคัญมากกว่าพอประมาณ (Moderate Importance)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งพอประมาณ
5	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัด (Strong Importance)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งอย่างเด่นชัด
7	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัดมาก (Very strong or demonstrated Importance)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก
9	มีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง (Extreme Importance)	ค่าความสำคัญสูงสุดที่จะเป็นไปได้ในการพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยทั้งสอง
2, 4, 6, 8	เป็นค่าความสำคัญระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น	ค่าความสำคัญในการเปรียบเทียบปัจจัยถูกพิจารณาว่าควรเป็นค่าระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น

หมายเหตุ. จาก ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์, โดย ญัฐพล จันทร์แก้ว, 2556

ข้อสังเกต ตารางสเกลสำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่ คือ

- (1) จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 หลักเกณฑ์
- (2) ในการเปรียบเทียบความสำคัญของหลักเกณฑ์จะเริ่มจากค่าความสำคัญ

เท่ากัน

(3) การคำนวณค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ (Computation of the Criterion Weights) มีทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ

- (3.1) การหาผลลัพธ์ในแต่ละคอลัมน์
- (3.2) หาค่าในตารางด้วยผลรวมของแต่ละคอลัมน์ (Normalized Matrix)
- (3.3) คำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวของ Normalized Matrix

(4) การประมาณค่าความสอดคล้อง (Estimation of the Consistency Ratio) มีวิธีการ ดังนี้



(4.1) คำนวณค่า Weight Sum Vector โดยนำค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์แรกมาคูณกับคอลัมน์แรกของค่าแรกเริ่มในตารางการเปรียบเทียบเป็นคู่ ต่อมานำค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ที่สองมาคูณกับคอลัมน์ที่สอง ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ที่สามมาคูณกับคอลัมน์ที่สาม คูณไปจนครบตามหลักเกณฑ์ที่มี แล้วรวมทั้งหมดตามแถว

(4.2) หาค่า Consistency Vector โดยหาค่า Weight Sum Vector ด้วยค่าที่ได้จากการกำหนดค่าน้ำหนัก เมื่อคำนวณค่า Consistency Vector ได้แล้ว และต้องการคำนวณค่า Lambda ( $\lambda$ ) และ Consistency Index (CI) ค่า Lambda คือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณค่า Consistency Vector

$\lambda$  = ค่าเฉลี่ยของค่า Consistency Vector

การคำนวณค่า Consistency Index ได้จากการคำนวณค่า  $\lambda$

$$CI = (\lambda - n) / (n - 1)$$

เมื่อ n คือจำนวนหลักเกณฑ์ทั้งหมด

สามารถคำนวณค่า Consistency Ratio (CR) ได้ดังนี้

$$CR = CI / RI$$

โดย RI คือ ค่า Random Index ขึ้นอยู่กับจำนวนของหลักเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบ

ตารางที่ 2.18

ดัชนีการสุ่มไม่สอดคล้อง (Random Inconsistency Indices RI for n=1, 2, 3,)

N	RI	n	RI	n	RI
1	0.00	5	1.12	9	1.45
2	0.00	6	1.24	10	1.49
3	0.58	7	1.32	11	1.51
4	0.9	8	1.41	12	1.48

หมายเหตุ. จาก ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์, โดย ธีรพล จันทร์แก้ว, 2556

ถ้าค่า  $CR < 0.1$  นั้นแสดงว่า มีค่าสัดส่วนความสอดคล้องในระดับที่ยอมรับได้ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ แต่ถ้า  $CR \geq 0.10$  แสดงถึงค่าสัดส่วนไม่สอดคล้อง ซึ่งต้องกลับไปพิจารณาแก้ไขค่าเริ่มต้น ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ใหม่

ข้อดีของวิธีเปรียบเทียบเป็นคู่ คือ จะพิจารณาได้เพียงแต่ 2 หลักเกณฑ์ ณ เวลานั้น ถ้าหากหลักเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบมีคู่ที่จะถูกเปรียบเทียบก็จะมากขึ้น สามารถคำนวณได้จาก  $n(n-1)/2$

ในการคำนวณสามารถใช้โปรแกรม Expert Choice เป็น Software Packages ที่เป็นที่ยอมรับมากในการดำเนินการเปรียบเทียบเป็นคู่ และยังสามารถทำได้ง่ายใน Spreadsheet นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับ GIS-base Multi Criteria Decision Making ได้อีกด้วย (ณัฐพล จันทรแก้ว, 2556, น. 183, อ้างถึงใน Thomas L. Saaty, 1980)

## 2.1.7 พื้นที่ศึกษา (Study Area)

### 2.1.7.1 ความสำคัญและนโยบายการพัฒนาพื้นที่

พื้นที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต ตั้งอยู่ในพื้นที่ 7 ที่ราบใหญ่ ซึ่งเป็นเขตที่รัฐบาล สปป ลาวมีแผนยุทธศาสตร์ กำหนดให้เป็นแหล่งผลิตข้าวเพื่อบริโภคภายในเขต และจำหน่ายในเขตภาคเหนือ ซึ่งมีพื้นที่ผลิตข้าวน้อยกว่าในภาคกลางและภาคใต้ จึงมีแผนการสำรวจและประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อปรับปรุงดินสำหรับการปลูกข้าวให้สำเร็จภายในปี พ.ศ. 2563 (กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดินของ สปป ลาว, 2558)

### 2.1.7.2 ข้อมูลทั่วไปของอำเภออุทุมพร

อำเภออุทุมพร เป็นอำเภอหนึ่งใน 15 อำเภอของจังหวัดสุรินทร์เขต อยู่ระหว่างทางหลวงหมายเลข 9 และ 13 ห่างจากที่ว่าการจังหวัดสุรินทร์เขตประมาณ 35 กิโลเมตร (สำนักงานเกษตรและป่าไม้อำเภออุทุมพร, 2556)

#### (1) ที่ตั้งและอาณาเขต

อำเภออุทุมพร ตั้งอยู่ห่างจากตัวจังหวัดสุรินทร์เขต ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ประมาณ 35 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 1,000 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 625,000 ไร่ มีพื้นที่ปลูกข้าว 88,156 ไร่ พื้นที่เป็นโคก 87,500 ไร่ ป่าดงดิบ 133,488 ไร่ ป่าสงวน 8,488 ไร่ ป่าผสม 50,000 ไร่ ป่าดงดิบแบบแล้ง 43,750 ไร่ ป่าโปร่งแล้ง 31,250 ไร่ พื้นที่ปลูกพืชอุตสาหกรรม 72,469 ไร่ พื้นที่แหล่งน้ำ 12,156 ไร่ และพื้นที่มีสิ่งก่อสร้าง 15,639 ไร่ ดังตารางที่ 2.19

ตารางที่ 2.19

## การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภออุทุมพร

ประเภทพื้นที่		พื้นที่		
		เฮกตาร์	ไร่	%
1. ป่าไม้	ดงดิบ (Rainforest)	33,385	208,656	33.39
	โปร่งแล้ง (Sparse drought forestry)	14,000	87,844	14.00
	ผสม (Mixed forests)	9,095	56,844	9.10
	ไม้ป่อง (Bloated Forest)	5,239	32,744	5.24
	ไม้เลียบตามสายน้ำ (Forest along the river)	1,504	9,400	1.50
	ไม้ปลูก (Forest planting)	51	319	0.05
	รวม	63,274	395,463	63.27
2. เกษตรกรรม	นาข้าว (Rice Plantation)	14,105	88,156	14.11
	สวนยางพารา (Rubber plantation)	3,050	19,063	3.05
	สวนอ้อย (Cane plantation)	163	1,019	0.16
	สวนยูคาลิปตัส (Eucalyptus)	393	2,456	0.39
	พื้นที่เกษตรอื่น ๆ (Other agricultural areas)	17,502	109,388	17.5
	รวม	35,213	220,081	35.21
3. พื้นที่สิ่งก่อสร้าง	สิ่งก่อสร้าง (Buildings)	1,074	6,744	1.07
4. พื้นที่แหล่งน้ำ	แหล่งน้ำ (Water area)	439	2,744	0.44
รวมทั้งหมด		<b>100,000</b>	<b>625,000</b>	<b>100.00</b>

หมายเหตุ. จาก บทรายงานประจำปีของสำนักงานเกษตรและป่าไม้, โดย สำนักงานเกษตรและป่าไม้ อำเภออุทุมพร, 2556.

อำเภออุทุมพรมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.5 และภาพที่ 2.6

ทิศเหนือ ติดต่อกับ อำเภอไชยบุรี

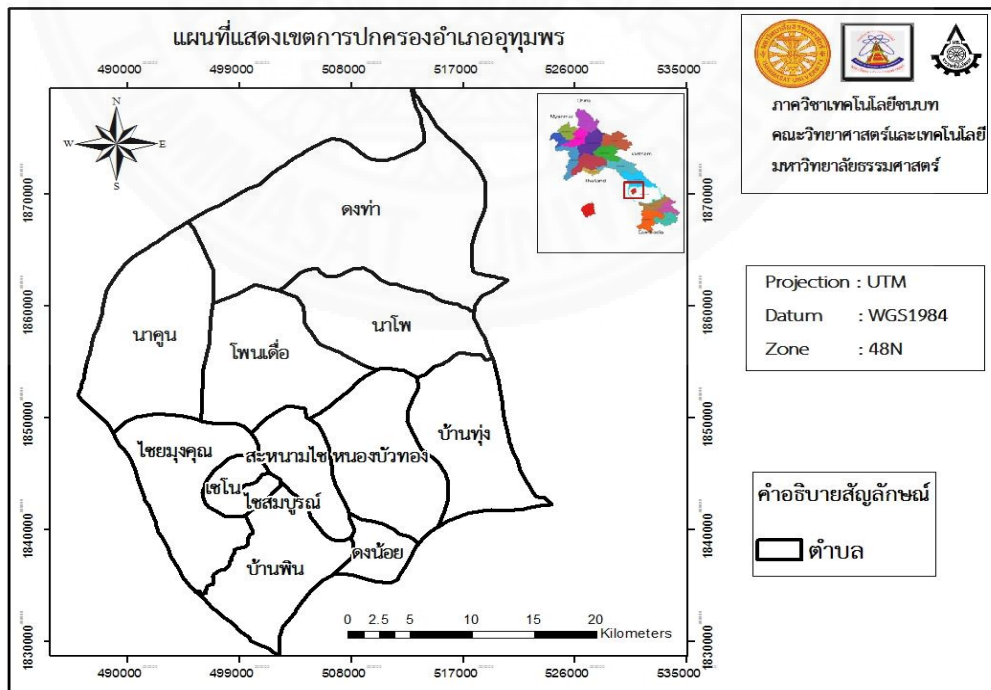
ทิศใต้ ติดต่อกับ อำเภอจำพร

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อำเภออาดสะพรวง และอำเภออาดสะพังทอง

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ อำเภอโกสอพนมวิหาน



ภาพที่ 2.5 ที่ตั้งและอาณาเขตของจังหวัดสุพรรณเขต สปป ลาว, โดย กรมคุ้มครอง และพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556.



ภาพที่ 2.6 เขตการปกครองอำเภออุทุมพร จังหวัดสุพรรณเขต, โดย กรมคุ้มครอง และพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556

## (2) ภูมิประเทศอำเภออุทุมพร

มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 128-180 เมตร และมีพื้นที่นาส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาเหนิน (น่าน้ำฝน) เป็นพื้นที่ค่อนข้างราบ เนื้อดินส่วนมากเป็นดินทราย

## (3) ภูมิอากาศ

อุณหภูมิเฉลี่ย 18-30 องศาเซลเซียสและมีภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน มี 3 ฤดู คือ ฤดูฝนอยู่ระหว่างพฤษภาคมถึงตุลาคม ฤดูหนาวอยู่ระหว่างพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนอยู่ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเมษายน ส่วนปริมาณน้ำฝนจะแตกต่างกันในแต่ละปี โดยเฉลี่ย 1,040 มิลลิเมตรต่อปี

## (4) ภูมิสังคม

อำเภออุทุมพร แบ่งออกเป็น 12 ตำบล 68 หมู่บ้าน 12,912 ครัวเรือน มีประชากร ทั้งหมด 94,897 คน เป็นหญิง 47,053 คน ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ย 92 คนต่อตารางกิโลเมตร มี 3 ชนเผ่า คือ เผ่าผู้ไท เผ่าลาว และเผ่าม้งกร นอกจากนี้ยังมีชาวต่างชาติอาศัยอยู่ คือ ชาวจีน และชาวเวียดนามประมาณร้อยละ 0.6 ของประชากร

เกษตรกรมีอาชีพปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ เช่น ข้าว อ้อย ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส และเลี้ยงโค กระบือ สุกร และสัตว์ปีก เป็นต้น

ด้านการคมนาคม มีทางหลวงหมายเลขที่ 9 และ หมายเลข 13 ตัดผ่านอำเภออุทุมพร ซึ่งเอื้อต่อการคมนาคมขนส่งแก่ประชาชนและเกษตรกร (สำนักงานเกษตรและป่าไม้ อำเภออุทุมพร, 2558)

## (5) การเกษตร

อำเภออุทุมพรมีพื้นที่ปลูกข้าวนาปี 87,000 ไร่ ผลผลิตข้าว 51,450 ตัน สมรรถภาพ 591.37 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิตข้าวเปลือกต่อประชากรเฉลี่ย 582.5 กิโลกรัมต่อคนต่อปี นอกจากนี้ยังมีการปลูกพืชฤดูแล้ง เช่น ข้าวโพดหวาน 738.18 ไร่ แตงโม 919.75 ไร่ แตง 666.43 ไร่ ถั่วต่าง ๆ 478.18 ไร่ พริก 429.93 ไร่ มะเขือ 143.18 ไร่ มะเขือเทศ 4.37 ไร่ พืชผักต่าง ๆ 862 ไร่ ต้นยาสูบ 126.87 ไร่ และมะละกอ 318.18 ไร่ (สำนักงานการเกษตรและป่าไม้ อำเภออุทุมพร, 2556) ดังตารางที่ 2.20

## ตารางที่ 2.20

## เขตเกษตรกรรมในอำเภออุทุมพร

ชนิดพืช	พื้นที่ปลูก (ไร่)	%
ข้าวนาปี	88,156.0	95.0
แตงโม	919.8	1.0
พืชผักต่าง ๆ	862.0	0.9
ข้าวโพดหวาน	738.2	0.8
แตง	666.4	0.7
ถั่วต่าง ๆ	478.2	0.5
พริก	429.9	0.5
มะละกอ	318.2	0.3
มะเขือ	143.2	0.2
ยาสูบ	126.9	0.1
มะเขือเทศ	4.4	0.0
รวมทั้งหมด	92,843.1	100.0

หมายเหตุ. จาก บทรายงานประจำปีของสำนักงานเกษตรและป่าไม้, โดย สำนักงานเกษตรและป่าไม้  
อำเภออุทุมพร, 2556

## 2.1.7.3 ดินและการจัดการดินเพื่อการเกษตรในอำเภออุทุมพร

## (1) สภาพดินและปัญหา

อำเภออุทุมพร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินป่าโคกและน่าน้ำฝนที่ไม่มีน้ำใช้ในการปลูกข้าวนาปี พื้นที่ส่วนมากเป็นดินทรายและดินร่วนปนทราย โดยมีพื้นดินทรายร่วนร้อยละ 90 ของพื้นที่ดินทั้งหมด และขาดความอุดมสมบูรณ์

## (2) การจัดการดินเพื่อการเกษตร

## (2.1) ด้านคุณลักษณะทางเคมีของดิน

ดินในพื้นที่อำเภออุทุมพร มีความเป็นกรดและต่างจัด ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม และเป็นข้อจำกัดต่อการละลายธาตุฟอสฟอรัส (P) ออกมาเป็นฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available: P) จะถูกดูดซับไว้ในอนุภาคของดิน โดยเฉพาะดิน

ที่เป็นกรดและต่างรุนแรง พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เมื่อ pH ในดินต่ำกว่า 5 พืชจะแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัส (P)

การพิจารณาค่าของความเป็นกรดและเบสต่างของดินได้จัดแบ่งตามวิธีของ Orstom's Method (กรมคุ้มครอง และพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556) ดังตารางที่ 2.21

ตารางที่ 2.21

การจัดระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

pH (KCl)	pH (H <sub>2</sub> O)	ระดับ (pH)
<4.0	< 4.5	กรดรุนแรงมากที่สุด
4.1-4.5	4.6- 5.0	กรดจัดมาก
4.6-5	5.1-5.5	กรดจัด
5.1-5.5	5.6-6.0	กรดปานกลาง
5.6-6.0	6.1-6.5	กรดเล็กน้อย
>6.0	6.6-7.3	กลาง

หมายเหตุ. จาก บทวิจัยการประเมินคุณภาพของดินนาปลูกข้าว เขตที่ราบจังหวัดสุวรรณเขต (น. 11), โดย กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556

## (2.2) อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter: OM)

ตามการวิเคราะห์ OM ของ Walley และ Black, (1934) OM ในดินจะมีค่าเท่ากับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในดิน คูณ 1.724 หรือ %OM = %CO<sub>2</sub> × 1.724 โดยมีหน่วยเป็น g/kg ดินหรือร้อยละ (%) ระดับอินทรีย์วัตถุได้จัดแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2.22

## ตารางที่ 2.22

## การจัดระดับอินทรีย์วัตถุของดิน (OM)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (ร้อยละ)	ระดับอินทรีย์วัตถุ (OM)
< 0.1	ต่ำสุด
0.11-2.0	ต่ำ
2.1-4.0	ปานกลาง
> 4.0	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก บทวิจัยการประเมินคุณภาพของดินนาปลูกข้าว เขตที่ราบจังหวัดสุพรรณเขต (น. 12), โดย กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556

## (2.3) การกำหนดระดับธาตุอาหารหลักของพืชในดิน (N, P, K) ดังแสดงใน

ตารางที่ 2.23 ตารางที่ 2.24 และตารางที่ 2.25

## ตารางที่ 2.23

## การจัดระดับไนโตรเจน (N) ในดิน

ปริมาณไนโตรเจนในดิน (ร้อยละ)	ระดับ (N)
< 0.01	ต่ำที่สุด
0.02-0.15	ต่ำ
0.16-0.25	ปานกลาง
>0.25	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก บทวิจัยการประเมินคุณภาพของดินนาปลูกข้าว เขตที่ราบจังหวัดสุพรรณเขต (น. 12), โดย กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556



## ตารางที่ 2.24

## การจัดการธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P)

ระดับ P (mg/kg ดิน)	ระดับ (P)
<3.0	ต่ำที่สุด
3.1-10	ต่ำ
10.1-25	ปานกลาง
>25	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก บทวิจัยการประเมินคุณภาพของดินนาปลูกข้าว เขตที่ราบจังหวัดสุพรรณเขต (น. 12), โดย กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556

## ตารางที่ 2.25

## การจัดระดับธาตุโพแทสเซียม (K)

ระดับ K (mg/kg ดิน)	ระดับ (K)
< 40	ต่ำที่สุด
41-80	ต่ำ
81-120	ปานกลาง
> 120	สูงมาก

หมายเหตุ. จาก บทวิจัยการประเมินคุณภาพของดินนาปลูกข้าว เขตที่ราบจังหวัดสุพรรณเขต (น. 12), โดย กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556

## (2.4) การกำหนดปริมาณอัตราปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว

ปุ๋ยเป็นส่วนประกอบทางเคมีที่มีบทบาทในการปรับค่าความเป็นกรดของดิน (pH) ให้สูงขึ้นตามความต้องการของพืช วิธีการกำหนดปริมาณปุ๋ยใส่พื้นที่นาข้าว โดยอิงตามผลของค่า pH ดิน

โดยทั่วไปการกำหนดปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อการเกษตร เพื่อปรับแก้ความเป็นกรดของดินให้เหมาะสมต่อความต้องการ เพื่อการเจริญเติบโตของพืช จะต้องอิงตามระดับความเป็นกรดของดินในพื้นที่ และประเภทเนื้อดินเป็นสำคัญ ทั้งนี้ สปป ลาว ได้คำนวณ และแนะนำอัตราการใช้ปุ๋ยหมัก ควบคู่ไปกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อปรับค่า pH ในดินไว้ ดังตารางที่ 2.26

## ตารางที่ 2.26

ปริมาณปุ๋ยและปุ๋ยหมัก เพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน

ค่า pH (H <sub>2</sub> O)	ปริมาณปุ๋ยและปุ๋ยหมัก (กิโลกรัมต่อไร่)					
	ดินทราย		ดินร่วน		ดินเหนียว	
	ปุ๋ยขาว	ปุ๋ยหมัก	ปุ๋ยขาว	ปุ๋ยหมัก	ปุ๋ยขาว	ปุ๋ยหมัก
4.50-5.00	160	800	160	960	240	1,120
4.00-4.49	160	800	160	1,760	240	2,080
3.50-3.90	160	800	240	2,720	320	3,040

หมายเหตุ. จาก บทวิจัยการประเมินคุณภาพของดินนาปลูกข้าว เขตที่ราบจังหวัดสุวรรณเขต (น. 13), โดย กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556

### (2.5) การกำหนดอัตราปุ๋ย

การกำหนดอัตราปุ๋ยเคมีในพื้นที่ที่จะพิจารณาจากความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ประกอบด้วยคาร์บอนของอินทรีย์วัตถุในดิน (%OM) ระดับธาตุอาหารพืช (N, P, K) เพื่อประเมินหาระดับธาตุอาหารพืชในดิน ตามโครงสร้างและประเภทเนื้อดิน ซึ่งจากผลการทดสอบในหลายพื้นที่ ของจังหวัดสุวรรณเขต จากโครงการร่วมมือลาว-อีรี (Lao-IRRI Project) โดยเน้นระดับธาตุไนโตรเจน Nitrogen (N) ในดิน ร้อยละของค่าอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ที่เป็นประโยชน์ มีการจัดลำดับ (กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556) ดังแสดงในตารางที่ 2.27 ตารางที่ 2.28 และตารางที่ 2.29

## ตารางที่ 2.27

ปริมาณปุ๋ย ไนโตรเจน (N) สำหรับข้าวนาปี (กิโลกรัมต่อไร่)

ประเภทกลุ่มเนื้อดิน	ปริมาณปุ๋ย ไนโตรเจน ในดินตามค่าของอินทรีย์วัตถุ (OM)			
	ต่ำที่สุด	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ดินเหนียว	≈19.2	≈14.4	≈11.2	≈4.8
ดินร่วน	≈19.2	≈14.4	≈11.2	≈4.8
ดินทราย	≈14.4	≈14.4	≈11.2	≈4.8

หมายเหตุ. จาก *Nitrogen Application in Rainfed Low Land Rice in the Lao PDR* (p.13), by

Sengxua, P และ Linquist, B. 2001

(1) กลุ่มดินเหนียว: LC, SiC, SiCL, C, CL, HC

(2) กลุ่มดินร่วน: L, SiL

(3) กลุ่มดินทราย: LS

## ตารางที่ 2.28

ปริมาณปุ๋ย ฟอสฟอรัส ( $P_2O_5$ ) สำหรับข้าวนาปี (กิโลกรัมต่อไร่)

ประเภทกลุ่มเนื้อดิน	ปริมาณปุ๋ย ฟอสฟอรัส ที่ละลายในดิน (mg/kg ดิน)			
	ต่ำที่สุด	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ดินเหนียว	≈7.2	≈4.8	≈2.4	0
ดินร่วน	≈4.8	≈3.2	≈2.4	0
ดินทราย	≈3.2	≈2.4	≈2.4	0

หมายเหตุ. จาก *Nitrogen Application in Rainfed Low Land Rice in the Lao PDR* (p.14), by

Sengxua, P และ Linquist, B. 2001

## ตารางที่ 2.29

ปริมาณปุ๋ย โพแทสเซียม ( $K_2O$ ) สำหรับข้าวนาปี (กิโลกรัมต่อไร่)

ประเภทกลุ่มเนื้อดิน	ปริมาณปุ๋ย โพแทสเซียม ที่ละลายในดิน (mg/kg ดิน)			
	ต่ำที่สุด	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ดินเหนียว	≈3.2	≈2.4	≈1.6	0
ดินร่วน	≈3.2	≈2.4	≈1.6	0
ดินทราย	≈4.8	≈3.2	≈2.4	0

หมายเหตุ. จาก *Nitrogen Application in Rainfed Low Land Rice in the Lao PDR* (p.14), by Sengxua, P และ Linquist, B. 2001

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นันทิญา คำอุดม และ ทศนีย์ มีศักดิ์ประเสริฐ (2556) ได้ศึกษาการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงเลขด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาพื้นที่มีศักยภาพตั้งโรงงานผลิตเอทานอลและเส้นทางขนส่งมันสำปะหลังของจังหวัดกำแพงเพชร โดยจำแนกพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ด้วยระบบการจำแนกแบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ด้วยวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (PairWise Comparison) ร่วมกับการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (SAW) มีผลการศึกษาคือ (1) จังหวัดกำแพงเพชร มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมด 128,477.00 ไร่ (ร้อยละ 17.83) โดยพื้นที่มันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอพรานกระต่าย ซึ่งค่าความถูกต้อง โดยรวมของการจำแนกเท่ากับ 80.333 และค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.764 (2) เป็นมีพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับตั้งโรงงานโรงงานผลิตเอทานอล ทั้งหมด 2,649,778.33 ไร่ เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมาก จำนวน 1,495,793.20 ไร่ (ร้อยละ 56.45) รองลงมาเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพปานกลาง จำนวน 644,140.20 ไร่ (ร้อยละ 24.32) ถัดมาเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพมากที่สุด จำนวน 461,961.69 ไร่ (ร้อยละ 17.43), เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพน้อย จำนวน 46,462.96 ไร่ (ร้อยละ 1.75) และพื้นที่ที่มีศักยภาพน้อยที่สุด จำนวน 1,410.27 ไร่ (ร้อยละ 0.05)

อากาศกร ทองวงสา (2556) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองทางสถิติเชิงพื้นที่สำหรับการคาดคะเนคุณสมบัติพื้นฐานของดิน กรณีศึกษา: บ้านโป่งลึก-บางกลอย อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการใช้แบบจำลองทางสถิติเชิงพื้นที่ในการศึกษา และเปรียบเทียบแผนที่คุณสมบัติพื้นฐานของดินด้วยทฤษฎีการประมาณค่าแบบ IDW (Inverse Distance

Weighted) พบว่า ปริมาณ N, P, K และ pH ในดิน มีความสัมพันธ์กับดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 OLI ซึ่งสามารถใช้ดัชนีต่าง ๆ นี้ตรวจสอบหาปริมาณ N, P, K และ pH ในดินบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงที่มีลักษณะภูมิประเทศคล้ายคลึงกันได้ โดยไม่จำเป็นต้องเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หาปริมาณ N, P, K และ pH ซึ่งช่วยลดระยะเวลาและประหยัดงบประมาณในการตรวจวิเคราะห์ดิน

พิสิษฐ์ สีนรุณวิช (2555) ได้วิเคราะห์สภาพปัญหาทรัพยากรดินและการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมภาคตะวันออกของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฐานข้อมูล และการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสมกับศักยภาพดิน มีการรวบรวมข้อมูลทางกายภาพและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรกรรม เช่น ทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำ สภาพการใช้ที่ดิน และสภาพภูมิอากาศ จากข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ ได้นำมาวิเคราะห์ร่วมกัน โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อประเมินสภาพปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรกรรม ประกอบด้วย ลักษณะดินที่มีปัญหา การใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับศักยภาพดิน คุณภาพที่ดินที่มีความเหมาะสมเล็กน้อยถึงไม่เหมาะสมและการชะล้างพังทลายของดิน พบว่า ทรัพยากรดินที่มีปัญหามีเนื้อที่รวม 7.7 ล้านไร่ หรือร้อยละ 26.9 ของพื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วย ดินเค็ม ดินเปรี้ยว ดินทราย ดินลูกรัง และดินตื้น ปัญหาการใช้ที่ดิน ประกอบด้วย การใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับศักยภาพดิน มีเนื้อที่ 1.1 ล้านไร่ การใช้ที่ดินในพื้นที่ที่ดินมีปัญหา 4.7 ล้านไร่ สำหรับการประเมินคุณภาพที่ดินกับการใช้ที่ดิน พบว่า มีการใช้ที่ดินในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมเล็กน้อย มีเนื้อที่รวม 3.6 ล้านไร่ และพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม 1.0 ล้านไร่ การประเมินอัตราการสูญเสียดิน พบว่า พื้นที่ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรงถึงรุนแรงมาก มีเนื้อที่รวม 0.7 ล้านไร่ โดยเป็นพื้นที่ ซึ่งมีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 5 และการใช้ที่ดินปลูกพืชไร่ อัตราการสูญเสียดินประมาณ 5.35-56.2 ตันต่อไร่ต่อปี ในเขตแห้งแล้ง และ 7.01-80.0 ตันต่อไร่ต่อปี ในเขตชุ่มชื้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะดินและความลาดชันของพื้นที่ โดยผลจากการศึกษาจะนำมากำหนดแนวทางการใช้ที่ดินที่เหมาะสมรวมทั้งการปรับปรุงบำรุงดินและการกำหนดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

อมร อินทราเวช (2554) ได้ศึกษา การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดินในทุ่งกุลาร้องไห้โดยการสำรวจภาคสนามในปี 2547 และปี 2554 และเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อทำการวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมีของดิน และศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินระหว่างปี 2547 และปี 2554 พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ปริมาณฟอสฟอรัส ( $P_2O_5$ ) ที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม (K) ที่เป็นประโยชน์ และปริมาณแคลเซียม (Ca) ที่สกัดได้ในดิน ในปี 2547 และปี 2554 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเป็นผลมาจากการจัดการดินที่แตกต่างกัน รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินในการ

เพาะปลูกพืชต่างชนิดกัน และปริมาณธาตุอาหารพืชได้ค่อยลดลงเล็กน้อยในแต่ละปี โดยมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินในรูปของปุ๋ยหมักร่วมกับน้ำหมักชีวภาพหรือปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช และควรติดตามประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินทุก ๆ 5 ปี สำหรับพื้นที่เกษตรกร

วาสนา พุฒกลาง และชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ (2553) ได้ศึกษาเรื่อง ความเหมาะสมของที่ดินและการประเมินพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งสามารถบอกถึงสมรรถนะของพื้นที่ในการเพิ่มผลผลิตและศักยภาพของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามแนวทางการประเมินที่ดินของ FAO เพื่อประเมินพื้นที่เพาะปลูกที่เหมาะสม และสูญเสียดินน้อยที่สุด พบว่า การผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากและปานกลางนั้น มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เป็นพื้นที่ร้อยละ 5.04 ของพื้นที่ทั้งภาค โดยมีการกระจายตัวของพื้นที่ปลูกสอดคล้องกับความเหมาะสมของที่ดิน คิดเป็นร้อยละ 12.24, 7.92, 7.22 และ 1.56 ของพื้นที่เหมาะสมในระดับเหมาะสมมาก ปานกลาง น้อย และไม่เหมาะสม ตามลำดับ

รุ่งโรจน์ นิลทอง (2553) ได้ศึกษา การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืช ในพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินตำบลธารทอง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินอัตราการสูญเสียดิน และการสูญเสียธาตุอาหารพืชในพื้นที่ป่าชุมชนบริเวณที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดิน และได้ทำการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการสำรวจดินของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2537 จากนั้นนำเข้าสู่ข้อมูลทั้งหมดสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยเทคนิคการซ้อนทับ (Overlay Technique) พบว่า พื้นที่ศึกษามีพื้นที่รวม 192.25 ไร่ มีอัตราการสูญเสียดิน ประมาณ 0.044 ตันต่อไร่ต่อปี ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปจากพื้นที่ ระหว่างปี พ.ศ. 2537-2553 มีค่าระหว่าง 0.0142-0.0724 ppm ส่วนปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สูญเสียไป มีค่าระหว่าง 0.2032-3.1012 ppm และพบการชะล้างพังทลายของดิน ในพื้นที่ศึกษาในอัตราที่น้อย และมีการสูญเสียธาตุอาหารแปรผันตามหน้าดินที่สูญเสียไป ดังนั้น หากสามารถชะลอการชะล้างพังทลายของดินได้ ก็จะช่วยอนุรักษ์ธาตุอาหารในดินด้วย

กัลยา ดำรงสัจจศิริ (2552) ได้ศึกษา การประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกข้าวของจังหวัดลพบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแบบจำลองในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชข้าว โดยใช้เทคนิคการประเมินความเหมาะสมของที่ดินตามหลักการของ (FAO, 1983) และวิธีการประเมินแบบหลายปัจจัย (Multi-Criteria evaluation) เพื่อจำแนกความเหมาะสมและหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพืชข้าว ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 8 ปัจจัย ได้แก่ ความลึกของ

ดิน การระบายน้ำของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารของดิน ความลาดชัน อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และเนื้อดิน โดยนำแต่ละปัจจัยมาใส่ค่าคะแนนความสำคัญและคำนวณโดยใช้สมการ ซึ่งทำให้ทราบพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวในจังหวัดลพบุรี พบว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากในการปลูกข้าว (S1) มีเนื้อที่ 103,654 ไร่ หรือร้อยละ 2.67 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีเนื้อที่ 1,393,745 ไร่ หรือร้อยละ 35.97 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย (S3) มีเนื้อที่ 1,917,512 ไร่ หรือร้อยละ 49.49 และพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม (N) มีเนื้อที่ 459,935 ไร่ หรือร้อยละ 11.87

Yurembam. G.S. et al. (2015) ได้ศึกษา การทำแผนที่ธาตุอาหารรองในเขตการเกษตรบริเวณลุ่มน้ำของพื้นที่ Someshwar ในประเทศอินเดีย ผ่านการวัดค่าน้ำหนัก วิธีการแก้ไข แสดงให้เห็นว่าการกระจายของธาตุอาหารรอง และการจัดการพื้นที่ทำได้ง่ายสำหรับเศรษฐกิจ และเป็นผลต่อสิ่งแวดล้อม การบริหารจัดการดิน และการทำแผนที่เชิงพื้นที่ ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักของการศึกษา คือ (1) เพื่อทำแผนที่แปรปรวนเชิงพื้นที่ของ Fe, Mn, Zn, Cu (2) เพื่อหาพื้นที่ที่มีปัญหาที่ต้องใช้และต้องได้รับการปรับปรุงพื้นที่ ในการจัดการธาตุอาหารพืช การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ได้ดำเนินการโดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงของ IDW หมายถึงปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ในดินที่ลึก (0-15 ซม.) มี 52.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมงกานีส (Mn) มี 2.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สังกะสี (Zn) 0.56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และทองแดง (Cu) 0.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีความแตกต่างระหว่างสูงสุดและต่ำสุด Fe, Mn, Zn และ Cu เป็น 53.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 4.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 1.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 4.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับพื้นผิวดิน การจัดการเฉพาะของพื้นที่ธาตุแมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) ธาตุอาหารพืช ต่ำ กลาง และสูง (ร้อยละ 39.62, 50.9) และ 9.48, (ร้อยละ 42.52, 55.6 และ 1.86) และ (ร้อยละ 32, 40.06 และ 27.92) ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ที่ขาดแคลนธาตุอาหาร จำเป็นต้องเติมปุ๋ย เพื่อการผลิตพืชที่เพิ่มขึ้น

Adekayode.F. O. et al. (2014) ได้ศึกษา ความแปรปรวนของธาตุอาหารพืชในดินของเมือง Mukono ประเทศยูกันดา ในการศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์เชิงพื้นที่ของดินในแปลงทดสอบ 2.5 เฮกตาร์ จัดทำแผนที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในดิน และสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน และใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยวิธี Kriging ในการวิจัย และได้สุ่มตัวอย่างดินในแปลงทดสอบ เพื่อการวิเคราะห์หาธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ เช่น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และอินทรีย์วัตถุ (OM) พบว่ามีปริมาณธาตุอาหาร ร้อยละ 0.16, 13.7 ppm, 0.44 cmol/kg, 5.35 cmol/kg, 4.83 cmol/กิโลกรัม และร้อยละ 2.78 ตามลำดับ ความเข้มข้นของการกระจายตัวของแต่ละองค์ประกอบและธาตุอินทรีย์วัตถุได้ทำการวิจัย

โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ แบบ 3 มิติ/Raster แก๊ไข/Kriging ที่เป็นเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ และใช้วิธีการซ้อนทับ (Overlay) ในการสร้างแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Pulakeship. H. B. P. et al. (2012) ได้จัดหาและจัดทำแผนที่ของธาตุอาหารพืชโดยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในหมู่บ้าน Mantagani ดินในหมู่บ้าน Mantagani ซึ่งมีจำนวน 115 ตัวอย่างที่ดิน ความลึกระดับ 0-30 เซนติเมตร ในพื้นที่นาของเกษตรกร ที่ได้นำมาวิเคราะห์สภาพความอุดมสมบูรณ์ และจัดทำแผนที่โดยเทคนิคระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ผลการวิจัยพบว่า ค่า pH ของดินที่เป็นกรดเล็กน้อยถึงต่ำ และธาตุอินทรีย์ดินอยู่ในระดับต่ำ ไนโตรเจนที่มีประโยชน์ (ต่ำ พื้นที่ร้อยละ 93) ฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ (ต่ำ พื้นที่ร้อยละ 24, กลาง พื้นที่ร้อยละ 76) โดยทั่วไปในระดับต่ำถึงปานกลางและโพแทสเซียมที่มีประโยชน์ และกำมะถันต่ำถึงสูง เกี่ยวกับธาตุอาหารรองที่มีอยู่ในสังกะสีและเหล็กขาดแคลน (พื้นที่ร้อยละ 88 และพื้นที่ร้อยละ 72 ตามลำดับ) ยกเว้นทองแดงและแมงกานีส (พื้นที่ร้อยละ 54 และพื้นที่ร้อยละ 51 ตามลำดับ) มีเพียงพอนดินเหล่านี้



## บทที่ 3 วิธีการวิจัย

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินธาตุอาหารพืชในดิน สำหรับการปลูกข้าว ในการวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของดิน คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) และความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง (BS) ในพื้นที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต ผู้ศึกษามีวิธีดำเนินการ ดังต่อไปนี้

### 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์เชิงพื้นที่ด้านคุณสมบัติพื้นฐานของดินนี้ ได้รวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ (Primary) และทุติยภูมิ (Secondary) โดยค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น หนังสือ วารสาร เอกสาร รวมทั้งการค้นคว้าข้อมูลผ่านทางอินเทอร์เน็ต ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

#### การรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ และทุติยภูมิ

ข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1. ปฐมภูมิ (Primary data) (1) เก็บตัวอย่างดินภาคสนาม (2) ผลการตรวจดิน (Soil Texture, pH, OM, N , P , K, CEC and BS) (3) สอบถามผู้เชี่ยวชาญดิน 8 คน	(1) สำนักงานเกษตรและป่าไม้ อำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต สปป ลาว (2) ศูนย์วิเคราะห์ดินและวางแผนใช้ที่ดิน กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดินเกษตร สปป ลาว (3) กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดินเกษตร สปป ลาว
2. ทุติยภูมิ (Secondary data) (1) ข้อมูลเศรษฐกิจ-สังคมของอำเภออุทุมพร (จำนวนประชากร และพื้นที่) (2) ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ -แผนที่ของอำเภออุทุมพร -ขอบเขตการปกครองและเขตพื้นที่ใช้ที่ดิน (3) ข้อมูลด้านดิน - ปฐพีวิทยาเบื้องต้น - คู่มือการพัฒนาที่ดิน	(1) สำนักงานเกษตรและป่าไม้ อำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต สปป ลาว (2) ศูนย์วิเคราะห์ดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว (3) คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (4) กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

ในงานศึกษานี้ ใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ในการวิเคราะห์ประมวลผลเป็นหลัก ดังนั้น จึงแบ่งเครื่องมือและอุปกรณ์ออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และ ซอฟต์แวร์ (Software) ดังตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2

#### เครื่องมือ และอุปกรณ์

Hardware	ยี่ห้อ/รุ่น
(1) อุปกรณ์เก็บดิน	เสียม พลั่ว จอบ ถุงพลาสติก และถังพลาสติก
(2) GPS	Garmin eTrex รุ่น Vista
(3) กล้องถ่ายรูป	Samsung รุ่น ES55.10.2 pixel
(4) คอมพิวเตอร์พกพา	Acer รุ่น Intel Core i5
(5) เครื่องพิมพ์	Hp รุ่น 10310
Software	ยี่ห้อ/รุ่น
(1) ArcGIS for Desktop	Version 10.1
(2) Microsoft Office	Version 2010

ตารางที่ 3.3

#### ข้อมูลจากแผนที่

แผนที่ขอบเขต	มาตราส่วน	แหล่งข้อมูล	พ.ศ.
ประเทศ สปป ลาว	1:1,000,000	กรมคุ้มครอง และพัฒนาที่ดิน สปป ลาว	2556
จังหวัดสุวรรณเขต	1:500,000		
อำเภออุทุมพร	1:50,000		
ตำบลในอำเภออุทุมพร	1:50,000		

### 3.3 วิธีดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.3.1 วิธีการเก็บข้อมูลภาคสนาม

##### 3.3.1.1 การเก็บข้อมูลดินในภาคสนาม

การเก็บข้อมูลดินภาคสนามครั้งนี้ ใช้วิธีการของกรมวิชาการเกษตร สหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Agriculture) ในการเก็บข้อมูลพื้นที่ภาคสนาม โดยเก็บตามพื้นที่ภูมิประเทศ คุณสมบัติทั้งหมดที่สามารถมองเห็นได้ของพื้นที่ (Landscape) เช่น พื้นที่นา ลุ่ม และนาดอน และเก็บข้อมูลดินตามคุณลักษณะตามธรรมชาติของพื้นที่ผิวโลก (Landform) ซึ่งเก็บตามเนื้อดิน (Soil Texture) ในแต่ละพื้นที่ที่มีเนื้อดิน เช่น ดินทราย (Sandy) ดินทรายปนดินร่วน (Loamy Sand: LS) ดินร่วนปนดินทราย (Sandy Loam: SL) และดินเหนียว (Clay) เป็นการสำรวจดิน เพื่อให้ทราบถึง ศักยภาพของพื้นที่ในการปรับปรุงดิน เป็นการศึกษาในมาตราส่วน 1:100,000 โดยกำหนดไว้ประมาณ 12.5 ตารางกิโลเมตร ต่อ 1 จุดตรวจสอบดิน (8,000 ไร่/1 จุด) (USDA, 1993)

สำหรับในพื้นที่ของอำเภออุทุมพร การเก็บข้อมูลพื้นที่ภาคสนาม โดยเก็บตามพื้นที่ภูมิประเทศ คุณสมบัติทั้งหมดที่สามารถมองเห็นได้ของพื้นที่ (Landscape) เช่น พื้นที่นา ลุ่ม และนาดอน และเก็บข้อมูลดินตามคุณลักษณะตามธรรมชาติของพื้นที่ผิวโลก (Landform) ซึ่งเก็บตามเนื้อดิน (Soil Texture) ในแต่ละพื้นที่ เฉพาะในพื้นที่อำเภออุทุมพรมีเนื้อดิน เช่น ดินทราย (Sandy) ดินทรายปนดินร่วน (Loamy Sand: LS) ดินร่วนปนดินทราย (Sandy Loam: SL) และดินเหนียว (Clay)

ในการสำรวจครั้งนี้ จะสำรวจเฉพาะพื้นที่ดินนาข้าวเท่านั้น ที่มีพื้นที่ 141 ตารางกิโลเมตร หรือ 88,156 ไร่ การเก็บจำนวนจุดตรวจดินจะเก็บตามพื้นที่ของดินแต่ละประเภท ซึ่งในพื้นที่อำเภออุทุมพร มีเนื้อดินทราย (Sa, LS, SL) ประมาณร้อยละ 99.82 และมีเนื้อดินเหนียว ร้อยละ 0.18 ในการเก็บตัวอย่างดินจะเก็บทั้งหมด 41 จุดทั้งอำเภออุทุมพร ได้แบ่งพื้นที่เก็บตัวอย่างดิน จะเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ดินทราย (Sand) 11 จุด เก็บในพื้นที่ดินทรายปนดินร่วน (Loamy sand) 10 จุด เก็บในพื้นที่ดินร่วนปนทราย (Sandy loam) 10 จุด และเก็บในพื้นที่ดินเหนียว (Clay) 10 จุด โดยตรวจสอบแบบวิธีของกระทรวงเกษตรกร สหรัฐอเมริกา (USDA, 1993)

##### 3.3.1.2 การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดิน เช่น ปริมาณค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) และความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (BS) สำหรับการสำรวจพื้นที่ โดย

เก็บตัวอย่างดินที่ลึก 0-30 เซนติเมตร ซึ่งเก็บประมาณ 15-20 ต่อจุดพื้นที่มาคลุกเข้ากันแล้วแบ่งเป็นสี่ส่วน จากนั้นนำเอาเพียง 1 ส่วน น้ำหนัก 0.5 กิโลกรัม ต่อ 1 จุดพื้นที่ พร้อมด้วยจุดพิกัด (X, Y) แล้วนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

### 3.3.1.3 การวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ

เมื่อเก็บข้อมูลภาคสนาม ในอำเภออุทุมพร ได้ครบทุกจุดแล้ว นำข้อมูลตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ตามวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งแสดงข้อมูลไว้ใน น. 28-37. และตามบทวิเคราะห์การประเมินคุณภาพของดินนาในที่ราบสุวรรณเขต สปป ลาว (กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว, 2556) ดังนี้

(1) ปริมาณค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ใช้วิธีนำดินผสมน้ำในอัตราส่วน (1:2.5) แล้วตรวจด้วย (Electrode) ในหลอดแก้วไฟฟ้า

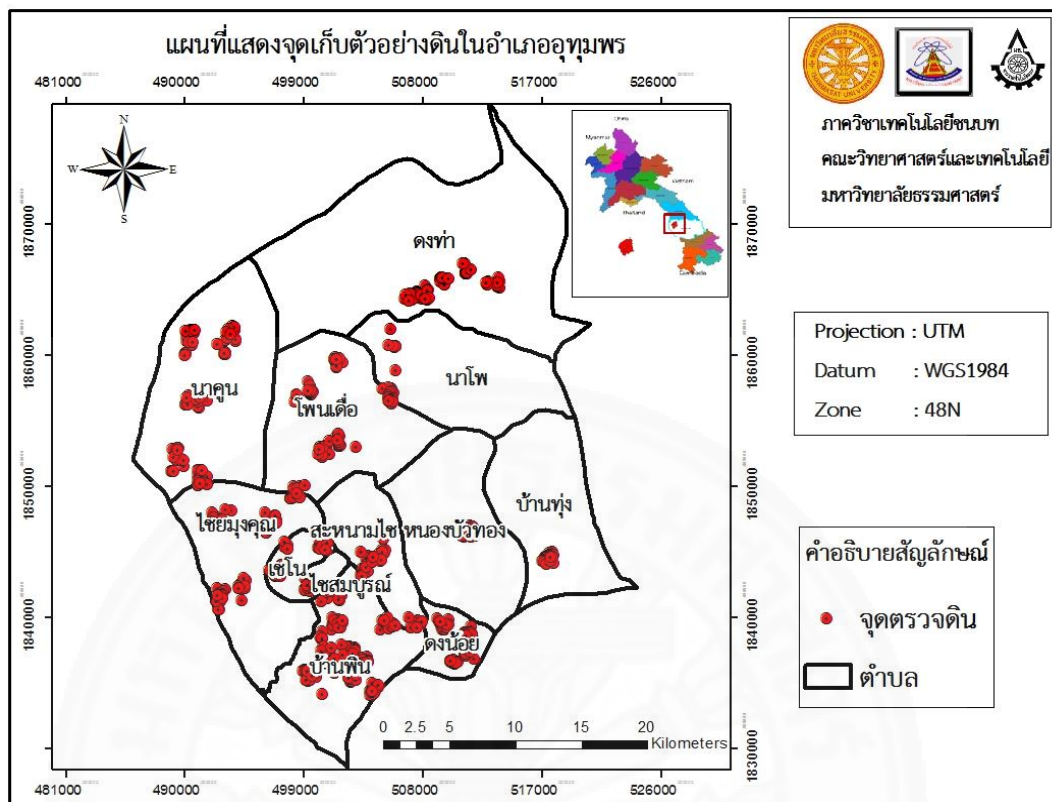
(2) อินทรีย์วัตถุในดิน

(3) ไนโตรเจน

(4) ฟอสฟอรัส

(5) โปแทสเซียม, ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน และความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง ใช้วิธีการวิเคราะห์ 1 N ammonium acetate pH7

(6) เนื้อดิน ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน ที่กรมพัฒนาที่ดินประเทศไทย และกรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ใช้มาตรฐานในการสำรวจ 1:100,000 ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างดินในอำเภออุทุมพร

### 3.3.2 กรอบแนวคิดรวมในการดำเนินงานวิจัย

กรอบแนวคิดรวมของการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว ดำเนินการ ดังนี้

**3.3.2.1 นำข้อมูลจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช** คือ เนื้อดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน และความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง นำเข้าตำแหน่งจุดพิกัดของแต่ละจุดดินที่เก็บตัวอย่าง (ค่า X, Y) และจากนั้นเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง (Interpolation methods) รูปแบบ Kriging/Reclassify วิธีการนี้ใช้ในกรณีที่ต้องการทราบความสัมพันธ์ของการกระจายธาตุอาหารในดินหรือทิศทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล โดยส่วนมากมักจะใช้ในทางปฐพีวิทยาและธรณีวิทยาโดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้แผนที่ธาตุอาหารพืชในดิน ตามวัตถุประสงค์ที่ 1

**3.3.2.2 การวิเคราะห์ตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์** โดยนำเอาแผนที่จากผลตามวัตถุประสงค์ที่ 1 มาซ้อนทับกัน (Overlay) และเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์วิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) ร่วมกับการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (SAW)

ได้แผนที่การกระจายของธาตุอาหารในแต่ละระดับตามค่าของความอุดมสมบูรณ์ ในแต่ละพื้นที่ปลูกข้าว ได้วัตถุประสงค์ที่ 2

**3.3.2.3 พื้นที่แสดงความต้องการธาตุอาหารพืช** เพื่อแนะนำให้เกษตรกร นำเอาข้อมูลแผนที่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซ้อนทับกัน (Overlay) กับแผนที่เนื้อดิน (Soil Texture) ได้แผนที่ความต้องการธาตุอาหารพืช และแนะนำให้เกษตรกรใช้ต่อไป ตามวัตถุประสงค์ที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 3.2

### 3.3.3 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์

#### 3.3.3.1 กรอบแนวคิด ตามวัตถุประสงค์ที่ 1

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยโปรแกรม ArcGIS for desktop 10.1 โดยนำเอาข้อมูลจากการวิเคราะห์สมบัติของดินและธาตุอาหารพืช คือ pH, N, P, K, CEC และ BS ควบคู่กับตำแหน่งแต่ละจุดพิกัดที่เก็บตัวอย่างดิน (เป็นค่า X, Y, Z) มาเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง Interpolation methods รูปแบบ Kriging/Reclassify เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของการกระจายธาตุอาหารในดินหรือทิศทางที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล จนได้แผนที่ธาตุอาหารพืชในดิน ตามวัตถุประสงค์ที่ 1 ดังภาพที่ 3.3

#### 3.3.3.2 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 2

เป็นการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อนำแผนที่ธาตุอาหารพืชในดิน เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ วิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) ร่วมกับการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (SAW) การสร้างฟิลด์เพื่อรองรับค่าการประเมินพื้นที่ของแต่ละปัจจัยและใส่ Rate\*weight และการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประเมินพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้ง 7 ปัจจัย ด้วยการซ้อนชั้นข้อมูล (overlay function) โดยใช้สมการ

$$A = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot R_i)$$

$$A = \text{Land fertility}$$

$$W_i = \text{น้ำหนักของแต่ละปัจจัย}$$

$$R_i = \text{ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย}$$

การศึกษานี้ได้กำหนดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็น 5 ระดับ คือ พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของดินค่อนข้างต่ำ พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของดินค่อนข้างสูง และพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง ได้แผนที่

การกระจายของธาตุอาหารในแต่ละระดับ ตามค่าของความอุดมสมบูรณ์ในแต่ละพื้นที่ปลูกข้าว ตาม  
วัตถุประสงค์ที่ 2 ดังในภาพที่ 3.4

วิธีการนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

(1) การสร้างตารางเปรียบเทียบ เป็นตารางในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ  
หลักเกณฑ์เป็นคู่ ๆ โดยใช้สเกลที่กำหนดไว้ 1-9 ซึ่งจะสัมพันธ์กับความชอบระหว่าง 2 หลักเกณฑ์ ดัง  
ตารางที่ 2.17

(2) การคำนวณค่าน้ำหนักหลักเกณฑ์ มีทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ

1) การหาผลลัพธ์ในแต่ละคอลัมน์

2) หาค่าในตารางด้วยผลรวมของแต่ละคอลัมน์ (Normalized Matrix)

3) คำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวของ Normalized Matrix ดังตัวอย่างการ

คำนวณในภาคผนวก ข

(3) การประเมินค่าความสอดคล้อง (Estimation of the Consistency Ratio) มีวิธีการ ดังนี้

1) คำนวณค่า Weight Sum Vector โดยนำค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์แรก  
มาคูณกับคอลัมน์แรกของค่าแรกเริ่มในตารางการเปรียบเทียบเป็นคู่ ต่อมานำค่าน้ำหนักของ  
หลักเกณฑ์ที่สองมาคูณกับคอลัมน์ที่สอง ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ที่สามมาคูณกับคอลัมน์ที่สาม คูณ  
ไปจนครบตามหลักเกณฑ์ที่มี แล้วรวมทั้งหมดตามแถว

2) หาค่า Consistency Vector โดยหาค่า Weight Sum Vector ด้วยค่าที่  
ได้จากการกำหนดค่าน้ำหนัก เมื่อคำนวณค่า Consistency Vector ได้แล้ว และต้องการคำนวณค่า  
Lambda ( $\lambda$ ) และ Consistency Index (CI) ค่า Lambda คือ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณค่า  
Consistency Vector

$\lambda$  = ค่าเฉลี่ยของค่า Consistency Vector

การคำนวณค่า Consistency Index ได้จากการคำนวณค่า  $\lambda$

$$CI = (\lambda - n) / (n - 1)$$

เมื่อ n คือจำนวนหลักเกณฑ์ทั้งหมด

สามารถคำนวณค่า Consistency Ratio (CR) ได้ ดังนี้

$$CR = CI/RI$$

โดย RI คือ ค่า Random Index ขึ้นอยู่กับจำนวนของหลักเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบ  
 ถ้าค่า  $CR < 0.1$  นั้นแสดงว่า มีค่าสัดส่วนความสอดคล้องในระดับที่ยอมรับได้ในการ  
 เปรียบเทียบเป็นคู่ แต่ถ้า  $CR \geq 0.10$  แสดงถึงค่าสัดส่วนไม่สอดคล้อง ซึ่งต้องกลับไปพิจารณาแก้ไข  
 ค่าเริ่มต้น ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ใหม่

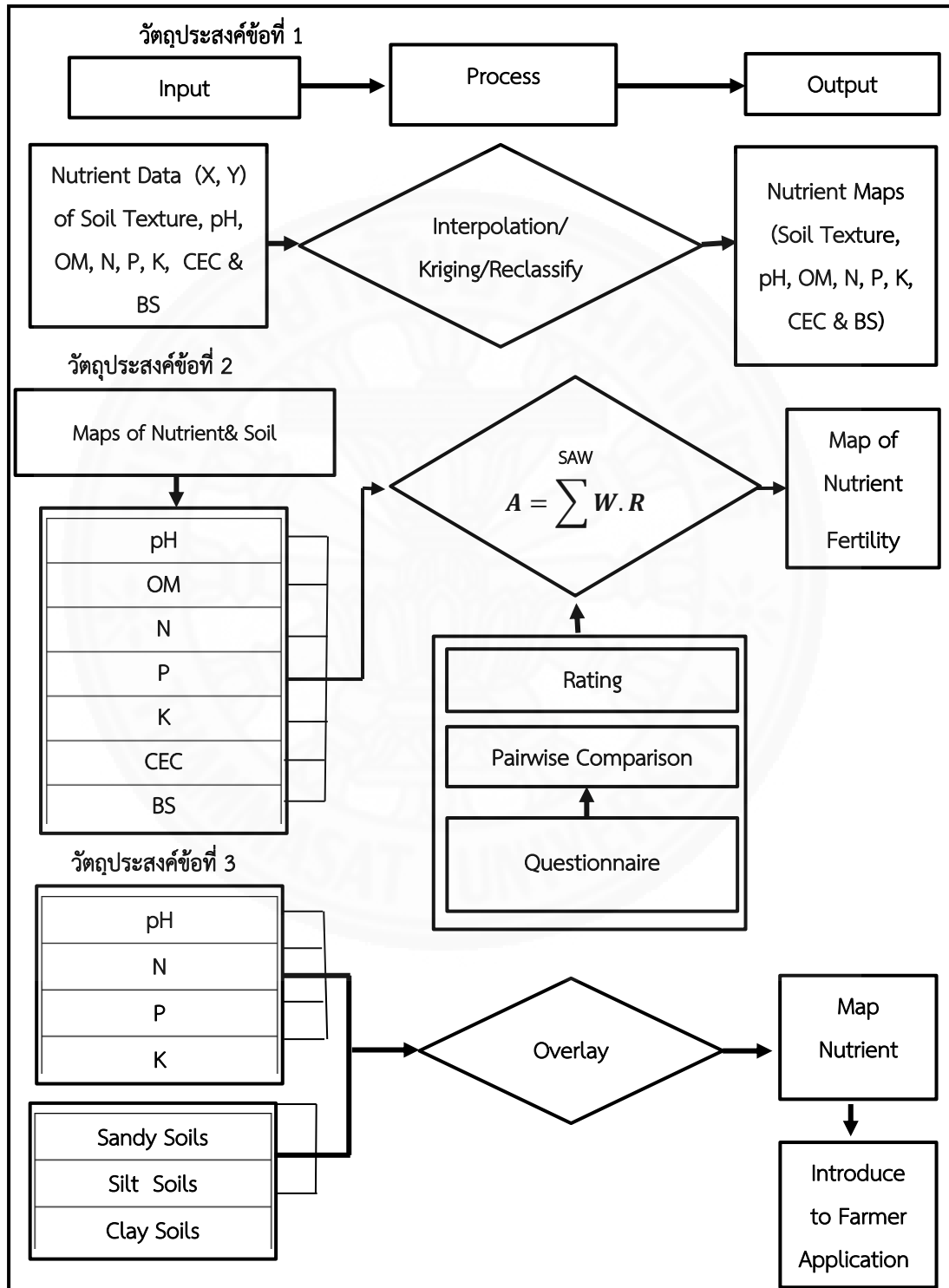
### 3.3.3.3 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 3

เพื่อให้ได้พื้นที่ธาตุอาหารพืชให้เกษตรกรนำไปใช้ นำเอาข้อมูลแผนที่ธาตุ  
 อาหารพืชในดิน คือ แผนที่ pH, N, P และ K มาซ้อนทับกัน (Overlay) กับแผนที่เนื้อดิน (Soil  
 Texture) การศึกษานี้ได้กำหนดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็น 4 ระดับ คือ พื้นที่ความอุดม  
 สมบูรณ์ของดินต่ำที่สุด ต่ำ ปานกลาง และพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง ได้แผนที่ความต้องการ  
 ธาตุอาหารพืชการปรับปรุงดินเพื่อใช้และแนะนำแก่เกษตรกรใช้ต่อไป ตามวัตถุประสงค์ที่ 3 ดังแสดง  
 ในตารางที่ 2.21, 2.23, 2.24, 2.25 และภาพที่ 3.5



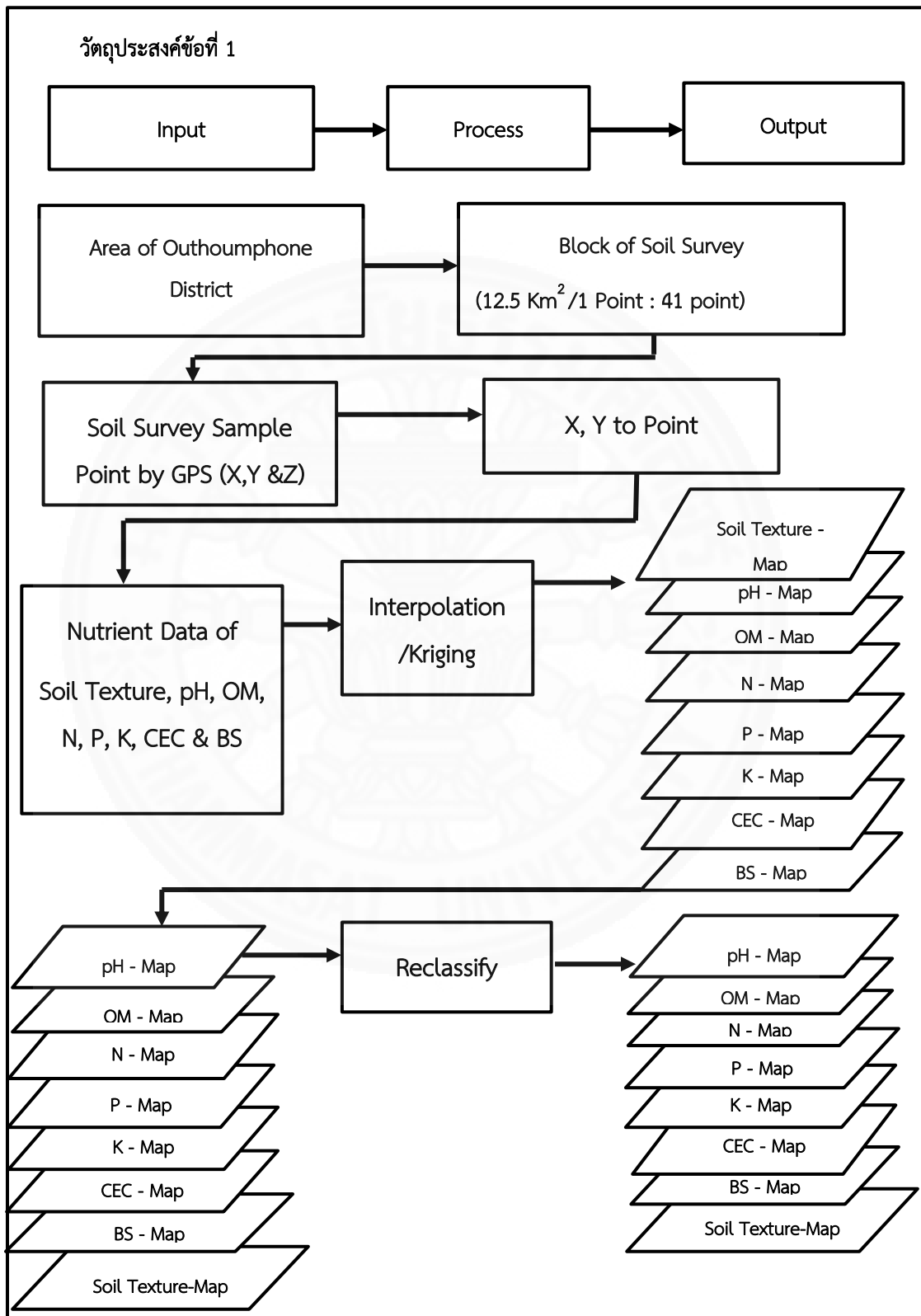
### 3.4 กรอบแนวคิดรวมของงานวิจัย

#### 3.4.1 กรอบแนวคิดรวม



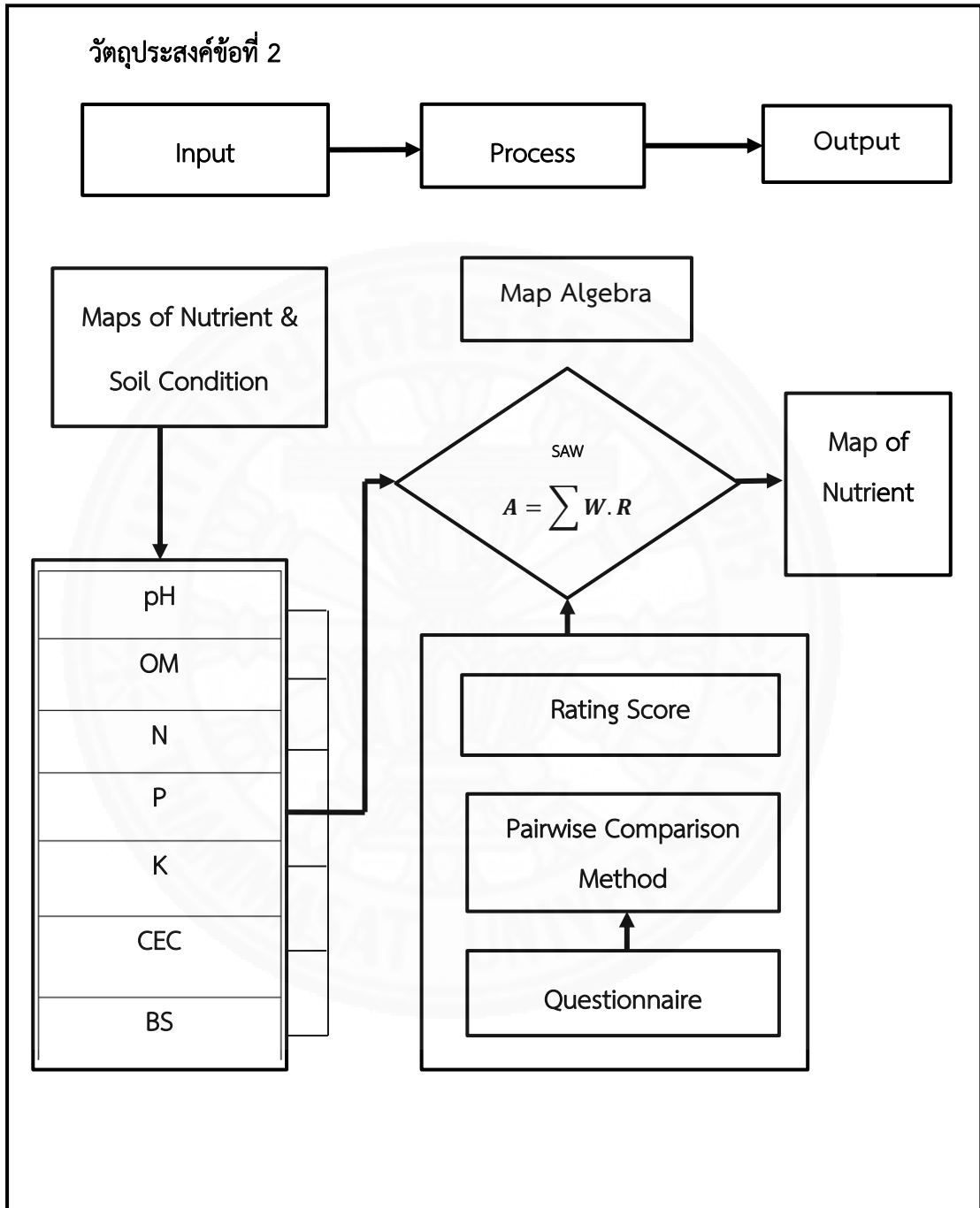
ภาพที่ 3.2 กรอบแนวคิดรวมของงานวิจัย

## 3.4.2 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 1



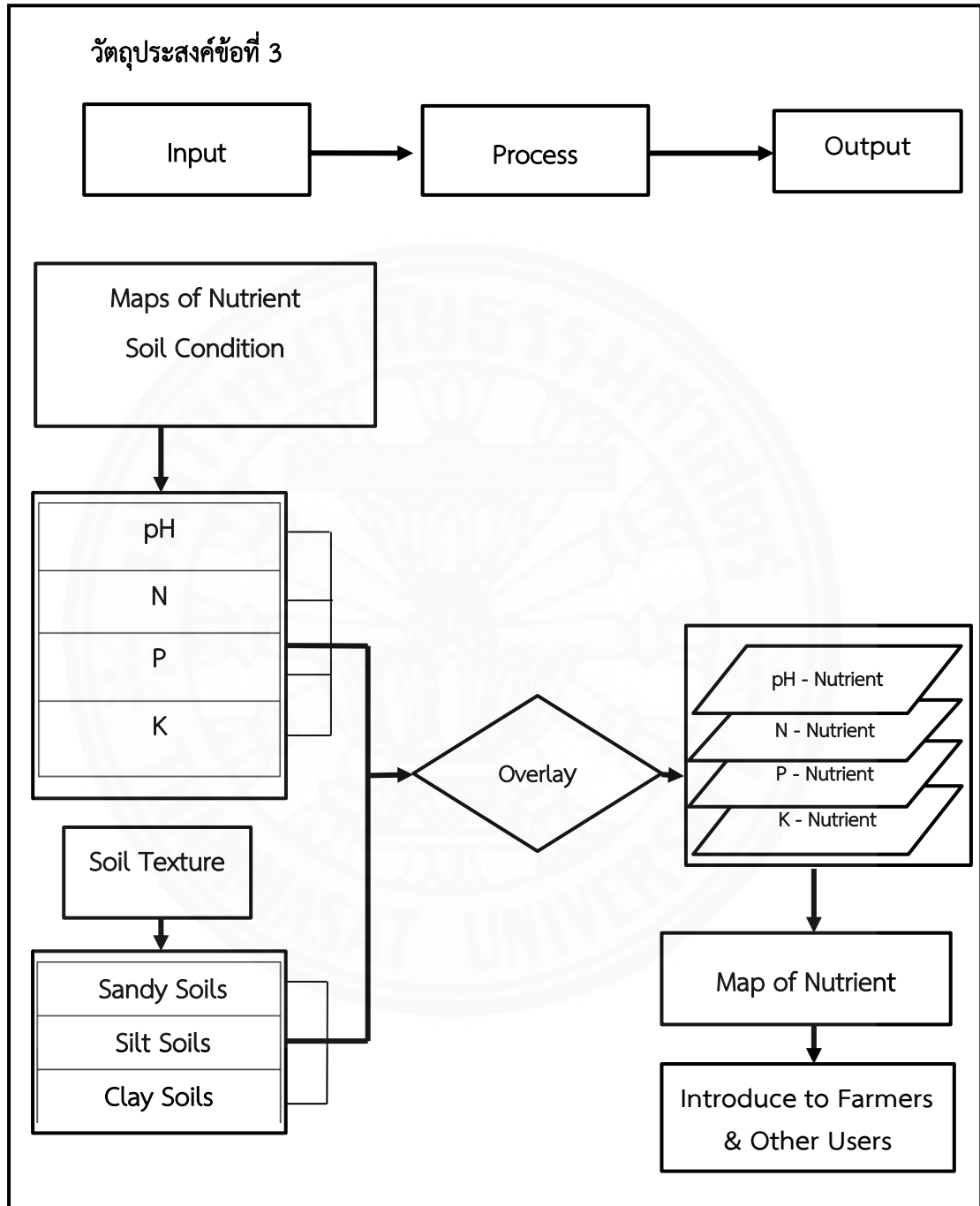
ภาพที่ 3.3 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 1

## 3.4.3 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 2



ภาพที่ 3.4 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 2

## 3.4.4 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 3



ภาพที่ 3.5 กรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่ 3

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

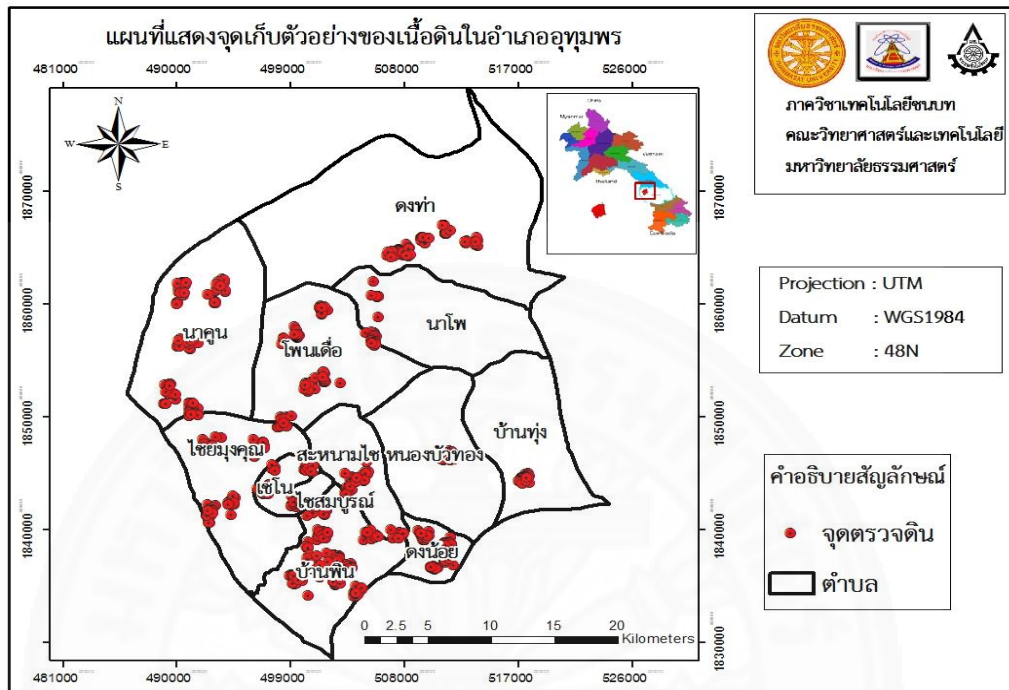
จากการศึกษาการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินธาตุอาหารพืชในดิน สำหรับการปลูกข้าว ในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต สปป ลาว ตามวิธีการศึกษาใน บทที่ 3 ทั้ง การเก็บรวบรวมข้อมูล การกำหนดค่าปัจจัย การประเมินพื้นที่คุณภาพธาตุอาหารพืชในดิน การวิเคราะห์เพื่อจัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินการเกษตร และเสนอแนวทางการจัดการดินและความต้องการธาตุอาหารพืชในดินที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในระดับหมู่บ้าน ด้วยเทคนิคการประมาณค่าช่วง (Interpolation) แบบ Kriging และด้วยวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) ร่วมกับการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (SAW) และการซ้อนทับ (Overlay) ได้ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ ตามจุดที่สำรวจจำนวน 41 จุด ซึ่งแสดงข้อมูลไว้ในภาคผนวก ง โดยกำหนดไว้ประมาณ 12.5 ตารางกิโลเมตร ต่อ 1 จุดตรวจสอบดิน (8,000 ไร่/1 จุด) เพื่อดูพื้นที่การกระจายตัวของธาตุอาหารพืชในดิน โดยแยกผลการศึกษาเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

- 1) ศึกษาลักษณะสมบัติดินในพื้นที่ปลูกข้าวของอำเภออุทุมพร
- 2) การประเมินพื้นที่และจัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าวของอำเภออุทุมพร
- 3) แนวทางการจัดการดินและความต้องการปุ๋ยที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในระดับหมู่บ้านภายในอำเภออุทุมพร

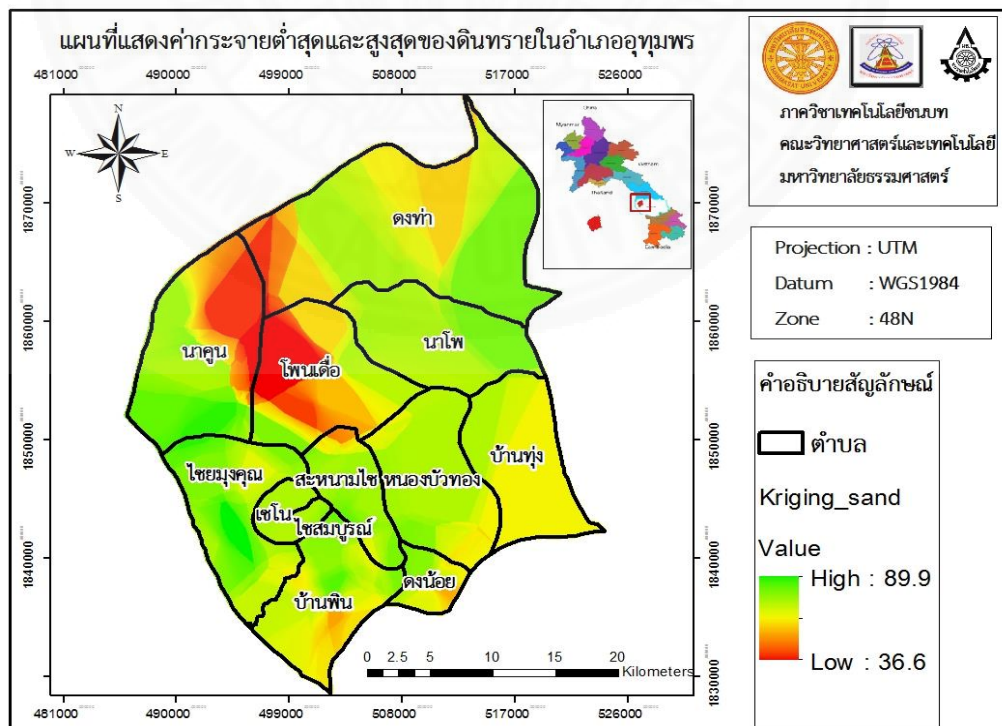
#### 4.1 การประเมินพื้นที่เนื้อดิน และคุณภาพธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว

จากผลการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์โปรแกรม ArcGIS for Desktop 10.1 เพื่อประเมินพื้นที่คุณภาพธาตุอาหารพืชในดินของอำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต สปป ลาว ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 676,481.77 ไร่ ที่ได้จากการวิเคราะห์พื้นที่เนื้อดิน และคุณภาพธาตุอาหารพืชในดิน ตาม 7 ปัจจัย ได้แก่ pH, OM, N, P, K, CEC และ BS ซึ่งในแต่ละปัจจัยได้เก็บจุดตรวจดินเดียวกัน ทั้งพื้นที่ของอำเภอ รวมเป็นจำนวน 41 จุด ด้วยวิธีการสุ่มแบบ USDA (กระทรวงเกษตร สหรัฐอเมริกา) โดยมีวิธีการแบ่งช่วงแบบให้ค่าเท่ากัน (Equal interval) เป็นการแบ่งค่าเท่า ๆ กันในแต่ละกลุ่มโดยจะแสดงผลการวิจัยต่อไป และดังแสดงในภาพที่ 4.1

4.1.1 การประเมินเนื้อดิน (Soil Texture) ซึ่งมีพิกัดตำแหน่งสำรวจดินของแต่ละจุด ตัวอย่างในการวิเคราะห์ รวมมีจำนวน 41 จุดครอบคลุมทั้งอำเภอ ดังแสดงในภาพที่ 4.1

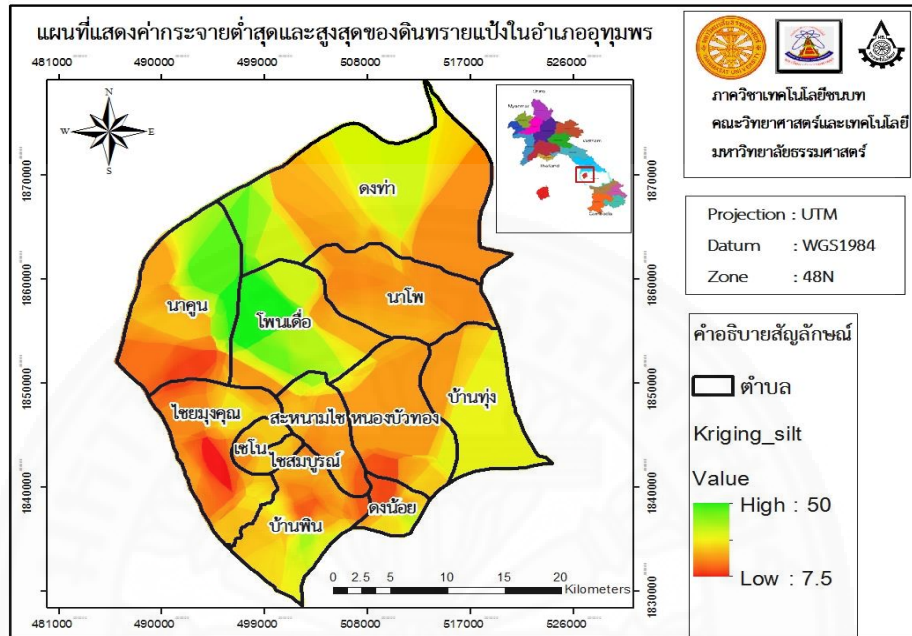


ภาพที่ 4.1 จุดเก็บตัวอย่างของเนื้อดินในอำเภออุทุมพร



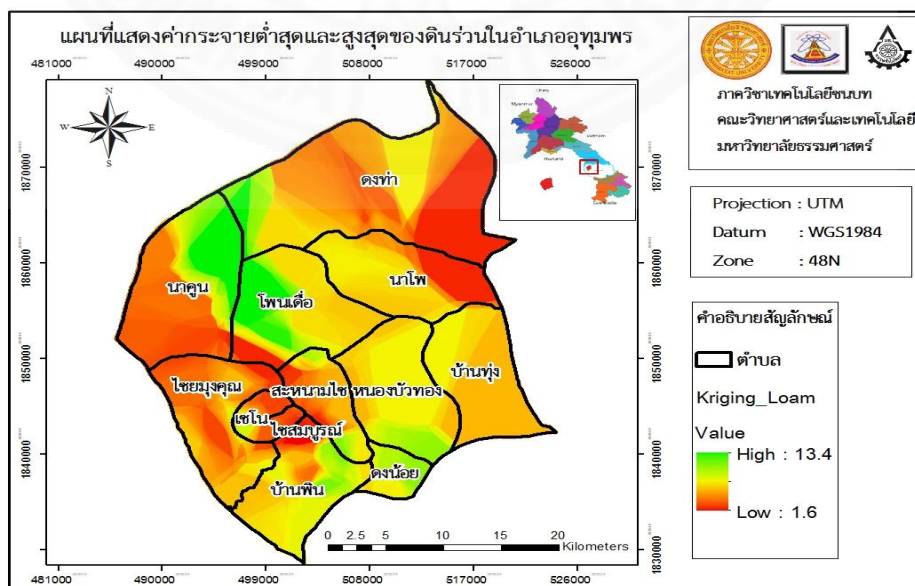
ภาพที่ 4.2 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของดินทรายในอำเภออุทุมพร

จากภาพที่ 4.2 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่ดินทรายต่ำสุด 36.6% และค่าการกระจายสูงสุด 89.9% พบบริเวณตำบลนาคุณ ตำบลดงน้อย ตำบลไชยะมุงคุณและตำบลบ้านพิน เป็นต้น



ภาพที่ 4.3 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของดินทรายแบ่งในอำเภออุทุมพร

จากภาพที่ 4.3 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่ดินทรายแบ่งต่ำสุด 7.5% และค่าการกระจายสูงสุด 50% พบบริเวณตำบลนาดงท่า ตำบลไชยะมุงคุณ ตำบลสะพานมไซ เป็นต้น



ภาพที่ 4.4 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของดินร่วนในอำเภออุทุมพร

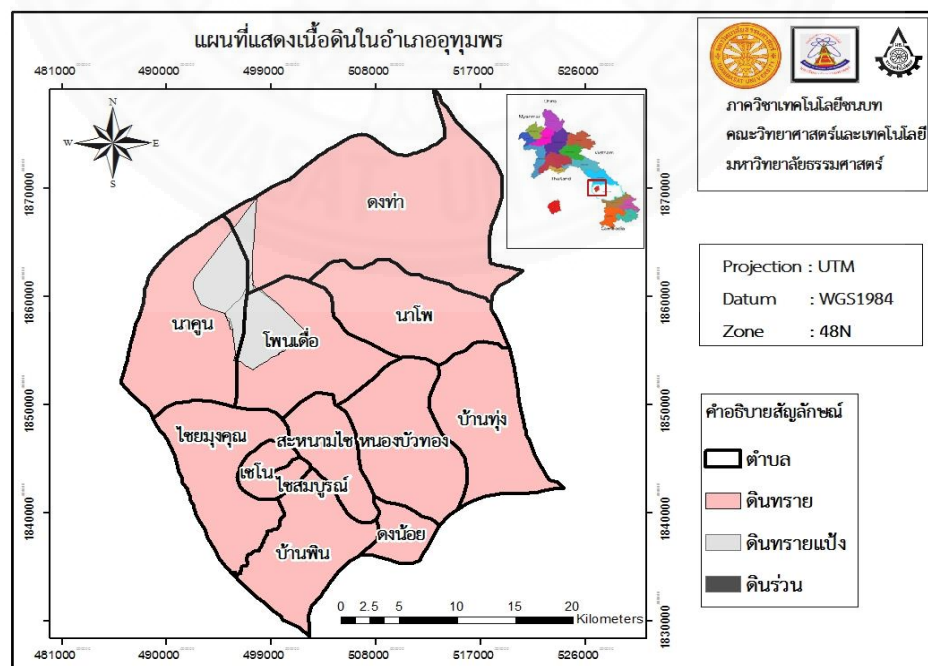
จากภาพที่ 4.4 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่ดินร่วนต่ำสุด 1.6% และค่าการกระจายสูงสุด 13.4%

ผลการประเมินพื้นที่อำเภอทั้งหมดส่วนใหญ่ มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทราย (Sand) กระจายอยู่ทั่วไปมีเนื้อที่ ประมาณ 638,413.24 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 94.373 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมามีการกระจายพื้นที่ดินทรายแป้ง (Silt) มีเนื้อที่ ประมาณ 38,060.29 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.626 และในขณะที่มีพื้นที่ดินร่วนน้อยมาก คือ 8.24 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.001 จากการวิเคราะห์ที่ไม่พบพื้นที่ดินเหนียว ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.1

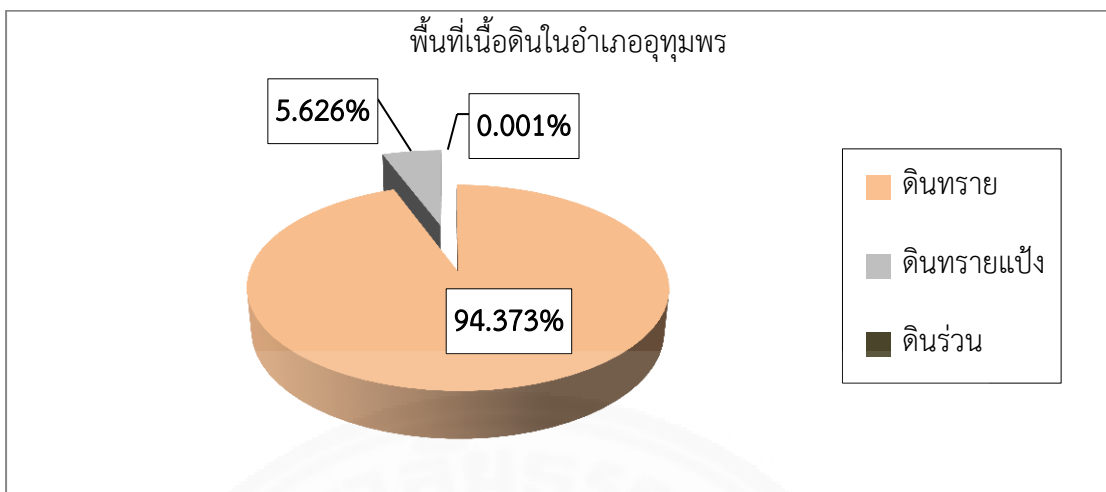
ผลการวิเคราะห์พื้นที่เนื้อดินในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต

ลำดับ	เนื้อดิน	พื้นที่	
		ไร่	%
1	ดินทราย	638,413.24	94.373
2	ดินทรายแป้ง	38,060.29	5.626
3	ดินร่วน	8.24	0.001
รวม		676,481.77	100.000



ภาพที่ 4.5 เนื้อดินในอำเภออุทุมพร





ภาพที่ 4.6 การจำแนกพื้นที่เนื้อดินในอำเภออุทุมพร

#### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่คุณภาพเนื้อดินในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์ โดยใช้วิธีการประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging พบว่า อำเภออุทุมพรมีพื้นที่ทั้งหมด 676,481.77 ไร่ โดยเป็นดินทรายกระจายพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 638,413.24 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 94.373 ครอบคลุมทั้ง 12 ตำบล รองลงมา คือ พื้นที่ดินทรายแป้งมีเนื้อที่ 38,060.29 ไร่ คิดเป็น ร้อยละ 5.626 ครอบคลุม 3 ตำบล คือ ตำบลนาคุณ ตำบลโพนเตื่อ และตำบลดงท่า บางส่วนในทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตำบล และมีพื้นที่ดินร่วนน้อยมาก คือ 8.24 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.001 และจากการสำรวจเนื้อดินในระดับความลึก 30 เซนติเมตร ถัดลงไปเป็นเนื้อดินทรายปนดินเหนียวที่สามารถดูดซับน้ำไว้ได้ดีพอสมควร



ภาพที่ 4.7 พื้นที่ตัวอย่างในอำเภออุทุมพร

จากตารางที่ 4.1 ภาพที่ 4.5 และ 4.7 จะเห็นได้ว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภออุทุมพร เป็นที่ราบมีความลาดชันเล็กน้อยประมาณ 5-10% เหมาะแก่การปลูกข้าว แต่เป็นพื้นที่ดินทราย ครอบคลุม 62 หมู่บ้าน หรือร้อยละ 94.373 มีพื้นที่ดินทรายแฉะมี 4 หมู่บ้าน และพื้นที่ดินร่วนมี 2 หมู่บ้าน และการใช้ที่ดินของเกษตรกรส่วนใหญ่ทำการปลูกข้าวนาปี คิดเป็นร้อยละ 90 ของครอบครัว เกษตรกรทั้งหมด อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ในหนึ่งปีเกษตรกรสามารถปลูกข้าวได้เพียงฤดูเดียว

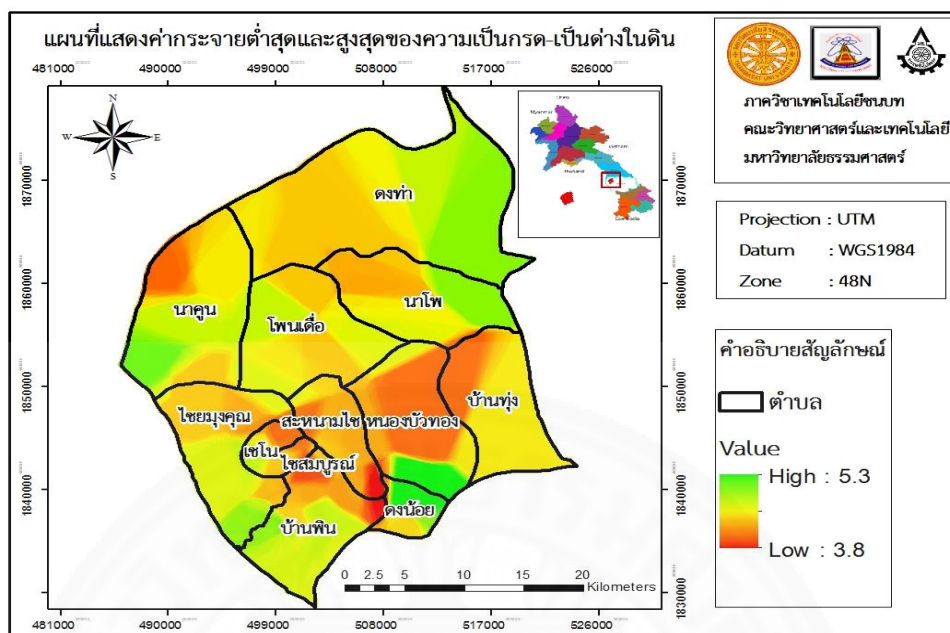
ในการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเมินพื้นที่ทำให้เห็นรายละเอียด มีความแม่นยำ สามารถระบุตำแหน่งพื้นที่ธาตุอาหารพืชในแผนที่อย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

จำนวนหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่แต่ละเนื้อดินในอำเภออุทุมพร

หมู่บ้าน		
เนื้อดิน (Soil Texture)		
ดินทราย	ดินทรายแฉะ	ดินร่วน
ดงท่า, โคนใหญ่, โคนเหนือ, ห้วยเหม่าน้อย	อารงน้อย	อารงใหญ่
ดงใน, โนนกรุง, พินใต้, กุดแซ่	โพนทัน	นาสะโนด
นาค้า, โนนรัง, นาชายคำ, สมสะอาด	โพนเตื่อ	
ห้วยหนองใส, นาชายทอง, โพนงัว	มาด	
โนนงอย, นาโพไซ, ป่าหนาม, นากะเขาะ		
นาใต้, โนนอุดม, โนนสะพาน, สมเพ็ดวิไล		
ป่าไล่, หัวคำ, ปง, อุดมมีไช, ดงกลาง		
เซโน, นาจาน, โนนยาง, นาแก้ง		
ผักชะหย้า, โพนแคน, โคนนาชาย, ห้วยผักหมาม		
กกตาล, ห้วยเหมาใหญ่, โคนกลาง, ดงหมากแวง		
นาซีเหล็กใต้, ดอนหมี่, โพนนาคุณ, สะโนด		
นาซีเหล็กเหนือ, วังแคน, แมด, โพนตูม		
นากอยห้วย, ไชสะอาด, พินเหนือ, ดงน้อย		
โหนดอกไม้, นาทาด, ไชยะมุงคุณ, จะเลาะ		
สีบุญเรือง, จอมแจ้ง, โพนคำ, โนนยาง		
สะพานมไช, กลางโพสี		
62	4	2
รวม:	68	





ภาพที่ 4.9 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของความเป็นกรดเป็นด่างในดิน

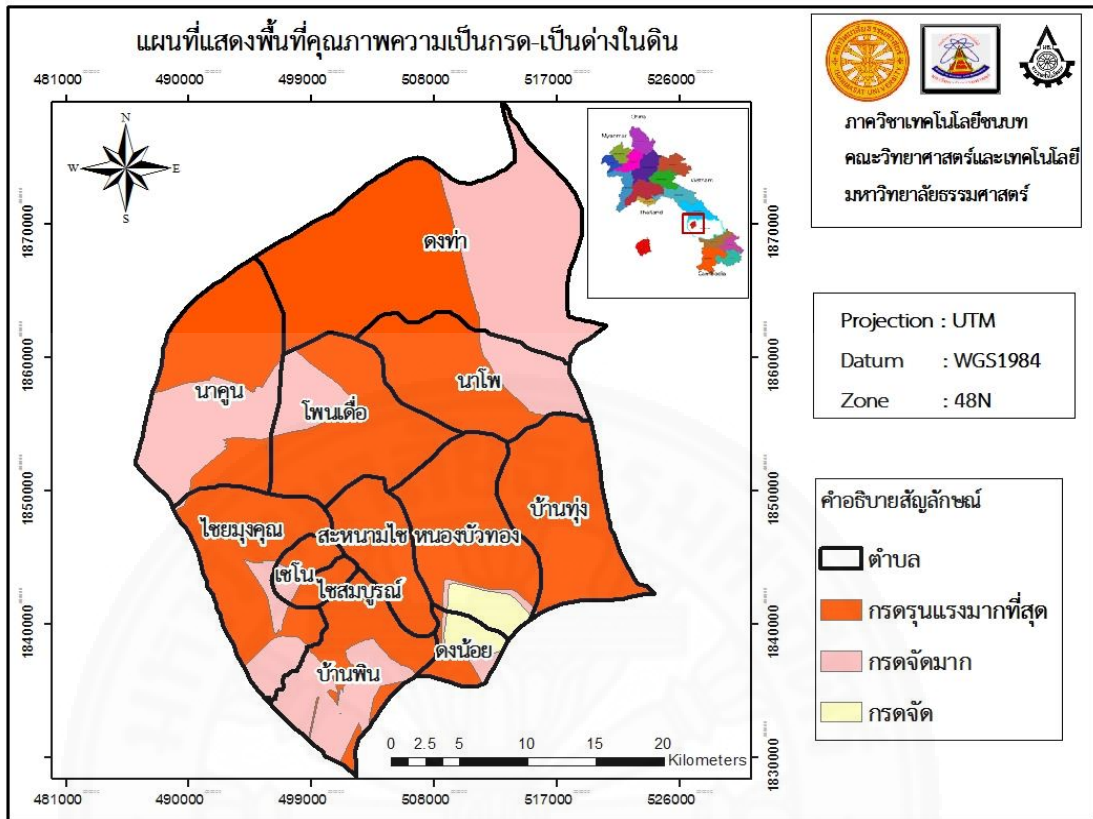
จากภาพที่ 4.9 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่ความเป็นกรดเป็นด่างในดินต่ำสุด 3.8 ค่าสูงสุด 5.3 และค่าเฉลี่ย 4.42

ผลการประเมินพื้นที่คุณภาพความเป็นกรดเป็นด่างในดิน กระจายทั่วทั้งอำเภอ มีความเป็นกรดรุนแรงมากที่สุดเป็นเนื้อที่ ประมาณ 473,480.07 ไร่ (ร้อยละ 69.99) รองลงมามีการกระจายพื้นที่กรดจัดมีเนื้อที่ ประมาณ 187,811.11 ไร่ (ร้อยละ 27.76) และมีพื้นที่กระจายกรดจัดน้อยมาก อยู่ทิศตะวันออกเฉียงใต้มีเนื้อที่ ประมาณ 15,190.59 ไร่ (ร้อยละ 2.25) ส่วนระดับกรดปานกลาง กรดเล็กน้อยและเป็นกลาง ไม่พบค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.10

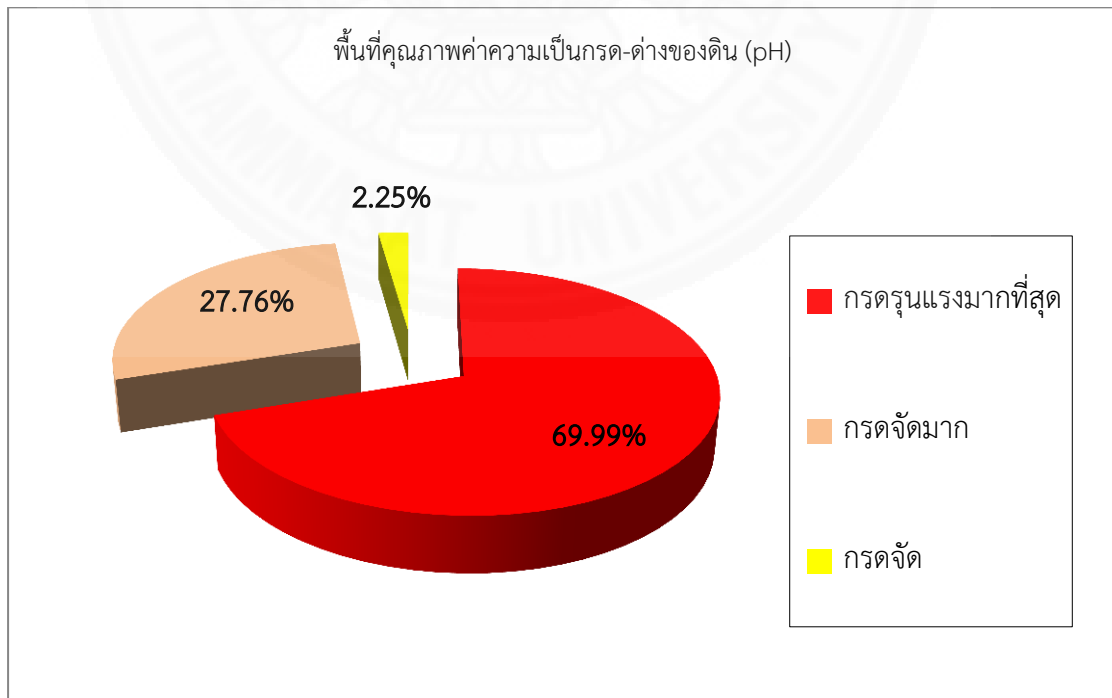
ตารางที่ 4.3

ผลการวิเคราะห์ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ลำดับ	ระดับ pH	ปริมาณความเป็นกรดเป็นด่าง	พื้นที่	
			ไร่	%
1	กรดรุนแรงมากที่สุด	<4.5	473,480.07	69.99
2	กรดจัดมาก	4.6-5.0	187,811.11	27.76
3	กรดจัด	5.1-5.5	15,190.59	2.25
รวม			676,481.77	100.00

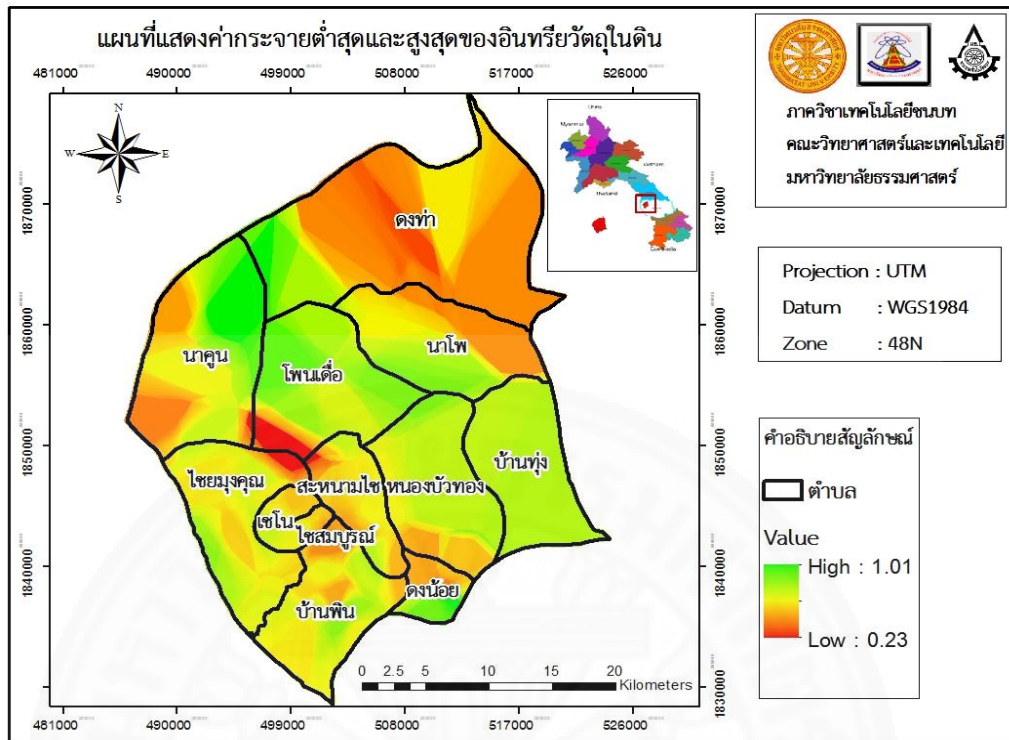


ภาพที่ 4.10 คุณภาพความเป็นกรดเป็นด่างในดิน (pH)



ภาพที่ 4.11 การจำแนกพื้นที่ความเป็นกรดเป็นด่างในดิน





ภาพที่ 4.13 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของอินทรียวตฤในดิน

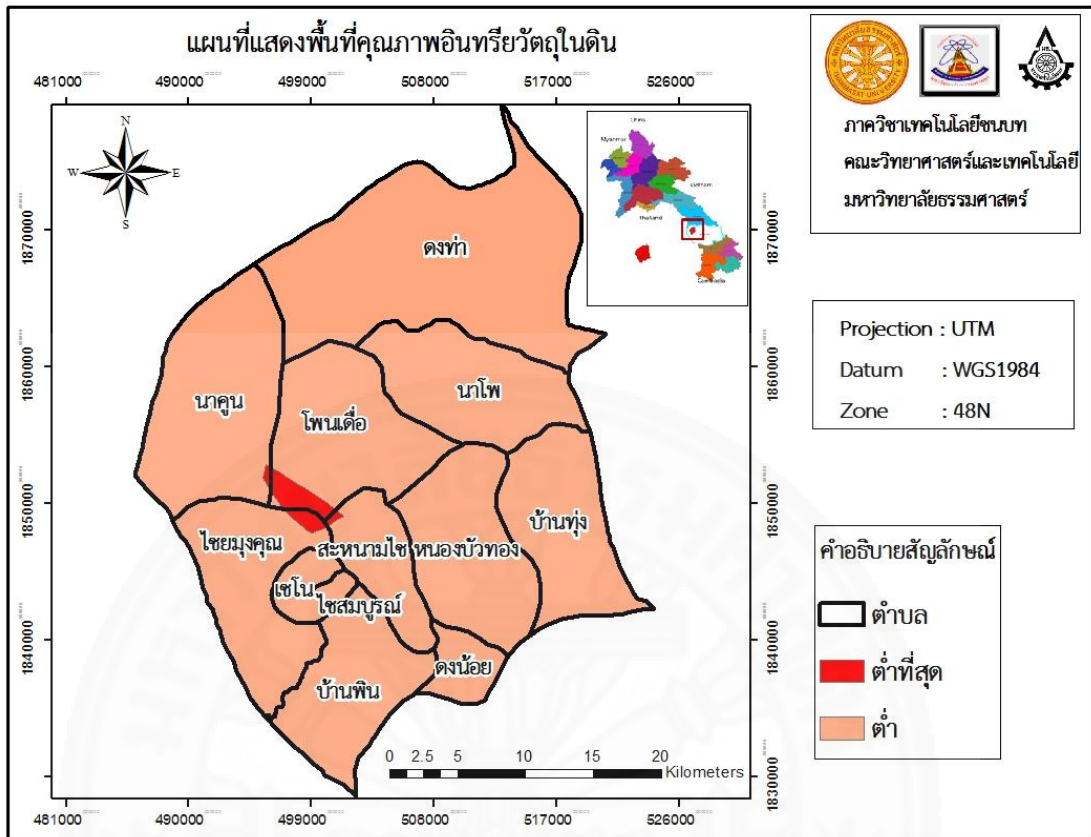
จากภาพที่ 4.13 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่อินทรียวตฤในดินต่ำสุด 0.23 ค่าสูงสุด 1.01 และค่าเฉลี่ย 0.62

ผลการประเมินพื้นที่คุณภาพอินทรียวตฤในดินการกระจายอยู่ทั่วทั้งอำเภอ มีอินทรียวตฤในดินต่ำเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ ประมาณ 668,847.71 ไร่ (ร้อยละ 98.87) รองลงมามีการกระจายพื้นที่อินทรียวตฤในดินต่ำที่สุดอยู่น้อยมาก คือ มีเนื้อที่ ประมาณ 7,634.07 ไร่ (ร้อยละ 1.13) ส่วนระดับอินทรียวตฤปานกลาง และอินทรียวตฤสูงมากไม่พบค่าในการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.14

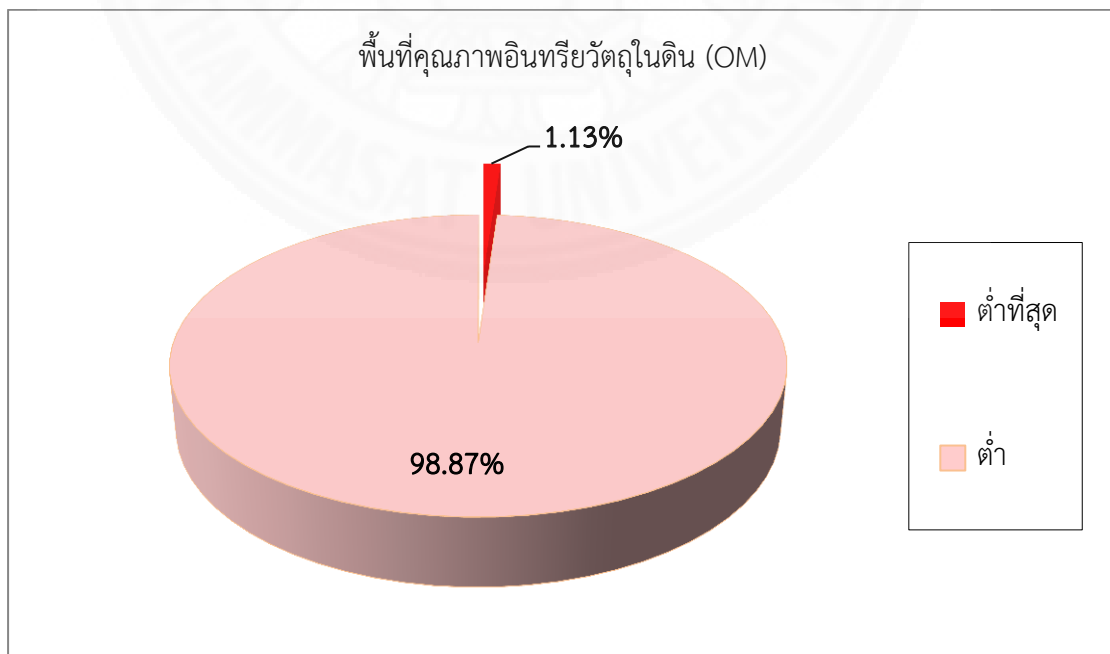
ตารางที่ 4.4

ผลการวิเคราะห์ระดับอินทรียวตฤในดิน (OM)

ลำดับ	ระดับ OM ในดิน	ปริมาณ OM ในดิน (%)	พื้นที่	
			ไร่	%
1	ต่ำที่สุด	<0.1	7,634.07	1.13
2	ต่ำ	0.11-2.0	668,847.71	98.87
รวม			676,481.78	100.00



ภาพที่ 4.14 คุณภาพอินทรีย์วัตถุในดิน (OM)



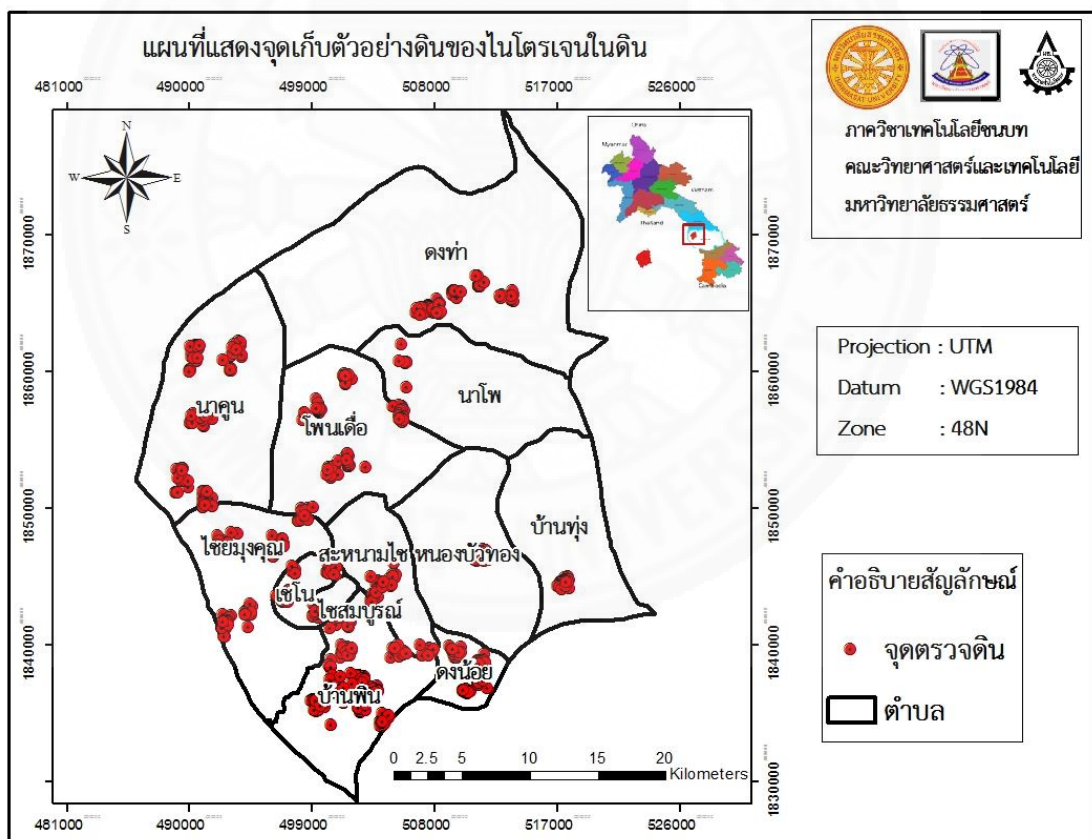
ภาพที่ 4.15 การจำแนกพื้นที่อินทรีย์วัตถุในดิน



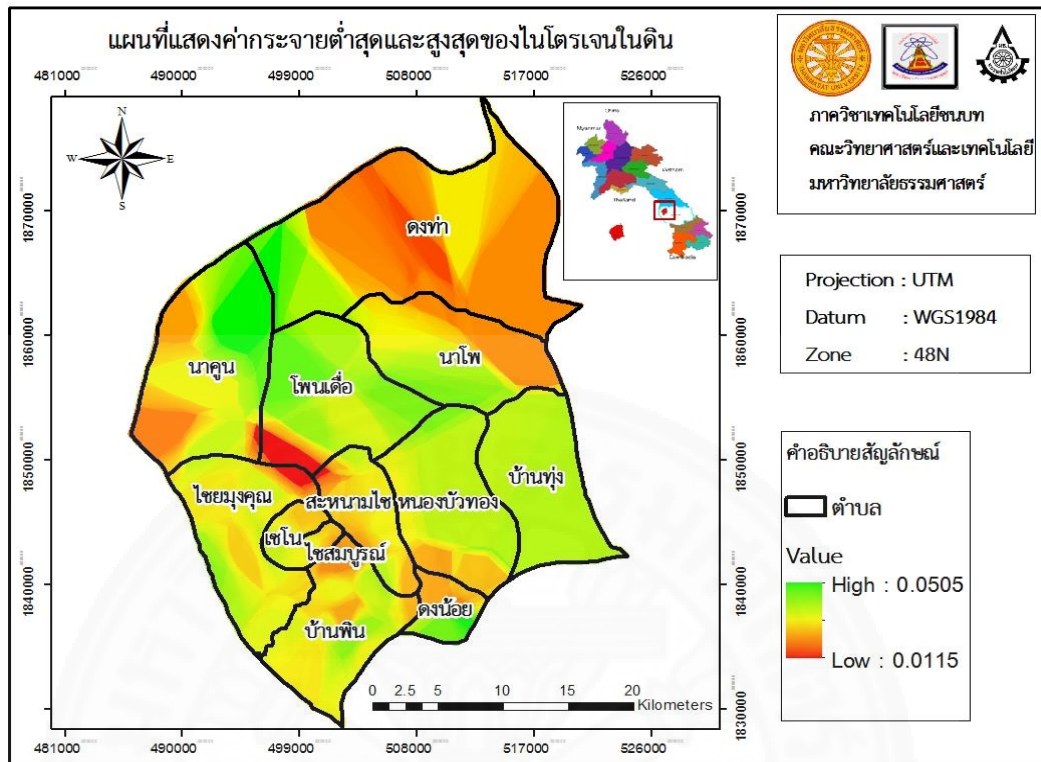
### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่อินทรีย์วัตถุในดิน โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging ในการประเมินพื้นที่คุณภาพ พบว่า อำเภออุทุมพรพิสัยพื้นที่คุณภาพอินทรีย์วัตถุในดินต่ำเป็นส่วนใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่ที่มีเนื้อที่ จำนวน 668,847.71 ไร่ รองลงมา คือ พื้นที่คุณภาพอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุด มีเนื้อที่น้อยมาก จำนวน 7,634.07 ไร่ อยู่ในตำบลโพนเตื่อ และตำบลสะพานมาไชยบางส่วนของทางทิศเหนือของตำบล คาดว่ามีสาเหตุมาจากเกษตรกรใช้ที่ดินในการเพาะปลูกพืชแบบชนิดเดียว (Mono-Cropping) โดยไม่คำนึงถึงการเติมอินทรีย์วัตถุลงไปเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ในพื้นที่การปลูกข้าว ทำให้พื้นที่ดังกล่าวขาดอินทรีย์วัตถุ ดังนั้นเกษตรกรควรใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยพืชสดแบบผสมผสานในพื้นที่นาข้าวตามความเหมาะสม เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวให้สูงขึ้นในแต่ละปี

**4.1.2.3 พื้นที่คุณภาพไนโตรเจน** ซึ่งมีพิกัดตำแหน่งสำรวจดินของแต่ละจุดตัวอย่างในการวิเคราะห์ ดังนี้



ภาพที่ 4.16 จุดเก็บตัวอย่างดินของไนโตรเจนในดิน



ภาพที่ 4.17 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของไนโตรเจนในดิน

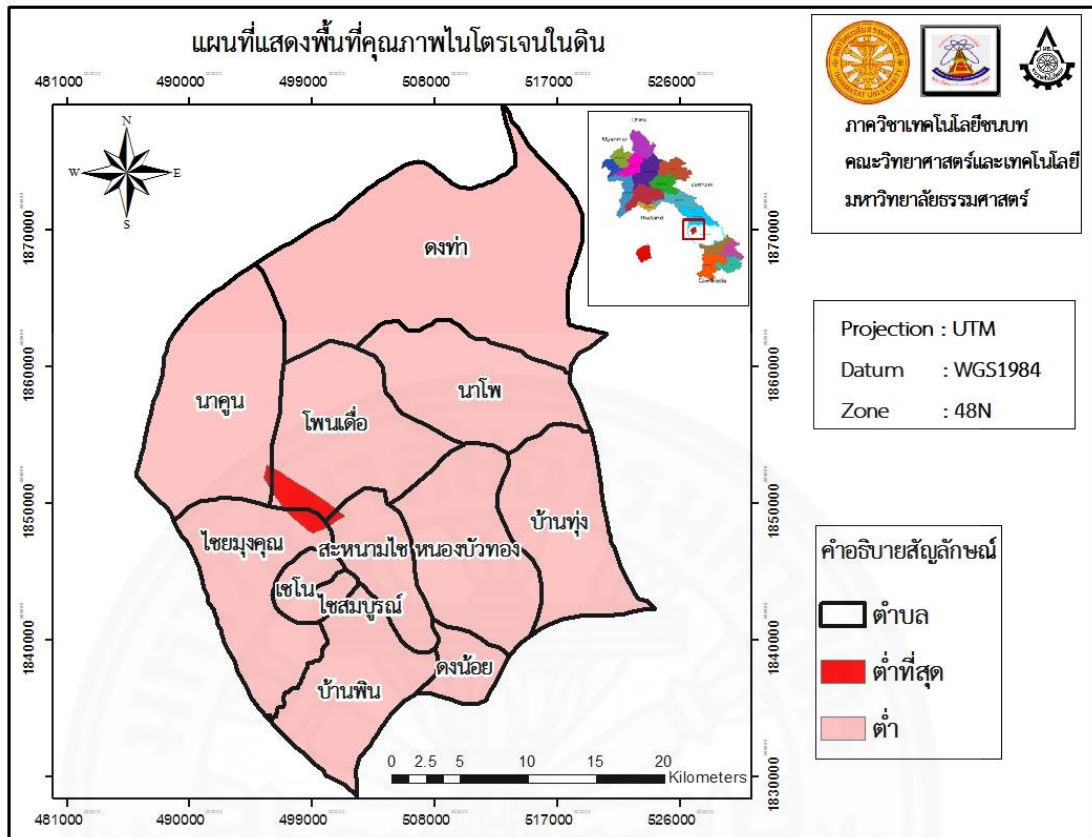
จากภาพที่ 4.17 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่ไนโตรเจนในดินต่ำสุด 0.0115 ค่าสูงสุด 0.0505 และค่าเฉลี่ย 0.0310

ผลการประเมินพื้นที่คุณภาพไนโตรเจนการกระจายอยู่ทั่วทั้งอำเภอ เป็นพื้นที่ที่มีไนโตรเจนในดินต่ำเป็นส่วนใหญ่มีเนื้อที่ ประมาณ 668,847.70 ไร่ (ร้อยละ 98.87) รองลงมามีการกระจายพื้นที่ไนโตรเจนในดินต่ำที่สุ่น้อยมากมีเนื้อที่ ประมาณ 7,634.07 ไร่ (ร้อยละ 1.13) ส่วนระดับไนโตรเจนปานกลางและปริมาณไนโตรเจนสูงมากไม่พบค่าในการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.18

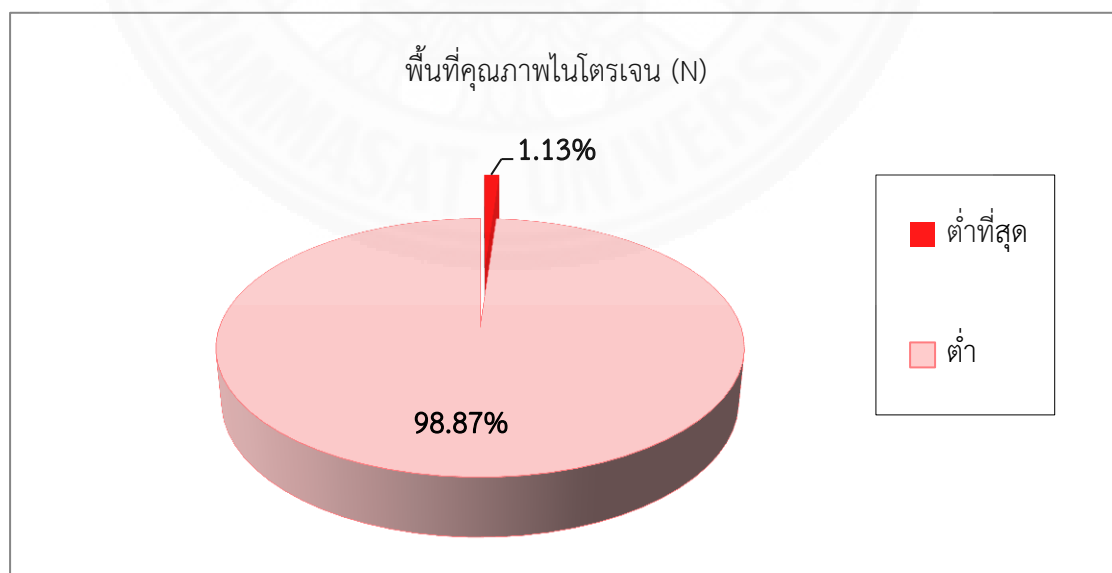
ตารางที่ 4.5

ผลการวิเคราะห์ระดับไนโตรเจนในดิน (N)

ลำดับ	ระดับ N	ปริมาณไนโตรเจน (%)	พื้นที่	
			ไร่	%
1	ต่ำที่สุด	<0.01	7,634.07	1.13
2	ต่ำ	0.02-0.15	668,847.70	98.87
รวม			676,481.77	100.00



ภาพที่ 4.18 คุณภาพไนโตรเจนในดิน (N)

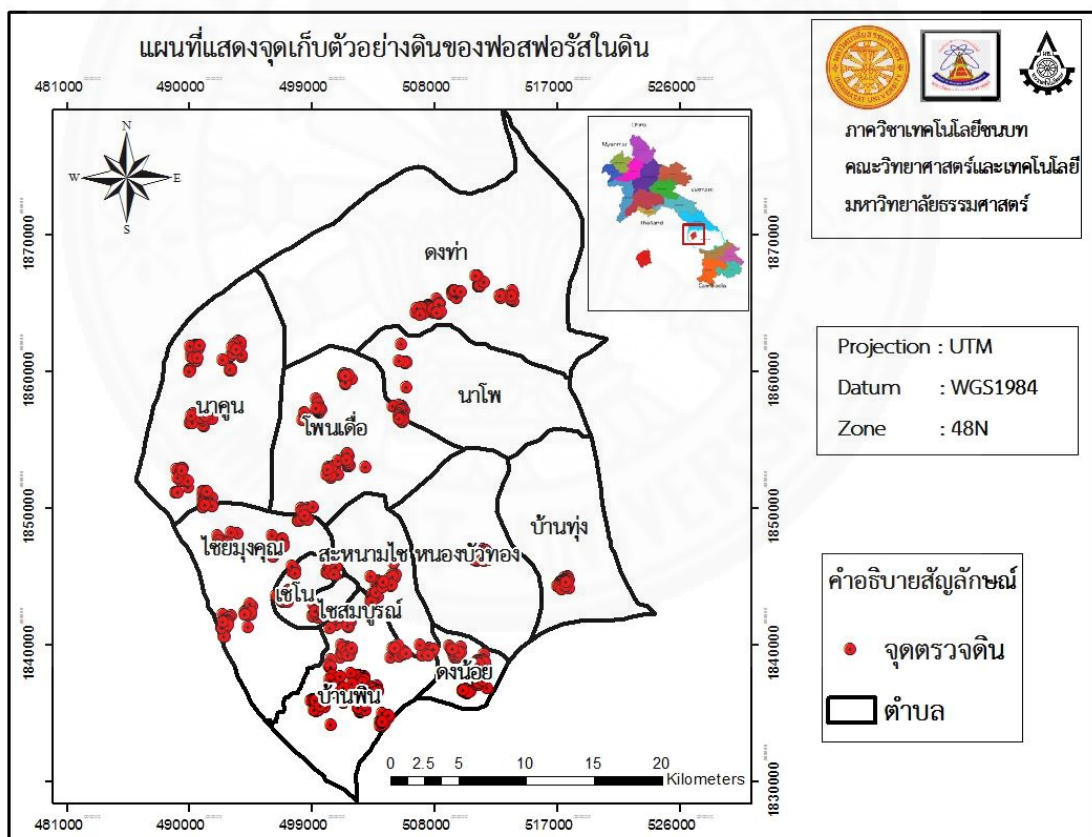


ภาพที่ 4.19 การจำแนกพื้นที่ไนโตรเจนในดิน

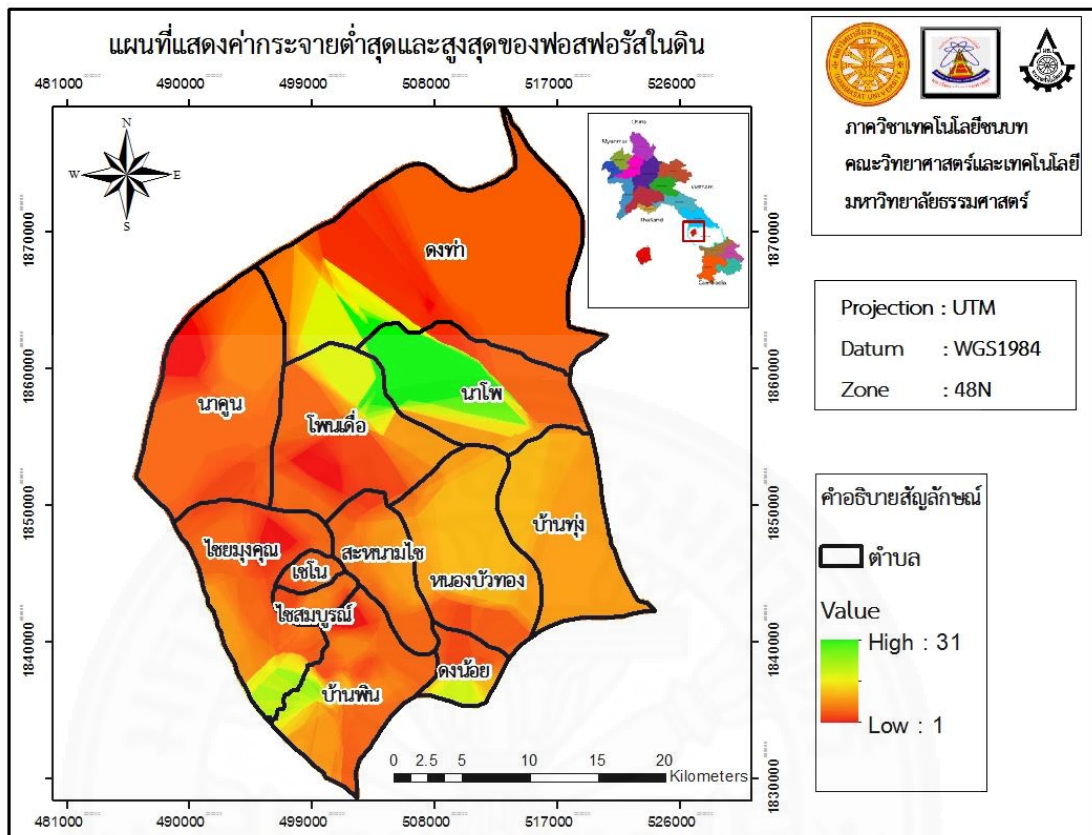
### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่ไนโตรเจนในดิน โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging ในการประเมินพื้นที่คุณภาพ พบว่า อำเภออุทุมพรพิสัยมีพื้นที่คุณภาพไนโตรเจนในดินต่ำครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ จำนวน 668,847.71 ไร่ รองลงมา คือ พื้นที่คุณภาพไนโตรเจนในดินต่ำที่สุดมีเนื้อที่ น้อยมาก จำนวน 7,634.07 ไร่ อยู่ในตำบลโพนเตือและตำบลสะพานมโหฬารบางส่วนในทางทิศเหนือของ ตำบล อันเป็นผลมาจากที่เกษตรกร ไม่คำนึงถึงการเติมปุ๋ยไนโตรเจนในดินในปริมาณหรือช่วงเวลาที่เหมาะสม จึงควรใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนในพื้นที่นาข้าวที่มีค่าไนโตรเจนต่ำที่สุดและต่ำตามความเหมาะสม เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวให้สูงขึ้นในแต่ละปี

**4.1.2.4 พื้นที่คุณภาพฟอสฟอรัส** ซึ่งมีพิกัดตำแหน่งสำรวจดินของแต่ละจุดตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ ดังนี้



ภาพที่ 4.20 จุดเก็บตัวอย่างดินของฟอสฟอรัสในดิน



ภาพที่ 4.21 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของฟอสฟอรัสในดิน

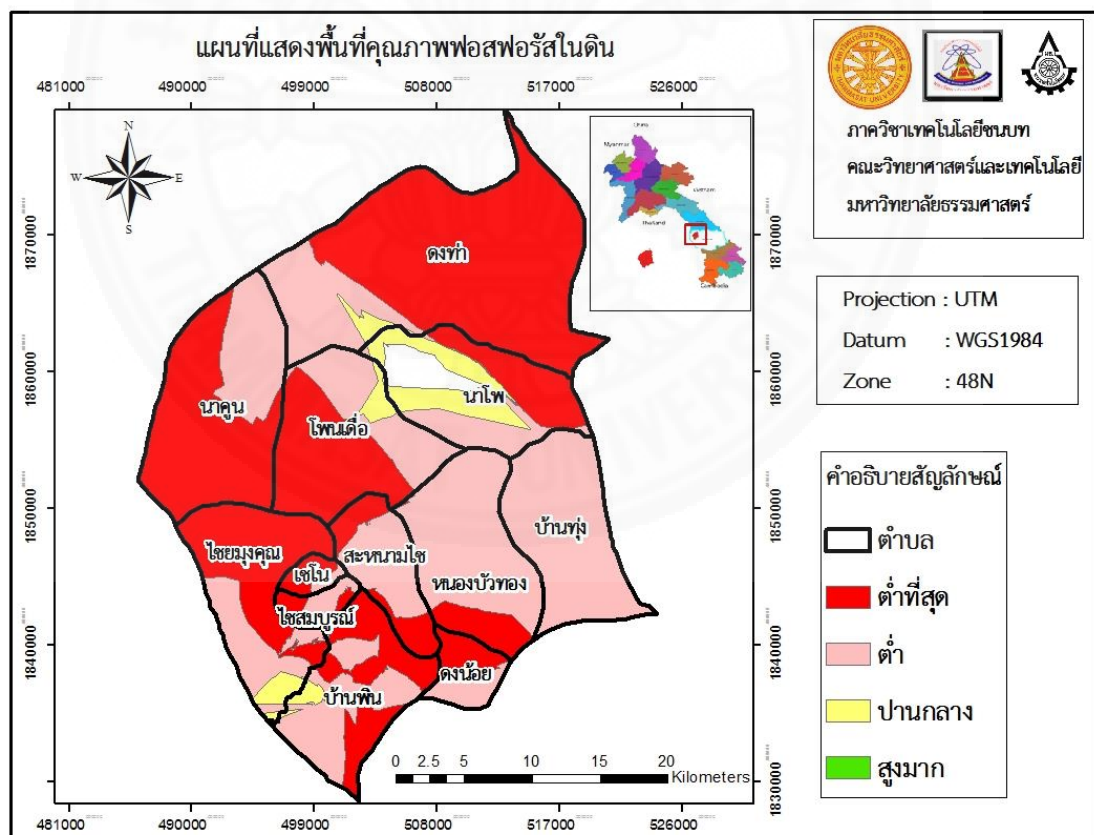
จากภาพที่ 4.21 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่ฟอสฟอรัสในดินต่ำสุด 1 ค่าสูงสุด 31 และค่าเฉลี่ย 4.20

ผลการประเมินพื้นที่ฟอสฟอรัสกระจายอยู่ทั่วทั้งอำเภอ จัดเป็นพื้นที่ที่มีฟอสฟอรัสในดินต่ำที่สุดอยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันตกของอำเภอมิเนื้อที่ ประมาณ 350,993.17 ไร่ (ร้อยละ 51.89) รองลงมามีการกระจายพื้นที่ฟอสฟอรัสในดินต่ำ มีเนื้อที่ ประมาณ 285,025.64 ไร่ (ร้อยละ 42.13) มีพื้นที่ฟอสฟอรัสในดินปานกลางมีเนื้อที่ ประมาณ 31,097.71 ไร่ (ร้อยละ 4.60) อยู่ในตำบลนาโพ ตำบลไชสมบูรณ อยู่ในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของตำบลโพนเดือบางส่วนและอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตำบลบางส่วน และมีฟอสฟอรัสในดินสูงมากมีน้อยที่สุดมีเนื้อที่ประมาณ 9,365.25 ไร่ (ร้อยละ 1.38) ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และแสดงในภาพที่ 4.22

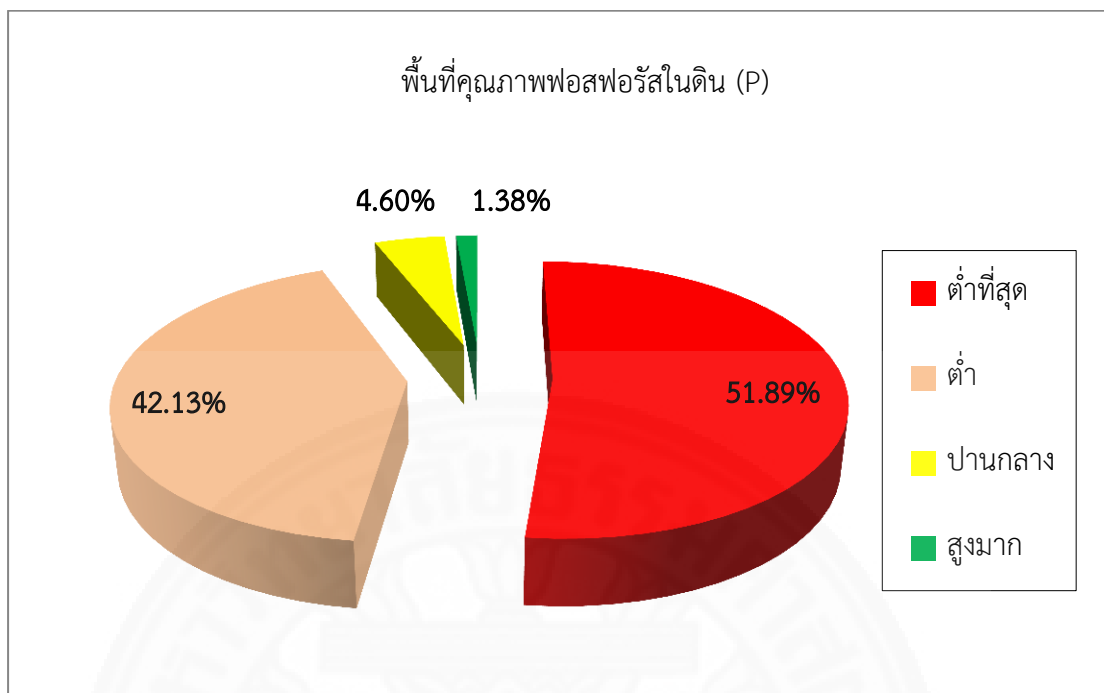
## ตารางที่ 4.6

## ผลการวิเคราะห์ระดับฟอสฟอรัสในดิน (P)

ลำดับ	ระดับ P	ปริมาณ P ในดิน (mg/kg ดิน)	พื้นที่	
			ไร่	%
1	ต่ำที่สุด	<3.0	350,993.17	51.89
2	ต่ำ	3.1-10	285,025.64	42.13
3	ปานกลาง	10.1-25	31,097.71	4.60
4	สูงมาก	>25	9,365.25	1.38
รวม			676,481.77	100.00



ภาพที่ 4.22 คุณภาพฟอสฟอรัสในดิน (P)

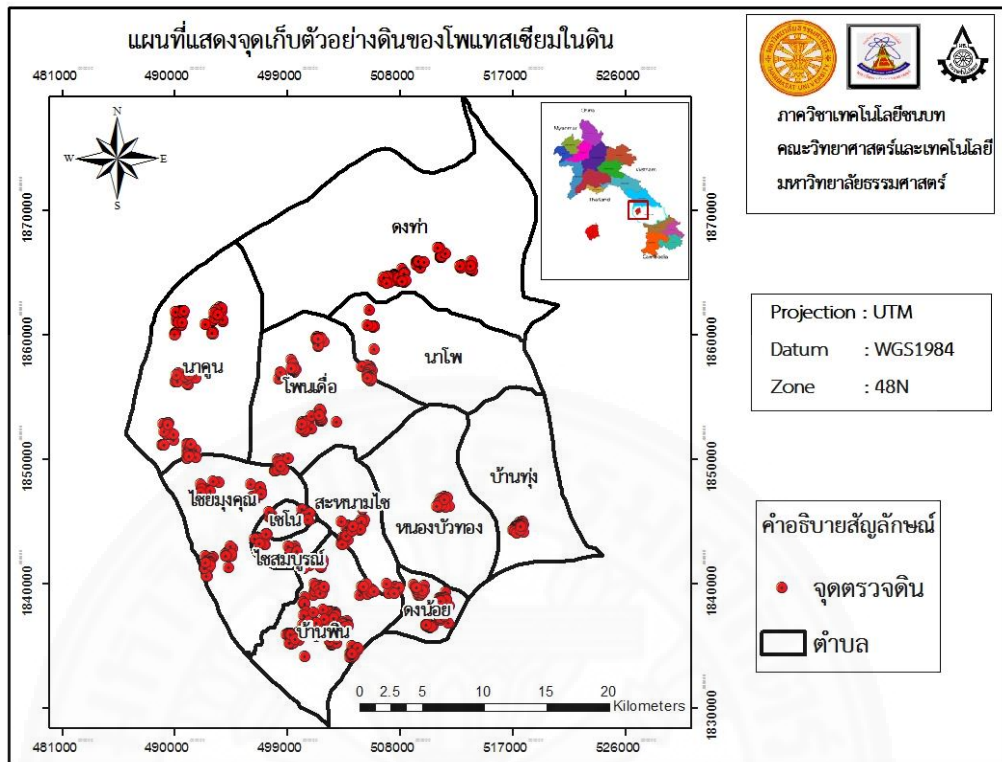


ภาพที่ 4.23 การจำแนกพื้นที่ฟอสฟอรัสในดิน

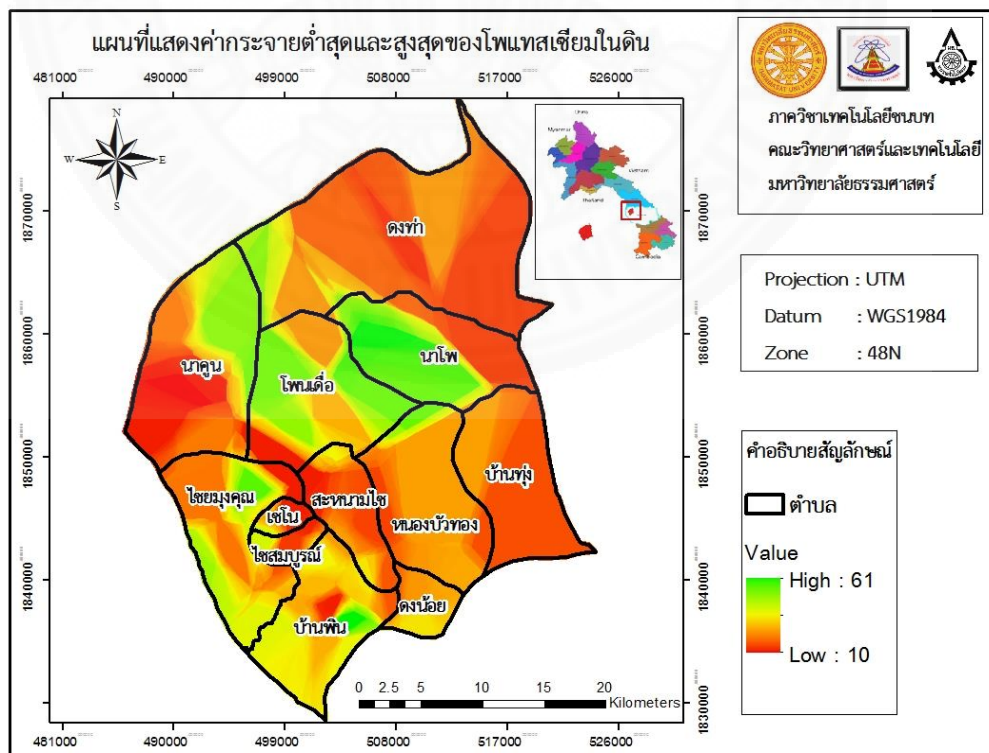
#### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่ฟอสฟอรัสในดิน โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging ในการประเมินพื้นที่คุณภาพ พบว่า อำเภออุทุมพรพิสัยมีพื้นที่คุณภาพฟอสฟอรัสในดินต่ำครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ จำนวน 350,993.17 ไร่ รองลงมา คือ พื้นที่คุณภาพฟอสฟอรัสในดินต่ำที่สุดมีเนื้อที่ จำนวน 285,025.64 ไร่ ถัดมา พื้นที่คุณภาพฟอสฟอรัสในดินปานกลาง จำนวน 31,097.71 ไร่ อยู่ในตำบลนาโพ ตำบลไชยสมบูรณ์ และตำบลโพนเดื่อบางส่วนในทางทิศเหนือของตำบล และตำบลดงท่า บางส่วนในทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตำบล มีพื้นที่ที่คุณภาพฟอสฟอรัสสูงน้อยมาก จำนวน 9,365.25 ไร่ อันเนื่องมาจากเกษตรกรใช้พื้นที่ปลูกข้าวมานานแล้วและไม่ได้ใส่ปุ๋ยเท่าที่ควร ทำให้พื้นที่ส่วนมากขาดฟอสฟอรัส เกษตรกรควรเพิ่มธาตุฟอสฟอรัสตามความเหมาะสมในพื้นที่ที่มี ฟอสฟอรัสต่ำที่สุดและต่ำ เพื่อให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น

**4.1.2.5 พื้นที่คุณภาพโพแทสเซียม** ซึ่งมีพิกัดตำแหน่งสำรวจดินของแต่ละจุด ตัวอย่างในการวิเคราะห์ ดังนี้



ภาพที่ 4.24 จุดเก็บตัวอย่างดินของโพแทสเซียมในดิน



ภาพที่ 4.25 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของโพแทสเซียมในดิน



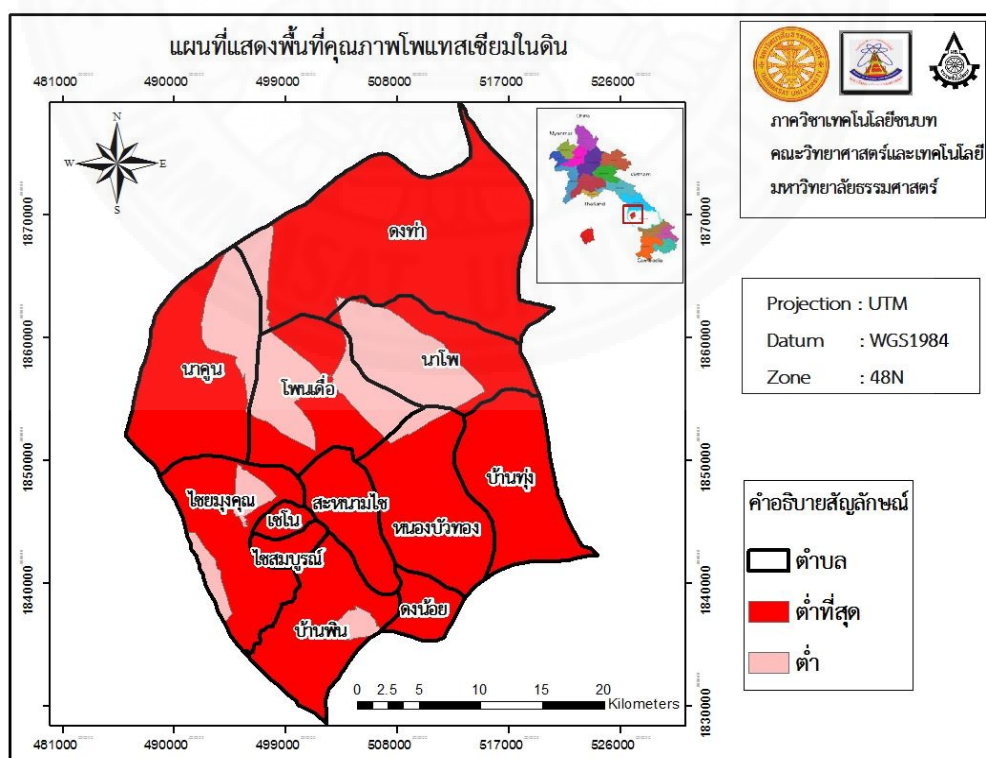
จากภาพที่ 4.25 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่โพแทสเซียมในดินต่ำสุด 10 ค่าสูงสุด 61 และค่าเฉลี่ย 26.97

ผลการประเมินพื้นที่โพแทสเซียม มีการกระจายอยู่ทั่วทั้งอำเภอ มีพื้นที่ปริมาณโพแทสเซียมในดินต่ำที่สุดอยู่ในทางทิศเหนือและทางทิศตะวันตกเป็นเนื้อที่ ประมาณ 559,421.61 ไร่ (ร้อยละ 82.70) รองลงมาที่มีการกระจายพื้นที่โพแทสเซียมในดินต่ำมากมีเนื้อที่ ประมาณ 117,060.16 ไร่ (ร้อยละ 17.30) และส่วนระดับโพแทสเซียมปานกลางและปริมาณโพแทสเซียมสูงมากไม่พบค่าในการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.26

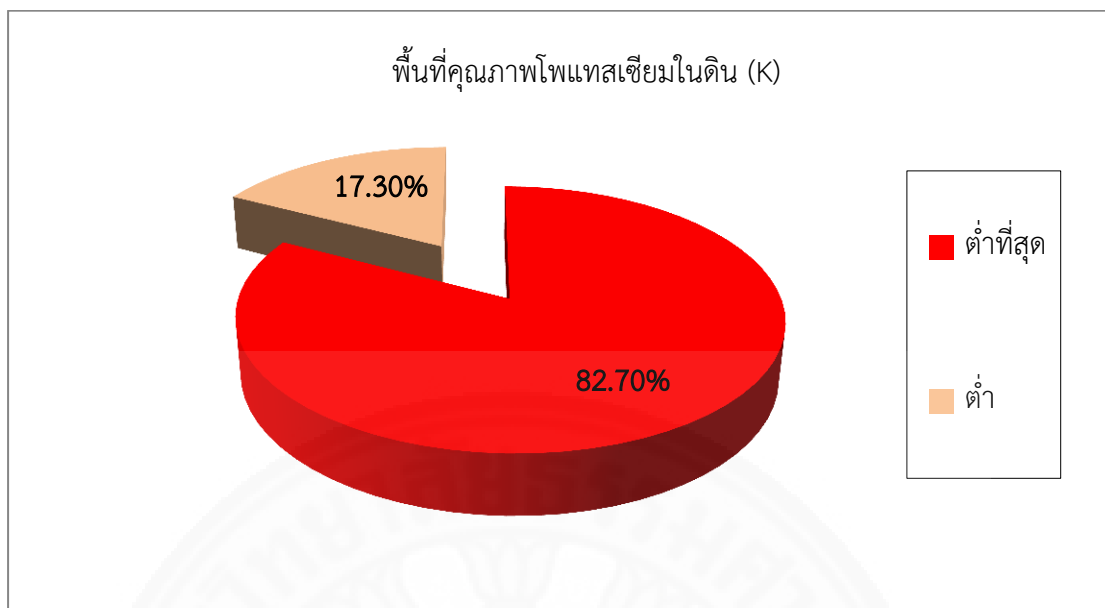
ตารางที่ 4.7

ผลการวิเคราะห์ระดับโพแทสเซียมในดิน (K)

ลำดับ	ระดับ K	ปริมาณ K ในดิน (mg/kg ดิน)	พื้นที่	
			ไร่	%
1	ต่ำที่สุด	<40	559,421.61	82.70
2	ต่ำ	41-80	117,060.16	17.30
รวม			676,481.77	100.00



ภาพที่ 4.26 คุณภาพโพแทสเซียมในดิน (K)

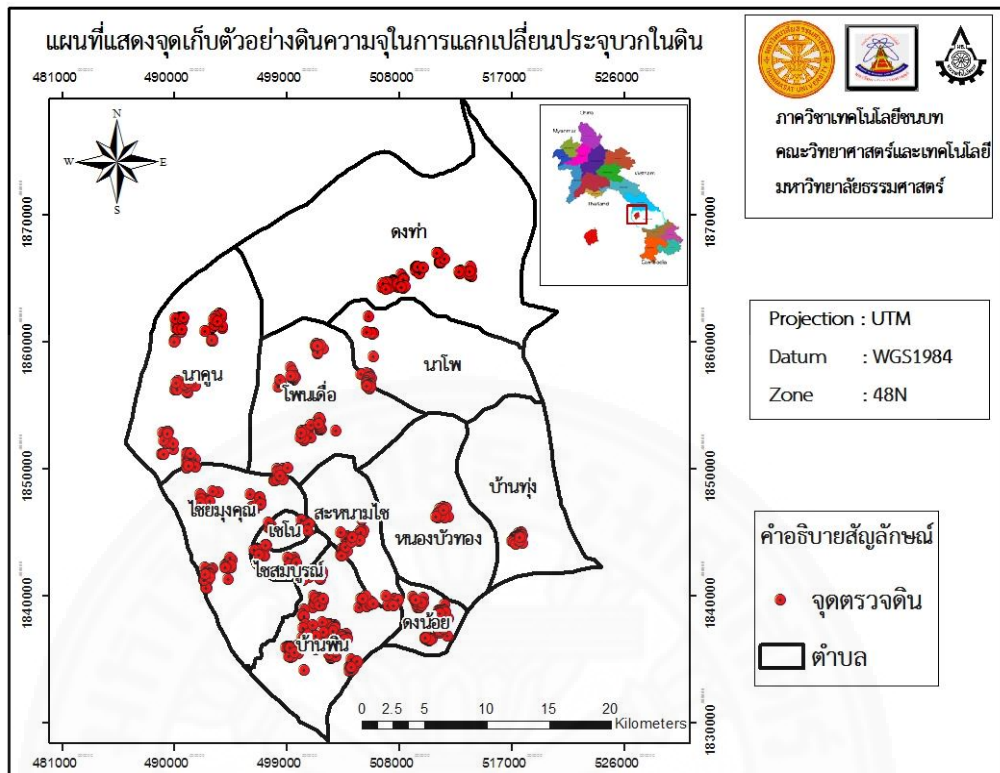


ภาพที่ 4.27 การจำแนกพื้นที่โพแทสเซียมในดิน

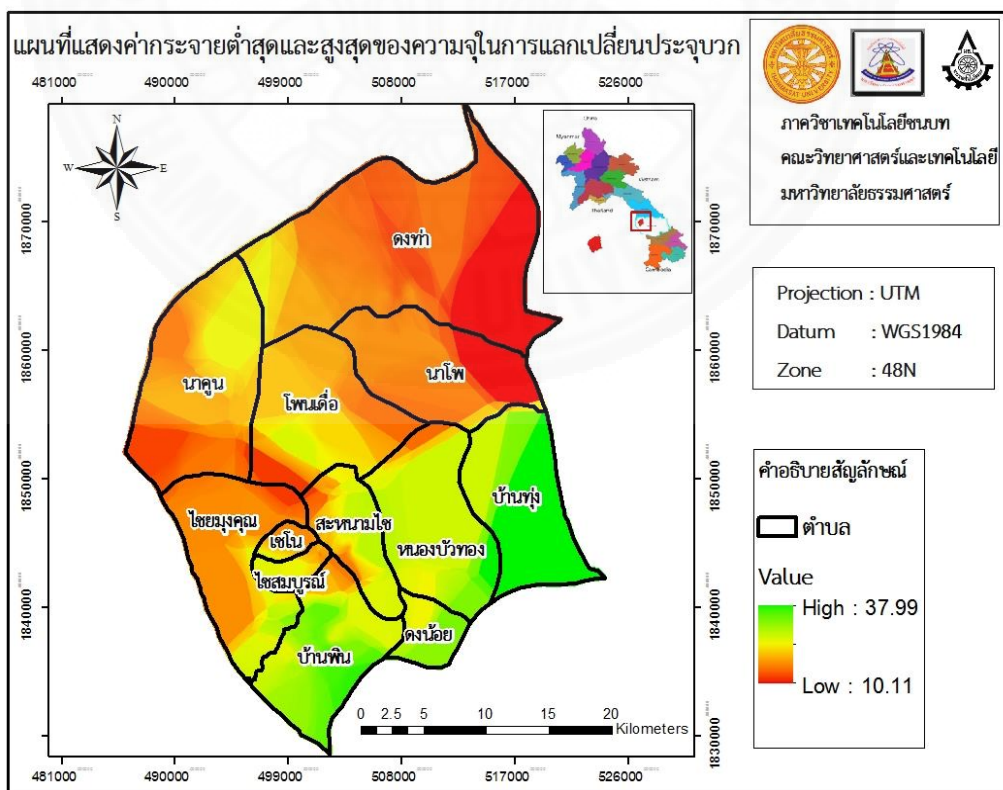
#### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่โพแทสเซียมในดิน โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging ในการประเมินพื้นที่คุณภาพ พบว่า อำเภออุทุมพรพิสัยมีพื้นที่คุณภาพโพแทสเซียมในดินต่ำที่สุด ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ จำนวน 559,421.61 ไร่ รองลงมา คือ พื้นที่คุณภาพโพแทสเซียมในดินต่ำที่สุดมีเนื้อที่น้อย จำนวน 117,060.16 ไร่ มีสาเหตุมาจากเกษตรกรทำการผลิตข้าวซ้ำบนที่ดินเป็นเวลานาน และไม่ค่อยเติมธาตุโพแทสเซียมลงไปในพื้นที่การปลูกข้าว จึงควรเติมปุ๋ยที่มีธาตุโพแทสเซียมในพื้นที่นาข้าว

**4.1.2.6 พื้นที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน** ซึ่งมีพิภักตำแหน่งสำรวจดินของแต่ละจุดตัวอย่างในการวิเคราะห์ ดังนี้



ภาพที่ 4.28 จุดเก็บตัวอย่างดินความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน



ภาพที่ 4.29 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน

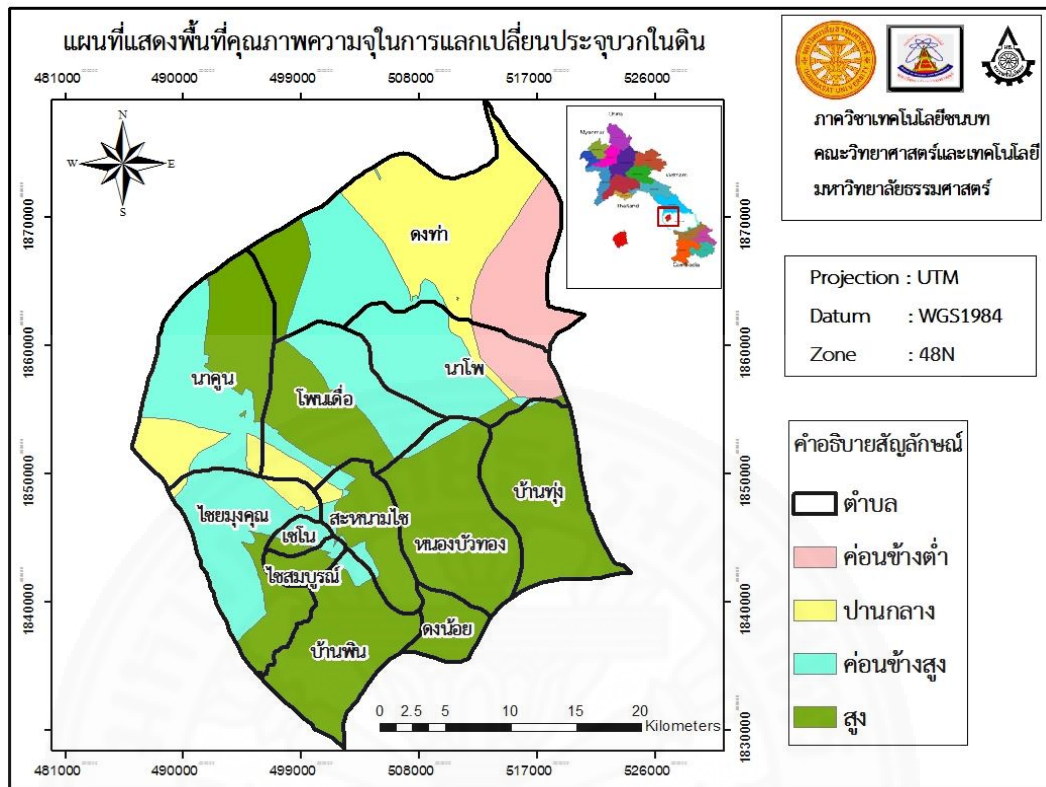
จากภาพที่ 4.29 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินต่ำสุด 10.11 ค่าสูงสุด 37.99 และค่าเฉลี่ย 23.02

ผลการประเมินพื้นที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีค่าสูงกระจายความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินสูงอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอเป็นส่วนใหญ่ มีเนื้อที่ 317,138.82 ไร่ (ร้อยละ 46.88) รองลงมามีการกระจายพื้นที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินค่อนข้างสูงมีเนื้อที่ 208,592.53 ไร่ (ร้อยละ 30.83), มีปานกลางมีเนื้อที่ 100,249.84 ไร่ (ร้อยละ 14.82) และมีค่อนข้างต่ำมีเนื้อที่ 50,500.58 ไร่ (ร้อยละ 7.47) ส่วนระดับปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินต่ำไม่พบค่าในการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.30

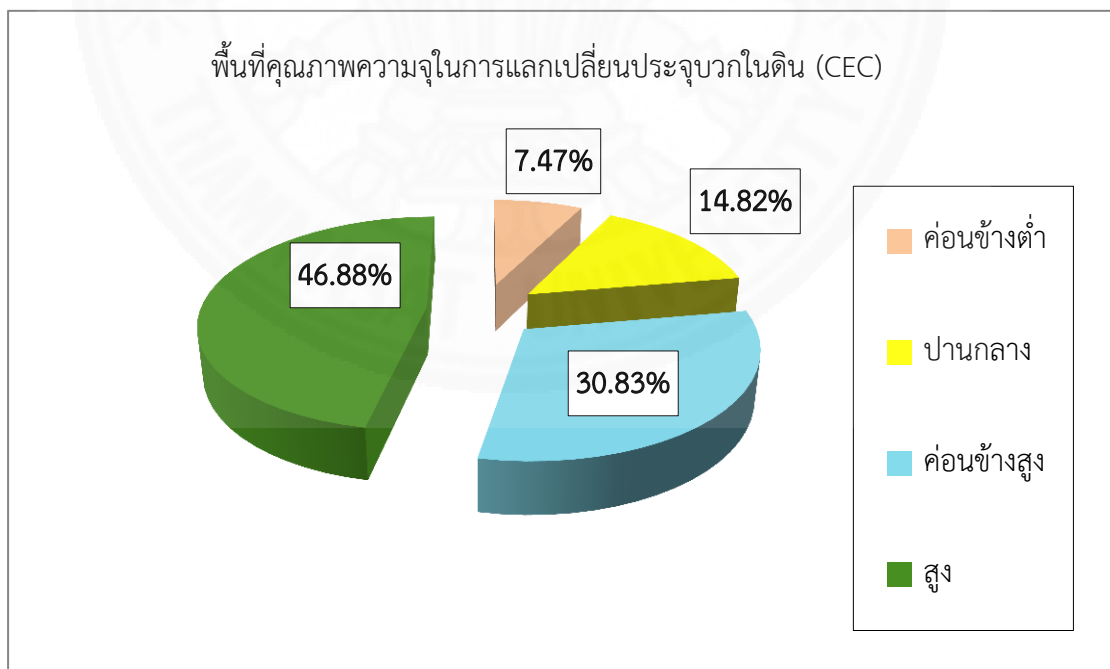
ตารางที่ 4.8

ผลการวิเคราะห์ระดับความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC)

ลำดับ	ระดับ CEC	ปริมาณ CEC ในดิน (Cmol/kg)	พื้นที่	
			ไร่	%
1	ค่อนข้างต่ำ	5-10	50,500.58	7.47
2	ปานกลาง	10-15	100,249.84	14.82
3	ค่อนข้างสูง	15-20	208,592.53	30.83
4	สูง	>20	317,138.82	46.88
รวม			676,481.77	100.00



ภาพที่ 4.30 คุณภาพความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC)

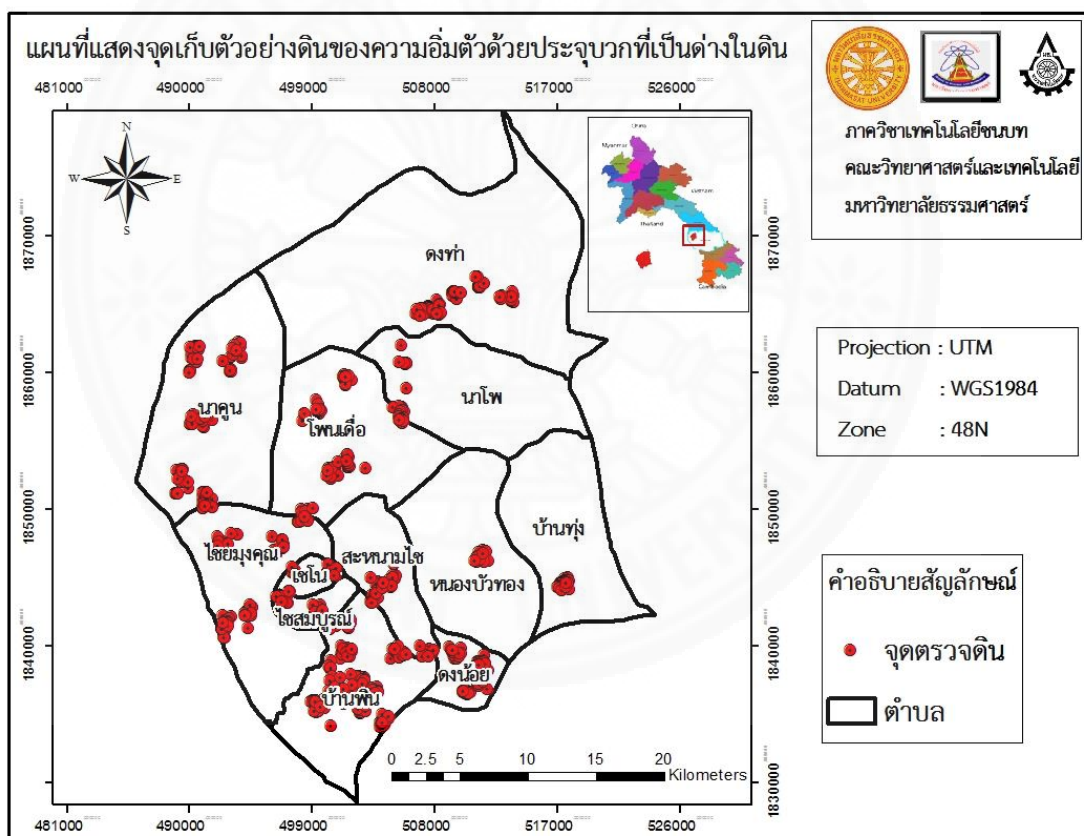


ภาพที่ 4.31 การจำแนกพื้นที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน

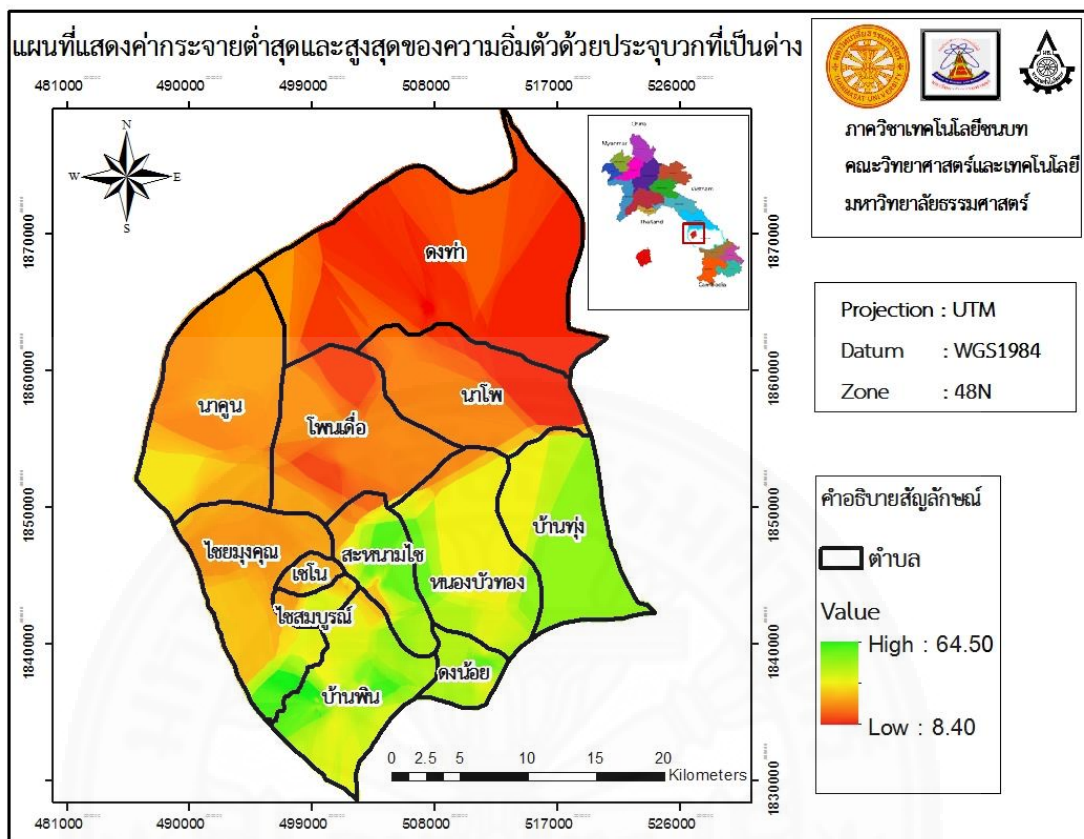
### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินของอำเภอ โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging ในการประเมินพื้นที่คุณภาพ พบว่า อำเภออุทุมพรพิสัยพื้นที่คุณภาพความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกพื้นที่คุณภาพปานกลาง จำนวน 100,249.84 ไร่ รองลงมาเป็นพื้นที่ค่อนข้างต่ำจำนวน 50,500.58 ไร่ อยู่ในตำบลดงท่าและตำบลนาโพในบางส่วนของทิศตะวันออกของตำบล และพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอมีคุณภาพความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินค่อนข้างสูงถึงสูงมีเนื้อที่ คิดเป็นร้อยละ 77.71 ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะเอื้อต่อการเพิ่มการผลิตเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยในพื้นที่อย่างเหมาะสม และให้ผลผลิตข้าวของเกษตรกรเพิ่มขึ้น

**4.1.2.7 พื้นที่ความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง** ซึ่งมีพิกัดตำแหน่งสำรวจดินของแต่ละจุดตัวอย่างในการวิเคราะห์ ดังนี้



ภาพที่ 4.32 จุดเก็บตัวอย่างดินของความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน



ภาพที่ 4.33 ค่ากระจายต่ำสุดและสูงสุดของความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน

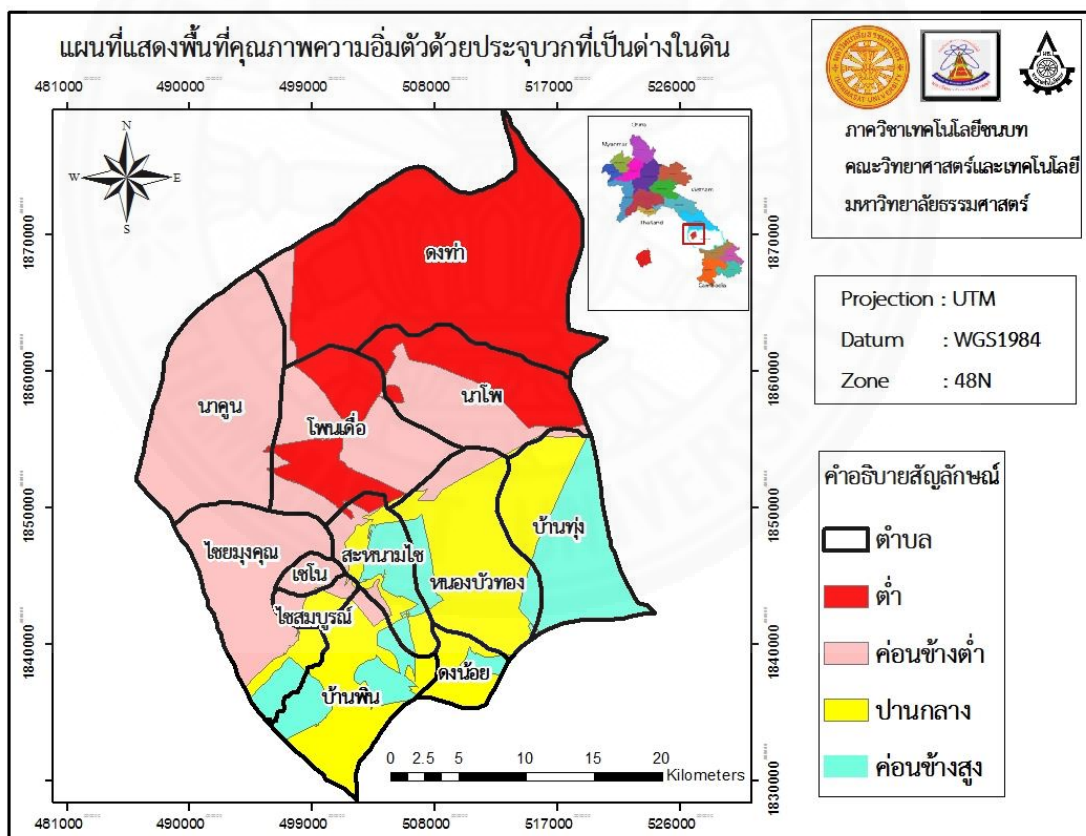
จากภาพที่ 4.33 การประมาณค่าช่วงในรูปแบบ Kriging ในอำเภออุทุมพร ซึ่งมีค่าการกระจายพื้นที่ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินต่ำสุด 8.40 ค่าสูงสุด 64.50 และค่าเฉลี่ย 33.81

ผลการประเมินพื้นที่ความอึดตัวด้วยประจุบวก มีการกระจายอยู่ในดินค่อนข้างต่ำ ในทางทิศตะวันตกของอำเภอเป็นเนื้อที่ 237,805.93 ไร่ (ร้อยละ 35.15) รองลงมามีปริมาณต่ำทางทิศเหนือของอำเภอนี้เนื้อที่ 214,391.80 ไร่ (ร้อยละ 31.69), มีในดินปานกลางมีเนื้อที่ 139,849.99 ไร่ (ร้อยละ 20.67) และมีการกระจายพื้นที่ความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดินค่อนข้างสูงมีเนื้อที่ 84,434.05 ไร่ (ร้อยละ 12.48) ส่วนระดับปริมาณความอึดตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างสูงไม่พบค่าในการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.34

ตารางที่ 4.9

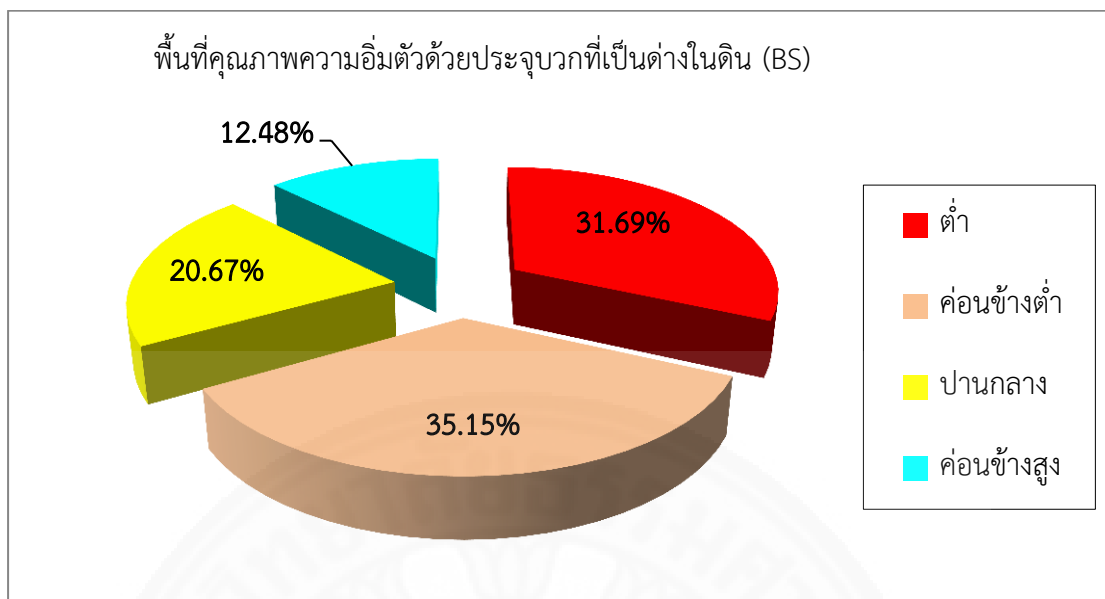
ผลการวิเคราะห์ระดับความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน (BS)

ลำดับ	ระดับ BS	ปริมาณ BS ในดิน (%)	พื้นที่	
			ไร่	%
1	ต่ำ	<20	214,391.80	31.69
2	ค่อนข้างต่ำ	20-35	237,805.93	35.15
3	ปานกลาง	35-50	139,849.99	20.67
4	ค่อนข้างสูง	50-75	84,434.05	12.48
รวม			676,481.77	100.00



ภาพที่ 4.34 คุณภาพความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่างในดิน (BS)





ภาพที่ 4.35 การจำแนกพื้นที่ความอืดด้วยประจวบที่เป็นต่างในดิน

#### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่ความอืดด้วยประจวบที่เป็นต่างในดิน โดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging ในการประเมินพื้นที่คุณภาพ พบว่า อำเภออุทุมพรมีพื้นที่คุณภาพความอืดด้วยประจวบที่เป็นต่างค่อนข้างต่ำครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ จำนวน 237,805.93 ไร่ รองลงมา คือ พื้นที่คุณภาพต่ำมีเนื้อที่ จำนวน 214,391.80 ไร่ ถัดมา พื้นที่คุณภาพปานกลาง จำนวน 139,849.99 ไร่ พื้นที่ที่มีคุณภาพค่อนข้างสูงน้อย จำนวน 84,434.05 ไร่ เนื่องมาจากพื้นที่ปลูกข้าวเป็นพื้นที่นาโคก ธาตุอาหารในธรรมชาติมักถูกชะล้างลงสู่ที่ต่ำ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ เกษตรกรจึงควรเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในพื้นที่ปลูกข้าวอย่างเหมาะสมและเพียงพอ เพื่อให้ได้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นอย่างยั่งยืน

#### 4.2 การจัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว

จากผลการศึกษาการจัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว สามารถระบุถึงจำนวนพื้นที่และร้อยละของแต่ละระดับในพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินทั้งพื้นที่ โดยใช้วิธีการซ้อนทับ/Pairwise ร่วมกับการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (SAW) และผลจากการสัมภาษณ์ให้ค่าน้ำหนักจากผู้เชี่ยวชาญดิน โดยมีการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก ความสำคัญของปัจจัย (Weighting Score) และค่าคะแนนระดับของปัจจัย (Weighting Score) โดยมีค่าสัดส่วนความสอดคล้อง (CR) เท่า 0.077 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ในภาคผนวก ค เป็นค่าสัดส่วน

ความสอดคล้องในระดับที่ยอมรับได้ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และภาคผนวก ค ซึ่งได้ผล ดังนี้

ตารางที่ 4.10

ค่าน้ำหนักความสำคัญ (Weighting Score) และค่าคะแนนระดับของปัจจัย (Rating Score)

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ระดับของปัจจัย	Weighting Score	Rating Score
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	< 4.5 (กรดรุนแรงมากที่สุด)	0.334	0.052
	4.6- 5.0 (กรดจัดมาก)		0.108
	5.1-5.5 กรดจัด		0.134
	5.6-6.0 (กรดปานกลาง)		0.197
	6.1-6.5 (กรดเล็กน้อย)		0.253
	6.6-7.3 (กลาง)		0.257
อินทรีย์วัตถุในดิน (OM)	< 0.5 (ต่ำสุด)	0.156	0.105
	0.5-1.0 (ต่ำ)		0.191
	1.1-2.0 (ปานกลาง)		0.309
	> 4.0 (สูง)		0.395
ไนโตรเจน (N)	< 0.01 (ต่ำสุด)	0.129	0.085
	0.02-0.15 (ต่ำ)		0.213
	0.16-0.25 (ปานกลาง)		0.299
	>0.25 (สูง)		0.402
ฟอสฟอรัส (P)	<3.0 (ต่ำมาก)	0.113	0.092
	3.1-10 (ต่ำ)		0.195
	10.1-25 (ปานกลาง)		0.333
	>25 (สูง)		0.379
โพแทสเซียม (K)	< 40 (ต่ำสุด)	0.147	0.099
	41-80 (ต่ำ)		0.187
	81-120 (ปานกลาง)		0.327
	> 120 (สูง)		0.386

## ตารางที่ 4.10

ค่าน้ำหนักความสำคัญ (Weighting Score) และค่าคะแนนระดับของปัจจัย (Rating Score) (ต่อ)

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ระดับของปัจจัย	Weighting Score	Rating Score
ความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC)	<5 (ต่ำ)	0.074	0.066
	5-10 (ค่อนข้างต่ำ)		0.148
	10-15 (ปานกลาง)		0.204
	15-20 (ค่อนข้างสูง)		0.27
	>20 (สูง)		0.311
อิมิตัวด้วยไอออนที่เป็นต่าง (BS)	<20 (ต่ำ)	0.046	0.076
	20-35 (ค่อนข้างต่ำ)		0.175
	35-50 (ปานกลาง)		0.227
	50-75 (ค่อนข้างสูง)		0.242
	>75 (สูง)		0.28

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการแบ่งช่วงชั้นที่เท่า ๆ กัน ซึ่งเป็นวิธีการแบ่งช่วงแบบให้ค่าเท่ากันในแต่ละกลุ่มที่ได้ทำการศึกษาตามค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด (Equal interval) ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11

ค่าน้ำหนักความสำคัญ (Weighting) และค่าคะแนนระดับของปัจจัย (Rating) ตามค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด

ปัจจัย	ค่าน้ำหนัก (1)	ค่าระดับต่ำสุด (2)	ค่าระดับสูงสุด (3)	(1)x(2)	(1)x(3)
pH	0.334	0.052	0.257	0.0174	0.0858
OM	0.156	0.105	0.395	0.0164	0.0616
N	0.129	0.085	0.402	0.0110	0.0519
P	0.113	0.092	0.379	0.0104	0.0428
K	0.147	0.099	0.386	0.0146	0.0567
CEC	0.074	0.066	0.311	0.0049	0.0230
BS	0.046	0.076	0.28	0.0035	0.0129
รวมค่าระดับต่ำสุดและสูงสุด				0.3348	0.3348

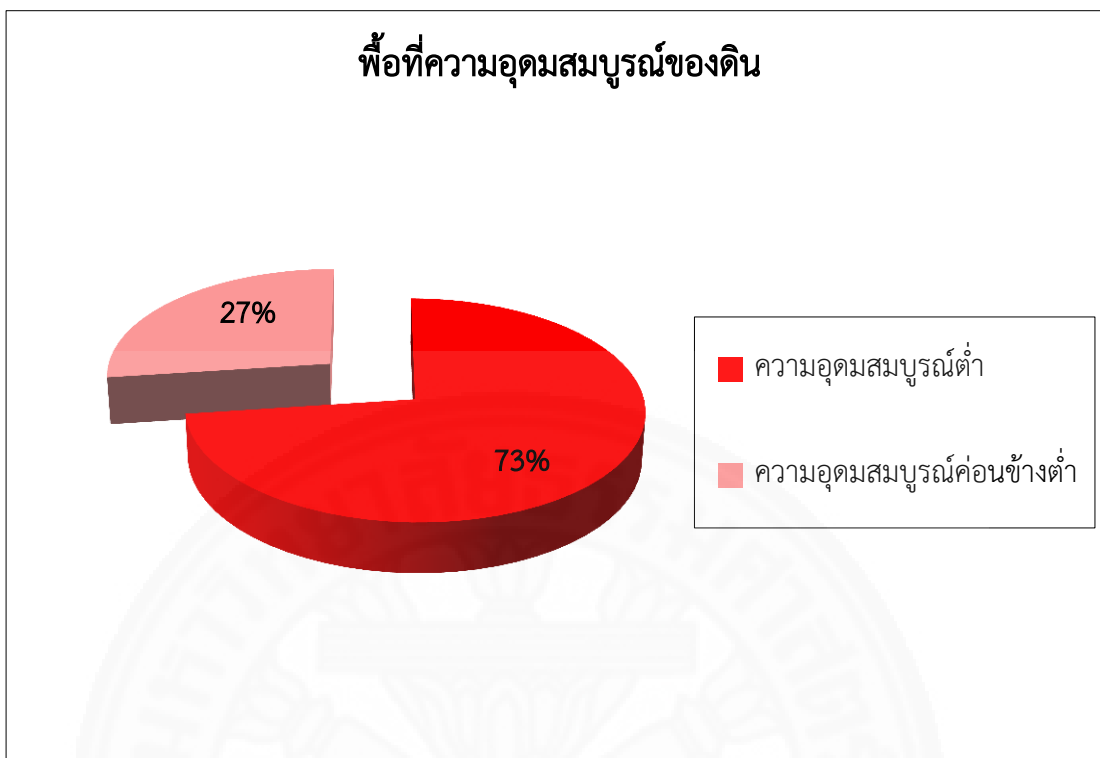
ตารางที่ 4.12

การแบ่งค่าช่วงคะแนนความอุดมสมบูรณ์ของดินตามค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดสำหรับการปลูกข้าว

ลำดับ	ระดับพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์	ค่าคะแนนการแบ่งช่วงของความอุดมสมบูรณ์
1	ต่ำ	0.0780 – 0.1293
2	ค่อนข้างต่ำ	0.1293 – 0.1806
3	ปานกลาง	0.1806 – 0.2319
4	ค่อนข้างสูง	0.2319 – 0.2832
5	สูง	0.2832 – 0.3345

**4.2.1 พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว** มีการกระจายความอุดมสมบูรณ์ต่ำเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 493,411.21 ไร่ (ร้อยละ 72.94) รองลงมา มีการกระจายพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำมีเนื้อที่ 183,070.58 ไร่ (ร้อยละ 27.06) และไม่พบพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง และมีความอุดมสมบูรณ์สูง ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.36





ภาพที่ 4.37 การจำแนกพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว

#### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว ในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) ร่วมกับการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (SAW) พบว่า อำเภออุทุมพรมีพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินต่ำครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ จำนวน 493,411.21 ไร่ รองลงมา คือ พื้นที่คุณภาพค่อนข้างต่ำมีเนื้อที่ จำนวน 183,070.58 ไร่ อยู่ในตำบลนาโพ ตำบลนาคูน ตำบลบ้านพิน และอยู่ตำบลไชยะมุงคุณบางส่วนในทางทิศตะวันตกของตำบล

#### 4.3 การศึกษาแนวทางการจัดการดินและความต้องการธาตุอาหารพืชในดินที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในแต่ละพื้นที่

จากผลการศึกษาแนวทางการจัดการดินและความต้องการธาตุอาหารพืชในดินที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในแต่ละพื้นที่ตามเนื้อดินแต่ละประเภท สามารถระบุถึงจำนวนพื้นที่ และร้อยละของแต่ละระดับในพื้นที่คุณภาพของธาตุอาหารพืชในดินทั้งพื้นที่ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 4.3.1 พื้นที่เนื้อดินตามความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จากผลการศึกษาพื้นที่อำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์ พบว่ามีพื้นที่การกระจายดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำเป็นส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 434,744.01 ไร่ (ร้อยละ 64.27) รองลงมาเป็นการกระจายพื้นที่ดินทรายความอุดมสมบูรณ์ปานกลางมีเนื้อที่ 186,669.89 ไร่ (ร้อยละ 27.59) มีการกระจายพื้นที่ดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่สุดมีเนื้อที่ 7,634.1 ไร่ (ร้อยละ 1.13) อยู่ในตำบลโพนเตื่อ และอยู่ตำบลสะพานบางส่วนในทางทิศเหนือของตำบล มีการกระจายพื้นที่ดินทรายความอุดมสมบูรณ์สูงมีเนื้อที่ 9,365.25 ไร่ (ร้อยละ 1.38) มีการกระจายพื้นที่ดินทรายแบ่งความอุดมสมบูรณ์ต่ำมีเนื้อที่ 21,728.88 ไร่ (ร้อยละ 3.21) มีการกระจายพื้นที่ดินทรายแบ่งความอุดมสมบูรณ์ปานกลางมีเนื้อที่ 16,331.4 ไร่ (ร้อยละ 2.41) มีการกระจายพื้นที่ดินร่วนความอุดมสมบูรณ์ต่ำมีเนื้อที่ 7.84 ไร่ และมีการกระจายพื้นที่ดินร่วนความอุดมสมบูรณ์ปานกลางน้อยที่สุดมีเพียง 0.40 ไร่ แสดงในตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.11

### 4.3.2 พื้นที่และการจัดการอัตราปุ๋ยตามความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จากผลการวิเคราะห์พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ตามเนื้อดิน พบว่า ในการใส่ปุ๋ยเคมี มีพื้นที่ดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่สุด ดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินทรายความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ดินทรายความอุดมสมบูรณ์สูง ดินทรายแบ่งความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินทรายแบ่งความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ดินร่วนความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และดินร่วนความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีความต้องการอัตราปุ๋ย N-P-K ในอัตรา กิโลกรัมต่อไร่ และจำนวนหมู่บ้าน เช่น 14.4-3.2-4.8, 14.4-2.4-3, 11.2-2.4-2.4, 4.8-00-00, 14.4-2.4-3.2, 11.2-2.4-2.4, 16-3.2-2.4, 12.8-2.4-1.6 และ 1, 41, 18, 2, 2, 2, 1, 1 หมู่บ้าน ตามลำดับ และควรต้องใช้อัตราปุ๋ยให้เหมาะสมกับพื้นที่ และการเลือกพื้นที่ให้เหมาะสมกับชนิดพืช หรือมีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความทนทานต่อสภาพดินในพื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 4.14, 4.15 และภาพที่ 4.38

การปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ที่ได้จากการหมักหรือบ่มจากเศษพืชต่าง ๆ และปุ๋ยคอกที่ได้จากการบ่มมูลสัตว์และเศษพืช

การปรับปรุงดินด้วยวิธีอื่น ๆ คือ การปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยพืชสด เป็นการปลูกพืชหมุนเวียน เช่น ปลูกถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วโสน และปอเทือง เป็นต้น นอกจากนี้มีการปรับปรุงดินด้วยการไถกลบตอฟางข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวในแต่ละปีเป็นการลดต้นทุนในการปลูกข้าว และเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน และใส่พันธุ์ข้าวปรับปรุงที่เหมาะสมกับพื้นที่ และควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ โดยทำการพิจารณาในสภาพพื้นที่จริงที่แสดงใน

แผนที่ธาตุอาหารพืชในดินที่มีศักยภาพของพื้นที่แตกต่างกันจะทำให้ผลผลิตข้าวของเกษตรกรเพิ่มขึ้น  
และมีความยั่งยืนต่อไป

ตารางที่ 4.14

จำนวนหมู่บ้านที่อยู่ในพื้นที่ตามเนื้อดินและระดับความอุดมสมบูรณ์ในอำเภออุทุมพร

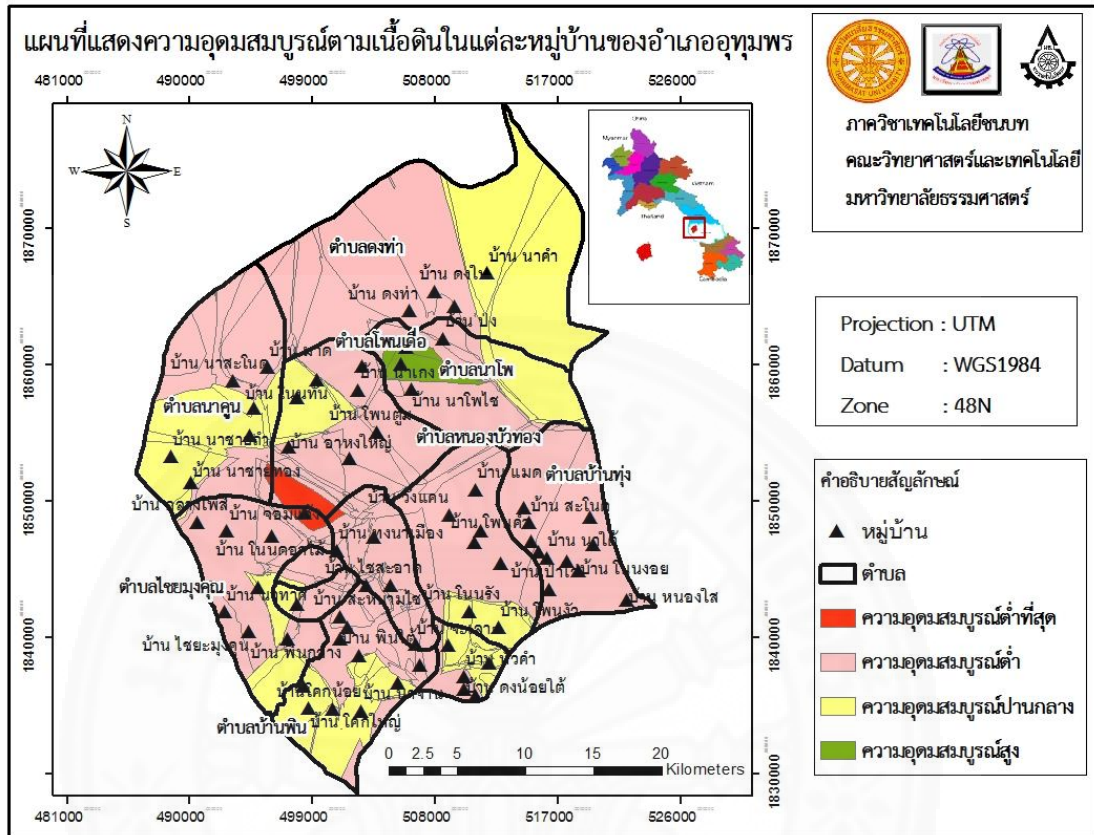
ลำดับ	เนื้อดิน	ระดับ ความอุดมสมบูรณ์	หมู่บ้าน	จำนวน หมู่บ้าน
1	ดินทราย	ต่ำที่สุด	อารงน้อย	1
2	ดินทราย	ต่ำ	ดงน้อยเหนือ, ดงน้อยใต้, โนนกุง, ห้วยเหมาใหญ่, พินกลาง, พินเหนือ, ไชสะอาด, สะโนด, กลางโพสี, เหล่าใหญ่, นาใต้, นาเหนือ, โคกกลาง, นาทาด, ป่าหนาม, ดงหมากแวง, หนองแปน, ดงโน, ป่ง, กุดแซ่, เซโน, โนนดอกไม้, จอมแจ้ง, ป่าไล่, หนองคำแรด, โพนนาคุณ, วังแคน, แมด, โพนคำ, ดงหมากยาง, โนนงอย, นาโพไซ, โพนสะหวาง, นาแก้ง, ดงท่า, สมเพ็ดวิไล, อุดมมิไช, ทุ่งนาเมือง, สะหนามไช, ไชสะอาด, สีนุณเรือง	41
3	ดินทราย	ปานกลาง	นากะเขาะ, หัวคำ, จะเลาะ, โพนงัว, นาจาน, ห้วยผักหนาม, ไชยะมุงคุณ, สมสะอาด, ดงน้อย, นาชายทอง, นาชายคำ, นาคำ, โนนรัง, โคกใหญ่, โคกน้อย, โนนสะหวาง, พินใต้, ผักชะหย้า	18
4	ดินทราย	สูง	โนนอุดม, นาโพนแคน	2
5	ดินทรายแป้ง	ต่ำ	อารงใหญ่, มาด	2
		ปานกลาง	โพนเตื่อ, โพนทัน	2
7	ดินร่วน	ต่ำ	อารงใหญ่	1
		ปานกลาง	นาสะโนด	1
รวม				68



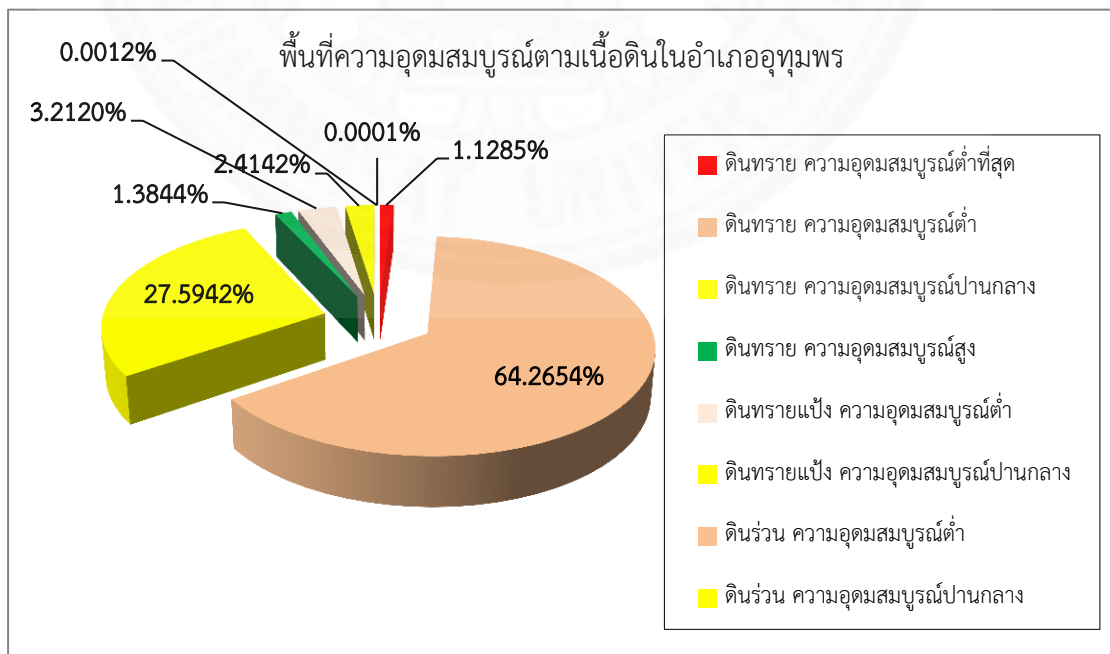
ตารางที่ 4.15

อัตราปุ๋ยที่ควรใส่ในแต่ละพื้นที่ตามความอุดมสมบูรณ์ของแต่ละเนื้อดินในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต ปี พ.ศ. 2559

ลำดับ	เนื้อดิน	ระดับ ความอุดมสมบูรณ์	จำนวน หมู่บ้าน	อัตราปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่) N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	พื้นที่		ชนิดและปริมาณปุ๋ย (กิโลกรัม/พื้นที่)		
					ไร่	%	46-00-00	00-46-00	00-00-60
1	ดินทราย	ต่ำที่สุด	1	14.4-3.2-4.8	7,634.10	1.1285	229,023.00	53,106.78	61,072.80
		ต่ำ	41	14.4-2.4-3.2	434,744.01	64.2654	13,042,320.30	2,268,229.62	2,318,634.72
		ปานกลาง	18	11.2-2.4-2.4	186,669.89	27.5942	5,600,096.70	973,929.86	746,679.56
		สูง	2	4.8-00-00	9,365.25	1.3844	280,957.50	-	-
2	ดินทรายแป้ง	ต่ำ	2	14.4-2.4-3.2	21,728.88	3.2120	651,866.40	113,368.07	115,887.36
		ปานกลาง	2	11.2-2.4-2.4	16,331.40	2.4142	489,942.00	85,207.30	65,325.60
3	ดินร่วน	ต่ำ	1	16-3.2-2.4	7.84	0.0012	235.20	54.54	31.36
		ปานกลาง	1	12.8-2.4-1.6	0.40	0.0001	12.00	2.09	1.07
รวม			68		676,481.77	100.0000	20,294,453.10	3,493,898.26	3,307,632.47
ความต้องการปุ๋ยเคมีต่อพื้นที่ปลูกข้าว (กิโลกรัม/พื้นที่ปลูกข้าว)							3,531,024.27		



ภาพที่ 4.38 ความอุดมสมบูรณ์ตามเนื้อดินในแต่ละหมู่บ้านของอำเภออุทุมพร



ภาพที่ 4.39 การจำแนกพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ตามเนื้อดินในอำเภออุทุมพร

### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว ในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) ร่วมกับการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักอย่างง่าย (Saw) และการซ้อนทับเนื้อดินทราย ดินทรายแป้ง ดินร่วน (Sand, Silt, Loam) และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ค่าไนโตรเจนในดิน ฟอสฟอรัสในดินและโพแทสเซียมในดิน พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จำนวน 434,744.01 ไร่ (ร้อยละ 64.27) รองลงมาเป็นพื้นที่ดินทรายความอุดมสมบูรณ์ปานกลางมีเนื้อที่ 186,669.89 ไร่ (ร้อยละ 27.59) และมีพื้นที่ดินร่วนความอุดมสมบูรณ์ปานกลางน้อยที่สุดมีเพียง 0.40 ไร่ และควรใส่อัตราปุ๋ยตามความอุดมสมบูรณ์และในแต่ละเนื้อดินให้ถูกต้อง

#### 4.3.3 พื้นที่ที่ความต้องการปริมาณการปุ๋ย และปุ๋ยอินทรีย์

พบว่า มีพื้นที่กรดรุนแรงมากที่สุด กรดจัดมาก และกรดจัด มีความต้องการปุ๋ยอินทรีย์ กิโลกรัมต่อไร่ และจำนวนหมูบ้าน ในอัตรา 160, 160, 80 กิโลกรัมต่อไร่, 1,600, 960, 800 กิโลกรัมต่อไร่ และ 50, 14, 4 หมูบ้าน ตามลำดับ และจะต้องใส่ปุ๋ยและปุ๋ยอินทรีย์ ตามเนื้อดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินในแต่ละพื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.40

สำหรับปุ๋ยที่ใช้ในพื้นที่ปลูกข้าวของอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต ที่ผ่านมาเกษตรกรใช้ปุ๋ยขาวเพราะที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายในพื้นที่



ตารางที่ 4.16

อัตราและปริมาณความต้องการปุ๋ย และปุ๋ยอินทรีย์ที่ควรจัดใส่ในนาในอำเภอกุสุมาลย์ จังหวัดสุพรรณบุรี

ลำดับ	ระดับ pH	จำนวน หมู่บ้าน	อัตราปุ๋ย (กิโลกรัมต่อ ไร่)	ปริมาณปุ๋ย อินทรีย์ (กิโลกรัมต่อไร่)	พื้นที่		ปริมาณปุ๋ยต่อพื้นที่ (กิโลกรัม)	ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ต่อพื้นที่ (กิโลกรัม)	
					ไร่	%			
1	กรดรุนแรงมากที่สุด	50	160	1,600	473,480.07	69.99	75,756,811.20	757,568,112.00	
2	กรดจัดมาก	14	160	960	187,811.11	27.76	30,049,777.60	180,298,665.60	
3	กรดจัด	4	80	800	15,190.59	2.25	1,215,247.20	12,152,472.00	
รวม		68	400	3,360	676,481.77	100.00	107,021,836.00	950,019,249.60	
ความต้องการปุ๋ยและปุ๋ยอินทรีย์ต่อพื้นที่ปลูกข้าว (กิโลกรัม/พื้นที่ปลูกข้าว)								13,946,594.56	123,802,149.12

### อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่ที่ต้องการปุ๋ยในอำเภออุทุมพรส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ดินกรดรุนแรงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 69.99 ของพื้นที่ รองลงมาเป็นพื้นที่ดินกรดจัดมาก ร้อยละ 27.76 ของพื้นที่ และมีพื้นที่ดินกรดจัดน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 2.25 ของพื้นที่ และการใส่ปุ๋ยต้องใส่ก่อนการไถ เบื้องต้น 5-7 วัน และการใส่ปุ๋ยหมักต้องใส่ก่อนการปลูกข้าว 7-15 วัน ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีควรใส่ 3 ครั้งต่อปี เช่น ครั้งที่ 1 ใส่ภายหลังการปลูกข้าว 7-15 วัน, ครั้งที่ 2 ใส่ภายหลังจากปลูกข้าว 40-45 วัน และครั้งที่ 3 ใส่เมื่อต้นข้าวมีอายุ 60-65 วัน และควรใส่อัตราปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักตามความเหมาะสมตามหลักการคำนวณการใส่ปุ๋ยของกรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดินของ สปป ลาวให้ถูกต้องในแต่ละเนื้อดินเพื่อทำการผลิตข้าวในพื้นที่ดังกล่าวให้ได้ผลผลิตสูงและยั่งยืนต่อไป

ในพื้นที่ปลูกข้าวทั้งอำเภออุทุมพร มีความต้องการใช้ปุ๋ยเพื่อปรับปรุงดินประมาณ 13,946,594.56 กิโลกรัม มีความต้องการใช้ปุ๋ยหมักประมาณ 123,802,149.12 กิโลกรัม และความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีในประมาณ 3,531,024.27 กิโลกรัม และความต้องการงบประมาณในการซื้อปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมี 55,786,378.25, 495,208,596.49 และ 70,620,485.47 ตามลำดับ รวมเป็นเงินทั้งหมด 621,615,460.20 บาทต่ออำเภอต่อปี และให้เกษตรกรในพื้นที่ของอำเภออุทุมพร ใช้อัตราปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีที่มีการคำนวณไว้ในตารางที่ 4.13 และ 4.15 เพื่อเพิ่มผลผลิตของเกษตรกรต่อไป

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินธาตุอาหารพืชในดิน สำหรับการปลูกข้าว กรณีศึกษา: อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว โดยใช้การวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย (Multiple Criteria Decision-Making, MCDM) สามารถสรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.1.1 การวิจัยพื้นที่เนื้อดิน และคุณภาพธาตุอาหารพืชในดิน

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำมาประยุกต์เพื่อประเมินพื้นที่คุณภาพธาตุอาหารพืชในดิน ช่วยทำให้เห็นภาพของพื้นที่การกระจายของธาตุอาหารพืชในดินในระดับต่าง ๆ พร้อมพิกัดที่ตั้งหมู่บ้านในเขตพื้นที่อำเภออุทุมพร ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการวางแผนและบริหารจัดการทรัพยากรที่มีอยู่เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวตามนโยบายอย่างเหมาะสมต่อไป ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์พื้นที่ศึกษา พบว่า

(1) พื้นที่อำเภอทั้งหมดส่วนใหญ่ มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทราย (Sand) มีเนื้อที่ 638,413.24 ไร่ (ร้อยละ 94.373) มี 62 หมู่บ้าน รองลงมามีการกระจายพื้นที่ดินทรายแป้ง (Silt) มีเนื้อที่ 38,060.29 ไร่ (ร้อยละ 5.626) มี 4 หมู่บ้าน และในขณะที่มีพื้นที่ดินร่วนน้อยมาก 8.24 ไร่ (ร้อยละ 0.001) มี 2 หมู่บ้าน

(2) พื้นที่คุณภาพความเป็นกรดเป็นด่างในดิน มีพื้นที่คุณภาพความเป็นกรดรุนแรงมากที่สุดเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 473,480.07 ไร่ (ร้อยละ 69.99) รองลงมามีการกระจายพื้นที่กรดจัดมากมีเนื้อที่ 187,811.11 ไร่ (ร้อยละ 27.76) และมีพื้นที่กรดจัดมีเนื้อที่ 15,190.59 ไร่ (ร้อยละ 2.25)

(3) พื้นที่คุณภาพอินทรีย์วัตถุในดิน มีพื้นที่คุณภาพในดินต่ำครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 668,847.71 ไร่ (ร้อยละ 98.87) รองลงมามีการกระจายของพื้นที่อินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุดอยู่น้อยมาก คือ มีเนื้อที่ 7,634.07 ไร่ (ร้อยละ 1.13) และทั้งหมดพื้นที่มีค่าอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุดถึงต่ำ ซึ่งมีธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูกข้าว เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวให้สูงขึ้น ต้องเติมปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในพื้นที่ตามความเหมาะสมด้วย เมื่อธาตุอินทรีย์วัตถุในดินต่ำธาตุอื่น ๆ ก็ต่ำไปด้วย

(4) พื้นที่คุณภาพไนโตรเจนต่ำเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 668,847.70 ไร่ (ร้อยละ 98.87) รองลงมามีพื้นที่ระดับไนโตรเจนในดินต่ำที่สุดน้อยมาก มีเนื้อที่ 7,634.07 ไร่ (ร้อยละ 1.13)

(5) พื้นที่ฟอสฟอรัสในดินต่ำที่สุดเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 350,993.17 ไร่ (ร้อยละ 51.89) รองลงมามีพื้นที่ฟอสฟอรัสในดินต่ำมีเนื้อที่ 285,025.64 ไร่ (ร้อยละ 42.13) ระดับปานกลางมีเนื้อที่ 31,097.71 ไร่ (ร้อยละ 4.60) และพื้นที่ที่มีฟอสฟอรัสในดินสูงมากมีน้อยที่สุดมีเนื้อที่ 9,365.25 ไร่ (ร้อยละ 1.38)

(6) พื้นที่ปริมาณโพแทสเซียมในดินต่ำที่สุดเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 559,421.61 ไร่ (ร้อยละ 82.70) รองลงมามีระดับต่ำมากมีเนื้อที่ 117,060.16 ไร่ (ร้อยละ 17.30)

(7) พื้นที่ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 317,138.82 ไร่ (ร้อยละ 46.88) รองลงมามีระดับค่อนข้างสูงมีเนื้อที่ 208,592.53 ไร่ (ร้อยละ 30.83) พื้นที่คุณภาพปานกลางมีเนื้อที่ 100,249.84 ไร่ (ร้อยละ 14.82) และมีพื้นที่คุณภาพค่อนข้างต่ำมีเนื้อที่ 50,500.58 ไร่ (ร้อยละ 7.47)

(8) พื้นที่คุณภาพความอึดด้วยประจุบวกที่เป็นต่างค่อนข้างต่ำเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อที่ 237,805.93 ไร่ (ร้อยละ 35.15) รองลงมามีพื้นที่คุณภาพต่ำ 214,391.80 ไร่ (ร้อยละ 31.69) พื้นที่คุณภาพปานกลางมีเนื้อที่ 139,849.99 ไร่ (ร้อยละ 20.67) และค่อนข้างสูงน้อยที่สุด คือ มีเนื้อที่ 84,434.05 ไร่ (ร้อยละ 12.48)

### 5.1.2 การวิเคราะห์จัดทำแผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดิน

จากการวิเคราะห์หาพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว ในอำเภออุทุมพร ซึ่งได้กำหนดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็น 5 ระดับ คือ พื้นที่ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมีเนื้อที่ 493,411.21 ไร่ (ร้อยละ 72.94) รองลงมามีพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำมีเนื้อที่ 183,070.58 ไร่ (ร้อยละ 27.06)

### 5.1.3 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการดินและความต้องการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในระดับหมู่บ้าน

จากผลการวิเคราะห์แนวทางการจัดการดินและความต้องการธาตุอาหารพืชในดินที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในระดับหมู่บ้าน ในอำเภออุทุมพร พบว่าเป็นพื้นที่กรดรุนแรงมากที่สุด, กรดจัดมาก และกรดจัดมีความต้องการปุ๋ย 160 กิโลกรัมต่อไร่, 160 กิโลกรัมต่อไร่ และ 80 กิโลกรัม



ต่อไร่ ตามลำดับ และพื้นที่กรดอนแรงมากที่สุด กรดจัดมาก และกรดจัดมีความต้องการปุ๋ยหมัก 1,600 กิโลกรัมต่อไร่, 960 กิโลกรัมต่อไร่ และ 800 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

สำหรับแนวทางการจัดการดินและความต้องการธาตุอาหารพืชในดินที่เหมาะสมแก่เกษตรกรในระดับหมู่บ้านตามเนื้อดินในแต่ละพื้นที่ในอำเภออุทุมพร พบว่ามีพื้นที่ดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่สุด ดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินทรายความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ดินทรายความอุดมสมบูรณ์สูง ดินทรายแบ่งความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินทรายแบ่งความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ดินร่วนความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และดินร่วนความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีความต้องการอัตราปุ๋ย N-P-K ในอัตรา 14.4-3.2-4.8 กิโลกรัมต่อไร่ มี 1 หมู่บ้าน, 14.4-2.4-3.2 กิโลกรัมต่อไร่ มี 41 หมู่บ้าน, 11.2-2.4-2.4 กิโลกรัมต่อไร่ มี 18 หมู่บ้าน, 4.8-00-00 กิโลกรัมต่อไร่ มี 2 หมู่บ้าน, 14.4-2.4-3.2 กิโลกรัมต่อไร่ มี 2 หมู่บ้าน, 11.2-2.4-2.4 กิโลกรัมต่อไร่ มี 2 หมู่บ้าน, 16-3.2-2.4 กิโลกรัมต่อไร่ 1 หมู่บ้าน และ 12.8-2.4-1.6 กิโลกรัมต่อไร่ 1 หมู่บ้าน ตามลำดับ และควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ โดยทำการพิจารณาพื้นที่คุณภาพธาตุอาหารพืชในดินที่มีศักยภาพของพื้นที่แตกต่างกันจะทำให้ผลผลิตข้าวของเกษตรกรเพิ่มขึ้นและมีความยั่งยืนต่อไป

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

(1) ข้อมูล/แผนที่ที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผน-จัดการพื้นที่ปลูกข้าวต่อไป เนื่องจากมีความแม่นยำของพื้นที่ตามตำแหน่งค่าในการวิเคราะห์ดินในอำเภออุทุมพร และสามารถนำผลการศึกษาไปถ่ายทอด แนะนำได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยพิจารณาถึงสภาพพื้นที่จริงที่แสดงในแผนที่ธาตุอาหารพืชในดินของอำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต

(2) หากมีการศึกษาเพิ่มเติมควรเพิ่มความละเอียดของมาตราส่วนให้มากขึ้นที่ทำการศึกษามา เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่คุณภาพธาตุอาหารพืช เพื่อพัฒนาฐานข้อมูล แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับงบประมาณและระยะเวลาของการศึกษาด้วยและต้องวิเคราะห์ข้อมูลดินในห้องปฏิบัติการเดียวกัน เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำ

(3) เป็นข้อมูลพื้นฐานให้แก่กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดินเกษตรกร สปป ลาว สำนักงานเกษตรกรและป่าไม้ จังหวัดสุวรรณเขต และสำนักงานเกษตรกรอำเภออุทุมพร ในการใช้พื้นที่ปลูกข้าว

(4) เป็นข้อมูลพื้นฐานให้แก่เกษตรกรในแต่ละตำบล และหมู่บ้านนำไปใช้อย่างถูกต้องตามพื้นที่ โดยทำการพิจารณาในสภาพพื้นที่จริงที่แสดงในแผนที่ธาตุอาหารพืชในดิน และควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกันต่อไป นอกจากประเด็นการปรับปรุงคุณสมบัติดินและเพิ่มธาตุอาหารพืชแล้วนั้น การเลือกพื้นที่ให้

เหมาะสมกับชนิดพืช หรือมีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความทนทานต่อสภาพดินในพื้นที่ยังสามารถ  
ศึกษาเพิ่มเติมได้อีก



## รายการอ้างอิง

### หนังสือและบทความในหนังสือ

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2536). *คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ*, กองวางแผนการใช้ที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2542). *คู่มือการดำเนินงานการพัฒนาที่ดิน*, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). *คู่มือการพัฒนาที่ดิน สำหรับหมอดินและเกษตรกร*, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). *ความรู้เรื่องดิน*, โรงพิมพ์กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน และ กรมวิชาการเกษตร. (2548). *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมและประหยัด* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว. (2556). *บทวิจัยการประเมินคุณภาพของดินนาปลูกข้าว เขตที่ราบจังหวัดสุวรรณเขต*, กระทรวงเกษตรและป่าไม้ สปป ลาว.
- กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว. (2558). *ยุทธศาสตร์การเกษตร และวิสัยทัศน์การเกษตร*, กระทรวงเกษตรและป่าไม้ สปป ลาว.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์.
- สำนักงานเกษตร และป่าไม้. (2556). *บทรายงานประจำปีของสำนักงานเกษตรและป่าไม้*, อำเภออุทุมพร, จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว.
- สำนักงานเกษตรและป่าไม้. (2558). *บทรายงานประจำปีของสำนักงานเกษตรและป่าไม้*, อำเภออุทุมพร, จังหวัดสุวรรณเขต สปป ลาว.
- นวรรตน์ ไกรพานนท์ และศิวัช แก้วเจริญ. (2549). *ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในดินเป็นแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจก*, วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ.
- บรรเจิด พลากร. (2523). *ทรัพยากรดิน*, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- พันธ์ทวี สหรัตน์. (2554). *การจัดการดิน*, วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีกำแพงเพชร, กำแพงเพชร.
- วิจิตร วังเณ. (2552). *การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน ในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม และการปลูกพืชบนลาดดิน*, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์.

- วิจิตร วังไ. (2552). *ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล*, โรงพิมพ์ลักษณ์, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์.
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. (2544). *การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์*, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์.
- เอิบ เขียวรีนรมณ์. (2541). *คู่มือปฏิบัติการการสำรวจดิน (Soil Survey Laboratory Manual)* ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์.

### เอกสารประกอบการสอน

- สุเพชร จิระจกุล. (2556). *เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.1 for Desktop*, ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท,คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- ณัฐพล จันท์แก้ว. (2556). *ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์*, ปทุมธานี: เอกสารประกอบการสอน, ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

### สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- กัลยา ดำรงค์ศิริ. (2552). *การประเมินความเหมาะสมของที่ดิน สำหรับปลูกข้าวของจังหวัดลพบุรี*. สืบค้น เมื่อวันที่ 25 กันยายน 2558, จาก [research.pcru.ac.th/rdb/pro\\_data/files/5303003.pdf](http://research.pcru.ac.th/rdb/pro_data/files/5303003.pdf).
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). *คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี*, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, สืบค้นเมื่อ วันที่ 15 ธันวาคม 2558, จาก [ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf](http://ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf)
- กองสำรวจและจำแนกดิน. (2543). *วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน, โดยการประเมินผลวิเคราะห์ดิน*, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สืบค้นเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2558, จาก [archive.ib.cmu.ac.h/ful/T/2554/Doil/2105wn](http://archive.ib.cmu.ac.h/ful/T/2554/Doil/2105wn).
- ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร. (2556). *การใช้ประโยชน์ข้อมูลจากผลการวิเคราะห์ดิน*, หลักสูตร การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน, สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กันยายน 2558, จาก <http://e-library>.

ldd.go.th/Web\_KM/Data/re\_7pdf.

ชูชาติ สันทรทรัพย์. (2556). *การจัดการดินสำหรับปลูกเพาะปลูกพืช*, ห้องปฏิบัติการกลาง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, สืบค้นเมื่อวันที่ 14 ธันวาคม 2558, จาก rdi.nsr.u.ac.th/tip/tip-10.pdf.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. (2548). *หลักการใช้ที่ดิน*, ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สืบค้นเมื่อวันที่ 25 กันยายน 2558, จาก www.Reg.ksu.ac.th.

สุดารัตน์ ใจอุดม. (2550). *การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Web-based GIS) กับการบริหารจัดการฐานข้อมูลครุภัณฑ์ด้วยซอฟต์แวร์ที่เสถียร*, สำนักเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, สืบค้นเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2558, จาก www.senate.go.th/project2550/performance/data/94\_3.pdf.

นันทิญา คำอุดม และ ทศนีย์ มีศักดิ์ประเสริฐ. (2556). *การประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงเลขด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาพื้นที่มีศักยภาพตั้งโรงงานผลิตเอทานอลและเส้นทางขนส่งมันสำปะหลังของจังหวัดกำแพงเพชร*, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สืบค้นเมื่อ วันที่ 19 ธันวาคม 2558, จาก www.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/download/38050/31566.

ประสิทธิ์ ว่างภคพัฒน์วงศ์. (2553). *โภชนาการของข้าวและนวัตกรรมการใช้ประโยชน์*, ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2558, จาก rdi.nsr.u.ac.th/tip/tip-10.pdf.

พิสิษฐ์ สิ้นธุวนิช. (2555). *การวิเคราะห์สภาพปัญหาทรัพยากรดินและการใช้ที่ดิน เพื่อการเกษตรกรรมภาค ตะวันออกของประเทศไทย*. สืบค้นเมื่อ วันที่ 29 ธันวาคม 2558, จาก www.ldd.go.th/WEB\_PSD/Employee%20Assessment/wean/pch/.../1.pdf.

รุ่งโรจน์ นิลทอง. (2553). *การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืช ในพื้นที่ที่มีปัญหาการชะล้างพังทลายของดินพื้นที่ตำบลธารทอง อำเภอพาน จังหวัด เชียงราย*. สืบค้นเมื่อ วันที่ 16 ธันวาคม 2558, จาก globe.ipstdevsite.com.

รวีร์รัชต์ รักขันธ. (2558). *การเจริญเติบโตของข้าว*, ภาควิชาพืชศาสตร์, คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2558, จาก www.natres.psu.ac.th/Department/Plant Science/510-211/.../rice.doc.

วาสนา พุ่มกลาง และชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. (2553). *ความเหมาะสมของที่ดินและการประเมินพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในภาค*

- ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นเมื่อ วันที่ 18 ธันวาคม 2558, จาก [gecnet.kku.ac.th/research/n\\_journal/2553/2\\_Land\\_Suitability.pdf](http://gecnet.kku.ac.th/research/n_journal/2553/2_Land_Suitability.pdf).
- อภากร ทองวงสา. (2556). *การศึกษาแบบจำลองทางสถิติเชิงพื้นที่สำหรับการคาดคะเนคุณสมบัติพื้นฐานของดิน*. ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. สืบค้นเมื่อ วันที่ 25 ธันวาคม 2558, จาก [www.ldd.go.th/web\\_psd/Employee%20Assessment/wean/pch/.../2.pdf](http://www.ldd.go.th/web_psd/Employee%20Assessment/wean/pch/.../2.pdf).
- อมร อินทราเวช. (2554). *การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดินในทุ่งกุลาร้องไห้*, สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4, กรมพัฒนาที่ดิน, สืบค้นเมื่อวันที่ 19 ธันวาคม 2558, จาก [www.ldd.go.th/web\\_psd/Employee%20Assessment/wean/pch/.../2.pdf](http://www.ldd.go.th/web_psd/Employee%20Assessment/wean/pch/.../2.pdf).

## Books

- Brady. N. C., (1974). *The Nurture and Properties of Soil*. Macmil Lan Publising CO. New York. USA. pp. 612.
- FAO. (1983). *Land Evaluation for Rainfed Agriculture*, Soils Bulletin No.52. Rome, Italy.
- Forbes, T., D. Rossiter, and A. Van Wambeke. (1984). *Guidelines for Evaluating The Adequacy of Soil Resource Inventories*, Department of Agronomy, New York State Collage of Agriculture and Life Science, Cornell University, New York. USA.
- Jones, J.B, (2001). *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press LLC. USA.
- Khush, G., (1997). *Origin, dispersal, cultivation and variation of rice*. Plant Molecular Biology. pp. 35:25-34.
- Liang, J., Han BZ, Nout MJR and Hamer R.J. (2008). *Effects of Soaking, Germination and Fermentation on Phytic Acid, Total and In Vitro Soluble Zinc in Brown Rice*. Food Chemistry. pp. 110:821-828.
- Sengxua, P and Linqvist, B.. (2001). *Nitrogen Application in Rainfed Low Land Rice in the Lao PDR*. pp. 32-41.

Soil Survey Division. (1993). *Soil Survey Manual*. U.S. Department of Agriculture Handbook. No. 18. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., U.S.A. pp. 437.

### Electronic Media

Adekayode, F. O., Lutaaya. T., Ogunkoya. M. O., Lusembo. P. and Adekayode. P. O. (2014). *A Precision Nutrient Variability Study of an Experimental Plot in Mukono*, Agricultural Research and Development Institute, India. Retrieved March 28, 2014, From [www.ajol.info/index.php/ajest/article/download/.../100139](http://www.ajol.info/index.php/ajest/article/download/.../100139)

Environmental Systems Research Institute. (2014). *ArcGIS 10.2 for Desktop Help: Understanding Interpolation Analysis*. Retrieved March 28, 2014, From <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html>.

FAOSTAT. (2014). *Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division*, From <https://th.wikipedia.org/wiki/ข้าว>

Fawcett, Stein and Jobson. (2012). *The Language of Algorithms* (Expert System). Retrieved February 21, 2013, From <http://home.comcast.net>

Jacek Malczewski and Thomas L. Saaty. (1980). *GIS Multicriteria Decision Analysis*, Department of Geography, University of Western Ontario, New York, pp. 183-187.

Pulakeshi, H. B., Patil, P. L., Dasog, G. S., Radder, B. M., Bidari. B. I. and Mansur. C. P. (2012). *Mapping of Nutrients Status by Geographic Information System (GIS) in Mantagani Village under Northern Transition Zone of Karnataka, Mukono, Uganda*. Retrieved March 28, 2014, From [www.researchgate.net/Mapping\\_of\\_nutrients\\_status.../54](http://www.researchgate.net/Mapping_of_nutrients_status.../54)

Yurembam, G.S., Harish Chandra, Vinod Kumar and Amit.Kumar. Rabha. (2015). *Mapping of Soil Micronutrients in Someshwar Agricultural Watershed Using IDW Interpolation Approach*, India. Retrieved March 28, 2014, From [iasir.net/IJETCASpapers/IJETCAS15-388.pdf](http://iasir.net/IJETCASpapers/IJETCAS15-388.pdf).



ภาคผนวก



**ภาคผนวก ก**  
**แบบสอบถามการให้ค่าน้ำหนัก (Weighting Score)**  
**และค่าคะแนน (Rating Score) ความสำคัญของช่วงปัจจัย**



แบบสอบถาม ผู้เชี่ยวชาญเพื่อประกอบการวิจัย  
 เรื่อง: การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินธาตุอาหารพืชในดินสำหรับการปลูกข้าว  
 กรณีศึกษา อำเภอ อุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต สปป. ลาว  
 โดย  
 นายไชยสะหวัน อินทวง เลขทะเบียน 5709091515

**ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป**

ผู้เชี่ยวชาญ ชื่อ สกุล .....

ตำแหน่ง .....

หน่วยงาน .....

**คำชี้แจง** แบบสอบถามชุดนี้ จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญด้านดินเกี่ยวกับความสำคัญของปัจจัย ธาตุอาหารพืชที่ปรากฏในดินต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกข้าว ได้แก่ pH, OM, N, P, K, CEC และ BS โดยระบุเป็นค่าคะแนนของค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าคะแนนความเหมาะสมของช่วงปัจจัย (Rating) เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ ด้วยวิธีการให้คะแนนตามน้ำหนักชั้นของความอุดมสมบูรณ์ของดิน แล้วประเมินหาพื้นที่ที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารที่เหมาะสมแก่การปลูกข้าว ประกอบการจัดทำวิทยานิพนธ์ในหัวข้อ “การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินธาตุอาหารพืชในดิน กรณีศึกษา อำเภอ อุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต สปป. ลาว”

## ตอนที่ 2 คำอธิบายความหมาย

ตารางที่ ก.1

คำอธิบายถึงปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาสำหรับพิจารณาให้ค่าน้ำหนักความสำคัญและค่าคะแนนของปัจจัย

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ความสำคัญของปัจจัย
1) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	ระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปตามระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยทั่วไป ระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชสูงเมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) อยู่ในช่วง 5.5-7.0 ซึ่งถ้ามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงหรือต่ำกว่านี้ ธาตุอาหารพืชบางชนิดจะขาดหรือมีมากเกินไป
2) อินทรีย์วัตถุ (OM)	อินทรีย์วัตถุในดิน หมายถึง อินทรีย์สารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน ซึ่งได้จากซากพืช ซากสัตว์ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน สิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์สลายตัวทับถมอยู่ในดิน ในดิน ยังมีอินทรีย์วัตถุมากยิ่งขึ้นส่งผลดีต่อพืช
3) ไนโตรเจน (N)	ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารพืชที่มีหน้าที่สำคัญในกระบวนการ เมตาบอลิซึมของพืช เนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ และเอนไซม์บางชนิดเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของเซลล์ และเนื้อเยื่อที่มีชีวิต ทำให้พืชมีสีเขียวและมีความแข็งแรง ปรับปรุงคุณภาพใบของพืชผัก และโปรตีนในธัญพืช เมื่อมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ประมาณ 5.5-8.5 การละลายและความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนต่อพืชจะมีมาก แต่ช่วงที่ N ละลายได้มากที่สุด เมื่อมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) = 6.0-8.0
4) ฟอสฟอรัส (P)	ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากเป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก และนิวคลีโอโปรตีน มีความสำคัญ ต่อการ สร้างยีนส์ (Genes) การแบ่งเซลล์และการสร้างเซลล์ในพืช เมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ประมาณ 6.5-7.5 และมากกว่า 8.5การละลายและความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสต่อพืชจะมีมาก
5) โพแทสเซียม (K)	โพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก มีองค์ประกอบสำคัญของเอ็นไซม์ที่ ช่วยในการสังเคราะห์แสง การ สร้างโปรตีน แบ่งช่วยในการลำเลียงแป้งและน้ำตาล ควบคุมและรักษาความเป็นกรดเป็นด่าง ควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ การละลายและความเป็นประโยชน์ของธาตุ โพแทสเซียมต่อพืชจะมาก เมื่อมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) มากกว่า 5.5 และละลายออกมาได้มากที่สุด เมื่อมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) มากกว่า 6.0

## ตารางที่ ก.1

คำอธิบายถึงปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาสำหรับพิจารณาให้ค่าน้ำหนักความสำคัญและค่าคะแนนของปัจจัย (ต่อ)

6) ความจุแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC)	ความจุหรือความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน หมายถึง ความจุของสารคอลลอยด์ ในดินที่สามารถดูดซับธาตุที่มีประจุบวกไว้ได้มากที่สุดมีหน่วยเป็น เซนตโมล/กิโลกรัม (cmol/kg) เป็นสมบัติทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณของสารคอลลอยด์ในดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน กล่าวคือ ถ้าดินมี CEC สูง หมายความว่า ดินนั้นมีแนวโน้มที่จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง
7) การอิ่มตัวด้วยไอออนที่เป็นต่าง (BS)	ได้ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง (Base Saturation Percentage, %BS) ได้จากการคำนวณ โดยนำค่าประจุบวกที่เป็นต่างทั้งหมดที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (Total Exchangeable Bases; Exch. $Ca^{++}$ , $Mg^{++}$ , $Na^+$ , $K^+$ ) หารด้วยค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity; CEC) แล้วคูณด้วย 100 ถ้าค่า BS สูง หมายความว่า ดินนั้นมีแนวโน้มที่จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง

**ตอนที่ 3** การประเมินค่าคะแนนของค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าคะแนนความเหมาะสมของช่วงปัจจัย (Rating score)

**ตอนที่ 3-1** การเปรียบเทียบน้ำหนัก (Weighting score) รายคู่ของปัจจัย ด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ส่งผลต่อความเหมาะสมในการปลูกข้าวในอำเภออุทุมพร จังหวัดสุรินทร์เขต สปป. ลาว

#### คำชี้แจง

- การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ส่งผลต่อความเหมาะสมในการปลูกข้าวเป็นรายคู่ โดยการให้คะแนน ตั้งแต่ 1-9 ดังมีรายละเอียดตามคำอธิบายถึงปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาดังตารางที่ ก. 1 และ เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญของค่าน้ำหนักดังตารางที่ ก. 2

- โปรตพิจารณาระดับความสำคัญของปัจจัยด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่ส่งผลต่อความเหมาะสมในการปลูกข้าวเป็นรายคู่ในแต่ละแถว โดยเปรียบเทียบระหว่างระดับปัจจัยที่อยู่ข้างซ้ายมือสุดของแถวกับระดับปัจจัยที่อยู่ทางด้านขวาสุดของแถวในบรรทัดเดียวกัน
- ทำเครื่องหมาย ✕ ตรงหมายเลขค่าคะแนนที่ท่านเลือก ตั้งแต่ระดับ 1-9 ที่กำหนดให้ จนครบทุกคู่ของปัจจัยเปรียบเทียบ ดังแสดงไว้ในตัวอย่างการตอบแบบสอบถามในตารางที่ ก. 2

ตารางที่ ก.2

เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญของค่าน้ำหนัก

ค่า ความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	มีความสำคัญเท่ากัน (Equal Importance)	ปัจจัยทั้งสองที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญเท่าเทียมกัน
3	มีความสำคัญมากกว่าพอประมาณ (Moderate Importance)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งพอประมาณ
5	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัด (Strong Importance)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งอย่างเด่นชัด
7	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเด่นชัดมาก (Very strong or demonstrated Importance)	ปัจจัยที่กำลังพิจารณาเปรียบเทียบมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอีกตัวหนึ่งอย่างเด่นชัดมาก
9	มีความสำคัญมากกว่าอย่างยิ่ง (Extreme Importance)	ค่าความสำคัญสูงสุดที่จะเป็นไปได้ในการพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยทั้งสอง
2, 4, 6, 8	เป็นค่าความสำคัญระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น	ค่าความสำคัญในการเปรียบเทียบปัจจัยถูกพิจารณาว่าควรเป็นค่าระหว่างกลางของค่าที่กล่าวไว้ข้างต้น

หมายเหตุ. จาก ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์, โดย ญัฐพล จันทร์แก้ว, 2556

### ตัวอย่างการตอบแบบสอบถามสำหรับ ตารางที่ ก. 3

“ปัจจัยที่อยู่ในสดมภ์ (column) แรก (ซ้ายสุด) มีความสำคัญมากกว่าปัจจัยในสดมภ์ (column) สุดท้าย (ขวาสุด) เพียงใด”

เช่น

- 1) ถ้าท่านคิดว่าปัจจัย A1 มีความสำคัญเท่ากับปัจจัย A2  
โปรดให้ค่าความสำคัญ = 1 ในคอลัมน์ของช่อง **เท่ากัน** ในตารางแบบสอบถาม
- 2) ถ้าท่านคิดว่าปัจจัย A1 มีความสำคัญมากกว่าปัจจัย A2 อย่างชัดเจนมาก  
อาจให้ค่าความสำคัญ = 7 ในคอลัมน์ของช่อง **มากกว่า** ในตารางแบบสอบถาม
- 3) ถ้าท่านคิดว่าปัจจัย A1 มีความสำคัญน้อยกว่าปัจจัย A3 อย่างพอประมาณ  
อาจให้ค่าความสำคัญ = 3 ในคอลัมน์ของช่อง **น้อยกว่า** ในตารางแบบสอบถาม
- 4) ถ้าท่านคิดว่าปัจจัย A2 มีความสำคัญน้อยกว่าปัจจัย A3 เป็นอย่างยิ่ง  
อาจให้ค่าความสำคัญ = 9 ในคอลัมน์ของช่อง **น้อยกว่า** ในตารางแบบสอบถาม

ตารางที่ ก. 3

ตัวอย่างการตอบแบบสอบถาม

ปัจจัย	การเปรียบเทียบค่าคะแนนของปัจจัย																ปัจจัย	
	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								
A1	9	8	7	6	5	4	3	2	✘	2	3	4	5	6	7	8	9	A2
A1	9	8	✘	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A2
A1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	✘	4	5	6	7	8	9	A3
A3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	✘	A3

โปรดทำเครื่องหมาย X ลงในช่องที่ท่านให้ความเห็นจากการพิจารณาเปรียบเทียบค่าความสำคัญของปัจจัยในแต่ละแถวของตาราง

## ตารางที่ ก.4

## การเปรียบเทียบระดับความสำคัญรายค่าของปัจจัย

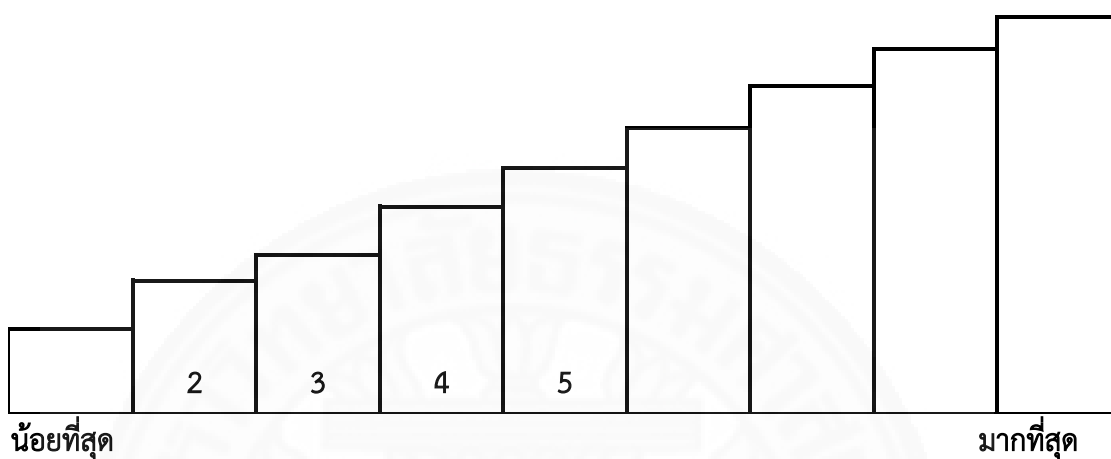
ปัจจัย	การเปรียบเทียบค่าคะแนนของปัจจัย																ปัจจัย	
	มากกว่า					เท่ากัน					น้อยกว่า							
<b>ปัจจัยความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>																		
pH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	OM
pH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
pH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
pH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	K
pH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CEC
pH	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	BS
<b>ปัจจัยอินทรีวัตถุในดิน (OM) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>																		
อินทรีวัตถุ(OM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N
อินทรีวัตถุ(OM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
อินทรีวัตถุ(OM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	K
อินทรีวัตถุ(OM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CEC
อินทรีวัตถุ(OM)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	BS
<b>ปัจจัยไนโตรเจน (N) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>																		
ไนโตรเจน (N)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P
ไนโตรเจน (N)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	K
ไนโตรเจน (N)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CEC
ไนโตรเจน (N)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	BS
<b>ฟอสฟอรัส (P) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>																		
ฟอสฟอรัส (P)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	K
ฟอสฟอรัส (P)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CEC
ฟอสฟอรัส (P)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	BS
<b>ปัจจัยโพแทสเซียม (K) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>																		
โพแทสเซียม (K)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CEC
โพแทสเซียม (K)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	BS
<b>ปัจจัยความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>																		
CEC	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	BS

**ตอนที่ 3-2** การประเมินค่าคะแนน (Rating Score) ความสำคัญของช่วงปัจจัยที่มีผลต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในการปลูกข้าว

### คำชี้แจง

หมายเลข 1 แสดงถึง ความสำคัญของช่วงปัจจัยนั้นมีผลต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินน้อยที่สุด

หมายเลข 9 แสดงถึง ความสำคัญของช่วงปัจจัยนั้นมีผลต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินมากที่สุด



โปรดประเมินความสำคัญของแต่ละระดับปัจจัย โดยเลือกใส่หมายเลข 1-9 ลงในช่องว่างของคอลัมน์ขวามือสุดในตารางที่ ก.5

ตารางที่ ก.5

การให้ค่าคะแนน (Rating Score) ความสำคัญของปัจจัยนั้น ๆ ต่อการปลูกข้าว

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ระดับของปัจจัย	ค่าคะแนน (1-9)
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	< 4.5 (กรดรุนแรงมากที่สุด)	.....
	4.6- 5.0 (กรดจัดมาก)	.....
	5.1-5.5 กรดจัด	.....
	5.6-6.0 (กรดปานกลาง)	.....
	6.1-6.5 (กรดเล็กน้อย)	.....
	6.6-7.3 (กลาง)	.....
อินทรีวัตถุในดิน (OM)	< 0.5 (ต่ำสุด)	.....
	0.5-1.0 (ต่ำ)	.....
	1.1-2.0 (ปานกลาง)	.....
	> 4.0 (สูง)	.....

## ตารางที่ ก.5

การให้ค่าคะแนน (Rating Score) ความสำคัญของปัจจัยนี้ต่อการปลูกข้าว (ต่อ)

ไนโตรเจน (N)	< 0.01 (ต่ำสุด) 0.02-0.15 (ต่ำ) 0.16-0.25 (ปานกลาง) >0.25 (สูง)	..... ..... ..... .....
ฟอสฟอรัส (P)	<3.0 (ต่ำมาก) 3.1-10 (ต่ำ) 10.1-25 (ปานกลาง) >25 (สูง)	..... ..... ..... .....
โพแทสเซียม (K)	< 40 (ต่ำสุด) 41-80 (ต่ำ) 81-120 (ปานกลาง) > 120 (สูง)	..... ..... ..... .....
ความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC)	<5 (ต่ำ) 5-10 (ค่อนข้างต่ำ) 10-15 (ปานกลาง) 15-20 (ค่อนข้างสูง) >20 (สูง)	..... ..... ..... ..... .....
อิมิตัวด้วยไอออนที่เป็นด่าง (BS)	<20 (ต่ำ) 20-35 (ค่อนข้างต่ำ) 35-50 (ปานกลาง) 50-75 (ค่อนข้างสูง) >75 (สูง)	..... ..... ..... ..... .....



## ภาคผนวก ข

### การคำนวณหาค่าน้ำหนัก (Computation of the criterion weights)

**ตัวอย่าง** ถ้าหลักเกณฑ์ 1 ชอบมากกว่าหลักเกณฑ์ 2 สามารถสรุปได้ว่า หลักเกณฑ์ 2 ชอบเพียงครึ่งหนึ่งของหลักเกณฑ์ 1 ถ้าหลักเกณฑ์ 1 คะแนนเท่ากับ 4 หลักเกณฑ์ 2 จะได้รับคะแนนเท่ากับ  $1/4$  เมื่อเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ 1 ในแนวทแยง จะเป็นการเปรียบเทียบกับปัจจัยเอง จึงมีค่าเท่ากับ 1 แสดงถึงความสำคัญเท่ากัน และหลักเกณฑ์  $1/7$  ชอบมากกว่าหลักเกณฑ์ 1 และหลักเกณฑ์ 2 อยู่  $1/5$  เท่า สามารถสร้างตารางการเปรียบเทียบได้ ดังแสดงในตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1

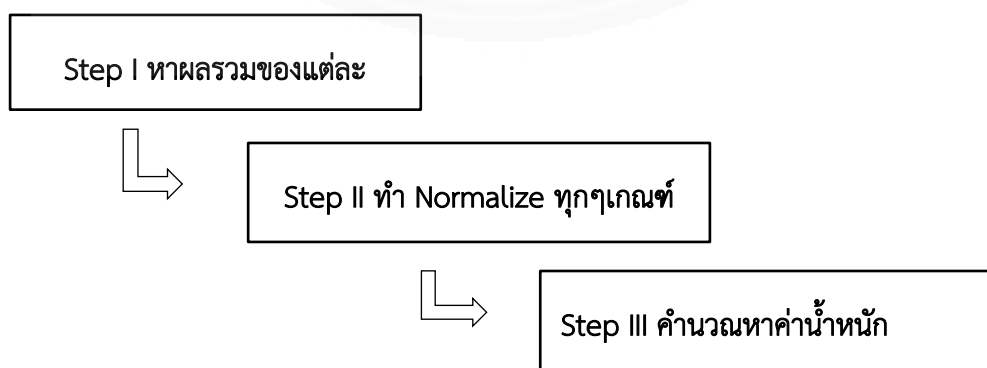
การเปรียบเทียบเป็นคู่ของการประเมินหลักเกณฑ์

Criterion	Price	Slop	View
Price	1	4	7
Slop	$1/4$	1	5
View	$1/7$	$1/5$	1

หมายเหตุ. จาก *GIS Multi criteria Decision Analysis*, by Saaty, 1980.

**ตัวอย่าง:** การคำนวณ (Pairwise Comparison)

การหา Weight Sum vector



## ตารางที่ ข.2

การคำนวณหาค่าน้ำหนัก (Computation of the criterion weights)

Criterion	Step I			step II			Step III Weight
	P	S	V	P	S	V	
Price (P)	1	4	7	0.718	0.769	0.538	$(0.718+0.769+0.538)/3 = 0.675$
Slope (S)	0.25	1	5	0.179	0.192	0.385	$(0.179+0.192+0.385)/3 = 0.252$
View (V)	0.143	0.2	1	0.103	0.038	0.077	$(0.102+0.039+0.077)/3 = 0.073$
Total	1.393	5.2	13	1	1	1	= 1.000

หมายเหตุ. จาก *GIS Multi criteria Decision Analysis*, by Saaty, 1980.

## ตารางที่ ข.3

การคำนวณประมาณสัดส่วนความสอดคล้อง (Estimation of the consistency ratio)

Criterion	Step I Weight Sum Vector	Step II		
Price (P)	$(0.675)(1)+(0.252)(4)+(0.073)(7) = 2.194$	$2.194/0.675$	=	3.25
Slope (S)	$(0.675)(0.25)+(0.252)(1)+(0.073)(5) = 0.786$	$0.786/0.252$	=	3.119
View (V)	$(0.675)(0.143)+(0.252)(0.2)+(0.073)(1) = 0.220$	$0.220/0.73$	=	3.014

หมายเหตุ. จาก *GIS Multi criteria Decision Analysis*, by Saaty, 1980.

ในการคำนวณหาสัดส่วนความสอดคล้อง Consistency Vector โดยหาค่า Weight Sum Vector ด้วยค่าที่ได้จากการกำหนดค่าน้ำหนัก เมื่อกำหนดค่า Consistency Vector ได้แล้ว เราต้องการคำนวณค่า Lambda ( $\lambda$ ) และ Consistency Index (CI) ค่า Lambda คือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณค่า Consistency Vector

$\lambda$  = ค่าเฉลี่ยของค่า Consistency Vector

การคำนวณค่า Consistency Index ได้จากการคำนวณค่า  $\lambda$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1)}$$

เมื่อ n คือจำนวนหลักเกณฑ์ทั้งหมด

สามารถคำนวณค่า Consistency Ratio (CR) ได้ดังนี้

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

โดย RI คือ ค่า Random Index ขึ้นอยู่กับจำนวนของหลักเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบ

$$\lambda = \frac{3.250 + 3.119 + 3.014}{3} = 3.128$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{3.128 - 3}{3 - 1} = 0.064$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.064}{0.58} = 0.11$$

ข้อสังเกต ตารางสเกลสำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่ คือ

- (1) จะเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 หลักเกณฑ์
- (2) ในการเปรียบเทียบความสำคัญของหลักเกณฑ์จะเริ่มจากค่าความสำคัญ

เท่ากัน

(3) การคำนวณค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ (Computation of the Criterion Weights) มีทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ

- 1) การหาผลลัพธ์ในแต่ละคอลัมน์
- 2) หาค่าในตารางด้วยผลรวมของแต่ละคอลัมน์ (Normalized Matrix)
- 3) คำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวของ Normalized Matrix
- (4) การประมาณค่าความสอดคล้อง (Estimation of the Consistency Ratio)

ในขั้นตอนนี้เราจะตัดสินใจว่า การเปรียบเทียบของเรามีค่าความสอดคล้องหรือไม่ ซึ่งมีวิธีการ ดังนี้

1) คำนวณค่า Weight Sum Vector โดยนำค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์แรกมาคูณกับคอลัมน์แรกของค่าแรกเริ่มในตารางการเปรียบเทียบเป็นคู่ ต่อมานำค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ที่สองมาคูณกับคอลัมน์ที่สอง ค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์ที่สามมาคูณกับคอลัมน์ที่สาม คูณไปจนครบตามหลักเกณฑ์ที่มี แล้วรวมทั้งหมดตามแถว

2) หาค่า Consistency Vector โดยหาค่า Weight Sum Vector ด้วยค่าที่ได้จากการกำหนดค่าน้ำหนัก เมื่อคำนวณค่า Consistency Vector ได้แล้ว เราต้องการคำนวณค่า Lambda ( $\lambda$ ) และ Consistency Index (CI) ค่า Lambda คือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณค่า Consistency Vector

$\lambda$  = ค่าเฉลี่ยของค่า Consistency Vector

การคำนวณค่า Consistency Index ได้จากการคำนวณค่า  $\lambda$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1)}$$

เมื่อ n คือจำนวนหลักเกณฑ์ทั้งหมด

สามารถคำนวณค่า Consistency Ratio (CR) ได้ดังนี้

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

โดย RI คือ ค่า Random Index ขึ้นอยู่กับจำนวนของหลักเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบ

ตารางที่ ข.4

ดัชนีการสุ่มไม่สอดคล้อง (Random Inconsistency Indices RI for n=1, 2, 3,)

N	RI	n	RI	n	RI
1	0.00	5	1.12	9	1.45
2	0.00	6	1.24	10	1.49
3	0.58	7	1.32	11	1.51
4	0.9	8	1.41	12	1.48

หมายเหตุ. จาก ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์, โดย ญัฐพล จันทร์แก้ว, 2556.

ถ้าค่า  $CR < 0.1$  นั้นแสดงว่า มีค่าสัดส่วนความสอดคล้องในระดับที่ยอมรับได้ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ แต่ถ้า  $CR \geq 0.10$  แสดงถึงค่าสัดส่วนไม่สอดคล้อง ซึ่งต้องกลับไปพิจารณาแก้ไขค่าเริ่มต้น ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ใหม่

ข้อดีของวิธีเปรียบเทียบเป็นคู่ คือ จะพิจารณาได้เพียงแต่ 2 หลักเกณฑ์ ณ เวลานั้น ถ้าหากหลักเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบมีคู่ที่จะถูกเปรียบเทียบก็จะมากขึ้น สามารถคำนวณได้จาก  $n(n-1)/2$

ในการคำนวณสามารถใช้โปรแกรม Expert Choice เป็น Software Packages ที่เป็นที่ยอมรับมากในการดำเนินการเปรียบเทียบเป็นคู่ และยังสามารถทำได้ง่ายใน Spreadsheet นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับ GIS-base Multi Criteria Decision Making ได้อีกด้วย (ญัฐพล จันทร์แก้ว, 2556, น. 183), อ้างถึงใน Thomas L. Saaty, 1980

**ภาคผนวก ค**  
**ค่าคะแนนแบบสอบถามจากผู้ทรงคุณวุฒิ**

ตารางที่ ค.1

ค่าคะแนนน้ำหนักความสำคัญ (Weighting Score) ของปัจจัย

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยเปรียบเทียบ	ค่าคะแนนแบบสอบถามที่ผู้เชี่ยวชาญให้							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ปัจจัยความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>									
pH	OM	4	1	1	7	1	7	4	1/7
pH	N	4	1/3	4	7	1/7	7	3	1
pH	P	8	8	7	9	1/5	9	5	1
pH	K	1	1	6	1/6	1/7	8	2	1/4
pH	CEC	1	5	5	7	1/9	1/7	1	8
pH	BS	5	5	5	7	1/7	5	2	8
<b>ปัจจัยอินทรีวิตูในดิน (OM) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>									
อินทรีวิตู(OM)	N	1	3	1	1	1	1	1	1
อินทรีวิตู(OM)	P	1/3	3	1/6	6	7	5	1/3	1
อินทรีวิตู(OM)	K	1	2	1/6	2	1	3	1	1
อินทรีวิตู(OM)	CEC	3	1/2	1	9	1/5	8	1	5
อินทรีวิตู(OM)	BS	1/4	1/5	1	9	1/4	8	3	5
<b>ปัจจัยไนโตรเจน (N) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>									
ไนโตรเจน (N)	P	4	4	1/9	1	3	1	3	1
ไนโตรเจน (N)	K	1	3	1/5	1	1	1	2	1
ไนโตรเจน (N)	CEC	4	1/2	1/3	1	1/7	1	1	7
ไนโตรเจน (N)	BS	3	1/2	1/5	3	1/5	4	2	7
<b>ฟอสฟอรัส (P) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>									
ฟอสฟอรัส (P)	K	5	1	3	1	1	1	3	1
ฟอสฟอรัส (P)	CEC	1	5	4	1/5	1/4	1/6	1	6
ฟอสฟอรัส (P)	BS	4	5	4	1/5	1/7	1/6	1	6
<b>ปัจจัยโพแทสเซียม (K) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>									
โพแทสเซียม (K)	CEC	6	1/2	1/5	9	1/5	8	2	3
โพแทสเซียม (K)	BS	3	1/5	1/5	9	1/7	8	1	3
<b>ปัจจัยความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) เทียบกับปัจจัยอื่น</b>									
CEC	BS	1	4	1	9	1	9	1	1

### ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนัก (Weighting Score) ของช่วงปัจจัย

ตารางที่ ค.2

ค่าคะแนนจากการสอบถามที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักความสำคัญ (Weighting Score) ของช่วงปัจจัย

Criterion	pH	OM	N	P	K	CEC	BS
pH	1	3	3	6	2	3	5
OM	0.333	1	1	3	1	3	3
N	0.333	1.000	1	2	1	2	2
P	0.167	0.333	0.500	1	2	2	3
K	0.500	1.000	1.000	0.500	1	4	3
CEC	0.333	0.333	0.500	0.500	0.250	1	3
BS	0.200	0.333	0.500	0.333	0.333	0.333	1
Total	2.867	7.000	7.500	13.333	7.583	15.333	20

ตารางที่ ค.3

ค่าคะแนนน้ำหนักความสำคัญ (Weighting Score) ของปัจจัย

Criterion	pH	OM	N	P	K	CEC	BS	SUM	Weighting
pH	0.349	0.429	0.400	0.450	0.264	0.196	0.250	2.337	0.334
OM	0.116	0.143	0.133	0.225	0.132	0.196	0.150	1.095	0.156
N	0.116	0.143	0.133	0.150	0.132	0.130	0.100	0.905	0.129
P	0.058	0.048	0.067	0.075	0.264	0.130	0.150	0.792	0.113
K	0.174	0.143	0.133	0.038	0.132	0.261	0.150	1.031	0.147
CEC	0.116	0.048	0.067	0.038	0.033	0.065	0.150	0.516	0.074
BS	0.070	0.048	0.067	0.025	0.044	0.022	0.050	0.325	0.046
SUM	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	7.000	1.000

## ตารางที่ ค.4

ค่าอัตราความสอดคล้อง (Consistency Ratio) ของปัจจัย

Consistency Ratio		
pH	2.617	7.840
OM	1.244	7.952
N	1.011	7.819
P	0.867	7.664
K	1.091	7.406
CEC	0.534	7.245
BS	0.341	7.357
Sum		53.283
$\lambda$	7.612	
CI	0.102	
CR	0.077	

ถ้าค่า  $CR < 0.1$  นั้นแสดงว่า มีค่าสัดส่วนความสอดคล้องในระดับที่ยอมรับได้ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ แต่ถ้า  $CR \geq 0.10$  แสดงถึงค่าสัดส่วนไม่สอดคล้อง ซึ่งต้องกลับไปพิจารณาแก้ไขค่าเริ่มต้น ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ใหม่

ดังนั้นการวิจัยนี้ ค่าความสอดคล้อง  $CR=0.077$  หมายถึง มีค่าสัดส่วนความสอดคล้องในระดับที่ยอมรับได้ในการเปรียบเทียบเป็นคู่

## ตารางที่ ค.5

## ค่าคะแนน (Rating Score) ความสำคัญของปัจจัย

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ระดับของปัจจัย	ค่าคะแนน (1-9) จากแบบสอบถาม							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	< 4.5 (กรดรุนแรงมากที่สุด)	3	1	1	1	4	2	1	1
	4.6- 5.0 (กรดจัดมาก)	4	3	4	3	5	4	3	3
	5.1-5.5 กรดจัด	4	5	6	4	6	3	5	3
	5.6-6.0 (กรดปานกลาง)	8	7	8	5	7	5	6	7
	6.1-6.5 (กรดเล็กน้อย)	9	8	9	8	8	9	8	9
	6.6-7.3 (กลาง)	9	9	9	9	9	8	8	8
อินทรีวัตถุในดิน (OM)	< 0.5 (ต่ำสุด)	5	1	1	1	5	2	1	1
	0.5-1.0 (ต่ำ)	7	3	5	2	6	1	5	2
	1.1-2.0 (ปานกลาง)	8	5	8	4	7	5	8	5
	> 4.0 (สูง)	9	8	9	9	8	8	4	9
ไนโตรเจน (N)	< 0.01 (ต่ำสุด)	5	1	2	1	2	1	1	1
	0.02-0.15 (ต่ำ)	6	3	8	2	3	3	7	3
	0.16-0.25 (ปานกลาง)	7	5	9	7	5	8	5	3
	>0.25 (สูง)	8	7	9	9	7	9	8	9
ฟอสฟอรัส (P)	<3.0 (ต่ำมาก)	5	1	1	1	5	1	1	1
	3.1-10 (ต่ำ)	6	4	7	2	6	2	3	4
	10.1-25 (ปานกลาง)	9	6	9	7	7	8	7	5
	>25 (สูง)	9	8	9	9	8	9	8	6
โพแทสเซียม (K)	< 40 (ต่ำสุด)	5	1	1	1	6	1	1	1
	41-80 (ต่ำ)	6	4	5	2	7	2	4	2
	81-120 (ปานกลาง)	8	6	8	7	8	8	8	3
	> 120 (สูง)	9	8	9	9	9	9	7	6
ความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC)	<5 (ต่ำ)	5	1	1	1	2	1	1	1
	5-10 (ค่อนข้างต่ำ)	6	3	4	3	4	4	3	2
	10-15 (ปานกลาง)	7	5	7	4	5	3	5	4
	15-20 (ค่อนข้างสูง)	7	7	9	5	7	5	8	5
	>20 (สูง)	9	9	9	5	9	6	6	8
อิมิตัวด้วยไอออนที่เป็นด่าง (BS)	<20 (ต่ำ)	6	1	1	1	4	1	1	1
	20-35 (ค่อนข้างต่ำ)	8	3	5	3	5	3	8	2
	35-50 (ปานกลาง)	8	5	8	4	6	5	9	3
	50-75 (ค่อนข้างสูง)	9	7	9	5	7	4	6	4
	>75 (สูง)	9	9	9	5	9	5	7	6



### ผลการวิเคราะห์ค่าคะแนน (Rating Score) ความสำคัญของปัจจัย

ตารางที่ ค.6

ค่าคะแนน (Rating Score) ความสำคัญของปัจจัย

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ระดับของปัจจัย	Straight Rank	Ratio Scale	Original Weight	Rating
ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)	< 4.5 (กรดรุนแรงมากที่สุด)	6	1.750	1.000	0.052
	4.6- 5.0 (กรดจัดมาก)	5	3.625	2.071	0.108
	5.1-5.5 กรดจัด	4	4.500	2.571	0.134
	5.6-6.0 (กรดปานกลาง)	3	6.625	3.786	0.197
	6.1-6.5 (กรดเล็กน้อย)	2	8.500	4.857	0.253
	6.6-7.3 (กลาง)	1	8.625	4.929	0.257
อินทรีย์วัตถุในดิน (OM)	< 0.5 (ต่ำสุด)	4	2.125	1.000	0.105
	0.5-1.0 (ต่ำ)	3	3.875	1.824	0.191
	1.1-2.0 (ปานกลาง)	2	6.250	2.941	0.309
	> 4.0 (สูง)	1	8.000	3.765	0.395
ไนโตรเจน (N)	< 0.01 (ต่ำสุด)	4	1.750	1.000	0.085
	0.02-0.15 (ต่ำ)	3	4.375	2.500	0.213
	0.16-0.25 (ปานกลาง)	2	6.125	3.500	0.299
	>0.25 (สูง)	1	8.250	4.714	0.402
ฟอสฟอรัส (P)	<3.0 (ต่ำมาก)	4	2.000	1.000	0.092
	3.1-10 (ต่ำ)	3	4.250	2.125	0.195
	10.1-25 (ปานกลาง)	2	7.250	3.625	0.333
	>25 (สูง)	1	8.250	4.125	0.379

## ตารางที่ ค.6

## ค่าคะแนน (Rating Score) ความสำคัญของปัจจัย (ต่อ)

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ระดับของปัจจัย	Straight Rank	Ratio Scale	Original Weight	Rating
โพแทสเซียม (K)	< 40 (ต่ำสุด)	4	2.125	1.000	0.099
	41-80 (ต่ำ)	3	4.000	1.882	0.187
	81-120 (ปานกลาง)	2	7.000	3.294	0.327
	> 120 (สูง)	1	8.250	3.882	0.386
ความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC)	<5 (ต่ำ)	5	1.625	1.000	0.066
	5-10 (ค่อนข้างต่ำ)	4	3.625	2.231	0.148
	10-15 (ปานกลาง)	3	5.000	3.077	0.204
	15-20 (ค่อนข้างสูง)	2	6.625	4.077	0.270
	>20 (สูง)	1	7.625	4.692	0.311
ความอิ่มตัวด้วยไอออนที่เป็นต่าง (BS)	<20 (ต่ำ)	5	2.000	1.000	0.076
	20-35 (ค่อนข้างต่ำ)	4	4.625	2.313	0.175
	35-50 (ปานกลาง)	3	6.000	3.000	0.227
	50-75 (ค่อนข้างสูง)	2	6.375	3.188	0.242
	>75 (สูง)	1	7.375	3.688	0.280

**ภาคผนวก ง**  
**ค่าเฉลี่ยปัจจัยในการศึกษา**

ตารางที่ ง.1

*ค่าเฉลี่ยปัจจัยในการศึกษา (Soil texture, pH, OM, N, P, K, CEC และ BS)*

จำนวนบ้าน	บ้านที่เก็บตัวอย่างดิน	จำนวนจุดที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยดินทราย	ค่าเฉลี่ยดินทรายแป้ง	ค่าเฉลี่ยดินเหนียว	ค่าเฉลี่ย pH <sub>h<sub>2</sub>o</sub>	ค่าเฉลี่ย OM	ค่าเฉลี่ย N <sub>total</sub>	ค่าเฉลี่ย P <sub>avail_mg</sub>	ค่าเฉลี่ย K <sub>avail_mg</sub>	ค่าเฉลี่ย CEC <sub>avail</sub>	ค่าเฉลี่ย BS <sub>avail</sub>
1	บ้าน กกตาล	15.00	69.00	25.30	5.70	4.40	0.76	0.04	5.00	15.00	37.99	53.70
2	บ้าน กลางโพธิ์	15.00	88.30	9.10	2.60	4.30	0.72	0.04	2.00	20.00	15.66	26.80
3	บ้าน กุดแซ่	15.00	80.90	9.80	9.30	5.30	0.46	0.02	2.00	23.00	24.43	47.90
4	บ้าน โคกน้อย	15.00	73.20	20.50	6.30	4.40	0.57	0.03	2.00	34.00	31.62	51.90
5	บ้าน โคกใหญ่	30.00	71.70	21.55	6.75	4.65	0.64	0.03	8.50	31.50	28.36	51.70
6	บ้าน จอมแจ้ง	15.00	81.70	14.70	3.60	4.30	0.60	0.03	3.00	19.00	16.87	23.20
7	บ้าน ไชยมงคุณ	15.00	89.90	7.50	2.60	4.50	0.55	0.03	3.00	19.00	17.10	29.30
8	บ้าน ไชยะว่าง	15.00	76.00	20.80	3.20	4.30	0.64	0.03	4.00	13.00	24.55	41.60
9	บ้าน ไชยะอาด	15.00	77.90	16.40	5.70	4.20	0.62	0.03	5.00	14.00	28.07	59.40
10	บ้าน ดงท่า	15.00	77.40	16.90	5.70	4.30	0.45	0.02	2.00	17.00	16.89	11.40
11	บ้าน ดงน้อย	15.00	71.00	22.00	7.00	4.30	0.89	0.04	10.00	32.00	31.56	49.60
12	บ้าน ดงโน	15.00	77.70	19.70	2.60	4.30	0.35	0.02	1.00	17.00	13.54	8.40
13	บ้าน ดงหมากแวง	15.00	78.60	17.30	4.10	4.00	0.46	0.02	1.00	19.00	15.53	22.60
14	บ้าน ฟุ่งนาเมือง	15.00	77.00	20.50	2.50	4.00	0.53	0.03	3.00	11.00	16.82	25.90
15	บ้าน นากระเซาะ	15.00	73.00	16.90	10.10	5.20	0.40	0.02	2.00	24.00	33.18	60.70

ตารางที่ ง.1

ค่าเฉลี่ยปัจจัยในการศึกษา (Soil texture, pH, OM, N, P, K, CEC และ BS) ต่อ

จำนวนบ้าน	บ้านที่เก็บตัวอย่างดิน	จำนวนจุดที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยดินทราย	ค่าเฉลี่ยดินทรายแป้ง	ค่าเฉลี่ยดินเหนียว	ค่าเฉลี่ย pH_h2o	ค่าเฉลี่ย OM	ค่าเฉลี่ย N_total	ค่าเฉลี่ย P_avail_mg	ค่าเฉลี่ย K_avail_mg	ค่าเฉลี่ย CEC_avail	ค่าเฉลี่ย BS_avail
16	บ้าน นาคำ	30.00	73.95	21.45	4.60	4.70	0.51	0.03	3.00	18.00	12.49	12.90
17	บ้าน นาจาน	30.00	63.75	28.50	7.75	4.55	0.73	0.04	3.00	30.50	36.28	44.75
18	บ้าน นายทอง	15.00	84.20	12.70	3.10	4.90	0.38	0.02	3.00	11.00	12.44	34.80
19	บ้าน นาทาด	15.00	77.40	16.40	6.20	4.50	0.83	0.04	5.00	45.00	17.09	30.40
20	บ้าน นาโพธิ์	15.00	77.70	15.10	7.20	4.20	0.62	0.03	31.00	58.00	16.94	20.20
21	บ้าน นาสะโนด	15.00	49.10	37.80	13.10	4.40	1.01	0.05	4.00	47.00	24.58	25.00
22	บ้าน โนนดอกไม้	15.00	71.30	23.00	5.70	4.20	0.69	0.03	1.00	52.00	17.15	22.90
23	บ้าน โนนยาง	15.00	83.40	12.00	4.60	4.50	0.47	0.02	4.00	12.00	35.87	45.20
24	บ้าน โนนวิไล	15.00	76.30	16.40	7.30	4.00	0.73	0.04	6.00	24.00	27.07	37.40
25	บ้าน โนนสะพาน	15.00	72.00	17.10	10.90	4.60	0.80	0.04	4.00	61.00	32.58	63.70
26	บ้าน พินใต้	15.00	85.50	10.90	3.60	4.60	0.47	0.02	2.00	11.00	26.26	56.10
27	บ้าน พินเหนือ	15.00	79.90	14.40	5.70	4.20	0.64	0.03	4.00	27.00	34.04	41.80
28	บ้าน โพนเตื่อ	15.00	36.60	50.00	13.40	4.60	0.93	0.05	3.00	50.00	20.49	22.80
29	บ้าน โพนตุม	15.00	75.60	18.30	6.10	4.50	0.87	0.04	5.00	51.00	15.11	21.60

ตารางที่ ง.1

ค่าเฉลี่ยปัจจัยในการศึกษา (Soil texture, pH, OM, N, P, K, CEC และ BS) ต่อ

จำนวน บ้าน	บ้านที่เก็บตัวอย่างดิน	จำนวน จุดที่เก็บ	ค่าเฉลี่ย ดินทราย	ค่าเฉลี่ย ดินทรายแป้ง	ค่าเฉลี่ย ดินเหนียว	ค่าเฉลี่ย pH_h2o	ค่าเฉลี่ย OM	ค่าเฉลี่ย N_total	ค่าเฉลี่ย P_avail_mg	ค่าเฉลี่ย K_avail_mg	ค่าเฉลี่ย CEC_avail	ค่าเฉลี่ย BS_avail
30	บ้าน โพนยานาง	15.00	63.30	30.00	6.70	4.30	0.68	0.03	2.00	26.00	22.08	20.40
31	บ้าน โพนสะหวาง	15.00	65.90	27.50	6.60	4.30	0.78	0.04	9.00	23.00	18.87	11.50
32	บ้าน สมเพ็ดวิไล	15.00	76.70	19.60	3.70	4.60	0.63	0.03	3.00	10.00	19.41	21.00
33	บ้าน สะหนามไซ	15.00	83.40	14.60	2.00	4.30	0.46	0.02	3.00	24.00	16.08	30.30
34	บ้าน สีบุเรือง	15.00	80.70	17.70	1.60	3.90	0.41	0.02	1.00	34.00	20.18	38.70
35	บ้าน หนองแปน	15.00	70.70	26.20	3.10	4.40	0.30	0.02	3.00	12.00	12.07	10.50
36	บ้าน ห้วยเหม่าน้อย	15.00	71.30	18.10	10.60	4.20	0.76	0.04	3.00	32.00	25.47	52.30
37	บ้าน ห้วยหม่าใหญ่	15.00	82.10	10.90	6.83	3.80	0.49	0.02	3.00	16.00	26.18	47.90
38	บ้าน หัวคำ	15.00	61.50	28.10	10.40	4.80	1.01	0.05	6.00	29.00	31.90	40.00
39	บ้าน อารงน้อย	15.00	81.70	16.30	2.00	4.50	0.23	0.01	3.00	11.00	12.00	25.40
40	บ้าน อาหงใหญ่	15.00	51.10	36.20	12.70	4.40	0.81	0.04	1.00	46.00	26.02	12.30
41	บ้าน อุดมมีไซ	15.00	76.70	15.00	8.30	4.60	0.71	0.04	2.00	38.00	25.33	24.70
	Grand Total	660.00	73.74	20.11	6.15	4.43	0.62	0.03	4.20	26.98	23.03	33.82

## ภาคผนวก จ

### การแนะนำการใส่ปุ๋ยและการใส่ปูน

**ตัวอย่าง** เป็นตัวอย่างของผลการวิเคราะห์ดินในเขตภาคอีสานเป็นพื้นที่ของเกษตรกรที่ต้องการปลูกข้าว ส่วนมากมีปัญหาเกี่ยวกับการขาดอินทรีย์วัตถุ กรณีที่มีเวลาจำกัด หรือไม่ต้องการเสียเวลาปรับปรุงดินก่อนปลูก มีแนะนำให้ใช้วิธีใส่ปุ๋ยหลายครั้ง ครั้งละไม่ต้องมาก ขึ้นกับความสมบูรณ์ของลักษณะดิน สูตรปุ๋ยก็ควรมีตัวท้ายด้วย (โพแทสเซียม) ถ้างบประมาณมาก ก็ใช้ปุ๋ยสูตร 16-16-8 หรือ 18-12-6 ถ้างบมีจำกัดก็สูตร 16-8-8 หรือ 18-6-4 หว่าน 3 ครั้งต่อปี

#### วิธีใส่ปุ๋ย

(1) ครั้งที่ 1 ข้าวอายุ 15 - 30 วัน ใส่ปุ๋ยอัตรา 15-20 กิโลกรัมต่อไร่ ถ้าเพิ่มปุ๋ยยูเรีย ก็ได้ช่วงนี้ แต่ไม่ควรใส่เกิน 5 กิโลกรัมต่อไร่

(2) ครั้งที่ 2 ข้าวอายุ 45-50 วัน ใส่ปุ๋ยอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ สูตร 16-20-0

(3) ครั้งที่ 3 ข้าวอายุ 65-70 วัน ดูสภาพต้นข้าวเอาว่าข้าว ถ้าเขียวพอดีแล้วก็ไม่ต้องใส่เพิ่ม แต่ถ้าจะใส่ แนะนำ 16-20-0 เท่านั้นอัตราประมาณ 10-15 กิโลกรัมต่อไร่ และงดใส่ยูเรีย 46-0-0, 30-0-0, 21-0-0 เนื่องจากจะทำให้ข้าวจะเป็นโรคง่าย

#### 1) การใส่ปูนเมื่อดินเป็นกรด

เมื่อดินเป็นกรดและได้รับคำแนะนำให้ใส่ปูนเพื่อปรับปรุงดินและลดความรุนแรงของความเป็นกรดของดินลง เนื่องจากวัสดุปูนแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน จึงควรทำความเข้าใจดังนี้ “ปูน” ปูนในการเกษตร หมายถึง สารที่ใส่ลงไปดินแล้วสามารถลดปริมาณกรดในดินได้ วัสดุปูนที่ใช้ทั่วไป ได้แก่ หินปูนบด ปูนขาว ปูนมาล ปูนโดโลไมต์ เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

#### 2) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ลงเป็นปุ๋ยที่ได้จากส่วนของซากพืชซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยสลายตัวแล้ว เช่น มูลสัตว์ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ธาตุอาหารของพืชได้ดีขึ้น และยังช่วยทำให้ดินร่วนซุย มีความสามารถในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้ไวมากขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

ภาคผนวก ช  
พื้นที่ตัวอย่างดิน



ภาพที่ ฉ.1 สำนักงานเกษตรและป่าไม้อำเภออุทุมพร จังหวัดสุวรรณเขต. จาก ผู้วิจัย

ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ด้วย GPS X-UTM: 499451 Y-UTM: 1843860



ภาพที่ ฉ.2 กลุ่มบ้านพัฒนา. จาก ผู้วิจัย

ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ด้วย GPS X-UTM: 497129 Y-UTM: 1843407

### พื้นที่ตัวอย่างดิน (ต่อ)



ภาพที่ ๓.3 พื้นที่เก็บตัวอย่างดิน. จาก ผู้วิจัย

ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ด้วย GPS

X-UTM: 510204

Y-UTM: 1837586



ภาพที่ ๓.4 จุดเก็บตัวอย่างดิน. จาก ผู้วิจัย

ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ด้วย GPS

X-UTM: 509641

Y-UTM: 183943



## พื้นที่ตัวอย่างดิน (ต่อ)



ภาพที่ ๓.5 พื้นที่นาเขตสูง. จาก ผู้วิจัย

ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ด้วย GPS

X-UTM: 489550

Y-UTM: 1852858



ภาพที่ ๓.6 พื้นที่นาเขตลุ่ม. จาก ผู้วิจัย

ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ด้วย GPS

X-UTM: 511990

Y-UTM: 1838207

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายไชยสรวัน อินทวง
วันเดือนปีเกิด	05 มิถุนายน 2525
ตำแหน่ง	หัวหน้า หน่วยงานทดสอบเทคนิค การเกษตร กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดินเกษตร สปป ลาว
ทุนการศึกษา	2557: ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีเพื่อ การพัฒนาชนบท): ทุนการศึกษาพระราชทานสมเด็จพระ เทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี 2540: ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์พืช): ทุนเพื่อการศึกษาของรัฐบาล สปป ลาว
ประสบการณ์ทำงาน	2559: หัวหน้า หน่วยงานทดสอบ เทคนิคการเกษตร กรมคุ้มครองและพัฒนาที่ดิน สปป ลาว 2555: นักวิชาการด้านการทดสอบเทคนิคการเกษตร