

การประเมินสมบัติดินบางประการด้วยสถิติเชิงพื้นที่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยลำพังชู ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

An Assessment of Some Soil Properties using Geostatistics Methods in Lampungchu Sub-watershed, Northeastern, Thailand

คมสัน คีร์วงศ์วัฒนา¹ เสาวนุช ทาวอร์พูก^{1*} เอิบ เขียววันรณมณี และ สุมิตรา วัฒนา²
Komsan Kiriwongwattana¹, Saowanuch Tawornpruek¹, Irb Kheoruenromne¹ and Sumitra Watana²

บทคัดย่อ

การประเมินสมบัติดินบางประการด้วยสถิติเชิงพื้นที่ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยลำพังชู เป็นการประเมินสมบัติดินบางประการของดินบนที่ได้จากการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ และอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากห้องปฏิบัติการมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงพื้นที่เพื่อสร้างแผนที่การกระจายของสมบัติดินข้างต้นในพื้นที่ศึกษา

ผลการศึกษาทางสถิติพบว่า สภาพการนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 0.01 ถึง 180 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าระหว่าง 0.60 ถึง 1.64 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้มีค่าระหว่าง 0.21 ถึง 416.67 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าระหว่าง 0.09 ถึง 39.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีค่าประมาณ 0.08 ถึง 934.13 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมระหว่าง 0.11 ถึง 147.57 ซึ่งสมบัติดินทุกสมบัติมีความแปรปรวนเชิงพื้นที่สูงมาก การวิเคราะห์สมการเคมีวารีโอแกรมพบว่า รูปแบบสมการเคมีวารีโอแกรมที่เหมาะสมสำหรับการประเมินคุณสมบัติดิน มีดังนี้ สมการ Spherical สำหรับสภาพการนำไฟฟ้าและปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ สมการ Gaussian สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน สมการ Circular สำหรับปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ สำหรับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้สามารถใช้สมการ Gaussian และ Stable และสมการ Exponential สำหรับอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม จากแผนที่การกระจายสมบัติดินในพื้นที่ศึกษาพบว่า สภาพการนำไฟฟ้า ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ มีค่าสูงบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าสูงบริเวณตอนกลางของพื้นที่ ในขณะที่อัตราส่วนดูดซับโซเดียมมีค่าสูงบริเวณตอนกลางและตอนเหนือของพื้นที่

คำสำคัญ : สถิติเชิงพื้นที่ เคมีวารีโอแกรม คริกกิง ลุ่มน้ำย่อยลำพังชู

Abstract

This study aimed to assessing some top soil properties in Lampungchu sub watershed. Results from soil laboratory such as electronic conductivity (Ec), organic matter (OM) extractable calcium (Ca), extractable magnesium (Mg), extractable sodium (Na) and sodium absorption ratio (SAR) were analyzed using descriptive statistics and geo-statistics, then produced spatial distribute maps of soil properties of the study area.

The results found that, electric conductivity in the study area ranged from 0.01 to 180 decisiemens per meter, organic matter content ranged from 0.60 to 1.64 g kg⁻¹, extractable calcium ranged from 0.21

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

² กองสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

* Corresponding Author

to 416.67 cmol kg⁻¹, extractable magnesium ranged from 0.09 to 39.17 cmol kg⁻¹, extractable sodium ranged from 0.08 to 934.13 cmol kg⁻¹ and sodium absorption ratio ranged from 0.11 to 147.57. Every soil properties had high spatial dependence and varied. Semivariogram analysis shown that, the suitable variogram for electronic conductivity was Spherical, for organic matter was Gaussian, for extractable calcium was Circular, for extractable magnesium was Spherical, extractable sodium were Gaussian and Stable, and for sodium absorption ratio were Exponential.

The soil properties spatial distribution maps shown that, there was high value of electronic conductivity, extractable calcium, extractable magnesium and extractable sodium in the south of study area. There was high value of organic matter in the middle of study area and there was high value ranged from middle to north of the study area.

Keywords: geostatistics, semivariogram, kriging, Lampungchu sub watershed.

คำนำ

การจัดการดินเพื่อการเกษตรจำเป็นต้องทราบสมบัติดินที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชเพื่อให้การจัดการดินสำหรับการปลูกพืชได้ผลสูงสุด ปัจจุบันการเกษตรแบบแม่นยำ (precision agriculture) กำลังได้รับความสนใจจากเกษตรกร และนักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร ข้อมูลดินเป็นข้อมูลหนึ่งที่สำคัญสำหรับการวางแผนจัดการการเกษตรแบบแม่นยำ ในอดีตที่ผ่านมาการสำรวจข้อมูลดินเป็นการสำรวจแบบจุด (point sampling) ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลเฉพาะแต่ละจุดที่มีการสำรวจดินเท่านั้น พื้นที่ที่ไม่ได้สำรวจจึงไม่มีข้อมูลสำหรับการวางแผนการจัดการดินเพื่อการเกษตร ดังนั้นการวางแผนที่การกระจายสมบัติดินจึงมีความจำเป็นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่กระจายเต็มทั้งพื้นที่ ซึ่งวิธีการสถิติเชิงพื้นที่ (geo-statistic) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถสร้างแผนที่การกระจายตัวของข้อมูลจากข้อมูลที่สำรวจในรูปแบบจุดได้ โดยวิธีการนี้มีสมมุติฐานว่าข้อมูลที่อยู่ใกล้เคียงกันน่าจะมีความเหมือนกันของข้อมูลมากกว่าข้อมูลที่อยู่ไกลกัน วิธีการสถิติเชิงพื้นที่ที่ได้รับการยอมรับและนำไปประยุกต์ในหลายสาขาวิชา คือ วิธี Kriging ซึ่งเป็นวิธีการสร้างแผนที่การกระจายของข้อมูลที่นำเสนอโดย Daniel Krige (Krige, 1951; 1966) ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ดินได้ประยุกต์วิธีการ Kriging เพื่อศึกษาการกระจายสมบัติดินในพื้นที่ เช่น การศึกษาสมบัติดินบริเวณผิวน้ำดิน (Brejda *et al.*, 2000) ปริมาณธาตุอาหารพืช (Newman *et al.*, 1997) สมบัติทางเคมี (Yost *et al.*, 1982; Lee *et al.*, 2001; Ardahanlioglu *et al.*, 2003), ปริมาณไนโตรเจนในดิน (Ersahin, 2001) การกระจายของอนุภาคดิน (Johnson, 1999) สภาพการนำไฟฟ้า (Mashayekhi *et al.*, 2007; Pisinaras *et al.*, 2010; Kazemi, 2012; Li *et al.*, 2015) เป็นต้น

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมบัติดินบางประการในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยลำพังชู พร้อมกับสร้างแผนที่การกระจายสมบัติดิน และเปรียบเทียบแบบจำลองที่ใช้ในการสร้างแผนที่การกระจายสมบัติดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพังชูด้วยวิธีการทางสถิติเชิงพื้นที่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยลำพังชูเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตั้งอยู่ระหว่างรอยต่อของจังหวัดขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดบุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ อยู่ระหว่างละติจูดที่ 15 องศา 25 ลิปดา 44 ฟลิปดา เหนือ และลองจิจูดที่ 103 องศา 6 ลิปดา 47 ฟลิปดา ตะวันออก กับ ละติจูดที่ 16 องศา 1 ลิปดา

46 ฟิลิปดาเหนือ ลองจิจูดที่ 102 องศา 56 ลิปดา 32 ฟิลิปดา ตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 1,094.66 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (Aw) อุณหภูมิเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนเฉลี่ย 1,300 มิลลิเมตร ต่อปี (Figure 1)

2. วิธีการศึกษา

2.1. การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์ข้อมูลดินในห้องปฏิบัติการ

เก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มในพื้นที่ศึกษาด้วยสว่านเจาะดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร พร้อมเก็บค่าพิกัดตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินด้วยเครื่องรับสัญญาณกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม จากนั้นนำตัวอย่างดินผึ่งให้แห้ง แล้วนำมาบดด้วยโกร่งบดดิน และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ สภาพการนำไฟฟ้า (Richard, 1954) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Walkley and Black, 1934) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม (Peech, 1974) และค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (USSL, 1954)

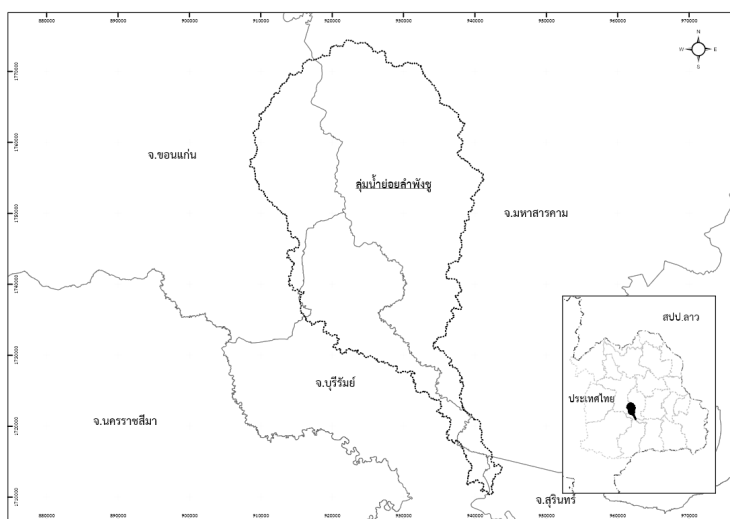


Figure 1 Lampungchu sub-watershed studied area.

2.2. การวิเคราะห์ทางสถิติ และสถิติเชิงพื้นที่

นำข้อมูลสมบัติดินที่ได้จากห้องปฏิบัติการมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า Skewness และค่า Kurtosis วิเคราะห์การกระจายของข้อมูลแบบปกติด้วยวิธีการ Kolmogorov-Smirnov เมื่อพบว่าข้อมูลมีค่า Skewness ของข้อมูลสมบัติดินจากห้องปฏิบัติการมากกว่า 1 ควรทำการปรับค่าของข้อมูลด้วยวิธีการ log normal และหากมีค่าระหว่าง 0.5 ถึง 1 ควรทำการปรับค่าข้อมูลด้วยการวิธีการ square root (Goovaerts, 1997; Webster and Oliver, 2007) หลังจากปรับค่าของข้อมูลแล้ว ทำการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ด้วยวิธีเซมิวาริโอแกรมซึ่งเป็นการคำนวณระยะทางระหว่างตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน ส่วนประกอบของสมการเซมิวาริโอแกรมประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ Nugget Sill และ Range ดังสมการที่ 1 และเปรียบเทียบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างแผนที่การกระจายสมบัติดินด้วยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error :RMSE)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ $N(h)$ = จำนวนของคู่ข้อมูลตามระยะทาง (h) ที่กำหนดให้
 Z = ค่าที่ตรวจวัดของข้อสมมติดิน
 X = ตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน

นำรูปแบบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสมมติดินสร้างแผนที่การกระจายสมมติดินแต่ละสมมติดินด้วยวิธีการ Kriging (สมการที่ 2) ซึ่งเป็นทฤษฎีการวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนักด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Krige, 1951) และเป็นวิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่เชิงเส้น (Linear spatial interpolation) ที่มีความเที่ยงตรงสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณที่กระจายตัวเชิงพื้นที่ (Cressie, 1990; Robinson and Metternicht, 2006)

$$\hat{Z}(x_o) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad \text{สมการที่ 2}$$

โดย Zx_o = ค่าทำนายที่ตำแหน่ง x
 $Z(x_i)$ = ค่าตรวจวัดที่ตำแหน่ง x
 n = จำนวนของตำแหน่งตรวจวัดโดยรอบที่ใช้เพื่อการประมาณค่าตำแหน่ง x

เมื่อสร้างแผนที่การกระจายสมมติดินแล้ว ทำการศึกษาเปรียบเทียบแผนที่การกระจายของสมมติดินที่ได้กับข้อมูลที่เก็บสำรวจจากภาคสนามเพื่อตรวจสอบระดับความถูกต้องของแผนที่การกระจายสมมติดินในพื้นที่ศึกษา (Shi et al., 2007) ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error :RMSE) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (Mean Error: ME) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองเป็นดัชนีวัดความถูกต้องของแผนที่การกระจายสมมติดินซึ่งควรมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ส่วนค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เป็นดัชนีวัดความถูกต้องของแผนที่การกระจายสมมติดินซึ่งควรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ (Johnston et al., 2001)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์สมมติดินจากห้องปฏิบัติการ (Table 1) พบว่าสภาพการนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 0.01 ถึง 180 เดซิซีเมนตต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าระหว่าง 0.60 ถึง 1.64 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้มีค่าระหว่าง 0.21 ถึง 416.67 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าระหว่าง 0.09 ถึง 39.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีค่าประมาณ 0.08 ถึง 934.13 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมระหว่าง 0.11 ถึง 147.57 จากข้อมูลสถิติของสมมติดินพบว่าข้อมูลสมมติดินทุกสมมติมีความแปรปรวนสูงมาก สอดคล้องกับ นภาพร และคณะ (2550) และสุรศักดิ์ (2555) ที่รายงานว่าสมบัติทางเคมี และธรณีเคมีของดินในแอ่งโคราช และบริเวณจังหวัดขอนแก่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีความแปรปรวนสูงโดยปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีความแปรปรวนมากที่สุด รองลงมาคือปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ สภาพการนำไฟฟ้า อัตราส่วนการดูดซับโซเดียม และปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีความแปรปรวนของข้อมูลน้อยที่สุด นอกจากนี้พบว่าข้อมูลสมมติดินทุกสมมติมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ และเมื่อพิจารณา

ค่า skewness พบว่ามีค่ามากกว่า 1 ดังนั้นจึงทำการปรับค่าข้อมูลด้วยวิธีการคำนวณค่า log normal ในทุกข้อมูลเพื่อลดความแปรปรวนก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพื้นที่

Table 1 Descriptive statistics of soil properties in Lampungchu sub watershed.

Soil Properties	Min	Max	Mean	SD	Skewness	CV
Electronic conductivity	0.01	180.01	5.38	20.85	6.96	387
Organic matter (g/kg)	0.06	1.64	0.72	0.36	0.48	50
Extractable Ca (cmol/kg)	0.21	416.67	9.36	50.38	7.91	538
Extractable Mg (cmol/kg)	0.09	39.17	1.59	5.18	6.19	324
Extractable Na (cmol/kg)	0.08	934.13	19.42	111.89	8.15	576
Sodium absorption ratio	0.11	147.57	5.04	17.69	7.81	350

ผลการวิเคราะห์สมการเซมิวาริโอแกรมแบบ Circular Spherical Exponential Gaussian และ Stable และเปรียบเทียบรูปแบบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมที่สุดด้วยค่า RMSE (Table 2) เพื่อใช้ในการสร้างแผนที่การกระจายของสมบัติดินในพื้นที่ศึกษาพบว่า รูปแบบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมสำหรับสภาพการนำไฟฟ้าคือ Spherical สอดคล้องกับการศึกษาของ Robinson and Metternicht (2006) และ Keshavarzi and Sarmadian (2012) ที่พบว่าสมการ Spherical เหมาะสมสำหรับการสร้างแผนที่การกระจายสภาพการนำไฟฟ้าโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด รูปแบบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมสำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินคือ Gaussian แตกต่างจาก Robinson and Metternicht (2006) Liu *et al.* (2008) และ Karaman *et al.* (2009) ที่รายงานว่สมการ Exponential เหมาะสมกับสำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในขณะที่ Borujeni *et al.* (2010) รายงานว่สมการ Spherical มีความเหมาะสมสำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของประเทศอิหร่าน รูปแบบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมสำหรับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้คือ Circular ต่างจาก Jafari *et al.* (2011) ซึ่งพบว่าสมการ Spherical เหมาะสมสำหรับการประเมินปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้จากดินปน ในขณะที่ Tajudin *et al.* (2016) พบว่า สมการ Gaussian และ Spherical มีความเหมาะสมสำหรับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้จากพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศมาเลเซีย รูปแบบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมสำหรับปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้คือ Spherical ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Tajudin *et al.* (2016) รูปแบบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมสำหรับโซเดียมที่สกัดได้คือ Gaussian และ Stable สำหรับอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมรูปแบบสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสมคือ Exponential ต่างจาก Fan *et al.* (2011) ที่พบว่าสมการ Spherical เหมาะสมสำหรับอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมของดินในประเทศจีน ทั้งนี้สาเหตุที่ผลการศึกษาค้างนี้แตกต่างจากผลการศึกษาในพื้นที่อื่นอาจเนื่องจากความแตกต่างของจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ระยะห่างระหว่างจุดเก็บสำรวจข้อมูล และคุณสมบัติดินที่แตกต่างกันแต่ละพื้นที่ (Oliver and Webster, 2014) จากค่าสัดส่วนระหว่าง Nugget และ Sill ของรูปแบบสมการที่เหมาะสมของแต่ละสมบัติดินพบว่าค่าสูงที่สุดในสมบัติสภาพการนำไฟฟ้า รองลงมาคือปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ และอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมมีค่ารองลงมาและใกล้เคียงกันแต่ยังมีค่าอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าสมบัติดินดังกล่าวอาจมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในระยะใกล้กว่าระยะห่างของตำแหน่งตัวอย่างดินที่เก็บสำรวจในครั้งนี้ หรืออาจมีการกระจายตัวแบบเกาะกลุ่ม หรือมีรูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ที่ไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามการประยุกต์วิธีสถิติเชิงพื้นที่ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมอาจช่วยแก้ปัญหาดังกล่าว และอาจช่วยเพิ่มความถูกต้องแม่นยำในการศึกษาได้ (Omran, 2012)

Table 2 Semivariogram models and models parameters for Lampungchu sub watershed.

Soil Properties	Semivariogram	Nugget	Sill	Rang (m)	Nugget/Sill (%)	RMSE
Electronic conductivity	Circular	0.390	0.071	13213	546	0.6685
	Exponential	0.372	0.092	14802	406	0.6706
	Gaussian	0.403	0.059	12748	681	0.6695
	Spherical*	0.388	0.073	14452	532	0.6690
	Stable	0.403	0.059	12748	681	0.6695
Organic matter (g kg ⁻¹)	Circular	0.069	0.020	21892	340	0.3069
	Exponential	0.069	0.021	32503	330	0.3063
	Gaussian*	0.072	0.018	24261	389	0.3045
	Spherical	0.069	0.020	25040	348	0.3056
	Stable	0.072	0.018	24261	389	0.3056
Extractable Ca (cmol kg ⁻¹)	Circular*	0.300	0.170	67230	176	0.6656
	Exponential	0.312	0.118	67230	263	0.6663
	Gaussian	0.270	0.357	67230	75	0.6706
	Spherical	0.299	0.160	67230	186	0.6669
	Stable	0.270	0.357	67230	75	0.6706
Extractable Mg (cmol kg ⁻¹)	Circular	0.218	0.186	67230	117	0.7996
	Exponential	0.222	0.129	67230	172	0.7955
	Gaussian	0.225	0.227	67230	99	0.8114
	Spherical*	0.219	0.164	67230	133	0.7931
	Stable	0.225	0.227	67230	99	0.8114
Extractable Na (cmol kg ⁻¹)	Circular	0.525	0.123	21229	427	0.5693
	Exponential	0.496	0.156	24487	318	0.5718
	Gaussian*	0.530	0.115	17550	461	0.5628
	Spherical	0.519	0.127	22416	407	0.5697
	Stable*	0.530	0.115	17550	461	0.5628
Sodium absorption ratio	Circular	0.230	0.150	12543	153	0.5578
	Exponential*	0.216	0.183	21254	118	0.5563
	Gaussian	0.260	0.127	14637	204	0.5605
	Spherical	0.228	0.151	13903	150	0.5589
	Stable	0.260	0.127	14637	204	0.5605

*The suitable semivariogram for soil properties spatial distribution maps

ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับแผนที่การกระจายที่สร้างด้วยสมการเซมิวาริโอแกรมที่เหมาะสม (Table 3) พบว่าแผนที่การกระจายปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาเป็นแผนที่การกระจายปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ และแผนที่การกระจายปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ตามลำดับ แสดงว่าสมบัติดินดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ และเป็นแผนที่การกระจายสมบัติดินที่สามารถช่วยสนับสนุนการจัดการพื้นที่สำหรับการเกษตรในพื้นที่ศึกษาได้ ในขณะที่แผนที่การกระจายค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม สภาพการนำไฟฟ้า และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ มีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าสมบัติอื่นๆ เนื่องจากคุณสมบัติดินดังกล่าวนี้อาจไม่มีความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่หรือมีรูปแบบการกระจายเป็นกลุ่มก้อน ในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรเก็บข้อมูลให้มีระยะห่างของตำแหน่งเก็บข้อมูลน้อยกว่าการศึกษาค้างนี้และเพิ่มจำนวนจุดตัวอย่างให้มากขึ้น แผนที่การกระจายคุณสมบัติดินในพื้นที่ศึกษา (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษามีค่าสภาพการนำไฟฟ้า ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ สูงบริเวณตอนใต้ของพื้นที่ศึกษาและมีค่าต่ำบริเวณตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินพบว่าบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษามีค่าสูงกว่าบริเวณอื่น และอัตราส่วนดูดซับโซเดียมมีค่าสูงบริเวณตอนกลางและตอนเหนือของพื้นที่ ในขณะที่บริเวณขอบของพื้นที่ทั้งสองด้านพบมีค่าต่ำกว่า

Table 3 The error values of some top soil properties distribution prediction by Kriging methods.

Soil Properties	Semivariogram	RMSE	MAE	ME
Electronic conductivity	Spherical	0.810	0.628	0.047
Organic matter (g kg ⁻¹)	Gaussian	0.274	0.182	0.026
Extractable Ca (cmol kg ⁻¹)	Circular	0.437	0.378	0.178
Extractable Mg (cmol kg ⁻¹)	Spherical	0.383	0.342	0.125
Extractable Na (cmol kg ⁻¹)	Gaussian	0.871	0.747	0.346
Sodium absorption ratio	Exponential	0.739	0.614	0.240

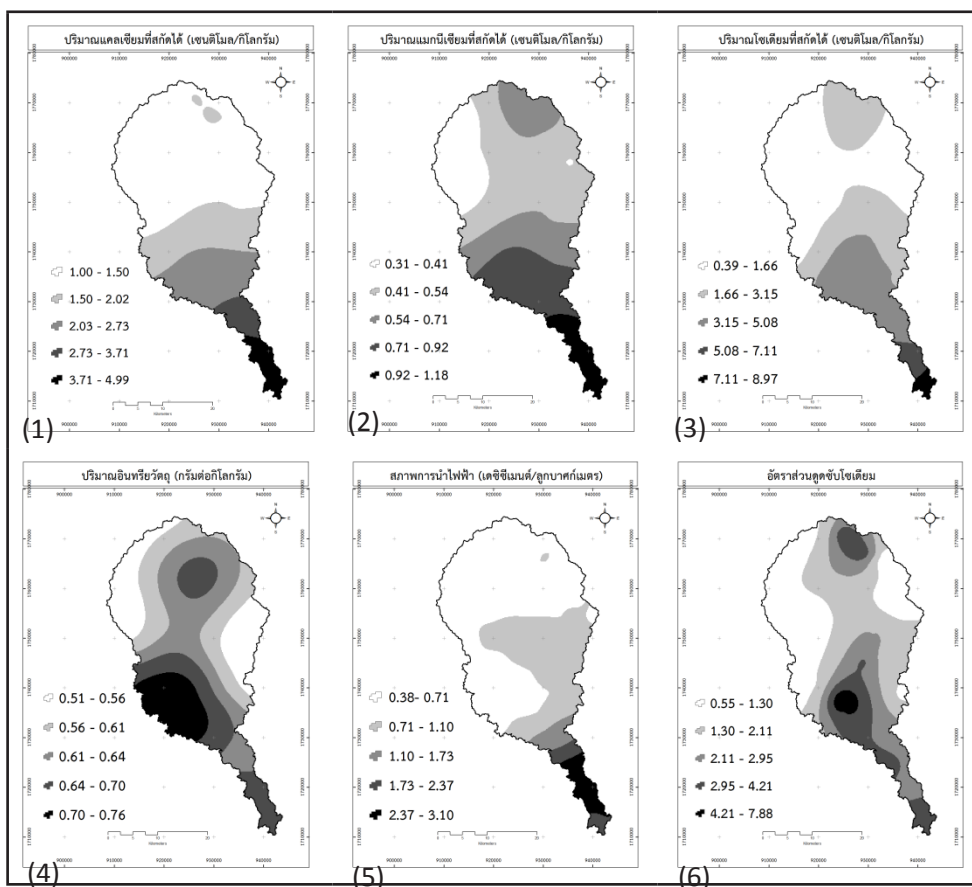


Figure 2 Soil properties distribution map of Lampungchu sub watershed (1) Extractable Ca (2) Extractable Mg (3) Extractable Na (4) Soil organic matter (5) Electrical conductivity (6) SAR.

สรุป

จากผลการศึกษา พบว่าสามารถประยุกต์วิธีการทางสถิติเชิงพื้นที่เพื่อการประเมินสมบัติดินและนำไปสู่การวางแผนที่การกระจายสมบัติดินในพื้นที่ศึกษาได้ คือ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ และปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ และพบว่ามีสมบัติดินบางประการ ได้แก่ อัตราส่วนการดูดซับโซเดียม สภาพการนำไฟฟ้า และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ ไม่มีความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ หรือมีรูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ที่ไม่ชัดเจน หรือมีรูปแบบการกระจายแบบเกาะกลุ่ม ซึ่งในการศึกษครั้งนี้ข้อสังเกต คือ การลดระยะห่างของตำแหน่งเก็บข้อมูล และการเพิ่มจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง จะทำให้ผลการศึกษา มีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งจะทำให้พบรูปแบบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของสมบัติดังกล่าวได้ชัดเจนขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

- นภาพร วงษ์โพธิ์หอม. 2550. ความแปรปรวนของระบบดินตามธรรมชาติที่เกิดจากอิทธิพลของระดับการสะสมเกลือในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 352 หน้า
- สุรศักดิ์ จันทน์โรสม, เจริญศักดิ์ กตเวทิน, และ เกริก ปั่นแห่งเพ็ชร. 2555. คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญบางประการของดินภายใต้อิทธิพลของเกลือในจังหวัดขอนแก่น. เก่นเกษตร 40 (ฉบับพิเศษ): 259-263
- Ardahanlioglu, I., T. Oztas, S. Evren, T. Yilmaz and Z.N. Yildirim. 2003. Spatial variability of exchangeable sodium, electrical conductivity, soil pH and boron content in salt and sodium-affected areas of the Igdir plain (Turkey). *Journal of Arid Environments* 54: 495-503.
- Borujeni, I. Esfandiarpour, J. Mohammadi, M.H. Salehi, N. Toomanian, R.M. Poch. 2010. Assessing geopedological soil mapping approach by statistical and geostatistical methods: A case study in the Borujen region, Central Iran. *Catena* 82: 1-14.
- Brejda, J.J., T.B. Moormanb, J.L. Smithc, D.L. Karlenb, D.L. Alland and T.H. Daoc. 2000. Distribution and variability of surface soil properties at a regional scale. *Soil Science Society of America Journal* 64: 974-982.
- Cressie, C. 1990. The origins of kriging. *Math Geology* 22: 239-252.
- Ersahin, S. 2001. Spatial variability of some physical and chemical soil properties in an alluvial Allied. *Engineering Agriculture* 13: 34-41.
- Goovaerts P. 1999. Geostatistics in soil science. *Geoderma* 89: 1-45.
- Johnson, D.W., G.S.Henderson and D.E.Todd. 1999. Changes in nutrient distribution in forests and soils of Walker Branch Watershed, Tennessee, over an eleven-year period. *Biogeochemistry* 5: 275-293.
- Johnston, C.A., S.D. Bridgham and J.P. Schubaurer-Berigan. 2001. Nutrient dynamics in relation to geomorphology of riverine wetlands. *Soil Science Society of America Journal* 65: 557-577.
- Jafari, M., H.M. Asgari, M. Tahmoures and M. Biniiaz. 2011. Assessment of soil property spatial variation based on the geostatistical simulation. *Desert* 16: 87-101.
- Karaman M. Rüştü, Tekin Susam, Fatih Er, Servet Yaprak and Osman Karkacier. 2009. Simulation of organic matter variability on a sugarbeet field using the computer based geostatistical methods. *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* 3: 254-257.
- Kazemi, H.P., Z.T. Sarvestani, B. Kamkar, S. Shataei and S. Sadeghi. 2012. Comparison of interpolation methods for estimating pH and EC in agricultural fields of Golestan province (north of Iran). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4: 157-167.
- Keshavarzi, A. and F. Sarmadian. 2012. Mapping of spatial distribution of soil salinity and alkalinity in a semi-arid region. *Land Reclamation* 44: 3-14.
- Krige, D.G., 1951. A statistical approach to some basic mine problems on the Witwatersrand. *Journal of Chemical Metallurgical and Mining Society South Africa* 52: 119-139.
- Krige, D.G., 1966. Two-dimensional weighted moving average trend surfaces for ore evaluation. *Journal of South Africa Institute Mining Metallurgical* 66: 13-38.
- Lee, B.D., R.C. Graham, T.E. Laurent, C. Amrhein and R.M. Creasy. 2001. Spatial distributions of soil chemical conditions in a serpentinic wetland and surrounding landscapes. *Soil Science Society of America Journal* 65: 1275-1283.
- Li, H.Y., R. Webster and Z. Shi. 2015. Maing soil salinity in the Yangtze delta: REML and universal kriging (E-BLUP) revisited. *Geoderma* 237: 71-77.
- Mashayekhi, K., Z. Asadi, S.A. Movahedi Naeini and S. Hajrasuliha. 2007. Salinity regionalization with geostatistic method in a wet soil in southern Lenjan-Isfahan (Iran). *Indian Journal of Agricultural Research* 41: 1-9.
- Newman, S., K.R. Reddy, W.F. De Busk, Y. Wang, G. Shih and M.M. Fisher. 1997. Spatial distribution of soil nutrients in a northern everglades marsh: water conservation area1. *Soil Science Society of America Journal* 61: 1275-1283

- Oliver, M.A. and R. Webster. 2014. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. *Catena* 113: 56–69.
- Omran, E.L.E. 2012. Improving the prediction accuracy of soil mapping through geostatistics. *International Journal of Geosciences* 3: 574-590.
- Peech, M., L.T. Alexander, L.A. Dean and J.F. Reed. 1974. *Methods of Soil Analysis for Fertility Investigation*. United stat of America, Department of Agriculture. Cric, Medison, Wisconsin, USA.
- Pisinaras, V., V.A. Tsihrintzis, C. Petalas and K. Ouzounis. 2010. Soil salinization in the agricultural lands of rhodope district, northeastern Greece. *Environmental Monitoring and Assessment* 166: 79–94.
- Richard, L.A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soil*. US Salinity Laboratory, United stat of America, Department of Agriculture. Handbook. 60 p.
- Robinson, T.P. and G. Metternicht. 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture* 50. 97–108.
- Shi J., H. Wang, J. Xu, J. Wu, X. Liu, H. Zhu, C. Yu, 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing China. *Environmental Geology* 52: 1–10.
- Tajudin N.S., M.M. Hanafi, A.S. Idris and S.K. Balasundram. 2016. Determination and mapping of calcium and magnesium contents using geostatistical techniques in oil palm plantation related to basal stem rot disease. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 38: 23-30.
- United State Salinity Laboratory Staff (USSL). 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soil*. Agriculture Hand Book No. 60. USDA.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter: A proposed modification of chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-35.
- Webster, R., Oliver, M.A., 2007. *Geostatistics for Environmental Scientists*; second edition. John Wiley & Sons, Chichester.
- Liu, X., Keli. Zhao, J. Xu, M. Zhang, B. Si and F. Wang. 2008. Spatial variability of soil organic matter and nutrients in paddy fields at various scales in southeast China. *Environmental Geology* 53: 1139–1147.
- Fan, Y., G. Zhang, X. Yinand and Z. Liu. 2011. Field-scale spatial variation of saline-sodic soil and its relation with environmental factors in Western Songnen plain of China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8: 374-387.
- Yost, R.S., G. Uehara, and R.L. Fox. 1982. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas: Semivariograms. *Soil Science American Journal* 46: 1028-1032.