KHON KAEN AGR. J. 48 (6): 1266-1275 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.112.

ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินทรายใช้ปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: ระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างจุดเก็บตัวอย่างดิน

Spatial variability of extractable potassium in sandy-paddy soils in Northeast of Thailand: study of optimal distance between the sampling points

ณัฐวิภา อ่อนละมัย[1], พรทิพย์ โพนตุแสง[1*] และ อนงนาฏ ศรีประโชติ[1]

Natthawipa Onramai[1], Porntip Phontusang[1*] and Anongnat Sriprachote[1]

บทคัดย่อ: ข้อมูลความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีความสำคัญต่อการปลูกข้าวบนดินทรายเพื่อให้สามารถจัดการดินได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และแม่นยำ ดังนั้นระยะห่างระหว่างจุดเก็บตัวอย่างจึงเป็นปัจจัยสำคัญ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินทรายและประเมินระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ธรณีสถิติ ทำการศึกษาในพื้นที่ปลูกข้าวอำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น มีพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 5 พื้นที่ ประกอบไปด้วยพื้นที่ปลูกข้าวเป็นเวลาน้อยกว่า 5 ปี (N1 และ N2) และพื้นที่ปลูกข้าวเป็นเวลามากกว่า 30 ปี (L1 L2 และ L3) แต่ละพื้นที่ศึกษาเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มในกริดขนาด 5 x 5 ม. ในพื้นที่ขนาด 2,500 ตร.ม. (50 x 50 ม.) จำนวน 100 ตัวอย่างในทุกพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาพบว่าความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินทั้งสองพื้นที่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (CV>15%) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 167 ± 57, 201 ± 71, 134 ± 27, 107 ± 38 และ 103 ± 40 mg/kg สำหรับ N1 N2 L1 L2 และ L3 ตามลำดับ เซมิแวริโอแกรมแสดงให้เห็นว่าระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีค่าสูงใน N1 L1 L2 และ L3 ในขณะที่ N2 มีระดับความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินอยู่ที่ 8 - 90 เมตร และ 3 - 44 เมตร สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวเป็นเวลาน้อยกว่า 5 ปี และมากกว่า 30 ปี ตามลำดับ

คำสำคัญ: โพแทสเซียม, เซมิแวริโอแกรม, ธรณีสถิติ, เกษตรแม่นยำ

ABSTRACT: Information on spatial variability of potassium (K) extracted in soil is an important for rice cultivated on sandy soil. To be able to manage the soil correctly, appropriately and precisely, so the distance of sampling points is an important factor. The objective of this study was to describe spatial variability of the concentration of K in sandy soil and to assess the appropriate distance for soil collection using geostatistics. The study was conducted in Phra Yuen District, Khon Kaen Province. There were 5 study areas, included the rice planting area for less than 5 years (N1 and N2) and the planting area for more than 30 years (L1, L2 and L3). Each site, 100 of soil samples

---

Received January 30, 2020

Accepted August 26, 2020

[1] สาขาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Department of Soil Science and Environment, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

[*] Corresponding author: Porntph@kku.ac.th

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1266-1275 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.112.

were collected according to the stratified systematic unaligned sampling method in 5x5 m grid size in the area of 2,500 m^2 (50x50 m). The results showed that the variation of K concentrations in both areas were moderate to high, with an average value of 167 ± 57, 201 ± 71, 134 ± 27, 107 ± 38 and 103 ± 40 mg/kg for N1, N2, L1, L2 and L3, respectively. The semivariogram shows that the spatial dependence of K concentrations were high in N1, L1, L2 and L3, while N2 had a moderately level. The results indicated that the optimal distance for soil sampling were 8 - 90 m and 3 - 44 m for the rice planting area for less than 5 years and the planting area over than 30 years, respectively.
Keywords: potassium, semivariogram, geostatistics, precision agriculture

บทนำ

ดินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีเนื้อที่ 8,534,794 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ซึ่งส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นพื้นที่สำหรับการเกษตร โดยเฉพาะนาข้าว ดินทรายที่ใช้ปลูกข้าวนั้นมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารต่ำจึงทำให้มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมระดับต่ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ข้าวเป็นพืชที่ต้องการธาตุโพแทสเซียมในปริมาณสูง เนื่องจากมีความสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น ช่วยทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง ช่วยเพิ่มจำนวนและน้ำหนักของเมล็ดข้าว และเคลื่อนย้ายสารอาหารจากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Marschner, 2012; Oosterhuis et al., 2014) ข้าวที่ได้รับธาตุโพแทสเซียมไม่เพียงพอจะทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพค่อนข้างต่ำและผลผลิตต่อไร่ลดลง 3.81 กก./ไร่ ส่งผลกระทบต่อปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากปริมาณผลผลิตของข้าวไม่สอดคล้องกับความต้องการการส่งออก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) อีกทั้งมีการใช้พื้นที่ปลูกข้าวเป็นระยะเวลายาวนานหลายปีติดต่อกันจึงทำให้ดินเสื่อมโทรมส่งผลให้เกิดความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของธาตุอาหารสูง (Yanai et al., 2007; Bogunovic et al., 2017) ดังนั้นข้อมูลที่สำคัญประการหนึ่งสำหรับการวางแผนจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช คือข้อมูลระดับความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน ซึ่งในปัจจุบันยังขาดแคลน

โดยทั่วไปการศึกษาความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีดินนั้นจะใช้สถิติเชิงพรรณนา (Sumner, 1999) อย่างไรก็ตามการใช้สถิติเชิงพรรณนายังไม่สามารถอธิบายได้ครอบคลุมสำหรับการใช้ประโยชน์ของข้อมูลอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากยังขาดข้อมูลความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง ค่าของข้อมูลสมบัติทางเคมีดินนั้นเกิดขึ้นตามธรรมชาติและมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันตามระยะทางและทิศทาง ดังนั้นในการศึกษาความแปรปรวนเชิงพื้นที่จำเป็นต้องใช้เทคนิคทางธรณีสถิติ (geostatistics) มาช่วยเสริมเพื่ออธิบายลักษณะความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของสมบัติทางเคมีดินดังกล่าวโดยการสร้างเซมิแวริโอแกรมจากความสัมพันธ์ของระยะทางและความแปรปรวนของสมบัติทางเคมีดินที่เกี่ยวข้องเพื่ออธิบายคุณลักษณะความแปรปรวนเชิงพื้นที่ที่จำเป็น เช่น ระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ และระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่าง (Clark, 1982; Webster and Oliver, 2001; Yang et al., 2011; Oliver and Webster, 2014)

มีนักวิจัยหลายท่านได้ใช้ธรณีสถิติในการศึกษาความแปรปรวนเชิงพื้นที่และระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างของธาตุอาหารหลักของพืชในดิน เช่น ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) (Liu et al., 2013) จุลธาตุในดิน เช่น สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), แมงกานีส (Mn) และเหล็ก (Fe) (Shukla et al., 2016) รวมทั้งอินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC) (Wang et al., 2015) นอกจากนี้ยังใช้ในการศึกษาสมบัติดินที่เกี่ยวข้องกับดินภายใต้อิทธิพลของเกลือ เช่น ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) และค่าสัดส่วนการดูดยึดโซเดียม (SAR) ได้อีกด้วย (Phontusang et al., 2014; พรทิพย์ และคณะ 2556) ข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการดินและสามารถช่วยวางแผนการเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาคุณลักษณะความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของสมบัติทางเคมีดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งช่วยลดค่าใช้จ่ายในการออกภาคสนาม (Antwi et al., 2016; Shukla et al., 2016; Phontusang et al., 2017) ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความแปรปรวนเชิงพื้นที่และระยะห่างที่เหมาะสมใน

การเก็บตัวอย่างของการศึกษาโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินทรายใช้ปลูกข้าวของภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยใช้ธรณีสถิติ

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ทำการศึกษาตั้งอยู่ในอำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น พิกัด 16° 18' 23" N 102° 39' 05" E มีพื้นที่ทั้งหมด 172 ตร.กม. มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูงและมีแม่น้ำชีไหลผ่านบริเวณทางทิศตะวันออก การศึกษาครั้งนี้ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่เป็นดินทราย ได้แก่ ชุดดินบ้านไผ่ (Bpi) และชุดดินดงยางเอน (Don) ทั้งหมด 5 แห่ง จากการสัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของพื้นที่พบว่าเป็นพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระยะเวลาการปลูกข้าวต่างกัน โดยจำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือ พื้นที่ปลูกข้าวที่ใช้พื้นที่เป็นระยะเวลาน้อยกว่า 5 ปี (new agricultural soil, N) จำนวน 2 แห่ง (ชั้นจำแนก N1 และ N2) และพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่า 30 ปี (long-term agricultural soil, L) จำนวน 3 แห่ง (ชั้นจำแนก L1, L2 และ L3) (Figure 1) และทำการสัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของพื้นที่เพื่อให้ทราบถึงกิจกรรมต่างๆที่ผ่านมาในพื้นที่ศึกษา

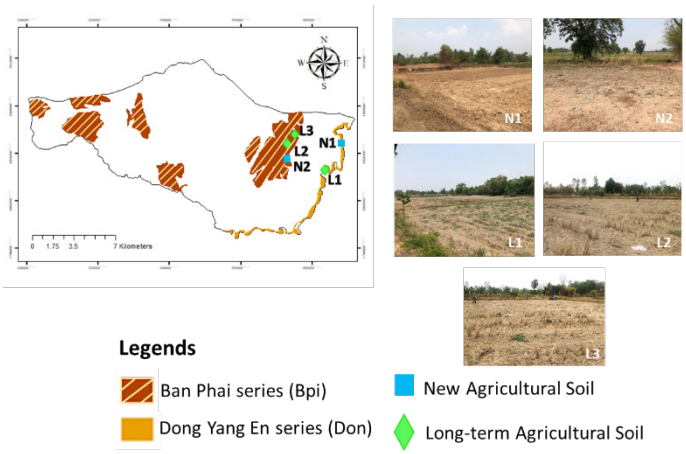

Figure 1 Study areas in Phra Yuen district, Khon Kaen province

การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ทางเคมีของดิน

ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในเดือนเมษายน 2562 โดยแต่ละแห่งเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีการสุ่มในกริด (stratified systematic unaligned sampling) ขนาด 5x5 ม.ในพื้นที่ขนาด 2,500 ตร.ม. (50 x 50 ตร.ม.) ที่ระดับความลึก 0-15 ซม.จำนวน 100 ตัวอย่าง (Figure 2) รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 500 ตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างดินทั้งหมดไปผึ่งลมให้แห้งและนำไปบดโดยใช้โกร่งบดดินและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. และนำไปวิเคราะห์หาโพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable K) ในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธี Ammonium acetate method (Doll and Lucas, 1973) และประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินตามเกณฑ์การจำแนกของ เอิบ (2547) แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ต่ำมาก (≤ 30 มก./กก.) ต่ำ (30-60 มก./กก.) ปานกลาง (60-90 มก./กก.) สูง (90-120 มก./กก.) และสูงมาก (>120 มก./กก.)

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1266-1275 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.112.

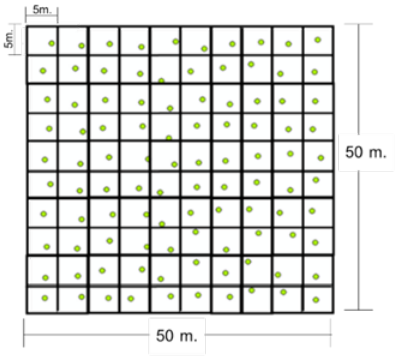

Figure 2 Stratified systematic unaligned sampling in 5x5 m^2 in area of 50x50 m^2 grid.

การวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพรรณนาและธรณีสถิติ

นำข้อมูลค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินที่ได้จากห้องปฏิบัติการไปวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาเพื่อดูลักษณะแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลางและความแปรปรวน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย, ค่าต่ำสุดและสูงสุด, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD), สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) และค่าความเบ้ (skewness) และพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลจากค่าความเบ้ ซึ่งจะต้องมีค่าอยู่ที่ -1 ถึง 1 หากพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบผิดปกติต้องปรับปรุงข้อมูลโดยวิธีการแปลงค่าด้วย log ฐาน 10 เพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งการศึกษานี้พบว่าพื้นที่ N1 ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติจึงต้องปรับปรุงข้อมูลและยังพบว่าพื้นที่ N2 มีค่าใกล้ 1 ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงข้อมูลให้ข้อมูลมีการแจกแจงปกติมากยิ่งขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางธรณีสถิติต่อไป

ธรณีสถิติ คือ สถิติที่นำมาใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และทำนายค่าของตัวแปรที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Guan et al., 2017) โดยเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความแปรปรวนของสิ่งที่ต้องการศึกษา สามารถบ่งบอกคุณลักษณะความแปรปรวนเชิงพื้นที่และสามารถแสดงรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ได้โดยการสร้างเซมิแวริโอแกรมตามวิธีของ Clark (2001) ดังสมการที่ (1) ซึ่งจะสามารถแสดงให้เห็นถึงระยะทางและทิศทางของข้อมูลมีความสัมพันธ์ต่อกัน ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ค่าความแปรปรวนนักเก็ต (nugget) อธิบายถึงความแปรปรวนในระยะทางที่สั้นที่สุด บ่งบอกถึงความผิดพลาดจากการเก็บตัวอย่างที่มีระยะห่างมากเกินไปหรือความผิดพลาดจากการวิเคราะห์ ค่าความแปรปรวนคงที่ (sill) อธิบายถึงความแปรปรวนสูงสุดที่ข้อมูลเริ่มหมดความสัมพันธ์ และค่าระยะอิทธิพล (range/range of influence) อธิบายถึงระยะทางที่ข้อมูลเริ่มมีความเป็นอิสระต่อกัน **(Figure 3)** (Phillips, 1986; Robertson, 1987)

การวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางธรณีสถิติจะทำการเลือกเซมิแวริโอแกรมโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลด้วยวิธีการผสมผสานระหว่างคอมพิวเตอร์และสายตาร่วมกัน โดยมีโมเดลในแบบต่างๆ ได้แก่ exponential model, gaussian model และ spherical model เป็นต้น (Phontusang, 2016) การพิจารณาความเหมาะสมของเซมิแวริโอแกรมโมเดลนั้นจะพิจารณาจากค่า Coefficient of Determination (R^2) ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้วัดความสอดคล้องของข้อมูลในการอธิบายความผันแปรของข้อมูลควรมีค่า $R^2 \geq 0.5$ และค่า Residual sum of squares (RSS) จะต้องมีค่าน้อย (พรทิพย์ และคณะ, 2556; Duffera et al,, 2007)

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N}\sum_{i=1}^{n}|Z(X_i) - Z(X_i + h)|^2 \quad .....(1)$$

โดยที่ $\gamma(h)$ คือ ฟังก์ชันเซมิแวริโอแกรม

$Z(X_i)$ คือ ค่าของตัวแปรที่ตำแหน่ง x

$Z(X_i+h)$ คือ ค่าของตัวแปรที่ตำแหน่งของข้อมูลตัวที่สอง ซึ่งอยู่ห่างจากข้อมูล x เป็นระยะและทิศทางที่กำหนดด้วยเวคเตอร์ h

N คือ จำนวนคู่ของตัวอย่างทั้งหมด

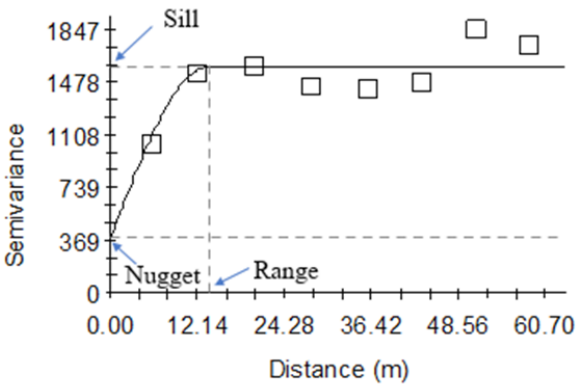

Figure 3 Semivariogram show nugget, sill and range.

การพิจารณาระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างโดยใช้เซมิแวริโอแกรม

เมื่อได้เซมิแวริโอแกรมโมโดลที่เหมาะสมกับข้อมูลแล้วนำค่า effective range คือค่าระยะทางที่ข้อมูลหมดความสัมพันธ์กันมาใช้ในการระบุระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดิน โดยแต่ละเซมิแวริโอแกรมโมเดลจะมีค่า effective range ที่แตกต่างกัน ได้แก่ spherical model, exponential model และ gaussian model จะใช้ค่า range/range of influence คูณกับค่าคงที่คือ 1, 3 และ 1.732 ตามลำดับ (Phontusang et al., 2016) ซึ่งระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการเก็บตัวอย่างดินควรมีระยะ 1 ใน 4 ของระยะ effective range (Sumner, 1999; IT Department, 2001)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สถิติเชิงพรรณนา

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพรรณนาของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินทรายใช้ปลูกข้าวแสดงใน (Table 1) พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินของพื้นที่ปลูกข้าวที่ใช้พื้นที่เป็นระยะเวลาน้อยกว่า 5 ปี พื้นที่ N1 อยู่ในช่วง 100.07– 427.48 มก./กก. และพื้นที่ N2 อยู่ในช่วง 76.57 - 430.05 มก./กก. ในส่วนของพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่า 30 ปีพื้นที่ L1 อยู่ในช่วง 41.22 - 221.76 มก./กก. พื้นที่ L2 อยู่ในช่วง 50.03 - 227.82 มก./กก. และพื้นที่ L3 อยู่ในช่วง 31 - 216.93 มก./กก. เมื่อพิจารณาระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินตามเกณฑ์การจำแนกของ เอิบ (2547) ของพื้นที่ปลูกข้าวที่ใช้พื้นที่เป็นระยะเวลาน้อยกว่า 5 ปี มีตั้งแต่ระดับปานกลางถึงสูงมากและพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่า 30 ปีมีตั้งแต่ระดับต่ำถึงสูงมาก สาเหตุที่พื้นที่นี้มีค่าต่ำเนื่องจากมีการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องมามากกว่า 30 ปี โดยข้าวจะดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมไปในปริมาณที่มากเกินความต้องการและสูญเสียธาตุโพแทสเซียมบริเวณหน้าดินโดยการกร่อนผิวดิน (erosion of surface soil) จากน้ำที่ไหลบ่าไปตามผิวดินโดยจะชะเอาอนุภาคของดินออกไปทำให้โพแทสเซียมที่อยู่ในดินสูญหายไปด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; Antwi et al., 2016) ส่วนสาเหตุที่พบว่ามีค่าสูงมากเกิดจากเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราสูงจึงทำให้มีธาตุโพแทสเซียมตกค้างอยู่ในดินหรือดินอาจมีแร่ดินเหนียวที่สามารถดูดยึดโพแทสเซียมในรูปไอออนได้สูง ส่งผลปริมาณมีโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์สูงมาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

สำหรับการศึกษาความแปรปรวนของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินนั้นจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (CV) ตามเกณฑ์การจำแนกของ Sumner (2000) แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ (<15%) ปานกลาง (15-35%) และสูง (> 35%) พบว่าพื้นที่ทั้งสองระยะเวลาการปลูกข้าวนั้นมีความแปรปรวนในระดับปานกลางถึงสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Denton et al. (2017) และ Behera et al. (2018) พบว่าธาตุโพแทสเซียมนั้นมีความแปรปรวนสูงในดินทรายโดยมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของดิน, ลักษณะภูมิประเทศ, สภาพภูมิอากาศ, อัตราการใส่ปุ๋ย และการจัดการดิน เป็นต้น

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1266-1275 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.112.

Table 1 Descriptive statistics of soil potassium in different study areas

Classify site	Study site[1/]	Soil series[2/]	min (mg/kg)	max (mg/kg)	mean (mg/kg)	SD (mg/kg)	CV (%)	Degree of variation in soil	Skewness	Skewness (log-transformed data)
New Agricultural Soil	N1	Don	100	427	167	57	34	moderate	2.43	1.27
	N2	Bpi	76	430	201	71	35	high	0.93	-0.21
Long-term Agricultural Soil	L1	Don	41	221	134	27	20	moderate	0.35	-
	L2	Don	50	227	107	38	35	high	0.89	-
	L3	Bpi	31	216	103	40	39	high	0.65	-

[1/]N1 and N2; study sites of new agricultural soil which the used of land less than 5 years. L1, L2 and L3; study site of long-term agricultural soil which the used of land more than 30 years. [2/]Don: Dong Yang En series, Bpi: Ban Phai Series.

ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน

เซมิแวริโอแกรมโมเดลที่สอดคล้องกับข้อมูลโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินของแต่ละพื้นที่และพารามิเตอร์ที่ได้จากโมเดล (nugget, sill และ range) แสดงใน **(Table 2)** และ **(Figure 4)** พบว่า gaussian model เหมาะสมกับพื้นที่ N1, L1 และ L3 ในขณะที่พื้นที่ N2 และ L2 เหมาะสมกับ spherical model โดยโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลในทุกพื้นที่พบว่ามีค่า R^2 > 0.6 ระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สามารถจำแนกได้จากอัตราส่วน nugget/sill ตามเกณฑ์ของ Oliver and Webster (2014) แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ สูง (< 0.25) ปานกลาง (> 0.25 - 0.75) ต่ำ (> 0.75) และไม่พบ (1) การศึกษาพบว่ามีระดับสูงทุกพื้นที่ (N1, L1, L2, L3) ยกเว้นพื้นที่ N2 มีระดับปานกลาง โดยระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และการกระจายตัวของธาตุโพแทสเซียมในดินจะขึ้นอยู่กับปัจจัยของพื้นที่นั้นๆ หากมีระดับสูงอาจเกิดจากปัจจัยภายใน ได้แก่ วัตถุต้นกำเนิดดิน ชนิดของดิน ชุดดิน และลักษณะภูมิประเทศ เป็นต้น หากมีระดับต่ำอาจเป็นผลมาจากปัจจัยภายนอก ได้แก่ ชนิดการใช้ที่ดิน ระยะเวลาการใช้ที่ดิน และกิจกรรมทางการเกษตร เป็นต้น และหากมีระดับปานกลางนั้นอาจเป็นผลมาจากปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอกร่วมกัน (Behera et al., 2018; Gao et al., 2019) สำหรับค่า range/range of influence หรือระยะทางที่ข้อมูลความแปรปรวนของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินไม่มีความสัมพันธ์กันอีกต่อไป ในการศึกษานี้พบว่าในพื้นที่ปลูกข้าวที่ใช้พื้นที่เป็นระยะเวลาน้อยกว่า 5 ปี มีค่าตั้งแต่ 32 - 209 ม. และพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่า 30 ปีมีค่าตั้งแต่ 13 - 102 ม.

ระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดิน

ผลการศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินทรายใช้ปลูกข้าวแสดงใน **(Table 2)** พบว่าพื้นที่ทั้งสองระยะเวลาการปลูกข้าวมีระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินแตกต่างกัน แม้กระทั่งในพื้นที่ที่มีระยะเวลาการใช้ปลูกข้าวที่เท่ากัน โดยพื้นที่ปลูกข้าวที่ใช้พื้นที่เป็นระยะเวลาน้อยกว่า 5 ปีควรมีระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างจุดเก็บตัวอย่างดินตั้งแต่ 8 ม.จนถึง 90 ม. จากการสัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของพื้นที่พบว่าพื้นที่ N1 เป็นพื้นที่เกษตรเปิดใหม่ซึ่งยังไม่มี

กิจกรรมใดๆ ทางเกษตรและมีความแปรปรวนของธาตุโพแทสเซียมในดินในระดับปานกลาง ส่วนพื้นที่ N2 พบว่าพื้นที่นี้มีการปลูกข้าวมาระยะหนึ่งแต่ไม่เกิน 5 ปีได้มีกิจกรรมทางการเกษตร เช่น การใส่ปุ๋ย การไถพรวน และการเก็บเกี่ยวผลผลิต จึงทำให้เกิดความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของโพแทสเซียมในดินส่งผลให้มีระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินมีระยะสั้นกว่าพื้นที่ N1 (Guan et al., 2017; Gao et al., 2019) สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่า 30 ปี พบว่าควรมีระยะตั้งแต่ 3 ม.จนถึง 44 ม. โดยพื้นที่ทั้งสามนี้มีกิจกรรมทางการเกษตรเป็นระยะเวลายาวนานหลายปีจนทำให้เกิดความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของโพแทสเซียมในดินสูง (Guan et al., 2017; Gao et al., 2019) นอกจากนี้ยังพบว่ามีระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูง ซึ่งหมายถึงโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีความแปรปรวนเชิงพื้นที่มากแม้อยู่ในระยะทางที่ใกล้กัน ทำให้ต้องมีการเก็บตัวอย่างดินในระยะทางที่สั้นขึ้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้ความแปรปรวนในระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่นั้นอาจเกิดขึ้นจากปัจจัยต่างๆ เช่น คุณสมบัติดิน, ชนิดของดิน, ลักษณะภูมิประเทศ, การจัดการของแต่ละพื้นที่ และการกร่อนดิน (Oliver and Webster, 2014; Wang et al., 2015; Shukla et al., 2016; Bogunovic et al., 2017; Gao et al., 2019)

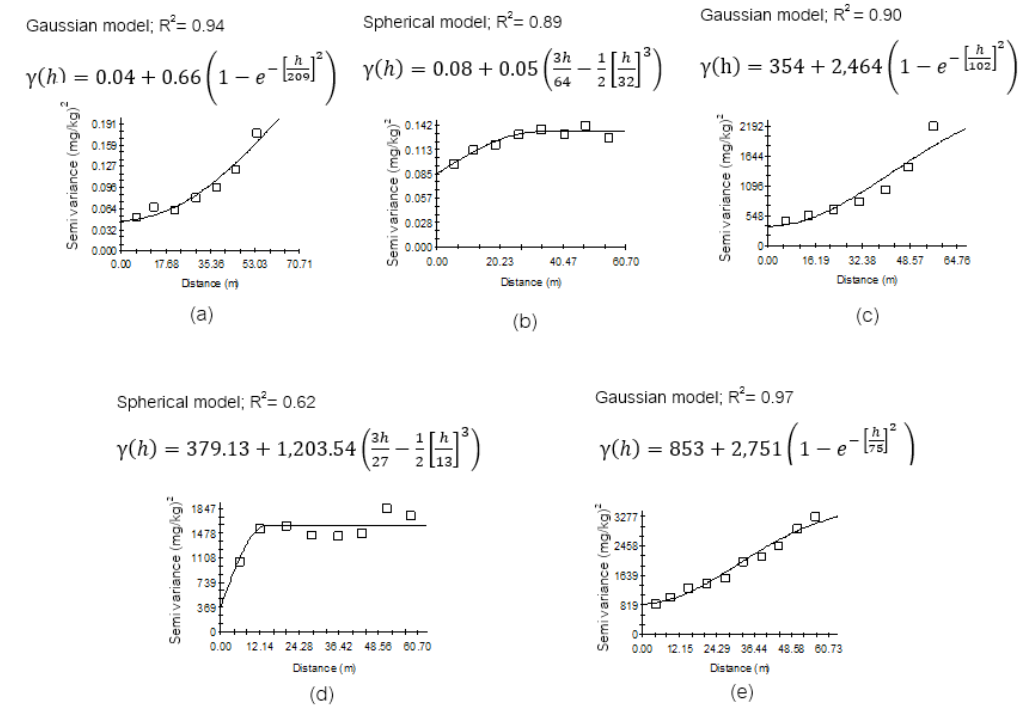

Figure 4 Best-fit semivariograms showing relationship between distance and variogram of soil potassium concentrations in different study sites. Letters (a) – (e) represent study sites N1, N2, L1, L2 and L3, respectively

Table 2 Semivariogram parameters of soil potassium concentration in differing study areas.

Classify site	Study site	Soil series	model	nugget	sill	range/ range of influence[1/] (m)	effective range[2/] (m)	Optimal distance between the sampling points[3/] (m)	nugget/ sill	R^2
New Agricultural Soil	N1	Don	gaussian	0.04	0.70	209	363	90	0.06	0.94
	N2	Bpi	spherical	0.08	0.13	32	32	8	0.61	0.89
Long-term Agricultural Soil	L1	Don	gaussian	354	2,818	102	177	44	0.12	0.90
	L2	Don	spherical	379	1,582	13	13	3	0.23	0.62
	L3	Bpi	gaussian	853	3,605	75	130	32	0.23	0.97

[1/] "range" for spherical model, and "range of influence" for gaussian model. [2/] For spherical model, effective range = range×1. For gaussian model, effective range = range of influence×1.732. [3/] Optimal distance between the sampling points = (effective range × 1/4)

สรุป

จากการศึกษาระดับความเป็นประโยชน์และความแปรปรวนของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา พบว่ามีระดับความเป็นประโยชน์และความแปรปรวนแตกต่างกันทุกแห่ง ในพื้นที่ปลูกข้าวที่ใช้พื้นที่เป็นระยะเวลาน้อยกว่า 5 ปีมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินระดับปานกลางถึงสูงมาก (76-430มก./กก.) และพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่า 30 ปีมีระดับต่ำถึงสูงมาก (31-227มก./กก.) ส่วนความแปรปรวนของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินพบว่าพื้นที่ทั้งสองระยะเวลาการปลูกข้าวมีความแปรปรวนในระดับปานกลางถึงสูง (>15%)

สำหรับการศึกษาความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินโดยใช้ธรณีสถิติ พบว่ามีระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แตกต่างกันทุกแห่ง ซึ่งพื้นที่ปลูกข้าวที่ใช้พื้นที่ระยะเวลาน้อยกว่า 5 ปีมีระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ปานกลางถึงสูง ส่วนพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่า 30 ปีมีระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูงทุกแห่ง สำหรับระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินพบว่ามีระยะห่างที่เหมาะสมแตกต่างกันทุกพื้นที่แม้กระทั่งในพื้นที่ที่มีระยะเวลาการปลูกข้าวที่เท่ากัน โดยพบว่าพื้นที่ปลูกข้าวที่มีระยะเวลายาวนานมากกว่า 30 ปีมีระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินในระยะสั้นกว่าพื้นที่ปลูกข้าวที่ใช้พื้นที่เป็นระยะเวลาน้อยกว่า 5 ปี ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินแตกต่างกันในการศึกษานี้เนื่องจาก (1) เซมิแวริโอแกรมโมเดลที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ และ (2) ระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะเนื้อดิน ชุดดิน ระยะเวลาการใช้ที่ดิน และกิจกรรมทางการเกษตร โดยอาจจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาความแปรปรวนเชิงพื้นที่และระยะห่างที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดินของโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินทรายใช้ปลูกข้าวในระดับแปลงเท่านั้น ในกรณีที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นๆซึ่งต้องเก็บตัวอย่างจำนวนมากและพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น อาจต้องมีการนำเทคโนโลยีเซนเซอร์มาใช้ เช่น เซนเซอร์วัดระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ความเป็นกรด-ด่าง ความชื้นในดิน และค่าการนำไฟฟ้า เพื่อประหยัดงบประมาณในการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการความแปรปรวนเชิงพื้นที่ระดับแปลงเพาะปลูกของคุณสมบัติดินที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตบางประการในพื้นที่ดินทรายซึ่งทำการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. ความรู้พื้นฐานด้านทรัพยากรดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับข้าวนาชลประทาน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

พรทิพย์ โพนตุแสง, เริงศักดิ์ กตเวทิน, เกริก ปั้นเหน่งเพชร และสุนันทา กิ่งไพบูลย์. 2556. การศึกษาความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของค่าการนำไฟฟ้าในพื้นที่ดินภายใต้อิทธิพลของเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: ระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างจุดเก็บตัวอย่างดิน. แก่นเกษตร 41(ฉบับพิเศษ 2): 129-136.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2562. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2547. คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Antwi, M., A.A. Duker, M. Fosu, and R.C. Abaidoo. 2016. Geospatial approach to study the spatial distribution of major soil nutrients in the Northern region of Ghana. Cogent Geosci. 2.

Behera, S.K., R.K. Mathur, A.K. Shukla, K. Suresh, and C. Prakash. 2018. Spatial variability of soil properties and delineation of soil management zones of oil palm plantations grown in a hot and humid tropical region of southern India. Catena. 165: 251-259.

Bogunovic, I., S. Trevisani, M. Seput, D. Juzbasic, and B. Durdevic. 2017. Short-range and regional spatial variability of soil chemical properties in an agro-ecosystem in eastern Croatia. Catena. 154: 50-62.

Clark, I. 1982. Practical Geostatistics. Applied Science Publishers, London.

Clark, I. 2001. Practical Geostatistics. Geostokos Limited, Alloa Bussiness Centre, Alloa.

Denton, O.A., V.O. Aduramigba-Modupe, A.O. Ojo, O.D. Adeoyolanu, K.S. Are, A.O. Adelana, A.O. Oyedele, A.O. Adetayo and A.O. Oke. 2017. Assessment of spatial variability and mapping of soil properties for sustainable agricultural production using geographic information system techniques (GIS). Cogent Food Agric. 3(1).

Doll, E.C., and R.E. Lucas. 1973. Testing Soil for Potassium, Calcium, and Magnesium, in L.M. Walsh and J.D. Beaton, Eds., Soil Testing and Plant Analysis, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.

Duffera, M., J.G. White, and R. Weise. 2007. Spatial variability of southeastern US coastal plain soil physical properties: Implications for site-specific management. Geoderma 137: 327-339.

Gao, X., Y. Xiao, L. Deng, L. Qi-quan, W. Changquan, L. Bing, D. Ou-ping, and Z. Min. 2019. Spatial variability of soil total nitrogen, phosphorus and potassium in Renshou County of Sichuan Basin, China. J. Integr. Agric. 18: 279–289.

Guan, F., M. Xia, X. Tang, and S. Fan. 2017. Spatial variability of soil nitrogen, phosphorus and potassium contents in Moso bamboo forests in Yong'an City, China. Catena. 150: 161–172.

IT Department. 2001. ILWIS 3.0 Academic User's Guide. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Netherlands.

Liu, Z.P., M.A. Shao, and Y.Q. Wang. 2013. Spatial patterns of soil total nitrogen and soil total phosphorus across the entire loess plateau region of China. Geoderma. 197-198: 67-78.

Marschner, P. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, third ed. Academic Press, San Diego.

Oliver, M.A., and R. Webster. 2014. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging. Catena. 113: 56-69.

Oosterhuis, D., D. Loka, E. Kawakami, and W. Pettigrew. 2014. The physiology of potassium in crop production. Adv. Agron. 126: 203–234.

Phillips, J.D. 1986. Measuring complexity of environmental gradient. Vagitatio 64: 95-102.

Phontusang, P., R. Katawatin, K. Pannangpetch, S. Kingpaiboon. and R. Lerdsuwansri. 2014. Spatial Variability of Sodium Adsorption Ratio and Sodicity in Salt-Affected Soils of Northeast Thailand. Adv Mat Res. 931-932: 709-715.

Phontusang, P. 2016. Improving Salt-affected Soils Mapping in Northeast Thailand. Ph D. Thesis. Khon Kaen University, Khon Kaen.

Phontusang, P., R. Katawatin, K. Pannangpetch, R. Lerdsuwansri, and S. Kingpaiboon. 2017. Sampling Strategies for Geostatistical Analyses of Field-Scale Spatial Variability of Electrical Conductivity in Inland Salt-Affected Soils. IJG. 13: 71-84.

Phontusang, P., R. Katawatin, K. Pannangpetch, R. Lerdsuwansri, S. Kingpaiboon, and K. Wangpichet. 2018. Field-scale spatial variability of electrical conductivity of the inland, salt-affected soil of Northeast Thailand. Walailak. 15: 341-355.

Robertson, G.P. 1987. Geostatistics in ecology: interpolating with known variance. Ecology. 68: 744-748.

Shukla, A.K., S.K. Behera, N.K. Lenka, P.K. Tiwari, C. Prakash, R.S. Malik, N.K. Sinha, V.K. Singh, A.K. Patra, and S.K. Chaudhary. 2016. Spatial variability of soil micronutrients in the intensively cultivated Trans Gangetic Plains of India. Soil Tillage Res. 163: 282– 289.

Sumner, M.E. 1999. Handbook of Soil Science. CRC press, Boca Raton, New York.

Sumner, M.E. 2000. Handbook of Soil Science. CRC Press, Washington.

Wang, J., R. Yang, and Z. Bai. 2015. Spatial variability and sampling optimization of soil organic carbon and total nitrogen for Minesoils of the loess plateau using geostatistics. Ecol. Eng. 82: 159-164.

Webster, R., and M.A. Oliver. 2001. Geostatistics for Environmental Scientists. John Wiley & Son Ltd., West Sussex.

Yanai, J., S. Nakata, S. Funakawa, E. Nawata, R. Katawatin, T. Tulaphitak, and T. Kosaki. 2007. Evaluation of nutrient Availability of sandy soil in Northeast Thailand with references to growth, yield and nutrient uptake by maize. Jpn. J. Trop. Agr. 51: 169-176.