

# ลักษณะการดูดซับโพแทสเซียมของดินที่ใช้ปลูกอ้อยในจังหวัดสระแก้ว

## Potassium adsorption characteristics of sugarcane growing soils in Sa Kaeo province

ทิมทอง ดรณสนทยา<sup>1\*</sup>, ฉวีวรรณ เจริญพ่อง<sup>1</sup>, วิทยา จินดาหลวง<sup>1</sup> และ รฐนนท์ เจริญชาศรี<sup>1</sup>

Timtong Darunsontaya<sup>1\*</sup>, Chawewan Jaroenpong<sup>1</sup>, Wittaya Jindaluang<sup>1</sup>  
and Rathanont Jaroenchasri<sup>1</sup>

**บทคัดย่อ:** การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการดูดซับโพแทสเซียม และสมบัติของดินที่มีผลต่อการดูดซับโพแทสเซียมของดินที่ใช้ปลูกอ้อยในจังหวัดสระแก้ว โดยคัดเลือกตัวแทนชุดดินซึ่งมีสมบัติดินที่แตกต่างกันและใช้ปลูกอ้อยเป็นบริเวณกว้างขวาง จำนวน 4 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินวังไห (Wi) ชุดดินบางคล้า (Bka) ชุดดินเชียงคาน (Ch) และชุดดินทับพริก (Tpk) โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกชั้นไถพรวน และได้ฐานชั้นไถพรวนถึง 60 เซนติเมตร มาทำการศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ดินที่ทำการศึกษาล้วนมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ และมีปริมาณโพแทสเซียมสำรอง (K reserve) จากแหล่งแร่ในดินอยู่น้อย ลักษณะการดูดซับโพแทสเซียมของดินที่ทำการศึกษามีการอธิบายได้ดีด้วยไอโซเทอมการดูดซับของ Freundlich ( $R^2 = 0.755-0.997$ ) แสดงว่า ดินมีลักษณะการดูดซับโพแทสเซียมบนผิวหน้าที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจเป็นการดูดซับบนพื้นผิวของแร่ดินเหนียวหลายชนิดรวมกับอินทรีย์วัตถุ โดยสมบัติของดิน ได้แก่ ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความจุในการดูดซับโพแทสเซียมของดิน

**คำสำคัญ:** โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้, โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้, ไอโซเทอมของการดูดซับ, อ้อย

**ABSTRACT:** This study aimed to determine the adsorption characteristics of K and the effect of soil properties on K adsorption. Four representative sugarcane growing soil series with different soil properties and widely used for sugarcane production in Sa Kaeo province, namely, Wang Hai soil series (Wi), Bang Khla soil series (Bka), Chiang Khan soil series (Ch), and Thap Phrik soil series (Tpk) were selected for the study. Soil sample was collected at the depth of plough layer and below plough layer to 60 cm for study. The results showed that the studied soils had low available K contents and low mineral K reserves. Potassium adsorption pattern showed a good fit with the Freundlich adsorption isotherm ( $R^2 = 0.755-0.997$ ). This result suggested that the K adsorption in these soils occurred on heterogeneous surfaces. The adsorption may have also occurred on exchange sites of clay minerals and adsorption sites of organic matter. Clay and organic matter contents in these soils positively correlated with the exchangeable K content and K sorption capacity of the soils.

**Keywords:** exchangeable K, non-exchangeable K, adsorption isotherms, sugarcane

<sup>1</sup> ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900, Thailand

\* Corresponding author: fagrtd@ku.ac.th

## บทนำ

จังหวัดสระแก้วเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่สำคัญ โดยมีเนื้อที่ปลูกอ้อยคิดเป็นร้อยละ 66.8 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดของภาคตะวันออกและมีการขยายตัวของพื้นที่ปลูกอ้อยอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559) อย่างไรก็ตาม ดินที่ใช้ปลูกอ้อยในจังหวัดสระแก้วส่วนใหญ่มีข้อจำกัดเรื่องความเสี่ยงต่อการขาดน้ำ ดินมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ต่ำ ดินเป็นดินปนกรวด และมีศักยภาพธาตุอาหารพืชจะถูกชะละลายได้สูง นอกจากนี้ ดินในบริเวณดังกล่าวยังมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสำรองต่ำซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตอ้อยได้ (เสาวนุช และคณะ, 2558) เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่มีความต้องการธาตุโพแทสเซียมในปริมาณสูงซึ่งมีความจำเป็นต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายน้ำตาล (Havlin et al., 2005) ดังนั้น การจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมในดิน จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตอ้อยได้ อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ลงไปในดินแต่ละบริเวณจะถูกดูดซับในลักษณะที่ต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน โดยมีรายงานว่า ดินที่มีเนื้อละเอียดและมีแร่ดินเหนียวกิจกรรมสูงเป็นองค์ประกอบสามารถดูดซับโพแทสเซียมได้สูงกว่าดินที่มีเนื้อหยาบและมีแร่ดินเหนียวกิจกรรมต่ำเป็นองค์ประกอบ (Pal et al., 1999; Hannan et al., 2007) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาพบว่า อินทรีย์วัตถุในดินมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการดูดซับโพแทสเซียมในดินได้ดียิ่งขึ้น (Wang and Huang, 2001) อย่างไรก็ตาม Sharma et al. (2006) รายงานว่า อินทรีย์วัตถุในดินมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณการดูดซับไอออนในดิน ดังนั้น ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะการดูดซับโพแทสเซียมในดินที่ใช้ปลูกอ้อยในจังหวัดสระแก้ว ซึ่งมีสมบัติของดินที่แตกต่างกัน จะทำให้ได้ข้อมูลและองค์ความรู้พื้นฐานสำหรับการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมในพื้นที่ที่ทำการศึกษ เพื่อป้องกันการสูญเสียธาตุโพแทสเซียมจากระบบการชะละลาย และเพิ่มประสิทธิภาพของการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมของอ้อยในพื้นที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

## วิธีการศึกษา

### การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ เคมีและแร่วิทยาของดิน

เลือกตัวแทนชุดดินที่ใช้ปลูกอ้อยเป็นบริเวณกว้างของจังหวัดสระแก้วซึ่งมีสมบัติดินแตกต่างกัน ได้แก่ ชุดดินวังไผ่ (Wi) ชุดดินบางคล้า (Bka) ชุดดินเชียงคาน (Ch) และชุดดินทับพริก (Tpk) เก็บตัวอย่างดินโดยใช้สว่านเจาะดินที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ ชั้นดินบน เก็บที่ระดับความลึกชั้นไทรพรวน (Ap) และชั้นดินล่างเก็บที่ระดับความลึกได้ฐานชั้นไทรพรวนถึงระดับความลึก 60 ซม. (below Ap-60) ทำการวิเคราะห์สมบัติดินทางฟิสิกส์และเคมีตามวิธีมาตรฐาน (National Soil Survey Center, 1996) ประกอบด้วย การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน โดยวิธี pipette (Gee and Bauder, 1986) พีเอชดิน (soil pH) อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon) โดยวิธี wet-oxidation และคุณภาพด้วย 1.724 เพื่อให้ได้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) (Nelson and Sommers, 1996) ปริมาณไนโตรเจนรวม (total N) โดยวิธี Kjeldahl method (National Soil Survey Center, 1996) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณเบสที่สกัดได้ด้วย 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 (Thomas, 1982) วิเคราะห์ชนิดของแร่องค์ประกอบในอนุภาคขนาดดินเหนียว และอนุภาคขนาดทรายแบ่งด้วยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) (Whittig, 1965)

### การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมรูปแบบต่าง ๆ ในดิน

ทำการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมรูปแบบที่ละลายน้ำได้ (water soluble-K) โดยชั่งตัวอย่างดิน 3 กรัม เขย่าด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 30 มล. เป็นเวลา 30 นาที และนำส่วนสารละลายใส่ไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมรูปแบบที่เป็นประโยชน์ (available K) โดยชั่งดิน 3 กรัม เติม 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ปริมาตร 30 มล. เขย่าเป็นเวลา 30 นาที และนำสารละลายใส่ไปวัดปริมาณโพแทสเซียม (Thomas, 1982) คำนวณปริมาณโพแทสเซียม

รูปที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) โดยนำปริมาณโพแทสเซียมที่ได้จากน้ำยาสกัด 1 M NH<sub>4</sub>OAc มาหักลบกับปริมาณโพแทสเซียมรูปที่ละลายน้ำได้ ทำการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ (non-exchangeable K) โดยชั่งตัวอย่างดิน 2 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง (digestion tube) เติม 1 M HNO<sub>3</sub> ปริมาตร 20 มล. ย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 1 ชม. จากนั้นนำตัวอย่างมากรองและล้างตะกอนด้วย 0.01 M HNO<sub>3</sub> ปริมาตรสารละลายเป็น 100 มล. ด้วย 0.01 M HNO<sub>3</sub> (Pratt, 1965) และนำสารละลายไปวัดปริมาณโพแทสเซียม คำนวณปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ โดยนำค่าปริมาณโพแทสเซียมที่ได้จากน้ำยาสกัด 1 M HNO<sub>3</sub> มาหักลบกับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ด้วยน้ำยาสกัด 1 M NH<sub>4</sub>OAc

#### การศึกษาลักษณะการดูดซับโพแทสเซียมในดิน

ชั่งตัวอย่างดิน 2.5 กรัม ใส่หลอด centrifuge ขนาด 50 มล. เติมโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่มีระดับความเข้มข้นของโพแทสเซียมแตกต่างกัน ได้แก่ 0, 10, 30, 50, 100, 150, 200 และ 300 มก./ล. (เทียบเท่ากับ 40, 120, 200, 400, 600, 800 และ 1,200 มก. โพแทสเซียม/กก. ดิน) นำไปแช่และทิ้งไว้ 72 ชม. ทำการเหวี่ยงและกรองเก็บสารละลายใส และนำไปวัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่วัดได้จะเป็นปริมาณโพแทสเซียมที่หลงเหลืออยู่ในสารละลาย (Ce) จากนั้นนำค่าที่วัดได้มาคำนวณปริมาณการดูดซับโพแทสเซียมต่อหน่วยน้ำหนักของตัวอย่างดิน (qe) และนำตัวแปรต่าง ๆ มาอธิบาย

ลักษณะการดูดซับโพแทสเซียมด้วยไอโซเทอมการดูดซับของ Langmuir (Langmuir adsorption isotherm) ดังสมการ Eq. 1

$$\frac{Ce}{qe} = \frac{1}{bqm} + \frac{Ce}{qm} \quad (\text{Eq. 1})$$

โดยค่า qm คือ ความจุของการดูดซับ (มก./กก.) และ b คือ ค่าคงที่ทางพลังงานของการดูดซับ และอธิบายลักษณะการดูดซับโพแทสเซียมด้วย ไอโซเทอมการดูดซับของ Freundlich (Freundlich sorption isotherm) ดังสมการ Eq. 2

$$\log(qe) = \frac{1}{n} \log(Ce) + \log(Kf) \quad (\text{Eq. 2})$$

โดยค่า Kf และ 1/n เป็นค่าคงที่ที่สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซับและพลังงานในการดูดซับ ตามลำดับ

#### ผลการศึกษาและวิจารณ์

##### สมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และแร่วิทยาของดิน

ผลการวิเคราะห์การแจกกระจายขนาดอนุภาคดินพบว่า ดินที่ทำการศึกษามีเนื้อดินที่แตกต่างกัน (Table 1) ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุต้นกำเนิดดิน โดยชุดดินวังไทร และชุดดินทับพริกเป็นดินเนื้อละเอียดที่เกิดจากการผุพังสลายตัวอย่างที่ของหินปูน ส่วนชุดดินเชียงคานมีลักษณะเป็นดินเนื้อหยาบที่เกิดจากการผุพังสลายตัวอย่างที่ของหินควอร์ตไซต์

Table 1 Particle size distribution of studied soils.

Soil series	Horizon	Sand Silt Clay			Soil Texture
		(-----g/kg-----)			
Wi	Topsoil	220	428	352	Clay loam
	Subsoil	245	280	475	Clay
Bka	Topsoil	717	163	120	Sandy loam
	Subsoil	581	207	212	Sandy clay loam
Ch	Topsoil	839	90	71	Loamy sand
	Subsoil	585	155	260	Gravelly sandy clay loam
Tpk	Topsoil	171	429	400	Silty clay
	Subsoil	213	376	411	Clay

ดินมีพีเอชเป็นกรดปานกลางถึงต่ำเล็กน้อย (Table 2) โดยมีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 6.0–7.7 ชุดดินทับพริกมีค่าพีเอชสูงกว่าชุดดินอื่น ๆ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่สลายตัวมาจากหินปูน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินผืนแปรตั้งแต่ระดับต่ำมากถึงปานกลาง โดยชั้นดินบนมีค่าสูงกว่าชั้นดินล่างในทุกชุดดิน ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของชั้นดินบนที่มีการเพิ่มเติมเศษวัสดุอินทรีย์ในปริมาณที่สูงกว่าชั้นดินล่าง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ดินบนของชุดดินวังไผ่ และชุดดินทับพริกมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนชุดดินอื่น ๆ มีค่าอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของชั้นดินล่างในชุดดินบางค้ำมีค่าอยู่ในระดับปานกลางแต่สูงกว่าดินอื่น ๆ ที่มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ ค่าความจุ

แลกเปลี่ยนแคตไอออนมีค่าอยู่ในพิสัย 3.7–45.5 เซนติโมล/กก. ซึ่งค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของชุดดินวังไผ่ และชุดดินทับพริกมีค่าอยู่ในระดับสูงมาก เนื่องจากชุดดินวังไผ่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงและชุดดินทับพริกมีปริมาณดินเหนียวสูงกว่าดินอื่น ๆ ส่วนชุดดินเชียงคานและชุดดินบางค้ำมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณดินเหนียวต่ำกว่าจึงมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับสูงในชุดดินวังไผ่และชุดดินทับพริก ส่วนชุดดินบางค้ำและเชียงคานมีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ของชุดดินส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในระดับสูง ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในทุกชุดดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำ

Table 2 Some chemical properties of studied soils.

Soil series	Horizon	pH	OM (---g/kg---)	Total N mg/kg	Avail. P mg/kg	CEC (-----cmol <sub>c</sub> /kg-----)	Extr.				K sat. %
							K	Mg	Na	Ca	
Wi	Topsoil	6.0	26.1	1.1	4.3	39.7	0.16	2.98	0.49	18.7	0.40
	Subsoil	6.4	14.2	0.56	1.6	45.4	0.13	2.64	0.57	22.6	0.29
Bka	Topsoil	6.0	5.0	0.21	2.7	3.7	0.03	1.9	0.05	4.31	0.81
	Subsoil	6.2	4.5	0.28	11.5	9.0	0.02	4.31	0.71	4.72	0.22
Ch	Topsoil	6.2	11.6	0.35	4.2	14.2	0.13	4.25	0.26	1.36	0.92
	Subsoil	6.3	8.9	0.28	4.6	8.0	0.14	0.3	0.53	5.79	1.75
Tpk	Topsoil	6.4	15.7	0.49	4.2	39.8	0.11	14.7	0.69	13.67	0.28
	Subsoil	7.7	6.0	0.14	0.81	40.7	0.09	19.7	2.04	10.87	0.21

Remark: OM = organic matter; Avail. P = Available P; CEC = cation exchange capacity; Extr.= extractable  
K sat. = K saturation percentage calculated by extractable K x 100/CEC.

ผลการศึกษาแร่องค์ประกอบในอนุภาคขนาดดินเหนียว พบว่า ดินส่วนใหญ่มีแร่เคโอลิไนต์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก (Table 3) และมีแร่ดินเหนียวชนิดอื่น ๆ เช่น แร่อิลไลต์ และแร่สมกไทต์ปะปนอยู่ในปริมาณเล็กน้อย ยกเว้นชุดดินทับพริกที่พบปริมาณสัมพัทธ์ของแร่เคโอลิไนต์ต่ำกว่าชุดดินอื่น ๆ แต่มีปริมาณสัมพัทธ์ของ

แร่สมกไทต์สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ ส่วนแร่องค์ประกอบในอนุภาคขนาดทรายแป้ง พบว่า ทุกชุดดินมีแร่ควอตซ์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก และมีแร่ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ แร่อะนาเทส แร่มีสโคไวต์ แร่ไมโครไคลน์ และแร่แอลไบต์ในปริมาณเล็กน้อย

**Table 3** Semi-quantitative minerals contents in clay and silt fractions of studied soils.

soil series	Clay fraction					Silt fraction				
	Kao	Ill	Smec	Qtz	Others	Quartz	Anatase	Muscovite	Microcline	Other
Wi	xxx	tr	tr	x	Goethite tr.	xxxx	-	tr	-	Albite tr.
Bka	xxx	-	tr	tr	Goethite tr.	xxxx	tr	-	-	-
Ch	xxx	tr	-	tr	Goethite tr.	xxxx	-	tr	-	-
Tpk	xx	tr	xx	tr	-	xxxx	-	-	tr	-

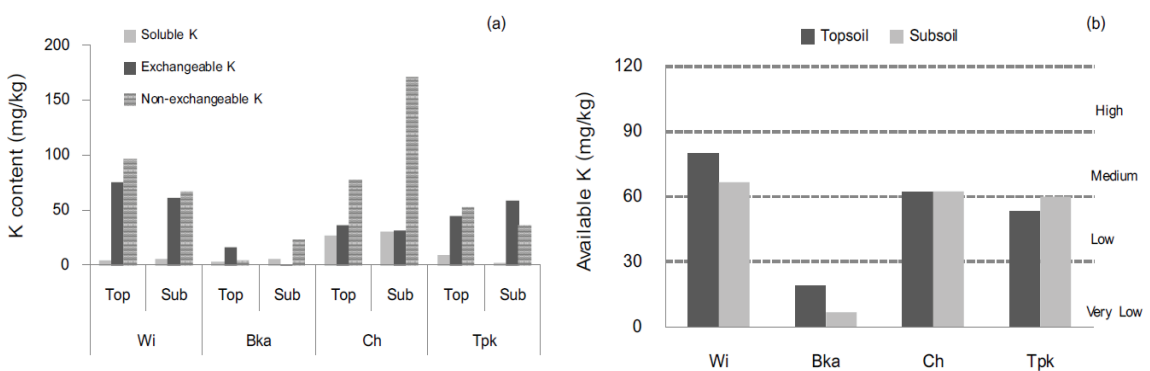
Remark: Kao = Kaolinite; Ill = Illite; Smec= Smectite; Qtz = Quartz

Tr = trace (<5%), x = small (5-20%), xx = moderate (20-40%), xxx = large (40-60%), xxxx = dominant (>60%)

**ปริมาณโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน**

ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ในทุกชุดดิน มีปริมาณน้อยกว่าโพแทสเซียมรูปอื่น ๆ (Figure 1a) โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.4–30.6 มก./กก. (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.7 มก./กก.) ชุดดินเชิงคานามีปริมาณโพแทสเซียมในรูปนี้สูงที่สุด อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในพื้นที่ดังกล่าว นอกจากนี้ ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ในชั้นดินล่างของชุดดินเชิงคานาและชุดดินบางค้ำมีค่าสูงกว่าชั้นดินบน แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของกระบวนการชะละลายที่ทำให้โพแทสเซียมเคลื่อนย้ายลงไปสะสมในดินล่าง และชี้ให้เห็นว่าดินบนของดินทั้งสองมีความสามารถในการดูดยึดธาตุโพแทสเซียมไว้ในดินได้น้อย โดยชุดดินเชิงคานาและ

ชุดดินบางค้ำมีค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยโพแทสเซียม (%K sat.) สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ (Table 2) เนื่องจากชุดดินดังกล่าวมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวและปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ พื้นที่ผิวดูดซับจึงเกิดการอิ่มตัวด้วยธาตุโพแทสเซียมอย่างรวดเร็ว ทำให้โพแทสเซียมส่วนใหญ่เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ และเกิดการชะละลายลงไปในพื้นที่ดินล่าง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sharpley and Kampath (1988) ที่ศึกษาพบว่า เมื่อพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนของดินมีความอิ่มตัวด้วยโพแทสเซียมสูง จะส่งผลให้โพแทสเซียมเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้มากขึ้น ดังนั้น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงในชุดดินดังกล่าว อาจทำให้เกิดการสูญเสียโพแทสเซียมจากกระบวนการชะละลายได้



**Figure 1** Content of various K forms in studied soils (a), and level of available K (water soluble K + exchangeable K) content (b).

ปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน ที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในพิสัย 1.1–75.6 มก./กก. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.6 มก./กก. ชุดดินที่มีเนื้อดินละเอียด ได้แก่ ชุดดินวังไห และชุดดินทับพริกมีปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าชุดดินที่มีเนื้อดินหยาบ ได้แก่ ชุดดินบางคล้า และชุดดินเชียงคาน (Figure 1a) เนื่องจาก ดินที่มีเนื้อละเอียด โดยทั่วไปจะมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าดินเนื้อหยาบ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ทำให้ดินสามารถดูดยึดโพแทสเซียมไว้ที่พื้นผิวดูดซับได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ นอกจากนี้ ชุดดินวังไห และชุดดินทับพริกยังมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าชุดดินบางคล้า และชุดดินเชียงคาน จึงทำให้ชุดดินดังกล่าวสามารถดูดยึดธาตุโพแทสเซียมได้ดีกว่าดินอื่นๆ สอดคล้องกับผลการศึกษา

ที่พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ที่ทำการศึกษามีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ( $R^2 = 0.74$ ,  $P \leq 0.05$ ) และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ( $R^2 = 0.57$ ,  $P \leq 0.05$ ) (Figure 2) และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Darunsontaya et al. (2010) และ Ngwe et al. (2012) ที่รายงานว่า ปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณอนุภาคนาดินเหนียว และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน ที่ทำการศึกษา ขึ้นอยู่กับค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่ได้รับอิทธิพลจากสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนประจุเป็นหลัก

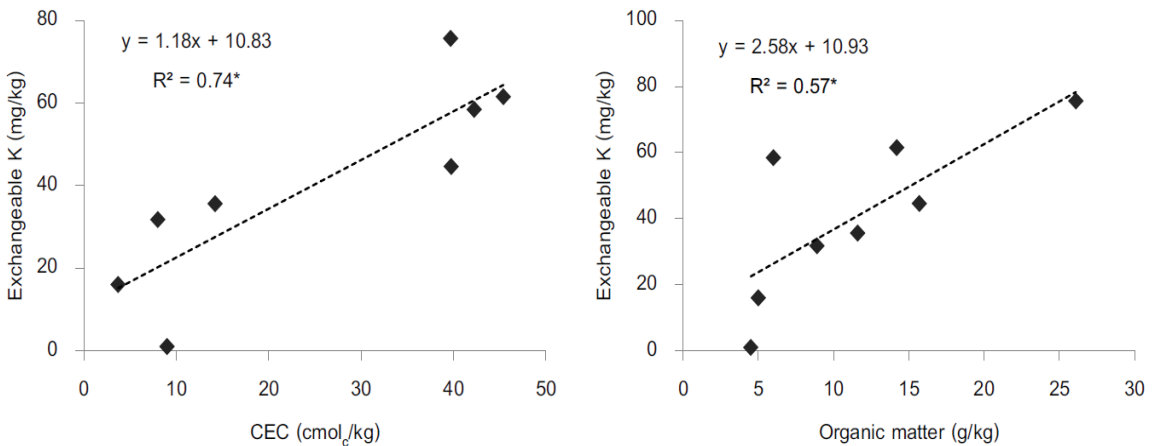


Figure 2 Relationships of exchangeable K content with CEC and organic matter content. \* Significant at  $P \leq 0.05$ .

ปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ของดิน ที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในพิสัย 4.8–171 มก./กก. โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.6 มก./กก. ชุดดินเชียงคานมีปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้สูงกว่าดินอื่นๆ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลจากแร่องค์ประกอบในดิน ได้แก่ แร่ซิลิเกตในอนุภาคนาดินเหนียว และแร่มีสโคไวต์ในอนุภาคนาดทรายแป้ง (Table 3) ซึ่งโครงสร้างของแร่ดังกล่าวมีธาตุโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ (Havlin

et al., 2005) โดยปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ในชั้นดินล่างของชุดดินเชียงคานมีปริมาณสูงกว่าชั้นดินบน สอดคล้องกับปริมาณอนุภาคนาดินเหนียว และอนุภาคนาดทรายแป้งในชั้นดินล่างของชุดดินเชียงคานที่มีปริมาณสูงกว่าชั้นดินบน ส่วนชุดดินบางคล้ามีปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ต่ำมากเนื่องจากชุดดินบางคล้าไม่มีแร่ที่เป็นแหล่งสำรองของโพแทสเซียมในดินทั้งในอนุภาคนาดินเหนียวและ

อนุภาคขนาดทรายแป้ง (Table 3) อย่างไรก็ตาม ปริมาณโพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ของดินที่ใช้ปลูกอ้อยทุกชุดดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก (< 300 มก./กก.) (Rao et al., 2010)

เมื่อพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทันที (โพแทสเซียมรูปที่ละลายน้ำได้ + โพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้) เทียบตามเกณฑ์การประเมินของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ดินที่ทำการศึกษามีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (Figure 1b) ดังนั้น อ้อยที่ปลูกในดินที่ทำการศึกษายกเว้นชุดดินวังโหลจึงมีความเสี่ยงต่อการขาดธาตุโพแทสเซียมเนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่มีความต้องการธาตุโพแทสเซียมในปริมาณสูง โดยเฉพาะชุดดินบางคล้าซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทันทีในระดับต่ำมากจะมีความเสี่ยงต่อการขาดโพแทสเซียมมากที่สุด นอกจากนี้ดินที่ทำการศึกษาในทุกชุดดินมีแหล่งสำรองของโพแทสเซียมที่สามารถถูกปลดปล่อยออกมาได้ในระยะยาว (โพแทสเซียมรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้) อยู่ในระดับต่ำ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้แก่ดินที่ทำการศึกษาก็มีความจำเป็นอย่างยิ่ง

### การดูดซับโพแทสเซียมในดิน

ปริมาณการดูดซับโพแทสเซียมของดินที่ทำการศึกษาที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด (1,200 มก.โพแทสเซียม/กก.ดิน) ดินบนมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 20.2–74.5 และดินใต้ชั้นดินบนจนถึงความลึก 60 ซม. มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 48.7–82.3 (Table 4) โดยดินใต้ชั้นดินบนจนถึงความลึก 60 ซม. มีการดูดซับโพแทสเซียมได้สูงกว่า เนื่องจากดินที่ทำการศึกษามีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดินล่างสูงกว่าชั้นดินบน (Table 1) ทำให้ดินมีพื้นที่ผิวในการดูดซับโพแทสเซียมสูงกว่า นอกจากนี้ ปริมาณการดูดซับโพแทสเซียมในชั้นดินล่างที่สูงกว่าชั้นดินบน เป็นผลมาจากพื้นที่ผิวดูดซับในชั้นดินบนมีการดูดซับคอลลอยด์ของอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินชั้นล่าง จึงทำให้ชั้นดินบนเหลือพื้นที่ผิวดูดซับโพแทสเซียมลดลง (Hafiz et al., 2016) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sharma et al. (2006) ที่พบว่า พื้นที่ผิวดูดซับของดินจะมีความจุในการดูดซับลดลงเนื่องจากสารฮิวมิคเกิดการกีดขวางบริเวณพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยน

Table 4 Estimated Freundlich adsorption isotherm constants of studied soils.

Soil series	Horizon	%K sorption <sup>1/</sup>	Freundlich isotherm		
			Kf (mg/kg)	1/n	R <sup>2</sup>
Wi	Topsoil	74.5	42.6	0.78	0.755
	Subsoil	78.7	58.6	0.98	0.780
Bka	Topsoil	46.8	18.2	0.71	0.889
	Subsoil	59.5	25.4	0.73	0.997
Ch	Topsoil	20.2	13.8	0.79	0.925
	Subsoil	48.7	12.9	0.85	0.905
Tpk	Topsoil	72.8	36.4	0.88	0.944
	Subsoil	82.3	85.6	0.73	0.991

<sup>1/</sup>%K sorption at 300 ppm K

ลักษณะการดูดซับโฟแทสซีมของดินที่ทำการศึกษาศาสามารถอธิบายได้ดีด้วยไอโซเทอมการดูดซับของ Freundlich ( $R^2 = 0.755-0.997$ ; ค่าเฉลี่ย = 0.898) (Figure 3 และ Table 4) ในขณะที่ไอโซเทอมการดูดซับของ Langmuir ไม่สามารถอธิบายลักษณะการดูดซับของดินที่ทำการศึกษามากส่วนใหญ่นักได้ ( $R^2 = 0.008-0.937$ ; ค่าเฉลี่ย = 0.368) ยกเว้นชุดดินบางคล้ำ ( $R^2 = 0.836$  ในชั้นดินบน และ  $R^2 = 0.937$  ในชั้นดินล่าง) แสดงให้เห็นว่า ลักษณะการดูดซับโฟแทสซีมของดินที่ใช้ปลูก้อยู่ในบริเวณที่ทำการศึกษาคือเป็นกระบวนการดูดซับซึ่งเกิดบนพื้นผิวดูดซับที่ไม่สม่ำเสมอ (heterogeneous surfaces) และตัวดูดซับมีลักษณะเป็นของผสมมากกว่าการดูดซับแบบชั้นเดียว (monolayer adsorption) (Ali et al., 2013) ซึ่งลักษณะการดูดซับโฟแทสซีมที่อธิบายได้ดีด้วยไอโซเทอมการดูดซับของ Freundlich นั้น อาจเนื่องมาจากโฟแทสซีมในดินถูกดูดซับบนพื้นผิวดูดซับของแร่ดินเหนียวหลายชนิด ได้แก่ แร่เคลโอไลต์ อิลไลต์ และสเมกไทต์ นอกจากนี้ ดินอาจมีลักษณะการดูดซับโฟแทสซีมบนตัวอย่างที่เป็นของผสมระหว่างแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ (Sparks, 2003) สอดคล้องกับผลการศึกษางานวิจัยอื่น ๆ ที่รายงานว่าไอโซเทอมการดูดซับของ Freundlich สามารถอธิบายลักษณะการดูดซับโฟแทสซีมในดินได้ดีกว่าไอโซเทอมการดูดซับของ Langmuir (Singh et al., 1988; Pal et al., 1999; Hannan et al., 2007; Bangroo et al., 2012). อย่างไรก็ตาม ชุดดินบางคล้ำ ที่สามารถอธิบายลักษณะการดูดซับโฟแทสซีมได้ดีด้วยไอโซเทอมการดูดซับของ Langmuir นั้น อาจเนื่องมาจากชุดดินบางคล้ำมีอนุภาคขนาดทรายเป็นลักษณะเด่น และมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำ ประกอบกับดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ

กว่าชุดดินอื่น ๆ ส่งผลให้ลักษณะความไม่สม่ำเสมอของตัวดูดซับน้อยกว่าชุดดินอื่น ๆ ด้วย

โดยทั่วไปค่า  $K_f$  ที่ได้จากไอโซเทอมการดูดซับของ Freundlich นั้น สามารถบ่งชี้ถึงความจุในการดูดซับของตัวดูดซับได้ ซึ่งตัวดูดซับที่มีค่า  $K_f$  ต่ำจะมีความสามารถในการดูดซับต่ำเช่นกัน (Sparks, 2003) ผลการศึกษพบว่า ดินที่ทำการศึกษามีค่า  $K_f$  อยู่ในพิสัย 12.9–85.6 มก./กก. โดยชุดดินทับพริกมีค่า  $K_f$  สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากชุดดินนี้มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว และมีปริมาณสัมพัทธ์ของแร่สเมกไทต์สูงกว่าดินอื่นจึงส่งผลให้ดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง และสามารถดูดซับโฟแทสซีมได้สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังพบว่าค่า  $K_f$  ของดินที่ทำการศึกษามีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ( $R^2 = 0.67, P \leq 0.05$ ) และปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว ( $R^2 = 0.61, P \leq 0.05$ ) (Figure 4) แสดงว่าสมบัติของดินที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับโฟแทสซีมในดินที่ทำการศึกษา ได้แก่ เนื้อดิน และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน

ค่า  $1/n$  จากไอโซเทอมการดูดซับของ Freundlich บ่งบอกถึงพลังงานหรืออัตราในการดูดซับ ซึ่งค่า  $1/n$  ของดินที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในพิสัย 0.71 ถึง 0.98 (Table 4) และค่า  $1/n$  ของทุกชุดดินมีค่าต่ำกว่า 1 แสดงว่า พื้นผิวของตัวดูดซับในดินที่ทำการศึกษามีปริมาณจำกัด โดยเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของโฟแทสซีมให้แก่ดิน ดินจะสามารถดูดซับโฟแทสซีมได้ลดลง (Ali et al., 2013) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินส่วนใหญ่มีแร่เคลโอไลต์ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียวกิจกรรมต่ำ เป็นแร่องค์ประกอบหลักในอนุภาคขนาดดินเหนียว จึงทำให้ดินมีอัตราในการดูดซับโฟแทสซีมได้ต่ำ



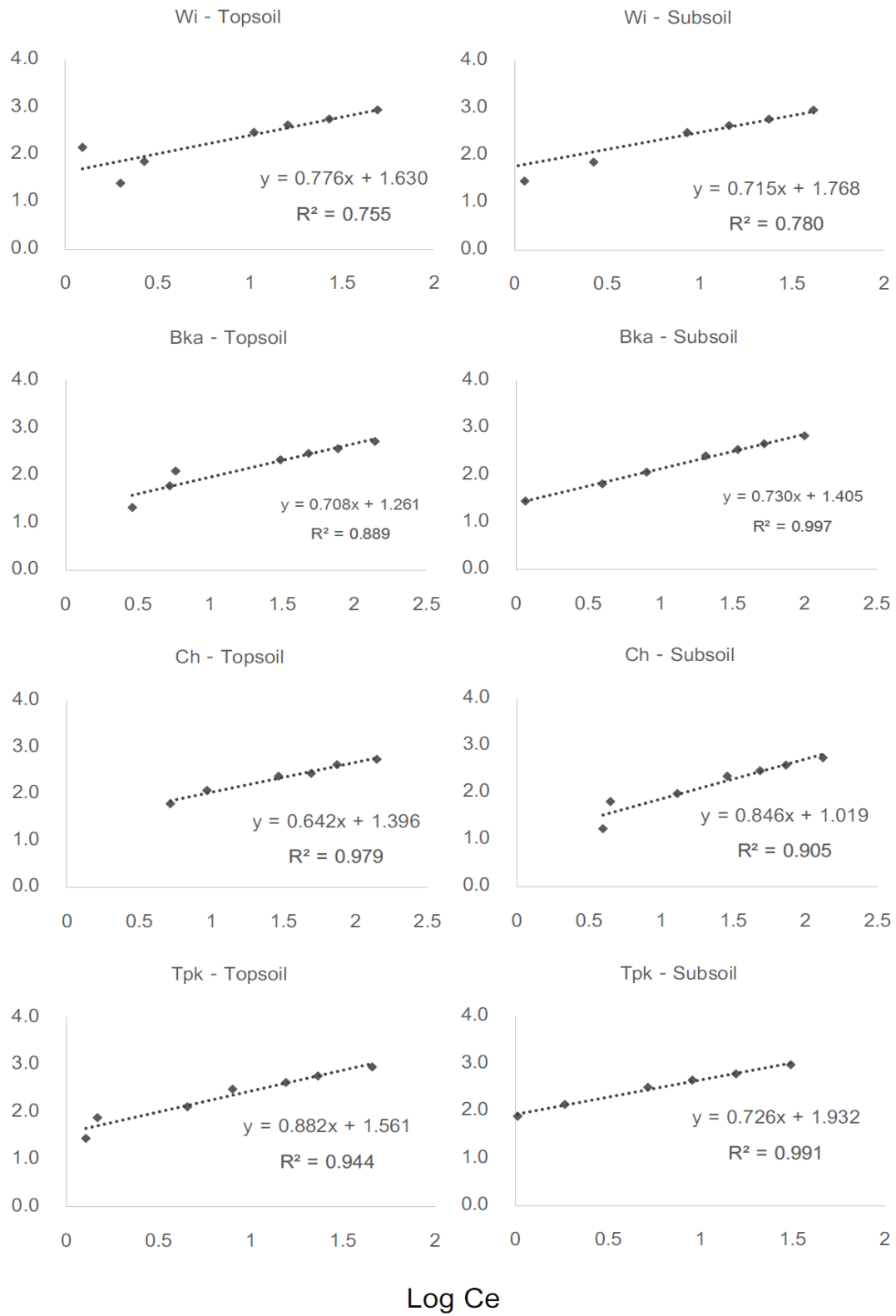


Figure 3 Linear fitting curves of K adsorption by Freundlich isotherm of studied soils.

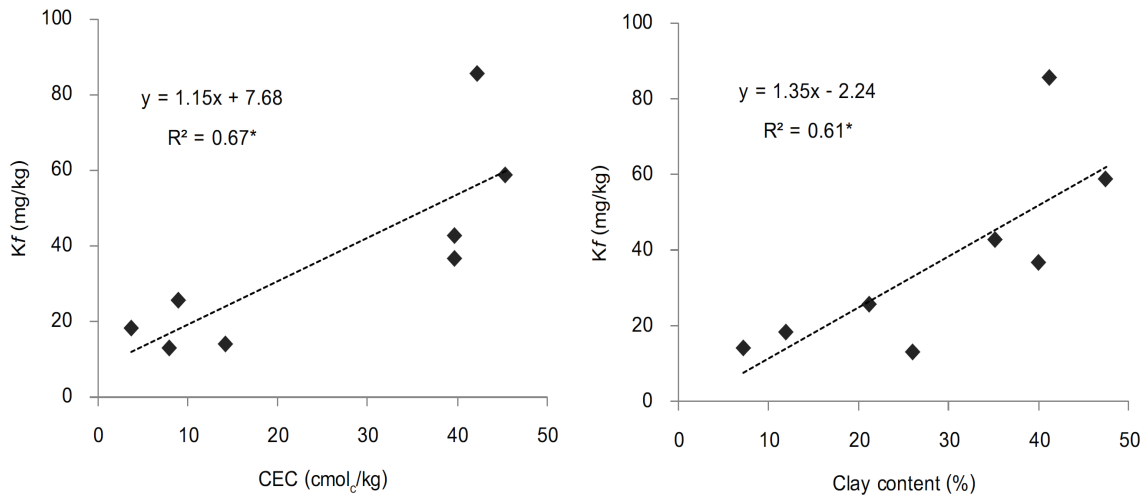


Figure 4 Relationships between Kf parameter and some soil properties. \* Significant at  $P \leq 0.05$ .

### สรุป

ดินที่ใช้ปลูกอ้อยในจังหวัดสระแก้ว จำนวน 4 ชุดดิน ที่ทำการศึกษามีปริมาณโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่ต่ำ และมีแหล่งสำรองของธาตุโพแทสเซียมที่สามารถปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชจากแหล่งแร่ในดินอยู่น้อย โดยดินที่ทำการศึกษามีลักษณะการดูดซับโพแทสเซียมบนพื้นผิวดูดซับที่ไม่สม่ำเสมอ (heterogeneous surfaces) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลร่วมของแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุในดิน โดยสมบัติของดินที่มีผลต่อปริมาณและลักษณะการดูดซับโพแทสเซียมของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยชุดดินเชิงคานและชุดดินบางค้ำที่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบและมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ รวมถึงมีร้อยละความอิ่มตัวด้วยโพแทสเซียมสูง มีโอกาสสูญเสียโพแทสเซียมได้ง่ายกว่าชุดดินทับทิมและชุดดินวังไทร ดังนั้นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้แก่อ้อย ในชุดดินเชิงคานและชุดดินบางค้ำ ควรลดอัตราในการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในแต่ละครั้ง และเพิ่มความถี่ในการใส่ปุ๋ย เพื่อลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียปุ๋ยโพแทสเซียมจากกระบวนการชะละลาย

อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาภาคสนามเพื่อหาอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อยในแต่ละชุดดินเพิ่มเติม

### คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยรหัส ก-ช (ด)20.58 ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร สำหรับความอนุเคราะห์ให้อุปกรณ์และสถานที่ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ

### เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.  
สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2559. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2558/2559. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

- เสาวนุช ถาวรพฤษ์, ณัฐพล จิตมาตย์, เพชรดา ปิ่นใจ, ทิมทอง ดรุณสนธยา และ รฐนนท์ เจริญชาติศรี. 2558. การจัดชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์และศักยภาพผลิตภาพของดินที่ใช้ปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงของประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. โครงการการพัฒนาด้านคุณภาพและผลิตภาพของดินเพื่อการผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Ali, W., M. Hussain, M. Ali, M. Mubushar, M. A. R. Tabassam, M. Mohsin, and H. A. A. Nasir. 2013. Evaluation of Freundlich and Langmuir isotherm for potassium adsorption phenomena. Intl. J. Agri. Crop Sci. 6: 1048-1054.
- Bangroo, S. A., M. A. Wani, T. Ali, M. A. Malik, N. A. Kirmani, J. A. Sofi, and F. U. Rasool. 2012. Potassium adsorption characteristics of soils under long term maize-legume cropping sequence. Afr. J. Agric. Res. 7: 6502-6507.
- Bray, R. H., and L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-46.
- Darunsontaya, T., A. Suddhiprakarn, I. Kheoruenromne, and R. J. Gilkes. 2010. The kinetics of potassium release to sodium tetraphenylboron solution from the clay fraction of highly weathered soils. Appl. Clay Sci. 50: 376-385.
- Gee, G.W., and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp. 383-411. In: A. Klute. Methods of Soil Analysis: Part 1-Physical and Mineralogical Methods. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.
- Hafiz, N., S.M. Adity, S. F. Mitu, and A. Rahman. 2016. Effect of manure types on phosphorus sorption characteristics of an agricultural soil in Bangladesh. Cogent Food Agri. 2: 1-13.
- Hannan, A., A. M. Ranjha, M. Waqas, and A. Niaz. 2007. Potassium adsorption characteristics of four different textured alkaline calcareous soils. Pak. J. Agri. Sci. 44: 242-247.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management 7th Edition. Upper Saddle River, New Jersey.
- Nelson, D. W., and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. pp. 539-579. In: A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney. Methods of Soil Analysis: Part 2-Chemical and Microbiological Properties. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.
- Ngwe, K., I. Kheoruenromne, and A. Suddhiprakarn. 2012. Potassium status and physicochemical and mineralogical properties of lowland Vertisols in a rice-based cropping system under tropical savanna climate. Kasetsart J. Nat. Sci. 46: 522-537.
- Pal, Y., R. J. Gilkes, and M. T. F. Wong. 1999. The forms of potassium and potassium adsorption in some virgin soils from south-western Australia. Soil Res. 37: 695-710.
- Pratt, P. F. 1965. Potassium. pp.1023-1031. In: C.A. Black. Methods of Soil Analysis: Part 2-Chemical and Microbiological Properties. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.
- Rao, C. S., A. S. Rao, K. V. Rao, B. Venkateswarlu, and A. K. Singh. 2010. Categorisation of districts based on nonexchangeable potassium: implications in efficient K fertility management in Indian agriculture. Indian J. Fert. 6: 40-54.

- Sharma, R. K., M. Agrawal, and F. Marshall. 2006. Heavy metal contamination in vegetables grown in wastewater irrigated areas of Varanasi, India. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 77: 312– 318.
- Sharpley, A. N., and E. J. Kamath. 1988. Relationship between water soluble and exchangeable soil cations for estimating plant uptake and leaching potential. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 19: 739-753.
- Singh, A. P., S. C. Mehta, and S. B. Mittal. 1988. Potassium adsorption in some potassium depleted soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 35: 375-382.
- Sparks, D. L. 2003. *Environmental soil chemistry*. 2nd Edition. Academic Press, San Diego.
- Thomas, G. W. 1982. Exchangeable cations. pp. 159-165. In: C. A. Black. *Methods of Soil Analysis: Part 2—Chemical and Microbiological Properties*. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.
- Wang, F. L., and P. M. Huang. 2001. Effects of organic matter on the rate of potassium adsorption by soils. *Can. J. Soil Sci.* 81: 325-330.
- Whittig, L. D. 1965. X-ray diffraction technique for minerals identification and mineralogical composition. pp. 671-698. In: C.A. Black. *Methods of Soil Analysis: Part 2—Chemical and Microbiological Properties*. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.