

ผลของปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมต่อระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินและใบขมิ้นชัน

Effect of Potassium Fertilizers on Calcium and Magnesium Levels in Soil and Turmeric Leaf

ชัยสิทธิ์ วัฒนาวังจงสุข สุทธิเดช ขุนทอง* กมรินทร์ นิมนวลรัตน์ และสุรเชษฐ์ นาราภักดิ์
Chaiyasit Wattanawangjongsuk, Sutdacha Khunthong*, Kamarin Nimnualrat
and Surachet Narabhat

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ 10900

Office of Science for Land Development, Land Development Department, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author: sutdacha@hotmail.com

Abstract

Received: December 07, 2020

Revised: October 03, 2021

Accepted: January 28, 2022

High level of potassium is required by turmeric for efficient sugar transport along the phloem, which related to good yield. However, antagonistic effect of potassium to calcium and magnesium content in plant was reported. Therefore, the effect of potassium fertilizers levels on calcium and magnesium content in soil and in turmeric leaf cultivated in low fertility, Tha Sae soil series were studied. A randomized complete block design with four replications was used. Treatments were turmeric grown under six rates of potassium fertilizer application namely 0, 25, 50, 75, 100 and 125 kg K₂O per rai. The results revealed that the application of potassium fertilizer 25 kg K₂O per rai resulted in the highest fresh and dry weight yields of turmeric rhizome, but yields decreased respectively when potassium fertilizers were added in the range of 50-125 kg K₂O per rai. However, curcuminoid, calcium and magnesium concentration in leaf and rhizome decreased with increasing potassium fertilizer application, which was due to the negative interaction of potassium on calcium and magnesium uptake, resulted in the lowering of turmeric yield and quantity of curcuminoid. Because the addition of potassium inhibited calcium and magnesium uptake, quantity and yield quality of turmeric were limited. Therefore, balance of soil and plant nutrients should be adjusted to minimize the antagonism among nutrients. Appropriate calcium and magnesium rates must be added along with potassium fertilizer.

Keywords: turmeric, nutrients interactions, potassium, calcium, magnesium, curcuminoid

บทคัดย่อ

ขมิ้นชันต้องการโพแทสเซียมสูงเนื่องจากช่วยลำเลียงน้ำตาลทางท่ออาหารไปยังเหง้า อย่างไรก็ตามมีรายงานอันตรกิริยาเชิงลบของโพแทสเซียมต่อปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม จึงศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินและใบขมิ้นชันที่ปลูกในชุดดินท่าแซะ ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 4 ซ้ำ มี 6 การับการทดลอง ได้แก่ การปลูกขมิ้นชันและใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในระดับ 0, 25, 50, 75, 100 และ 125 กก. K_2O /ไร่ ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 25 กก. K_2O /ไร่ ส่งผลให้ได้ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเหง้าขมิ้นชันสูงสุดในขณะที่ การเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมในช่วง 50-125 กก. K_2O /ไร่ ทำให้ผลผลิตลดลง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในทุกอัตรา มีผลให้ความเข้มข้นแคลเซียม แมกนีเซียม ในใบและเหง้าขมิ้นชัน รวมถึงสารเคอร์คูมินอยด์ลดลง เนื่องจากโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นเป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียม จึงเป็นปัจจัยจำกัดปริมาณและคุณภาพผลผลิต ดังนั้นเพื่อปรับความสมดุลของธาตุอาหารในดินและพืช จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมควบคู่กับโพแทสเซียมเพื่อลดอันตรกิริยาระหว่างธาตุอาหาร

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน อันตรกิริยาระหว่างธาตุอาหารโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เคอร์คูมินอยด์

คำนำ

ปัจจุบันรัฐบาลมีการสนับสนุนด้านการพัฒนางานวิจัยและการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรของไทย ทั้งในด้านการผลิตเป็นยารักษาโรคเพื่อทดแทนการนำเข้ายา

แผนปัจจุบันจากต่างประเทศ และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่า รวมทั้งผลักดันให้เป็นสินค้าส่งออก โดยเฉพาะขมิ้นชัน (Turmeric: *Curcuma longa* L.) จัดเป็นพืชสมุนไพร 1 ใน 6 ชนิดของยาอายุรเวทหลัก เนื่องจากในเหง้าขมิ้นชันพบสารเคอร์คูมินอยด์ (Curcuminoid) มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย ทั้งทางด้านยาอาหาร และเครื่องสำอาง สำหรับพื้นที่ปลูกขมิ้นชันในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 5,000 ไร่ ร้อยละ 90 ปลูกอยู่ในภาคใต้ ส่วนใหญ่ปลูกเป็นพืชรองหรือพืชเสริมรายได้ มีรายงานแหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พังงา ชุมพร พัทลุง ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา สระแก้ว ชลบุรี กาญจนบุรี และนครราชสีมา ผลผลิตรวมทั้งประเทศ ประมาณ 10,000 ตัน และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ ประมาณ 2,000 กก. (Office of Agricultural Economics, 2005) ขมิ้นชันเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 20-35°C. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-80 พื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 450-900 เมตร ดินเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย หน้าดินลึก 30 ซม. ความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ในช่วง 5-7 ปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,000-2,000 มม./ปี โดยทั่วไปดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกขมิ้นชัน จึงอยู่บริเวณพื้นที่ดอนในเขตดินชั้น ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 26, 27, 32, 34, 39, 42, 43, 45, 50, 51, 53 (Land Development Department, 2017)

อย่างไรก็ตามการปลูกขมิ้นชันให้ได้ทั้งปริมาณผลผลิตและมีคุณภาพ และยังคงความความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ในกระบวนการปลูก จำเป็นต้องมีการจัดการดูแลตามหลักวิชาการ โดยเฉพาะการจัดการธาตุอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมปริมาณผลผลิตและคุณภาพของขมิ้นชัน แต่ในปัจจุบันข้อมูลพื้นฐานของปริมาณธาตุอาหารหลัก สำหรับใช้จัดการธาตุอาหารในขมิ้นชัน ยังไม่มีการศึกษาแน่ชัดถึงอัตราปุ๋ยของธาตุอาหารหลักในช่วงที่เหมาะสม รวมถึงยังไม่มีมีการกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการให้คำแนะนำเกษตรกรส่วนใหญ่มักใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50

กก./ไร่ (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์) โดยมีรายงานอัตราปุ๋ยแนะนำสำหรับฝือก ซึ่งเป็นพืชให้ผลผลิตเหง้าเช่นเดียวกับขมิ้นชัน ว่าควรใส่ปุ๋ย $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 24-8-24 กก./ไร่ ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Department of Agriculture, 2005) การใช้ปุ๋ยของเกษตรกรในปัจจุบัน จึงอาจส่งผลให้ขมิ้นชันได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอหรือมากเกินไป ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะโพแทสเซียมเป็นธาตุที่พืชให้ผลผลิตหัวหรือในไม้ผลต้องการสูง เนื่องจากช่วยลำเลียงน้ำตาลไปสะสมในผลผลิต ทำให้เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมจึงได้ผลผลิตดี เกษตรกรจึงนิยมใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณสูง ซึ่งบางครั้งเกินความจำเป็น จึงมีการสะสมในดินและมีสภาวะปฏิปักษ์ (Antagonism) ต่อแคลเซียมและแมกนีเซียม

จากความสามารถในการไล่ที่ของโพแทสเซียมในดิน ถึงแม้โพแทสเซียมจะมีประจุน้อยกว่า แต่เมื่อมีปริมาณมากก็สามารถไล่ที่แคลเซียมและแมกนีเซียมได้ ทำให้พืชดูดธาตุทั้งสองชนิดได้น้อยลง เช่น ในกรณีของลองกองที่ขาดแคลเซียม และแมกนีเซียม พบว่ามีโพแทสเซียมในใบเกินความต้องการ (Onthong *et al.*, 2006) หรือในกรณีของปาล์มน้ำมัน มีรายงานการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูง มีผลลดการดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียม ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์มากกว่า 4 กก./ต้น/ปี ทำให้ความเข้มข้นแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบลดลง 13 และ 34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Nilnond *et al.*, 2001) นอกจากนี้ มีรายงานการศึกษาในส้มโอพบว่าส้มโอมีแนวโน้มดูดใช้โพแทสเซียมสูงเกินความต้องการ (Luxury consumption) เมื่อสัดส่วนจำนวนโมลของ Mg/K ในดินต่ำ ในขณะที่เมื่อสัดส่วนจำนวนโมลของ Ca/Mg สูงขึ้น พบว่าส้มโอสามารถดูดใช้แคลเซียมได้เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงสมบัติปฏิปักษ์ระหว่างกัน การจัดการธาตุอาหารทั้งสามชนิดนี้จึงควรดำเนินการร่วมกัน เพื่อให้มีสัดส่วนที่เหมาะสม และป้องกันไม่ให้อินทรีย์ปุ๋ยโพแทสเซียมโดยไม่จำเป็น (Maneepong, 2008)

ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินและใบขมิ้นชันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้จัดการธาตุอาหารในดินและพืชให้เกิดความสมดุล อันจะนำไปสู่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มุ่งสู่ความยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองในภาคสนาม ขุดดินท่าแซะ (Tha Sae series: Te, Fine-loamy, Kaolinitic, Isohyperthermic Typic Kandudults) พิกัด 47Q 588609E, 965648N ซึ่งเป็นขุดดินที่อยู่บริเวณพื้นที่ดอนในเขตดินชั้น สภาพแวดล้อมทั่วไปเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของขมิ้นชัน แต่มีข้อจำกัดเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ จึงเหมาะต่อการเลือกเป็นขุดดินตัวแทน เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมของขมิ้นชัน ซึ่งยังไม่มีข้อมูลการศึกษามาก่อน วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 4 ซ้ำ มี 6 ดำรับการทดลอง ได้แก่ การปลูกขมิ้นชันและใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในระดับ 0, 25, 50, 75, 100 และ 125 กก. K_2O /ไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้ทุกดำรับการทดลองมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (N และ P_2O_5) ในอัตรา 23 และ 11 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยประเมินจากปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิตระดับธาตุอาหารในดิน และพิจารณาจากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับฝือก (Department of Agriculture, 2005) แต่ละแปลงย่อยมีขนาด 6x3 เมตร ปลูกขมิ้นชันในระยะ 35x50 ซม. การใส่ปุ๋ยแบ่งใส่สองครั้ง ๆ แรก หลังการปลูก 1 เดือน ครั้งที่สอง หลังการปลูก 3 เดือน เริ่มปลูกขมิ้นชันในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 และเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนเมษายน พ.ศ. 2563

การเก็บตัวอย่างดินและพืช

ก่อนการทดลองสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. เพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษาสำหรับใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากนั้นแยกเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อยพร้อมกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระยะ 330 วันหลังปลูก เพื่อประเมินสถานะการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร เก็บตัวอย่างจากใบและเหง้าสำหรับใช้ติดตามการสะสมธาตุอาหาร ตัวอย่างใบสุ่มเก็บใบที่ขยายตัวเต็มที่ลำดับที่สองจากยอด ในช่วงกลางฤดูปลูกที่ระยะ 165 วัน หลังปลูก จำนวน 6-8 ต้น/แปลง (Office of Science for Land Development, 2004a) ตัวอย่างเหง้าเก็บตัวอย่างในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยสุ่มตัวอย่างในแต่ละแปลงย่อยที่มีขนาดกอเท่า ๆ กัน มาแปลงละ 4 กอ สำหรับนำส่งห้องปฏิบัติการ และใช้ประเมินผลผลิต

การบันทึกข้อมูลผลผลิต

นำตัวอย่างเหง้าขมิ้นชันในแต่ละแปลงย่อยมาล้างทำความสะอาด ตัดส่วนของรากออก ชั่งและบันทึกน้ำหนักสดของขมิ้นชันแต่ละกอ คำนวณน้ำหนักสดที่ได้เป็นผลผลิตต่อแปลงย่อยและต่อไร่ ตามลำดับ จากนั้นนำเหง้าขมิ้นชันในแต่ละแปลงย่อย ประมาณ 50 กรัม มาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ นำไปชั่งน้ำหนักก่อนอบด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 65°C. จนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาน้ำหนักแห้ง (Office of Science for Land Development, 2004a) ประเมินน้ำหนักแห้งที่ได้เป็นผลผลิตต่อแปลงย่อยและต่อไร่ ตามลำดับ

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินและพืช

การวิเคราะห์ดิน นำตัวอย่างดินมาอบที่อุณหภูมิ 40°C. เป็นเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นจึงบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มม. (ISO 11464, 2006) นำตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ค่าพีเอช (pH, ดิน:น้ำ 1:1) (ISO 10390, 2005) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) (ISO 13878, 1998) รวมถึงปริมาณอินทรีย์วัตถุ

(Organic matter) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่สกัดได้ (Extractable potassium, Calcium and Magnesium) ตามคู่มือวิเคราะห์ดิน (Jones, 2001) นอกจากนี้ หาขนาดอนุภาคเนื้อดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer method) (Bouyoucos, 1927)

ส่วนการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช นำตัวอย่างใบขมิ้นชันมาเช็ดสิ่งปนเปื้อน ด้วยผ้าสะอาดที่ผ่านการชุบน้ำกลั่นพอหมาด ๆ ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ส่วนเหง้าขมิ้นชัน นำเหง้าที่ผ่านการล้างเอาดินออก ประมาณ 200 กรัม มาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ หลังจากนั้น นำตัวอย่างใบและเหง้า ไปอบที่อุณหภูมิ 65°C. จนน้ำหนักคงที่ นำตัวอย่างไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช สำหรับใช้วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงทั้งหมด (Total nitrogen, Phosphorus, potassium, Calcium, Magnesium sulfur, Iron, Manganese, Zinc and Copper) ตามคู่มือวิเคราะห์พืช (Jones, 2001)

การวิเคราะห์สารเคอร์คูมินอยด์

ชั่งตัวอย่างขมิ้นชันที่ผ่านการบดเป็นผง ประมาณ 0.3000 กรัม ใส่ขวดปริมาตรขนาด 10 มล. บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ละลายตัวอย่างด้วยสารละลายเตตระไฮโดรฟิวแรน (Tetrahydrofuran) และปรับปริมาตรให้ได้ 10 มล. พร้อมกับทำแบลนด์ นำไปเขย่าเบา ๆ บนเครื่องเขย่าเป็นระยะเวลา 24 ชม. หลังเขย่า ดูดสารละลายใสเหนือตะกอน มา 1 มล. ใส่ในขวดปริมาตรที่ 1 ปรับปริมาตรเป็น 25 มล. ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) จากนั้นดูดสารละลายจากขวดปริมาตรที่ 1 มา 1 มล. ใส่ในขวดปริมาตรที่ 2 ปรับปริมาตรเป็น 50 มล. ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยวัดสารละลาย

มาตรฐานเคอร์คิวมิน (Curcumin) ความเข้มข้น 0, 0.8, 1.6, 2.4 และ 3.2 มก./ล. ดัดแปลงจาก (Ministry of Public Health, 2009) จากนั้นวัดค่าแบลงค์และสารละลายตัวอย่าง ตามลำดับ หาสมการความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน นำสมการที่ได้หาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง และคำนวณย้อนกลับเพื่อหาความเข้มข้นเคอร์คิวมินอยด์ ในหน่วยเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามวิธีสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD) นอกจากนี้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหารในใบและเหง้าขมิ้นชันกับผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณสารเคอร์คิวมินอยด์ โดยใช้วิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบเส้นตรงเชิงเดี่ยวของข้อมูลตัวอย่าง (Sample simple linear regression analysis) และใช้สมการเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) ขึ้นอยู่กับลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้น ๆ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ข้อมูลดินที่ใช้ศึกษา

ดินที่ใช้ในการศึกษาเป็นชุดดินท่าชะ สามารถพบได้ในบริเวณที่ดอนที่มีหินพื้นเป็นหินทรายในบริเวณภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศ ลักษณะดินเกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ของกลุ่มหินเนื้อหยาบ หรืออาจถูกเคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางใกล้ ๆ โดยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่งผลให้ชุดดินท่าชะเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ทดสอบการตอบสนองต่อธาตุอาหารของพืช สอดคล้องกับผลวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง พบว่าลักษณะดินจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อหยาบ มีอนุภาคนาตรายสูง ปฏิกริยาดินเป็นกรดรุนแรงมาก ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในโตรเจน

ทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำ (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะดินเนื้อหยาบ มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารต่ำ แต่มีการระบายน้ำดี เมื่อเกิดฝนตกหรือมีน้ำไหลบ่าหน้าดิน ธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่จึงถูกชะละลายออกไป ในขณะที่ไฮโดรเจนไอออน (H^+) มีความสามารถในการไล่ที่หรือแทนที่บริเวณผิวคอลลอยด์ดินหรือบริเวณที่สามารถแลกเปลี่ยนได้สูงกว่าแคตไอออนอื่น ๆ จึงมักเหลือตกค้างอยู่ในดินและส่งผลให้ดินเป็นกรด นอกจากนี้ลักษณะดินเนื้อหยาบมีส่วนช่วยให้ออกซิเจนในดินแพร่กระจายได้ดี จึงช่วยเร่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารในดิน มีผลให้อินทรีย์วัตถุถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วจึงมีเหลือตกค้างอยู่ในดินต่ำ ดังนั้นการปลูกพืชบริเวณพื้นที่ดังกล่าวจำเป็นต้องมีการปรับปรุงดินให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ การยกกระดบพีเอชโดยการใช้วัสดุปูน การเพิ่มอินทรีย์วัตถุโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ควบคู่กับการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินโดยการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นต้น (Soil Resources Survey and Research Division, 2017) อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยในพืชแต่ละชนิดจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงระดับความเพียงพอต่อความต้องการของพืชแบบเฉพาะเจาะจง

ผลของระดับโพแทสเซียมต่อสมบัติดินบางประการ

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชให้ผลผลิตหัวหรือเหง้าต้องการในปริมาณสูง เนื่องจากทำหน้าที่ลำเลียงน้ำตาลไปสะสมในส่วนดังกล่าว อย่างไรก็ตามมีรายงานอันตรกิริยาเชิงลบระหว่างโพแทสเซียมกับธาตุอาหารอื่น ๆ (Osotsapar, 2009) จากการทดสอบอันตรกิริยาของโพแทสเซียมต่อธาตุอาหารบางชนิดในดินปลูกขมิ้นชันโดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ระดับ 0, 25, 50, 75, 100 และ 125 กก. K_2O /ไร่ และประเมินสมบัติดินหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าระดับพีเอชดิน (Figure 1a) อินทรีย์วัตถุในโตรเจนทั้งหมด (Figure 1b) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัด

ได้ (Figure 1c) รวมถึงสัดส่วนธาตุอาหารในดิน ระหว่าง N/K, P/K, Ca/K และ Mg/K ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1d) ซึ่งให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 25-125 กก.K₂O/ไร่ ไม่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารชนิดอื่นในดิน ทั้งนี้ อาจเนื่องจาก ชุดดินท่าแซะเป็นดินเนื้อหยาบ อินทรีย์วัตถุต่ำ การระบายน้ำดี ส่งผลให้ธาตุอาหารที่เพิ่มลงไป ในส่วนที่เหลือจากพืชดูดใช้ จะถูกชะ

ละลายออกไปเมื่อฝนตก เหลือเพียงไฮโดรเจนไอออนที่มีความสามารถในการไล่ที่สูงกว่าไอออนชนิดอื่น จึงเหลือตกค้างอยู่ในดิน สอดคล้องกับค่าพีเอชดิน ซึ่งยังคงอยู่ในระดับเดียวกับในช่วงก่อนการทดลอง อย่างไรก็ตาม อันตรกิริยาของโพแทสเซียมต่อการดูดสะสมธาตุอาหารบางธาตุในพืช สามารถประเมินจากผลวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารเหล่านั้นในพืช

Table 1 Properties of Tha Sae soil series in the experimental area

Soil properties	Analysis results	Interpretation of results
Sand (%)	80.50	-
Silt (%)	6.50	-
Clay (%)	13.0	-
Texture	Sandy loam	Coarse textured soil ^{1/}
pH	4.50	Extremely acid ^{1/}
OM (g/kg)	13.50	Low ^{1/}
N (g/kg)	0.95	Low ^{2/}
Avail. P (mg/kg)	1.62	Very low ^{1/}
Extr. K (mg/kg)	39.83	Low ^{1/}
Extr. Ca (mg/kg)	58.67	Very low ^{1/}
Extr. Mg (mg/kg)	18.75	Very low ^{1/}

^{1/}Office of Science for Land Development (2004b); ^{2/}Nyi *et al.* (2017)

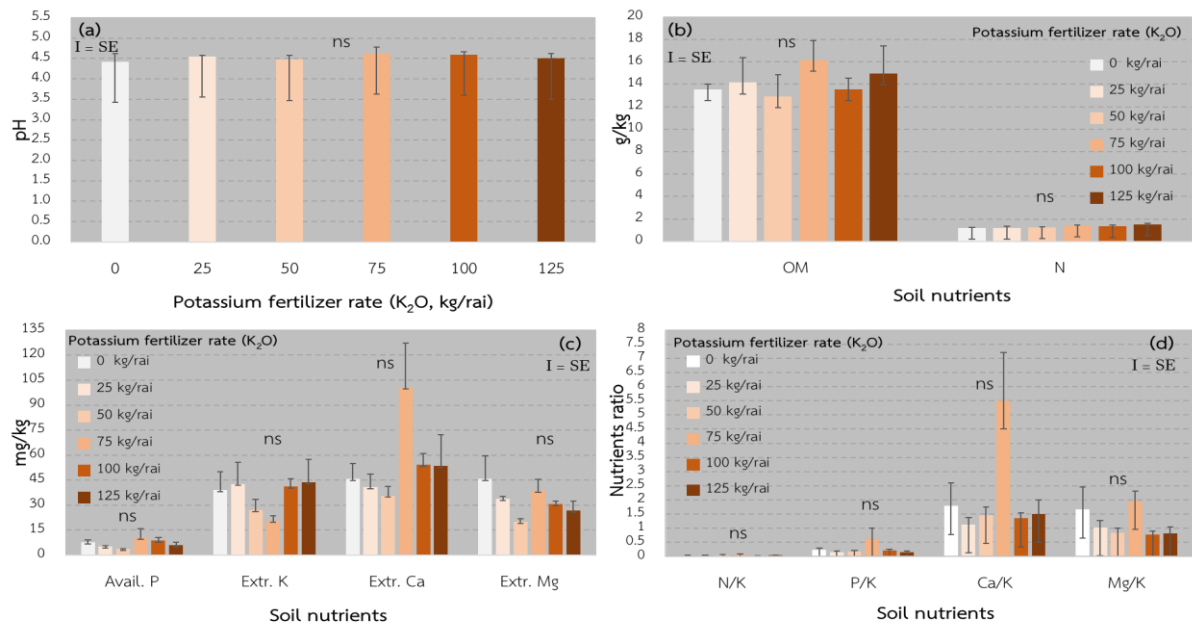


Figure 1 Effect of potassium levels on soil pH (a), organic matter, total nitrogen (b), available phosphorus, extractable potassium, calcium, magnesium (c) soil nutrients ratio N/K, P/K, Ca/K and Mg/K (d) (ns=no significant difference at $P>0.05$, SE=standard error)

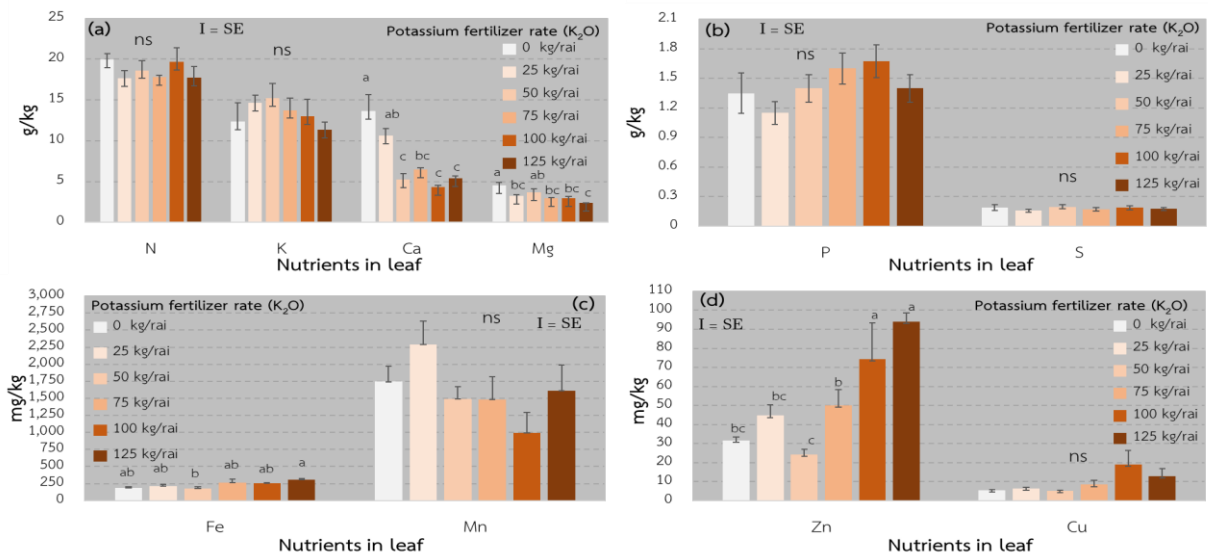


Figure 2 Effects of potassium levels on the nutrient concentrations in turmeric leaf were nitrogen, potassium, calcium and magnesium (a), phosphorus and sulfur (b), iron and manganese (c), zinc and copper (d) (ns=no significant difference at $P>0.05$, different letters indicate significant difference at $P\leq 0.05$ HSD, SE=standard error)

ผลของระดับโพแทสเซียมต่อความเข้มข้นธาตุอาหารในใบขมิ้นชัน

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบช่วยบ่งชี้ความเพียงพอหรือความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชจากการทดสอบอันตรกิริยาของโพแทสเซียมต่อธาตุอาหารบางชนิดในใบขมิ้นชัน โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ระดับ 0, 25, 50, 75, 100 และ 125 กก. K_2O /ไร่ และประเมินความเข้มข้นธาตุอาหารในใบที่ขยายตัวเต็มที่ในช่วงกลางฤดูปลูก พบว่าขมิ้นชันมีแนวโน้มดูดใช้โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เพิ่มในดิน อย่างไรก็ตาม การดูดใช้เริ่มลดลงเมื่ออัตราปุ๋ยโพแทสเซียมมากกว่า 50 กก. K_2O /ไร่ ซึ่งให้เห็นถึงขีดจำกัดในการตอบสนองต่อโพแทสเซียมของขมิ้นชัน นอกจากนี้พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบเริ่มลดลง จาก 13.7 และ 4.6 ก./กก. อยู่ในระดับ 10.7, 5.3, 6.5, 4.3, 5.4 และ 3.3, 3.7, 2.9, 2.9, 2.4 ก./กก. เมื่อมีการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 25, 50, 75, 100 และ 125 กก. K_2O /ไร่ ตามลำดับ (Figure 2a) แสดงให้เห็นถึงอันตรกิริยาของโพแทสเซียมที่มีต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมอย่างเด่นชัด โดยเฉพาะแคลเซียม เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนของ Ca/K ในใบ พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในช่วง 50-125 กก. K_2O /ไร่ ส่งผลให้สัดส่วน Ca/K อยู่ในช่วง 0.36-0.49 ต่ำกว่าสัดส่วนของค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยในอัตรา 25 กก. K_2O /ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ย 0.74 และ 1.27 ตามลำดับ (Figure 3a) ดังนั้น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับขมิ้นชันควรคำนึงถึงผลกระทบต่อการใช้ธาตุดังกล่าว ในขณะที่ผลการทดลองไม่พบอันตรกิริยาที่แน่ชัดต่อไนโตรเจน (Figure 2a) ฟอสฟอรัส กำมะถัน (Figure 2b) เหล็ก และแมงกานีสในใบ (Figure 2c) สำหรับความเข้มข้น

แมงกานีสในทุกค่ารับการทดลอง พบว่ามีความเข้มข้นสูงกว่า 900 มก./กก. ซึ่งอยู่ในช่วงที่สูงเกินความต้องการของพืชทั่วไปและอาจเป็นพิษต่อพืช (Kalra, 1998) สาเหตุเนื่องจากดินมีพีเอชต่ำ ส่งผลให้แมงกานีสในรูปแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) สามารถละลายออกมาได้ดี (Khunthong *et al.*, 2020) ดินขมิ้นชันจึงดูดแมงกานีสไปสะสมในใบเกินความจำเป็น ดังนั้น การปลูกพืชบริเวณชุดดินท่าชะ จะต้องแก้ปัญหาความเป็นกรดของดินก่อน มีรายงานหากพีเอชของดินเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ความเข้มข้นของแมงกานีสไอออนในสารละลายดินจะลดลง 100 เท่า (Osotsapar, 2009) อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการเพิ่มปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียม ความเข้มข้นแมงกานีสในใบมีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้น (Figure 2c) แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอาจช่วยลดการดูดใช้แมงกานีส ซึ่งอาจนำไปปรับใช้เพื่อลดความเป็นพิษของแมงกานีสในพื้นที่อื่น ๆ สำหรับความเข้มข้นสังกะสีในใบ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม โดยเฉพาะเมื่อใส่ปุ๋ยตั้งแต่ 100 กก. K_2O /ไร่ ขึ้นไป (Figure 2d) สอดคล้องกับสัดส่วน Zn/K ในใบ พบว่าอยู่ในระดับสูงกว่าค่ารับการทดลองที่ไม่เพิ่มโพแทสเซียมอย่างเด่นชัด (Figure 3d) แสดงให้เห็นว่ากรณีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในชุดดินท่าชะสำหรับขมิ้นชัน ส่งผลให้เกิดอันตรกิริยาเชิงบวกต่อการดูดสังกะสีไปสะสมในใบ อาจเนื่องจากสังกะสีทำหน้าที่เร่งกิจกรรมของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดีสมิวเทส (Super Oxide Dismutase, SOD) เพื่อสลายอนุมูลอิสระที่เกิดจากการสะสมแมงกานีสในเซลล์มากเกินไป ซึ่งช่วยลดสภาวะเครียดของพืช (Li *et al.*, 2017) จึงกระตุ้นให้ต้นขมิ้นชันดูดสังกะสีมาสะสมบริเวณใบพร้อมกับการดูดใช้โพแทสเซียม

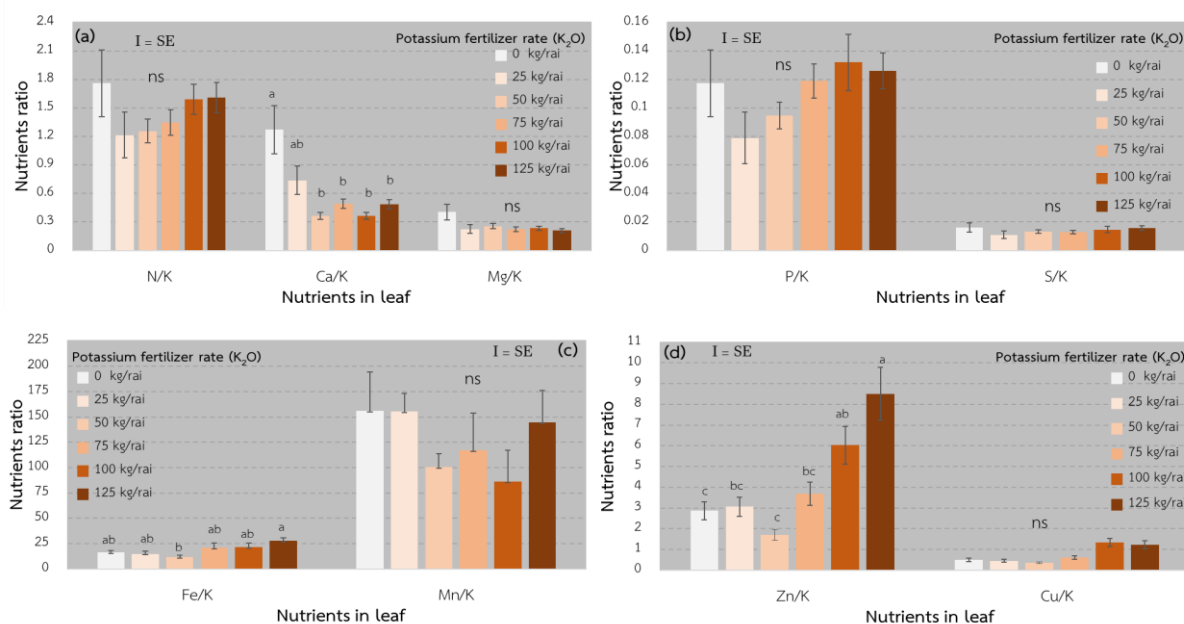


Figure 3 Effect of potassium levels on nutrient ratios in turmeric leaf were N/K, Ca/K and Mg/K (a) P/K and S/K (b), Fe/K and Mn/K (c), Zn/K and Cu/K (d) (ns=no significant difference at $P>0.05$, different letters indicate significant difference at $P\leq 0.05$ HSD, SE=standard error)

ผลของระดับโพแทสเซียมต่อความเข้มข้นธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชัน

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชันช่วยบ่งชี้ระดับธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิต ทำให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียออกจากพื้นที่คืนสู่ดิน จากการทดสอบอันตรกิริยาของโพแทสเซียมต่อธาตุอาหารบางชนิดในเหง้าขมิ้นชัน โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ระดับ 0, 25, 50, 75, 100 และ 125 กก. K_2O /ไร่ และประเมินความเข้มข้นธาตุอาหารในเหง้าขมิ้นชันในระยะเก็บเกี่ยว พบว่าการสะสมโพแทสเซียมในเหง้าขมิ้นชันเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่ เนื่องจากโพแทสเซียมทำหน้าที่ลำเลียงน้ำตาลมาสะสมในผลผลิต ทั้งนี้ ความเข้มข้นโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นมีผลให้การสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียมในเหง้าขมิ้นชันลดลง (Figure 4a) เช่นเดียวกับกรณีของความเข้มข้นในใบ เนื่องจากการเป็นปฏิปักษ์ต่อกันของธาตุอาหาร

นอกจากนี้ พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจน (Figure 4a) และเหล็ก (Figure 4c) เริ่มลดลงอย่างชัดเจนเมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ระดับ 125 กก. K_2O /ไร่ ส่วนสังกะสี (Figure 4d) มีความเข้มข้นลดลงเมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กก. K_2O /ไร่ แสดงให้เห็นว่า การตอบสนองระหว่างธาตุอาหารแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน การศึกษาผลของอันตรกิริยาจากการใช้ปุ๋ยจึงเป็นสิ่งจำเป็น ในขณะที่อันตรกิริยาต่อฟอสฟอรัส (Figure 4b) และแมงกานีส (Figure 4c) ยังไม่มีความชัดเจน โดยเฉพาะกรณีของแมงกานีส เหง้าขมิ้นชันมีการสะสมแมงกานีสเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม โดยแมงกานีสมีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต (Osotsapar, 2009) มีรายงานเหง้าขมิ้นชันมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ (Nelson *et al.*, 2017) แมงกานีสจึงเพิ่มขึ้นตามระดับโพแทสเซียม ซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงสารต่าง ๆ มาสะสมในเหง้า

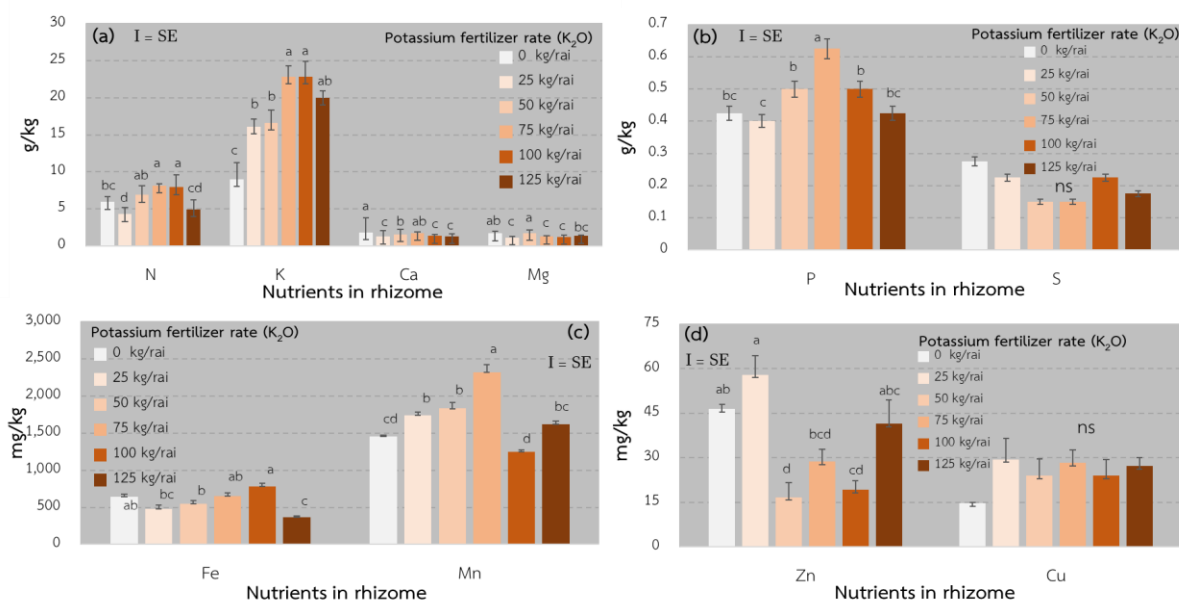


Figure 4 Effects of potassium levels on the nutrient concentrations in turmeric rhizome were nitrogen, potassium, calcium and magnesium (a), phosphorus and sulfur (b), iron and manganese (c), zinc and copper (d) (ns=no significant difference at $P > 0.05$, different letters indicate significant difference at $P \leq 0.05$ HSD, SE=standard error)

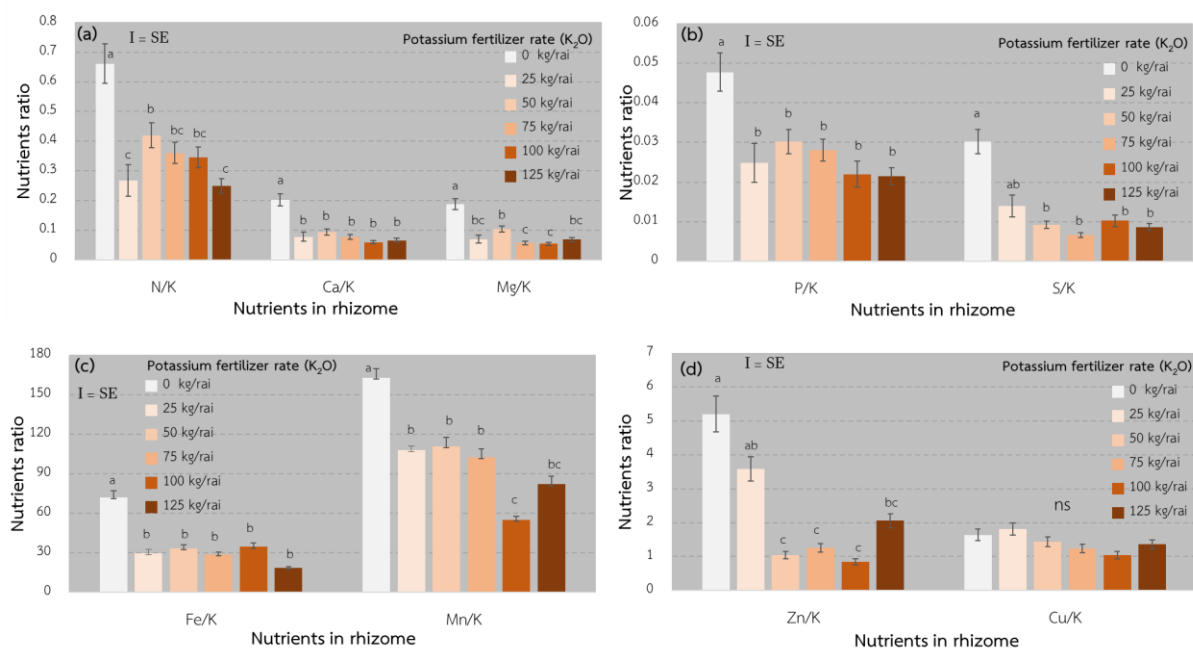


Figure 5 Effect of potassium levels on nutrient ratios in turmeric rhizome were N/K, Ca/K and Mg/K (a), P/K and S/K (b) Fe/K and Mn/K (c), Zn/K and Cu/K (d) (ns=no significant difference at $P > 0.05$, different letters indicate significant difference at $P \leq 0.05$ HSD, SE=standard error)

อย่างไรก็ตามความเข้มข้นแมงกานีสลดลง เมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตรา 100 กก. K_2O /ไร่ เนื่องจากความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่สูงเกินไปมีผลเหนี่ยวนำให้พืชดูดแมงกานีสได้น้อยลง นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนระหว่างธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ กับโพแทสเซียมในเหง้าขมิ้นชัน พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลให้สัดส่วนธาตุอาหารส่วนใหญ่ อยู่ในระดับต่ำกว่าค่ารับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (Figure 5a-5d) โดยเฉพาะกรณีของ Zn/K พบว่ามีค่าลดลงอย่างเด่นชัดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยตั้งแต่ 50 กก. K_2O /ไร่ ขึ้นไป ทั้งที่สังกะสีในใบมีการสะสมเพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียม แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมมีอันตรกิริยาเชิงบวกต่อการดูดสังกะสีสะสมในใบเนื่องจากสังกะสีมีบทบาทช่วยลดความเครียดที่เกิดจากแมงกานีส ในขณะที่เป็นปฏิปักษ์ต่อการเคลื่อนย้ายสังกะสีไปสะสมในเหง้า อาจเนื่องจากสังกะสีมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายภายในเซลล์ต่ำกว่าโพแทสเซียม ดังนั้นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับขมิ้นชันควรระวังผลกระทบเชิงลบที่อาจมีผลยับยั้งการเคลื่อนย้ายสังกะสีภายในเซลล์

ผลของระดับโพแทสเซียมต่อผลผลิตขมิ้นชัน

จากการทดสอบอันตรกิริยาของโพแทสเซียมต่อธาตุอาหารบางชนิดสำหรับขมิ้นชัน โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ระดับ 0, 25, 50, 75, 100 และ 125 กก. K_2O /ไร่ และประเมินผลผลิตขมิ้นชัน พบว่าการใส่ปุ๋ยที่ระดับ 25 กก. K_2O /ไร่ ส่งผลให้ได้ผลผลิตน้ำหนัสดและน้ำหนักแห้งของเหง้าขมิ้นชันสูงสุด 1,648 และ 184 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ เมื่ออัตราปุ๋ยเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลผลิตลดลง (Figure 6a) แสดงให้เห็นถึงขีดจำกัดในการตอบสนองต่อปริมาณโพแทสเซียมของขมิ้นชัน

อาจเนื่องจากโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นเป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดใช้ธาตุอาหารชนิดอื่น โดยเฉพาะแคลเซียมและแมกนีเซียม (Figure 2a) พบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยมากกว่า 25 กก. K_2O /ไร่ ส่งผลให้ความเข้มข้นแคลเซียมในใบลดลงอยู่ในระดับต่ำกว่า 10 ก./กก. ซึ่งจัดอยู่ในช่วงขาดแคลนสำหรับพืชทั่วไป ส่วนความเข้มข้นแมกนีเซียมในใบเริ่มลดลงอย่างเด่นชัด และอยู่ในช่วงขาดแคลน (Kalra, 1998) เมื่อใส่ปุ๋ยมากกว่า 50 และ 100 กก. K_2O /ไร่ ตามลำดับ โดยแคลเซียมทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์สร้างความแข็งแรงให้กับท่อลำเลียงน้ำและอาหารของต้นขมิ้นชัน ดังนั้น เมื่อผนังเซลล์ของท่อลำเลียงมีแคลเซียมไม่เพียงพอจึงกระทบต่อความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหาร ความแข็งแรงของผนังเซลล์ยังช่วยให้ต้นขมิ้นชันต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช มีรายงานการใช้ปูนเผาซึ่งเป็นแหล่งของแคลเซียมอัตรา 800 กก./ไร่ ช่วยแก้ปัญหาการเกิดโรคเหี่ยวของขมิ้นชัน (Department of Agricultural Extension, 2008) ในขณะที่ แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เมื่อในใบมีความเข้มข้นต่ำทำให้มีผลต่อความสามารถในการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต (Osotsapar, 2009) ดังนั้น เมื่อต้นขมิ้นชันขาดแคลเซียมและแมกนีเซียมจึงส่งผลให้ได้ผลผลิตต่ำ นอกจากนี้ เมื่อประเมินจากความเข้มข้นของสารเคอร์คูมินอยด์ในเหง้าขมิ้นชัน พบว่าทุกค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีความเข้มข้นเคอร์คูมินอยด์ไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง 13-14.3 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่ารับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีความเข้มข้นเคอร์คูมินอยด์สูงสุด 21.8 เปอร์เซ็นต์ (Figure 6b)

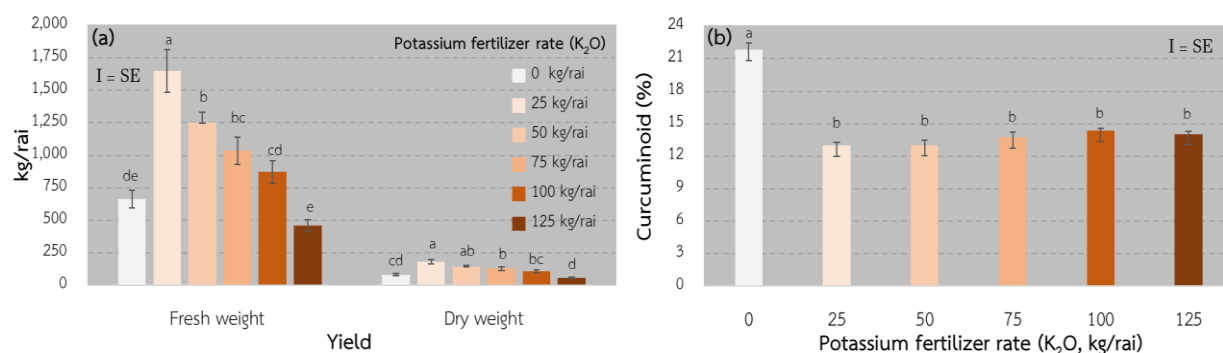


Figure 6 Effect of potassium levels on fresh and dry weight yields (a) of turmeric rhizome and curcuminoid contents (b) (different letters indicate significant difference at $P \leq 0.05$ HSD, SE=standard error)

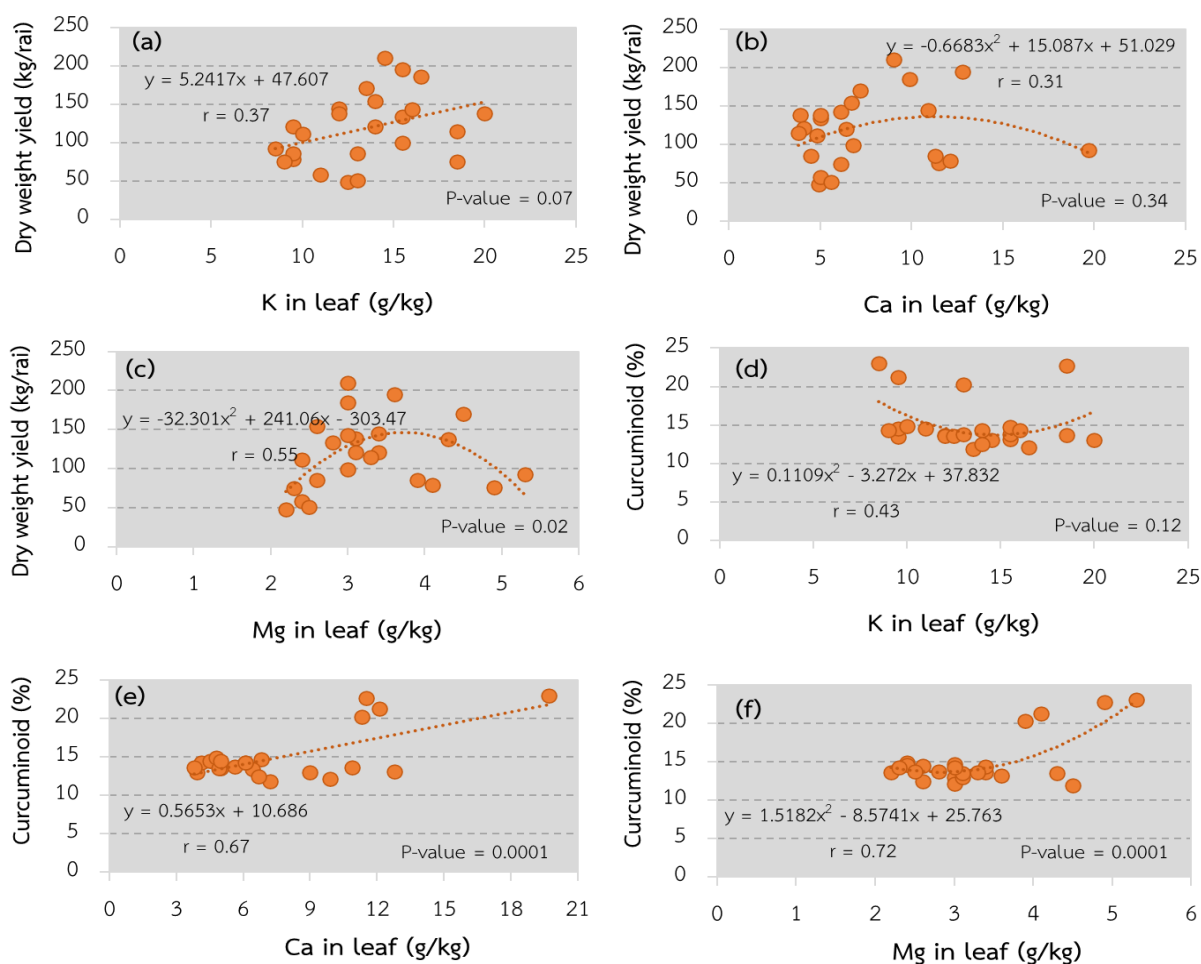


Figure 7 The correlation between the concentrations of potassium (a), calcium (b) and magnesium (c) in leaf with dry weight yield and the correlation between the concentrations of potassium (d), calcium (e) and magnesium (f) in leaf with the curcuminoid contents

แสดงให้เห็นว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้น มีผลยับยั้งการผลิตรากง่าม อาจเนื่องจากการเพิ่มปุ๋ย โพแทสเซียมเป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดใช้แคลเซียมและ แมกนีเซียม จึงมีผลต่อกิจกรรมการสังเคราะห์สาร เคอร์คูมินอยด์ ตามบทบาทหน้าที่ของแคลเซียมและ แมกนีเซียมที่จำเป็นสำหรับพืช ดังที่กล่าวไว้ในข้างต้น สอดคล้องกับผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบ (Figure 7e-7f) และ เหง้ามันชัน (Figure 8e-8f) กับปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ พบว่ามีความสัมพันธ์กัน เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นทั้งในส่วนของใบและเหง้า

มีแนวโน้มส่งผลให้ความเข้มข้นของสารเคอร์คูมินอยด์ เพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากลักษณะความสัมพันธ์ของ โพแทสเซียมในเหง้า พบว่าปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเหง้ามีความเข้มข้นโพแทสเซียม เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงผลของสภาวะปฏิปักษ์ที่เกิดจาก โพแทสเซียมกระทำต่อแคลเซียมและแมกนีเซียม ในขณะที่ เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น ธาตุอาหารในใบและเหง้ากับผลผลิตน้ำหนักแห้ง พบว่า แมกนีเซียมในใบ (Figure 7c) และเหง้า (Figure 8c) มีความสัมพันธ์กับผลผลิตในลักษณะเส้นโค้งอย่างเด่นชัด ส่วนกรณีของแคลเซียมไม่พบความสัมพันธ์ (Figure 7b, 8b)

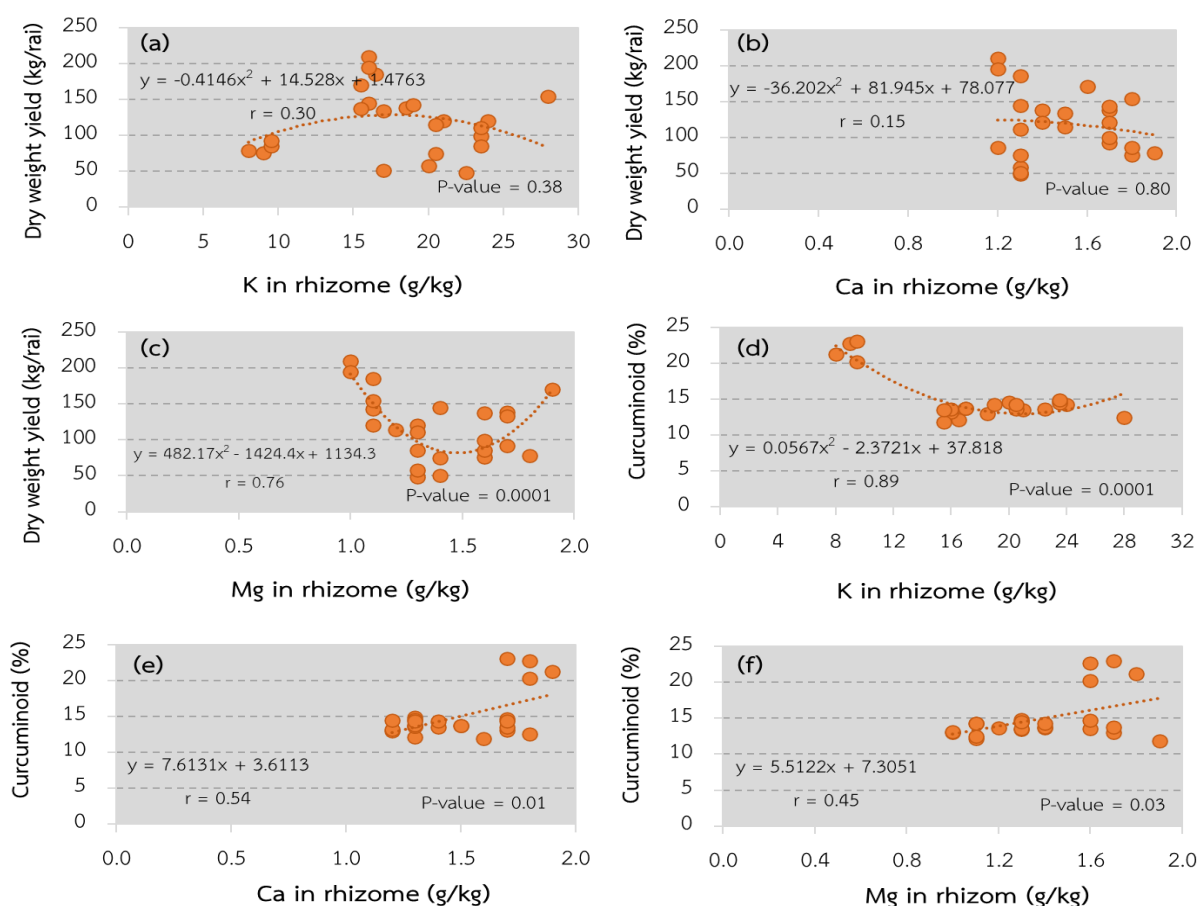


Figure 8 Correlation between the concentrations of potassium (a), calcium (b) and magnesium (c) in rhizome with dry weight yield and correlation between the concentrations of potassium (d), calcium (e) and magnesium (f) in rhizome with the curcuminoid contents

แสดงให้เห็นว่าแมกนีเซียมอาจมีความจำเพาะต่อการสร้างผลผลิตไขมันชั้นมากกว่าแคลเซียม เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาล ก่อนจะถูกกล้ำเลียงไปสร้างผลผลิต ส่วนแคลเซียมมีบทบาทในกระบวนการสร้างความแข็งแรงให้กับต้นพืช อย่างไรก็ดีตามความเข้มข้นคูเคอร์มินอยด์ที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในทุกตำรับการทดลอง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของตำรับยาสมุนไพรไทย ซึ่งกำหนดให้มีความเข้มข้นคูเคอร์มินอยด์จากเหง้าไขมันชั้นไม่น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ (Ministry of Public Health, 2009) ประกอบกับการใส่ปุ๋ยที่ระดับ 25 กก. K_2O /ไร่ มีอันตรกิริยาเชิงลบต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำกว่าตำรับการทดลองอื่น ส่งผลให้ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด ดังนั้นการปลูกไขมันชั้นบริเวณที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ ระดับปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสม คือ 25 กก. K_2O /ไร่ ทั้งนี้อาจสามารถเพิ่มผลผลิตไขมันชั้นได้อีก หากก่อนปลูกไขมันชั้นมีการแก้ปัญหาคือความเป็นกรดของดิน เพื่อลดความเป็นพิษของแมกนีเซียโดยการใส่โดโลไมท์ เพราะนอกจากช่วยยกระดับพีเอชดิน ยังช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งจะช่วยลดอันตรกิริยาเชิงลบที่เกิดจากโพแทสเซียม นอกจากนี้ ควรเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินเพื่อช่วยดูดซับน้ำและธาตุอาหารจากปุ๋ยที่ใส่ จึงควรศึกษาประเด็นดังกล่าวเพิ่มเติม

สรุปผลการวิจัย

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 25 กก. K_2O /ไร่ สำหรับปลูกไขมันชั้น บริเวณดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่งผลให้ได้ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเหง้าไขมันชั้นสูงสุด ในขณะที่การเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมในช่วง 50-125 กก. K_2O /ไร่ ทำให้ผลผลิตลดลง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในทุกอัตรา มีผลให้ความเข้มข้นแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบและเหง้าไขมันชั้น รวมถึงสารเคอร์คูมินอยด์ลดลง เนื่องจากโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นเป็นปฏิปักษ์ต่อการดูดใช้แคลเซียม

และแมกนีเซียม จึงเป็นปัจจัยจำกัดปริมาณและคุณภาพผลผลิต ดังนั้น เพื่อปรับความสมดุลของธาตุอาหารในดินและพืช จำเป็นต้องเพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมควบคู่กับโพแทสเซียมเพื่อลดอันตรกิริยาระหว่างธาตุอาหาร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากกรมพัฒนาที่ดินประจำปีงบประมาณ 2562-2563

เอกสารอ้างอิง

- Bouyoucos, G.J. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. *Soil Sci.* 23: 343-353.
- Department of Agriculture. 2005. *Recommendations on the Use of Fertilizers for Economic Crops.* Bangkok: Department of Agricultural. 121 p. [in Thai]
- Department of Agricultural Extension. 2008. *Handbook of Agricultural Extension Scholars, Turmeric.* Bangkok: Department of Agricultural Extension. 28 p. [in Thai]
- ISO 10390. 2005. *Soil Quality-determination of pH.* Geneva: International Standard. 7 p.
- ISO 11464. 2006. *Soil Quality-pretreatment of Samples for Physico-chemical Analysis* Geneva: International Standard. 11 p.
- ISO 13878. 1998. *Soil Quality-determination of Total Nitrogen Content by Dry Combustion (Elemental Analysis).* Geneva: International Standard. 5 p.

- Jones, J.B. 2001. **Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis**. New York: CRC Press. 384 p.
- Kalra, Y.P. 1998. **Handbook of Reference Methods for Plant Analysis**. New York: CRC Press. 287 p.
- Khunthong, S., N. Prakongkep, M. Meetam, N. Surak, W. Suaysom, C. Kerdchana, C. Karapakdee, P. Chomun, C. Suaysom and T. Upanisakorn. 2020. Interaction between manganese with other plant nutrients in tea-oil camellia (*Camellia oleifera* Abel.) plantation soils, Ban Pang Mahan, Chiang Rai province. **Songklanakarin J. Pl. Sci.** 7: 219-234. [in Thai]
- Land Development Department. 2017. **Land suitability map for the cultivation of turmeric, black ginger, phlai and gotu kola medicinal plants**. [Online]. Available <http://e-library.ddd.go.th> (31 August 2021).
- Li, Z., X. Han, X. Song, Y. Zhang, J. Jiang, Q. Han M. Liu, G. Qiao and R. Zhuo. 2017. Overexpressing the *Sedum alfredii* Cu/Zn superoxide dismutase increased resistance to oxidative stress in transgenic *Arabidopsis*. **Front. Plant Sci.** 8: doi: 10.3389/fpls.2017.01010.
- Maneepong, S. 2008. A nutrient survey for establishment of standard recommendation of soil and plant analysis for pummelo. **Agricultural Sci. J.** 39: 62-65. [in Thai]
- Ministry of Public Health. 2009. **Thai Herbal Pharmacopoeia Volume I**. Nonthaburi: Ministry of Public Health. 140 p.
- Nelson, K.M., J.L. Dahlin, J. Bisson, J. Graham, G.F. Pauli and M.A. Walters. 2017. The essential medicinal chemistry of curcumin. **J. Med. Chem.** 60: 1620-1637.
- Nilnond, C., T. Eksomtramage, T. Juntaraniyom, P. Tongkum and W. Leowarin. 2001. Effect of fertilizer application on yield of oil palm. **Songklanakarin J. Sci. Technol.** 23: 649-659. [in Thai]
- Nyi, T., V. Philip, M.I.H. Bujang, K. Ra, B. Irianta P. Sengxua, N. Sipaseuth, A.A. Harirah B.B. Jantan, S.M. Salguero, P. Meunchang, V.M. Quyet, N.Q. Hai, P. Moody, T.E. Jakel and W. Soda. 2017. **ASEAN guidelines on soil and nutrient management**. [Online]. Available <http://org.doa.go.th/aseancrops/?p=1639> (1 December 2020).
- Office of Agricultural Economics. 2005. **Economic Research Study of Thai Herbs in the Case of Turmeric**. Bangkok: Office of Agricultural Economics. 42 p. [in Thai]
- Office of Science for Land Development. 2004a. **Manual Analysis of Soil Samples for Water, Fertilizer, Soil Improvement Materials and Analysis for Product Certification, Volume II**. Bangkok: Department of Land Development. 255 p. [in Thai]

- _____. 2004b. **Manual Analysis of Soil Samples for Water, Fertilizer, Soil Improvement Materials and Analysis for Product Certification, Volume I.** Bangkok: Department of Land Development. 184 p. [in Thai]
- Onthong, J., S. Gimsanguan and P. Tiraphat. 2006. Standard values of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium in longkong leaf. **Agricultural Sci. J.** 37: 257-268. [in Thai]
- Osotsapar, Y. 2009. **Plants Nutrient.** Bangkok: Kasetsart University. 529 p. [in Thai]
- Soil Resources Survey and Research Division. 2017. **Eastern and Southern Soil Series, Basic Knowledge for Agriculture.** Bangkok: Department of Land Development. 93 p. [in Thai]