

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของชาน้ำมันในพื้นที่ บ้านปางมะหัน จ.เชียงราย

Effect of Potassium and Magnesium Fertilizer on Growth and Yield Quality of Camellia Oil Tea in Ban Pang Mahan, Chiang Rai Province

พีรณัฐ รวยบุญส่ง¹ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹ ชัยสิทธิ์ ทองจู¹ จุฑามาศ ร่มแก้ว² และชนิดา เกิดชนะ³
Peeranat Ruayboonsong¹, Tawatchai Inboonchuy¹, Chaisit Thongjoo¹, Jutamas Romkaew² and Chanida Kerdchana³

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของชาน้ำมันในพื้นที่บ้านปางมะหัน อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย วางแผนการทดลอง randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 5 ตำรับการทดลอง ดังนี้ ตำรับที่ 1 ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ (วิธีปฏิบัติเกษตรกร) (T1) ตำรับที่ 2-5 ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ โดยตำรับที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 36 กก. K_2O /ไร่ (T2) ตำรับที่ 3 ร่วมกับโพแทสเซียมซัลเฟต อัตรา 36 กก. K_2O /ไร่ (T3) ตำรับที่ 4 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 36 กก. K_2O /ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต อัตรา 10 กก./ไร่ (T4) ตำรับที่ 5 ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตอัตรา 36 กก. K_2O /ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต อัตรา 10 กก./ไร่ (T5) พบว่า ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นชาน้ำมันไม่แตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลองที่ระยะ 3 6 9 และ 12 เดือน ขณะที่ การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต อัตรา 10 กก./ไร่ ทำให้จำนวนผล ($p<0.05$) น้ำหนักผลสด ($p<0.05$) น้ำหนักเมล็ดแห้ง ($p<0.05$) น้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก ($p<0.05$) และ ปริมาณน้ำมัน ($p<0.05$) สูงสุด การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตร่วมกับแมกนีเซียมมีแนวโน้มส่งเสริมปริมาณน้ำมันเมล็ดชา เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ ทำให้ความเข้มข้น ไนโตรเจน (18.4 ก./กก.) ฟอสฟอรัส (0.5 ก./กก.) โพแทสเซียม (6.1 ก./กก.) แมกนีเซียม (2.1 ก./กก.) ในใบสูงสุด การใส่ปุ๋ยอัตรา สูงขึ้นมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในใบสูงขึ้น และส่งเสริมให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ชาน้ำมัน ปุ๋ยโพแทสเซียม ปุ๋ยแมกนีเซียม พื้นที่สูง ชูดินดอยปู

Abstract

This study examined the effect of potassium and magnesium fertilizer on growth and yield quality of Camellia oil tea (*Camellia oleifera* Abel.) in Ban Pang Mahan, Mae Fa Luang District, Chiang Rai Province. The study was based on Randomized Complete Block Design (RCBD) experimental design with four simulations. There were 5 treatments, comprising standard farmer practice, and various supplements, ie: the application of 15-15-15 fertilizer at the rate of 50 kg/rai (farmer practice; T1), Treatment 2-5 were applied with 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg/rai, plus supplements. Treatment 2-3 involved additional application of potassium chloride and potassium sulfate fertilizer at the rate 36 kg K_2O /rai; Treatment 4 comprised additional application of potassium chloride at the rate 36 kg K_2O /rai with magnesium sulfate fertilizer at the rate of 10 kg/rai; Treatment 5 involved application of potassium sulfate at the rate 36 kg K_2O /rai along with magnesium sulfate fertilizer at the rate of 10 kg/rai. Results showed that there were no significant differences among treatments in plant height and stem diameter at an interval of 3, 6, 9 and 12 months. The application of 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg/rai together with potassium sulfate at the

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

²ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

²Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

³กรมพัฒนาที่ดิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

³Land Development Department, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author, Email: fagrtci@ku.ac.th

rate 36 kg K₂O/rai and magnesium sulfate fertilizer at the rate of 10 kg/rai (i.e. T5) significantly increased fruit yield ($p<0.05$), weight of fresh fruit ($p<0.05$), dried seed ($p<0.05$), dried seed without husk ($p<0.05$) and oil contents ($p<0.05$). However, the application of potassium fertilizers combined with magnesium fertilizer tended to increase oil content of tea seed. Additionally, the application of 15-15-15 fertilizer at the rate of 100 kg/rai with potassium sulfate at the rate 36 kg K₂O/rai significantly promoted greater concentration of nitrogen (18.4 g/kg) phosphorus (0.5 g/kg) potassium (6.1 g/kg) magnesium (2.1 g/kg) in tea leaves. The high rate of fertilization stimulated significantly higher plant nutrient concentrations. and promote higher yield of camellia oil tea.

Keywords: Camellia oil tea, potassium fertilizer, magnesium fertilizer, highland, Doi Pui soil series

คำนำ

ชาน้ำมัน (*Camellia oleifera* Abel.) จัดอยู่ในวงศ์ Theaceae มีการกระจายทางตอนใต้ของสาธารณรัฐประชาชนจีน (Xiao et al., 2016) น้ำมันจากเมล็ดชาใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศจีน เป็นน้ำมันสำหรับประกอบอาหาร และจำหน่าย ได้รับการผลิตมานานกว่า 1,000 ปี คุณภาพน้ำมันได้รับการพิสูจน์แล้วว่าดีกว่าน้ำมันจากเรพซีด ปาล์ม น้ำมัน และถั่วลิสง อีกทั้งยังมีคุณภาพสูงกว่าน้ำมันมะกอก (Zhang et al., 2011) เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดชาอุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว วิตามิน และแร่ธาตุ เช่น ปริมาณกรดโอเลอิกของน้ำมันเมล็ดชาอยู่ที่ 77.93% และยังมีสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์มากมาย เช่น สเตอรอล สควาลีน และโทโคฟีรอล ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่ส่งเสริมสุขภาพ ได้แก่ การลดความดันโลหิต ลดการแข็งตัวของหลอดเลือด และการกำจัดอนุมูลอิสระ (Lee and Yen, 2006) รวมไปถึงใช้เป็นองค์ประกอบในการผลิตเครื่องสำอางบำรุงเส้นผม และผิวพรรณ (สุปรียา สุขเกษม และวิไลศรี ลิ้มพยอม, 2559) ในปี พ.ศ. 2547 สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี มีพระราชดำรัสให้มูลนิธิชัยพัฒนาทดลองปลูกชาน้ำมันเพื่อผลิตน้ำมันเมล็ดชา โดยนำเมล็ดพันธุ์และต้นอ่อนชาน้ำมันจากเมืองหนานชิ่งซึ่งเป็นพันธุ์ดีที่เหมาะสมกับภูมิอากาศในประเทศไทย ได้ทดลองปลูก และขยายพันธุ์ชาน้ำมันในพื้นที่อำเภอแม่ฟ้าหลวงมากกว่า 3,000 ไร่ ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550 จากการสอบถามเกษตรกรผู้ปลูกชาน้ำมันในปัจจุบันนั้น ส่วนใหญ่ประสบปัญหาผลผลิตต่ำหลังจากต้นชาน้ำมันออกดอกแล้วติดผลน้อย น้ำหนักผลผลิตแห้งที่ได้เพียง 200 ก./ต้น เมื่อนำเมล็ดตากแห้งแล้วนำมาหีบน้ำมันจะได้ปริมาณน้ำมัน 250 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำหนักเมล็ดแห้งของชาน้ำมัน 1 กก. เท่านั้น ซึ่งมีปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกชาน้ำมันในประเทศจีนที่ได้น้ำหนักผลผลิตแห้งถึง 1-2 กก./ต้น

จากรายงานของผลการวิจัยชาน้ำมันในประเทศจีน (He et al., 1996; Song et al., 2014; Liu et al., 2018) ได้ระบุว่าธาตุอาหารมีผลอย่างมากต่อการเจริญเติบโต และพัฒนาการของดอกชาน้ำมัน He et al. (1996) พบว่าความผันแปรของ N P และ K แตกต่างกันไปตามอายุต้นชา และพื้นที่ปลูกซึ่งส่วนใหญ่สะสมอยู่ในผล ดอก และใบ และพบว่าโพแทสเซียมสะสมอยู่ในส่วนของดอก และผลของชาน้ำมันมากที่สุด (Luo et al., 2020) นอกจากนี้ Ding et al. (2012) ได้วิเคราะห์ธาตุอาหารของดินปลูก *Camellia oleifera* ในมณฑลกวางตุ้ง และพบว่าปริมาณชีวมวลลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้นยกเว้นธาตุ N, P และ K ที่ระบุว่าธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในดินเป็นปัจจัยจำกัดโดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในด้านสรีรวิทยา และชีวเคมี (ยงยุทธ โอสถสกา, 2543) ช่วยเพิ่มจำนวนเมล็ด จำนวนเมล็ดดี และเพิ่มน้ำหนักเมล็ด นอกจากนี้โพแทสเซียมยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่พืช (Kopsell et al., 2005) สอดคล้องกับ Sudradjat et al. (2018) ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อปาล์มน้ำมันในดิน Ultisol ประเทศอินโดนีเซีย พบว่าปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลให้ความสูงต้น เส้นรอบวง จำนวนใบ และพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ Faisal et al. (2013) ศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพน้ำมันของดอกทานตะวัน *Helianthus annuus* L. var. flame พบว่าการเพิ่มระดับโพแทสเซียมทำให้จำนวนเมล็ด น้ำหนักเมล็ด และผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ดินในพื้นที่ปลูกชาที่มีฝนตกชุกส่งผลให้ดินมีการฟุ้งสลายตัวเร็ว การชะล้างธาตุอาหารสูงโดยทั่วไปมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ (Havlin et al., 2003) มีแร่ดินเหนียวเป็นเคโอลินในดินซึ่งดูดซับโพแทสเซียมได้ดี (Venkatesan and Murugesan, 2006) ซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มความถี่ในการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม โดยทั่วไปปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยจะอยู่ในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) แต่พืชทั่วไปมีความต้องการคลอรีนในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นส่วนปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตซึ่งประกอบไปด้วยโพแทสเซียม และกำมะถัน ซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการให้ผลผลิตของพืช และกำมะถัน ยังมีความสำคัญต่อการเพิ่มคุณภาพ และผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น (Jeschke and Diedrick, 2010) กำมะถันมีส่วนทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น (Abdelrahman et al., 2014) สำหรับอาการขาดกำมะถันในพืชจะ

คล้ายคลึงกับอาการขาดไนโตรเจนโดยพืชจะหยุดการเจริญเติบโต ใบเหลือง กรณีที่พืชขาดกำมะถันในระดับที่ไม่รุนแรงพืชจะไม่แสดงอาการแต่จะมีผลกระทบกับผลผลิต และคุณภาพของพืช (Ceccotti, 1996)

ธาตุแมกนีเซียมมีความสำคัญมากในพืชพบเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ทำหน้าที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในพืชที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างเมตาบอลิซึม การสร้างแป้ง โปรตีน และกรดไขมัน ซึ่งในการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน แมกนีเซียมมีความสำคัญมากในกระบวนการทางชีวเคมีเพื่อการสร้างกรดไขมันหากพืชได้รับแมกนีเซียมไม่เพียงพอจะทำให้ผลผลิตน้ำมันลดลง อาการขาดแมกนีเซียมไม่สามารถสังเกตเห็นความผิดปกติทางใบได้ในระยะแรกจึงจำเป็นต้องมีการใส่แมกนีเซียมให้แก่พืชอย่างเพียงพอเพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพในการใช้ปัจจัยในการเจริญเติบโตได้สูงสุด (ธีระพงศ์ จันทนิยม, 2559) Mahmoud et al. (2017) พบว่าการใช้แมกนีเซียม และโพแทสเซียมซัลเฟตทางใบอัตรา 1.5 และ 3% ตามลำดับช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การติดผล ผลผลิต คุณภาพผล และปริมาณน้ำมันของมะกอกโคโรเนย์ก็ อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมด้านการจัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มผลผลิตขาน้ำมันของประเทศไทยยังพบงานวิจัยไม่มากนักดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของขาน้ำมันเพื่อเป็นแนวทางการจัดการดิน และปุ๋ยของขาน้ำมันในพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

ทำการวิจัยในแปลงขาน้ำมันของโครงการศึกษา และพัฒนาการปลูกขาน้ำมันบ้านปางมะหัน อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ถึง เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2563 สภาพพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงเป็นภูเขาสูงชันมาก ความชัน 30-50% มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 1,240 เมตร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,900 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 25.4 องศาเซลเซียส โดยลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นดินร่วนหรือร่วนปนเหนียว มีสีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาลปนแดง ปฏิบัติการดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย การระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง น้ำไหลป่าช้าถึงมาก โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 ตำรับการทดลอง ดังนี้ 1) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร 2) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ 36 กก. K_2O /ไร่ 3) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับ ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก. K_2O /ไร่ 4) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ 36 กก. K_2O /ไร่ และ ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต 10 กก./ไร่ และ 5) ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก. K_2O /ไร่ และ ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต 10 กก./ไร่ โดยเลือกต้นขาน้ำมันที่มีอายุ 10 ปี จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ซ้ำ แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้งต่อปี ในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 และพฤษภาคม พ.ศ. 2563 เก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้างดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และ 20-40 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน โดยวิธีปิเปตต์ (Day, 1965) แล้วนำผลมาแจกแจงประเภทของเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (Soil Survey Division Staff, 1993) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) (Thomas, 1996) อินทรีย์วัตถุในดิน (Walkley and Black, 1934) ปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน (Bremner, 1996) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray And Kurtz, 1945) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Jones, 2001) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และร้อยละความอิ่มแเบส (Chapman, 1965) บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความสูงของต้นขาน้ำมัน ทุก ๆ 3 เดือน เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นโดยวัดความสูงจากระดับผิวดิน 10 ซม. และเก็บใบที่แก่เต็มที่ ตำแหน่งใบที่อยู่ตรงกลางของข้อใบรอบทรงพุ่มเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตรเจนและหลังทดลอง ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และทองแดง (Johnson and Ulrich, 1959) การเก็บเกี่ยวผลผลิตขาน้ำมันระหว่างเดือนกันยายน ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 เพื่อบันทึกข้อมูล จำนวนผล น้ำหนักผลสด น้ำหนักเมล็ดสด น้ำหนักเมล็ดแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก และปริมาณน้ำมันในผล ขาน้ำมันสกัดด้วยเครื่องหีบเมล็ด Spring Green Evolution Logo รุ่น OX01 ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) (Steel et al., 1997) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 22

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะและสมบัติของดินในพื้นที่ทดลอง

ดินในพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินดอยปุย (Doi Pui soil series, Dp: Fine, kaolinitic, hyperthermic Kandic Palehumults) เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) มีสีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาลปนแดง ปฏิบัติการดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย การระบาย

น้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง น้ำไหลป่าช้าถึงเร็วมาก สภาพพื้นที่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงเป็นภูเขาสูงชันมาก ความลาดชัน 30-50% ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก (Table 1) พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูงที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และมีปริมาณลดลงอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนปานกลาง และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก โดยแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และปานกลางที่ระดับความลึกที่ 20-40 ซม. และ pH ดินเป็นกรดปานกลางที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และเป็นกรดเล็กน้อยที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ถึงแม้ว่าโพแทสเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจะอยู่ในระดับสูง แต่เนื่องจากพื้นที่ทดลองมีความลาดชันมากกว่า 30% และเป็นดินพัฒนาการสูงอยู่บริเวณพื้นที่ภูเขา (Land development department, 2015) ธาตุอาหารพืชเสี่ยงต่อการสูญเสียไปกับการกร่อนดินในฤดูฝน ประกอบกับสภาพอากาศแบบเขตร้อนชื้นทำให้เกิดการผุพังสลายตัวอย่างรุนแรงเมื่อธาตุอาหารที่เป็นต่างถูกชะล้างไปจึงมีไฮโดรเจนไอออน (H^+) ตกค้างในดินส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดสูงขึ้น และส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน (Singh and Pathak, 2018) จึงอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตชาน้ำมัน ส่วนการที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำอาจเนื่องมาจากการสะสมของแมงกานีสก่อให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสในดินจึงมีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่ำลง (สุทธิเดชานุทอง และคณะ, 2563)

Table 1 Soil properties prior to the experiment.

Properties	0-20 cm depth		20-40 cm depth	
	Results	Interpretation	Results	Interpretation
pH	5.98	Moderately acid	6.51	Slightly acid
%OM	2.85	Moderately high	1.13	Moderately low
Avail.P (mg/kg)	0.16	Very low	nd	Very low
Exch.K (mg/kg)	186.32	Very high	142.92	Very high
Exch.Ca (mg/kg)	499.59	High	393.43	Moderate
Exch.Mg (mg/kg)	145.53	High	185.02	High
CEC (cmol/kg)	13.83	Moderate	14.59	Moderate
Texture	Clay Loam		Clay Loam	

Remark: nd = not detected.

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของชาน้ำมัน

การใส่ปุ๋ย N-P-K อัตราสองเท่าของวิธีปฏิบัติของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมต่อความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของชาน้ำมันไม่มีผลให้ความสูง ($p>0.05$) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ($p>0.05$) ของชาน้ำมันแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (Figure1) เนื่องจากชาน้ำมันที่ทำการทดลองมีอายุมากกว่า 10 ปี ซึ่งเป็นระยะที่มีการเติบโตทางลำต้นเต็มที่แล้ว ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นจึงไม่มีผลให้การเจริญเติบโตทางลำต้นของชาน้ำมันแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม Ding et al. (2012) ได้ศึกษาธาตุอาหารของดินปลูก *Camellia oleifera* ในมณฑลกว่างตุง พบว่าปริมาณชีวมวลของต้นชาน้ำมันลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้นเนื่องจากธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินเป็นปัจจัยจำกัด ดังนั้นการปลูกพืชติดต่อกันหลายปีหากไม่มีการเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินจะทำให้ธาตุอาหารในดินลดลงเรื่อย ๆ โดยติดไปกับผลผลิต ทำให้มีธาตุอาหารในดินไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (จำเริญ อ่อนทอง และคณะ, 2546) จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นกว่าที่เกษตรกรปฏิบัติเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของต้นชาน้ำมัน โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 36 กก./ไร่ มีแนวโน้มให้มีค่าความสูงของต้นชาน้ำมันมากที่สุด

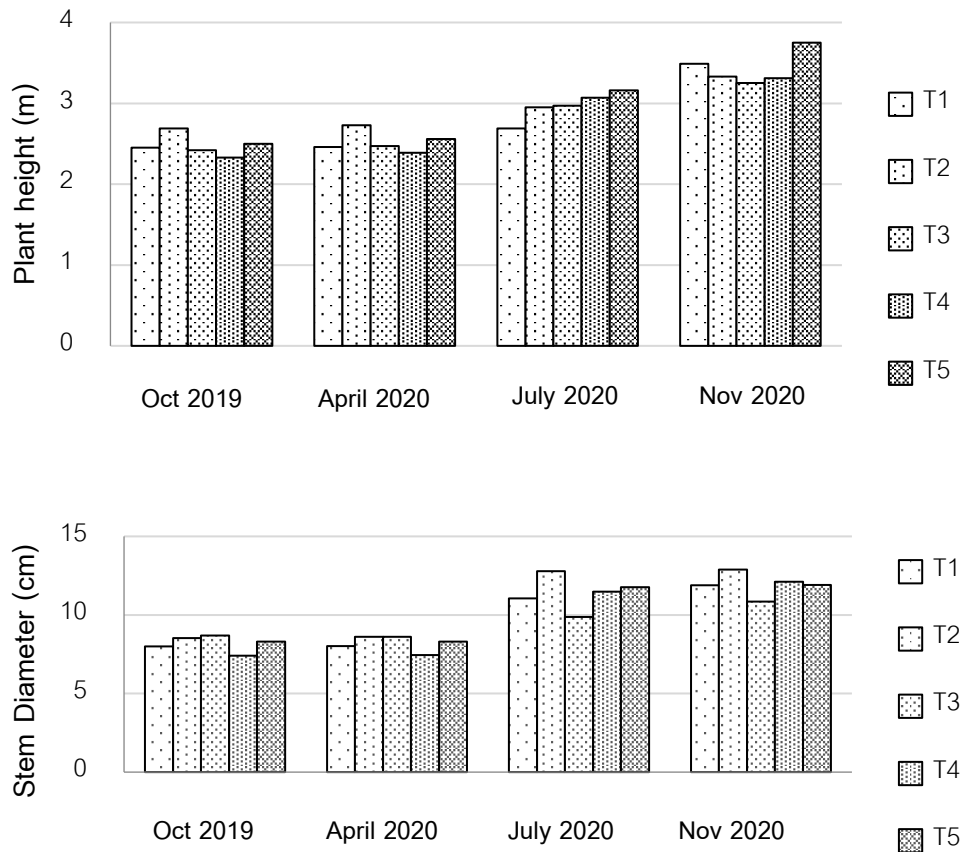


Figure1 Effect of potassium and magnesium fertilizer on growth of Camellia oil tea.

Remark: T1 = 50 kg/rai of 15-15-15 (farmer practice), T2 = 100 kg/rai of 15-15-15 +36 kg K₂O/rai of KCl fertilizer, T3 = 100 kg/rai of 15-15-15 +36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer, T4 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36kg K₂O/rai of KCl fertilizer +10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer, T5 = 100 kg/rai of 15-15-15 +36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer +10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer.

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อผลผลิตชาน้ำมัน

การใส่ปุ๋ยสูตรเสมออัตราสองเท่าของวิธีปฏิบัติของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมทำให้จำนวนผล (p<0.05) น้ำหนักผลสด (p<0.05) น้ำหนักเมล็ดแห้ง (p<0.05) และน้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก (p<0.05) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร (Table2) การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตทำให้จำนวนผล (p<0.05) น้ำหนักผลสด (p<0.05) น้ำหนักเมล็ดแห้ง (p<0.05) เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟตทำให้น้ำหนักผลสด (p<0.05) เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต (Table2) โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต 10 กก./ไร่ มีผลให้จำนวนผล (84.07 ผล/ต้น) น้ำหนักผลสด (1.92 กก./ต้น) น้ำหนักเมล็ดแห้ง (157 ก./ต้น) และน้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก (126.25 ก./ต้น) สูงที่สุด ในขณะที่วิธีปฏิบัติของเกษตรกรส่งผลให้จำนวนผล น้ำหนักผลสด น้ำหนักเมล็ดสด น้ำหนักเมล็ดแห้ง และน้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือกต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอัตราปุ๋ยของเกษตรกรมีปริมาณต่ำกว่าตำราการทดลองอื่น ๆ มากกว่า 50% ทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตมีความแตกต่างกันมาก อย่างไรก็ตามการให้โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นทำให้พืชดูดใช้ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งส่งผลถึงปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (Fageria, 2001) ส่วนการใส่ปุ๋ยสูตรเสมออัตราสองเท่าของวิธีปฏิบัติของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมทำให้น้ำหนักเมล็ดสด (p>0.05) และปริมาณน้ำมันของเมล็ดชา (p>0.05) ไม่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่ปุ๋ยตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรทั้งนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับแมกนีเซียมมีแนวโน้มส่งเสริมให้ปริมาณน้ำมันของเมล็ดชาเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากแมกนีเซียม และโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกิจกรรมของเซลล์ต่าง ๆ เช่น เอนไซม์ เมตาบอลิซึมของกรดนิวคลีอิก การสังเคราะห์ด้วยแสงของใบ

(Mahmoud et al., 2017) ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการสร้างน้ำมันในเมล็ดชา นอกจากนี้ตำรับที่มีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม ซัลเฟตมีแนวโน้มให้น้ำมันเมล็ด และปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นอีกด้วย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากธาตุกำมะถันในปุ๋ยโพแทสเซียม ซัลเฟตซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของอะมิโนแอซิด ซีสทีน ซีสเทโอน เมไทโอนีน (Marschner, 1995) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสร้างเมล็ด และเพิ่มเปอร์เซ็นต์น้ำมัน (Saron and Giri, 1990) จากการศึกษาของ Seo et al. (1986) พบว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงส่งเสริมให้ปริมาณกรดโอเลอิกเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราปานกลางปริมาณกรดโอเลอิกเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Mekki et al. (1999) ในการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้วิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันเมล็ดชาเนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการ จากการศึกษาของ สุปรียา สุขเกษม และวิไลศรี ลิ้มปพะยอม (2559) พบว่าน้ำมันเมล็ดชาที่ผลิตในประเทศมีปริมาณกรดโอเลอิกอยู่ระหว่าง 69.21-74.88% แต่ปริมาณกรดไขมันชนิดอื่นจะแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และสายพันธุ์

Table 2 Effect of potassium and magnesium fertilizer on yield of Camellia oil tea.

Treatments	Crop yield					
	Fruit number (no./plant)	Fresh fruit weight (kg/plant)	Fresh seed weight (g/plant)	Seed dry weight (g/plant)	Seed dry weight without husk (g/plant)	Oil content (%/plant)
T1	65.25 ^c	1.25 ^b	450.00	119.57 ^b	79.60 ^c	31.20
T2	72.62 ^{abc}	1.42a ^b	578.32	152.30 ^a	96.35 ^{bc}	28.80
T3	69.42 ^{bc}	1.87 ^a	653.35	155.75 ^a	108.17 ^{ab}	29.25
T4	79.55 ^{ab}	1.80 ^{ab}	625.00	153.92 ^a	120.00 ^a	33.75
T5	84.07 ^a	1.92 ^a	640.00	157.00 ^a	126.25 ^a	34.92
F-test ^{1/}	*	*	ns	*	*	ns
C.V.%	13.73	25.45	22.91	12.80	20.35	13.90

^{1/}ns = not significant; *significantly different at 0.05 probability level; means with different lowercase superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at P≤0.05

Remark: T1 = 50 kg/rai of 15-15-15 (farmer practice), T2 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of KCl fertilizer, T3 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer, T4 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36kg K₂O/rai of KCl fertilizer + 10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer, T5 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer + 10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer.

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบชาน้ำมัน

การใส่ปุ๋ยสูตรเสมออัตราสองเท่าของวิธีปฏิบัติของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียม ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน (p<0.05) ฟอสฟอรัส (p<0.05) โพแทสเซียม (p<0.05) แมกนีเซียม (p<0.05) กำมะถัน (p<0.05) สังกะสี (p<0.05) และทองแดง (p<0.05) ในใบชาน้ำมันเพิ่มขึ้น (Table 3) การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตทำให้ความเข้มข้นของสังกะสี (p<0.05) และทองแดง (p<0.05) ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณไนโตรเจน (18.4 ก./กก.) ฟอสฟอรัส (0.5 ก./กก.) โพแทสเซียม (6.1 ก./กก.) แมกนีเซียม (2.1 ก./กก.) ในใบชาน้ำมันสูงที่สุด และมีความเข้มข้นต่ำสุดในตำรับที่ใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร ในขณะที่กลุ่มจุลธาตุพบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ ทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในใบสูงที่สุดไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต 36 กก./ไร่ และแมกนีเซียมซัลเฟต 10 กก./ไร่

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบชาน้ำมันก่อนการทดลอง (Table 3) พบว่าธาตุไนโตรเจนในใบมีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luo et al. (2020) ปริมาณธาตุอาหารเกือบทุกชนิดมีปริมาณต่ำกว่าค่าระดับวิกฤติในพืชในขณะที่แมกนีเซีย และสังกะสีมีปริมาณที่สูงเกินระดับความวิกฤติในพืช ซึ่งเป็นอิทธิพลจากวัตถุต้นเนดินโดยการพื้ชละลายตัวอยู่กับที่ของหินชีสต์หรือไมกาชีสต์ในพื้นที่ทดลอง สอดคล้องกับ สุทธิเดช ขุนทอง และคณะ (2563) พบว่าพื้นที่ปลูกชาน้ำมันมีการสะสมของแมกนีเซียที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงส่งผลให้เกิดอันตรายกิริยาเชิงลบต่อ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ทองแดง และสังกะสี นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้ต้นชาน้ำมันดูดแมกนีเซียไปสะสมในใบมากเกินไปจนความจำเป็น และอาจอยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อพืชขณะที่ความเข้มข้นธาตุอาหารในใบชาน้ำมันหลังการทดลอง พบว่าการใส่ปุ๋ยสูตรเสมอร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียม มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้งหมดสูงกว่าในใบชาก่อนการทดลอง

ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง เมื่อเปรียบเทียบกับ การปฏิบัติของเกษตรกรยกเว้นธาตุโพแทสเซียมจะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นทำให้ปริมาณธาตุอาหารในใบสูงขึ้น และยังช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอีกด้วย (ชัยรัตน์ นิลนันท และคณะ, 2544)

Table 3 Nutrient concentrations in Camellia oil tea leaves before and after experiment.

Treatments	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Before experiment	13.5	0.00183	6.7	6.4	1.7	0.003	88.01	1409.62	14	5.92
T1	16.1 ^b	0.5 ^{ab}	4.5 ^b	8.9	1.5 ^b	0.2 ^b	130.50	1575.50	26.25 ^c	12.25 ^a
T2	16.8 ^{ab}	0.4 ^b	5.4 ^{ab}	8.2	1.7 ^{ab}	0.5 ^{ab}	111.25	1855.00	43.75 ^b	11.00 ^b
T3	18.4 ^a	0.5 ^a	6.1 ^a	8.7	2.1 ^a	0.5 ^{ab}	120.75	1570.75	59.00 ^a	9.75 ^c
T4	17.1 ^{ab}	0.5 ^a	5.5 ^{ab}	9.5	1.6 ^b	0.9 ^a	108.75	1671.75	43.75 ^b	10.25 ^{bc}
T5	16.5 ^b	0.4 ^b	5.9 ^{ab}	8.9	1.7 ^{ab}	0.6 ^{ab}	87.75	1475.75	55.75 ^a	9.25 ^c
F-test ^{1/}	**	**	**	ns	**	**	ns	ns	**	**
C.V.%	6.46	11.46	14.96	14.12	16.86	75.24	29.36	30.72	27.51	12.16
Critical level*	3.00	0.16	1.00	0.90	0.24	0.20	120.00	100.00	5.00	12.00
Luo et al. (2020)	16.80	0.80	1.20	7.00	2.00	-	50.00	881.00	10.00	5.00

^{1/}ns = not significant; ** significantly different at 0.01 probability level; means with different lowercase superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $P \leq 0.05$

Remark: T1 = 50 kg/rai of 15-15-15 (farmer practice), T2 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of KCl fertilizer, T3 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer, T4 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of KCl fertilizer + 10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer, T5 = 100 kg/rai of 15-15-15 + 36 kg K₂O/rai of K₂SO₄ fertilizer + 10 kg/rai of MgSO₄ fertilizer.

*Critical level Source: Plant Analysis an Interpretation Manual (Reuter and Robinson, 1997).

สรุปผลการศึกษา

ชาน้ำมันที่ปลูกในพื้นที่สูงในชุดดินคอกปุยมี่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และมีปริมาณโพแทสเซียม แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินบนอยู่ในระดับสูง สภาพพื้นที่มีศักยภาพเสี่ยงต่อการกร่อนดินสูง การใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างทางด้านการเจริญเติบโตของต้นชาน้ำมันอายุ 10 ปี การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต อัตรา 36 กก./ไร่ และปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต อัตรา 10 กก./ไร่ ทำให้จำนวนผลสด น้ำหนักผลสด น้ำหนักเมล็ดแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้งกะเทาะเปลือก และปริมาณเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงที่สุด การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมร่วมกับมีแนวโน้มให้ผลผลิตของชาน้ำมันสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม การใส่ปุ๋ย N-P-K และแมกนีเซียมอัตราที่สูงขึ้นทำให้ธาตุอาหารหลักในใบชาน้ำมันเพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของธาตุเหล็ก ธาตุแมงกานีส และธาตุสังกะสี อยู่ในระดับเกินระดับวิกฤตในใบพืช การใส่ปุ๋ยอัตราสูงขึ้นทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบสูงขึ้น และยังช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม และแมกนีเซียมในชาน้ำมันบนพื้นที่ลาดชันควรพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยอัตราสองเท่าของเกษตรกรร่วมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมมีต้นทุนสูง (ค่าปุ๋ยและแรงงาน) รูปแบบการใส่ปุ๋ยควรฝังกลบรอบทรงพุ่มและทำคันดินครึ่งวงกลมหันเข้าแนวลาดชันเพื่อลดการชะล้างในฤดูฝน และควรพิจารณาใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียวในระยะพัฒนาผล (เดือนพฤษภาคม) ก่อนเข้าสู่ระยะขยายขนาดผลสูงสุด (เดือนกรกฎาคม-สิงหาคม) เพื่อลดการสะสมโพแทสเซียมในดิน และต้นทุนค่าแรงงานใส่ปุ๋ย นอกจากนี้ควรมีการศึกษาด้านสหสัมพันธ์ของมหธาตุและจุลธาตุต่อการให้ผลผลิตชาน้ำมันสายพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการธาตุอาหารอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ และรักษาสภาพแวดล้อมอย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- จำเป็น อ่อนทอง, อรพิน โพกุล, ญันยงค์ ปล้องอ่อน และพิรุณ ตีระพัฒน์. 2546. การปรับปรุงดินและการจัดการปุ๋ยในสวนไม้ผล. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <https://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/4523/7/appen3.pdf> (10 สิงหาคม 2563).
- ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ธีระพงศ์ จันทนิยม, ประกิจ ทองคำ และวรรณภา เลี้ยววาริณ. 2544. ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตของปาล์มน้ำมัน. *วารสารสงขลานครินทร์* 23 (ฉบับพิเศษ): 649-659.
- ธีระพงศ์ จันทนิยม. 2559. บทบาทของธาตุแมกนีเซียมในการเพิ่มผลผลิตปาล์มน้ำมัน. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. <http://www.natres.psu.ac.th/researchcenter/Palm-Research/menu/pic-paper/56-teerapong-palm5.pdf> (6 สิงหาคม 2563).
- ยงยุทธ โอสถม. 2543. *ธาตุอาหารพืช*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุทธิเดชา ขุนทอง, ณัฐพร ประคองเก็บ, มนต์ระวี มีแต้ม, นิยม สุรักษ์, วิวัฒน์ สวยสม, ชนิตา เกิดชนะ และชนินาถ การะกักดี. 2563. อันตรกิริยาระหว่างแมงกานีสกับธาตุอาหารพืชอื่น ๆ ในดินปลูกขาน้ำมันบ้านปางมะหันจังหวัดเชียงราย. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์* 7(3): 218-234.
- สุปรียา ศุขเกษม และวิไลศรี ลิ้มปวยอ. 2559. การศึกษาคุณภาพเมล็ดขาน้ำมัน (*Camellia oleifera*) และน้ำมันเมล็ดชา. *วารสารวิชาการเกษตร* 34(3): 270-285.
- Abdelrahman, M. A., Yassin, M. I. D., and Osman, A. A. 2014. Impact of Sulphur fertilizer on sugarcane performance Under heavy clay soils "Vertisols" sudan. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences* 3(1): 1-9.
- Bray, R. A., and Kurtz, L. T. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science* 59: 39-45.
- Bremner, J. M. 1996. *Method of Soil Analysis. Part3: Chemical Methods*. U.S.A.: Soil Science Society of American Inc.
- Ceccotti, S. 1996. *Rodriguez Fertilizers and Environment*. Netherland: Springer.
- Chapman, H. D. 1965. *Methods of Soil Analysis: Cation Exchange Capacity*. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy Inc.
- Day, P. R. 1965. Particle Fraction and Particle Size Analysis. In *Methods of Soil Analysis, Vol. 9*, C.A. Black, ed. pp. 545-567. Madison, Wisconsin: American Society Agronomy.
- Ding, R., Deng, X. M., Ru, C., Bao, Y., and Li, Y. I. 2012. Nutrient limiting factors in red soil from different parent rocks at oil-tea forest land of Guangdong province. *Nonwood Forest Research* 30: 61-67.
- Fageria, V.D. 2001. Nutrient interaction in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24(8): 1269-1290.
- Faisal, M. A., Yahya, K. J., and Saad, A. M. 2013. Effect of date and quantity of potassium fertilizer application on growth, yield and oil quality of sunflower *Helianthus annuus* L. var. flame. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 4(1): 33-40.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., and Nelson, W. L. 2003. Soil fertility and fertilizers. An Introductory to Nutrient Management 6th ed. Delhi: Pearson Education India Branch.
- He, F., Wang, Y., Lu, F., Zhang, C., and Zhu, C. 1996. Biomass accumulation and nutrient cycle in oil tea *Camellia* plantations. *Journal of Scientia Silvae Sinicae* 32: 403-410.
- Jeschke, M., and Diedrick, K. 2010. Sulfur fertility for crop production. *Crop Insights* 20: 1-12.
- Johnson, C. M., and Ulrich, A. 1959. *Analytical methods for use in plant analyses*. Los Angeles: University of California.
- Jones, B. J. 2001. *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. Boca Raton Fla: CRC Press.
- Kopsell, D. A., Kopsell, D. E., and Curran-Celentano, J. 2005. Carotenoid and chlorophyll pigments in sweet basil grown in the field and greenhouse. *HortScience* 40(5): 1230-1233.
- Land development department. 2015. Doi Pui series: Dp. Land development department. http://oss101.1dd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/north/Dp.htm (3 July 2020).
- Lee, C. P., and Yen, G. C. 2006. Antioxidant activity and bioactive compounds of tea seed (*Camellia oleifera* Abel.) oil. *Journal of Agricultural & Food Chemistry* 54(3): 779-784.
- Liu, J., Wu, L., Chen, D., Yu, Z., and Wei, C. 2018. Development of a soil quality index for *Camellia oleifera* forestland yield under three different parent materials in southern China. *Soil and Tillage Research* 176: 45-50.
- Luo, J., Zhou, X. Y., Tian, Y. Z., and Chen, L. S. 2020. Distribution of nutrients in *Camellia Oleifera* Abel and their correlation with soil nutrients over the period of fruit maturation. *Bangladesh Journal of Botany* 49(3): 499-505.
- Mahmoud, T. S. M., Mohamed, E. S. A., and El-Sharony, T. F. 2017. Influence of foliar application with potassium and magnesium on growth, yield and oil quality of "Koroneiki" olive trees. *American Journal of Food Technology* 12: 209-220.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press Ltd.
- Mekki, B. B., El-Kholy, M. A., and Mohamed, E.M. 1999. Yield, oil and fatty acids content as affected by water deficit and potassium fertilization in two sunflower cultivars. *Egyptian Journal of Agronomy* 21: 67-85.
- Reuter, D. J., and Robinson, J. B. 1997. *Plant analysis. An interpretation manual*. 2nd ed. Melbourne: CSIRO Publishing.
- Saron, G., and Giri, G. 1990. Influence of nitrogen, phosphorus and sulphur on mustard under semi-arid rainfall conditions of North West India. *Indian Journal of Agronomy* 35: 313-316.
- Seo, G. S., Jo, J. S., and Choi, C. Y. 1986. The effects of fertilization level on the growth and oil quality in sesame (*Sesamum indicum* L.). *The Korean Journal of Crop Science* 31: 24-29.

- Singh, A. K., and Pathak, S. K. 2018. Potassium in tea (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze) cultivation from soil to cup quality-A review. *Agricultural Reviews* 39(1): 40-47.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil Survey Manual. US. Dep. Agr. Handbook No. 18. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Song, X. C., Tang, J., Qin, Q. Y., Pan, B., and Cao, J. Z. 2014. Mechanism of biomass accumulation and nutrient distribution in *Camellia oleifera* mature forest. *Journal Southern Agriculture* 45: 255-258.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H., and Dickey, D. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Sudradjat, S., Oky, D. P., Ega, F., Feni, S., and Supijatno, A. 2018. Roles and optimisation rate of potassium fertilizer for immature oil palm (*Elaeisguineensis* Jacq.) on an ultimo soil in Indonesia. *Journal Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 119(1): 13-22.
- Thomas, G. W. 1996. *Soil pH and soil acidity*. U.S.A.: Soil Science Society of American, Inc.
- Venkatesan, S., and Murugesan, S. 2006. Influence of tea cultivation on soil characteristics with special reference to potassium. *International Journal of Soil Science* 1(1): 58-63.
- Walkley, A., and Black, C. A. 1934. An examination of kjeldah method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. *Soil Science* 37: 29-35.
- Xiao, H., Yao, Z., Peng, Q., Ni, F., Sun, Y., Zhang, C. X., and Zhong, Z. X. 2016. Extraction of squalene from camellia oil by silver ion complexation. *Separation & Purification Technology* 169: 196-201.
- Zhang, L. L., Wang, Y. M., Wu, D. M., Xu, M., and Chen, H. 2011. Microwave-assisted extraction of polyphenols from camellia oleifera fruit hull. *Molecules* 16(6): 4428-4437.

วันรับบทความ : (Received date) : 4 ก.ย. 64
 วันแก้ไขบทความ : (Revised date) : 7 มี.ค. 65
 วันตอบรับบทความ : (Accepted date) : 21 เม.ย. 65