Research Article

Received: January 17, 2020; Accepted: June 22, 2020

แมกนีเซียมในดิน : สถานะและสัดส่วนต่อโพแทสเซียมและแคลเซียมในดินปลูกพืชเศรษฐกิจทางภาคใต้ของประเทศไทย

Soil Magnesium: Status and Ratios on Potassium and Calcium in Economic Crop Planted Soils of Southern Thailand

พงศ์มนัส กิจประสงค์, ขวัญตา ขาวมี,
จักรกฤษณ์ พูนภักดี และจำเป็น อ่อนทอง*
สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

Pongmanat Kitprasong, Khwunta Khawmee,
Chakkrit Poonpakdee and Jampen Onthong*
Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Kor-Hong, Hat Yai, Songkhla 90112

บทคัดย่อ

แมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีอันตรกิริยากับธาตุแคลเซียมและโพแทสเซียม พืชเจริญเติบโตได้ดีต้องได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอและสัดส่วนที่เหมาะสม จึงได้เก็บตัวอย่างดินปลูกพืชเศรษฐกิจสำคัญของภาคใต้มาศึกษาสถานะแมกนีเซียมและสัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมและโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียม เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินปลูกยางพารา (5.18-22.90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปาล์มน้ำมัน (39.69-84.65 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ลองกอง (17.17-28.96 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และทุเรียน (23.22-64.82 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ ขณะที่ดินปลูกมะพร้าว (115.97-180.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และข้าว (392.84-671.44 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีแมกนีเซียมที่สกัดได้สูง ดินปลูกปาล์มน้ำมันและมะพร้าวมีสัดส่วนระหว่างแคลเซียมต่อแมกนีเซียมสูง ขณะที่ดินปลูกข้าวมีสัดส่วนธาตุดังกล่าวต่ำ นอกจากนี้ดินปลูกยางพารามีสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมสูงเมื่อเปรียบเทียบกับดินปลูกพืชชนิดอื่น ดังนั้นดินที่มีแมกนีเซียมที่สกัดได้ต่ำกว่า 122 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ต้องมีการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม โดยเฉพาะดินที่มีสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมหรือแคลเซียมต่อแมกนีเซียมสูง

คำสำคัญ : สัดส่วน; สถานะ; แมกนีเซียม

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** jumpen.o@psu.ac.th **doi:** 10.14456/tstj.2021.41

Abstract

Magnesium (Mg) is an element that interacts with calcium (Ca) and potassium (K). Well growth of plants must be obtained sufficient nutrients and suitable nutrient ratios. The economic crop growing soils in southern Thailand were collected to study soil Mg status, Ca: Mg and K: Mg ratios for suitable fertilizer management. The results showed that the extractable Mg contents in various tree planted soils, i.e. rubber (5.18-22.90 mg/kg), oil palm (39.69-84.65 mg/kg), longkong (17.17-28.96 mg/kg), and durian (23.22-64.82 mg/kg), were low, while those in coconut (115.97-180.16 mg/kg) and rice (392.84-671.44 mg/kg) were high. Oil palm and coconut planted soils had a high ratio of Ca: Mg, but those in rice planted soils were low. In addition, rubber tree planted soils had a high ratio of K: Mg compared with other crop planted soils. Therefore, soil with Mg extracted below 122 mg/kg requires Mg fertilizer, especially soil with high ratios of Ca: Mg and K: Mg.

Keywords: ratio; status; magnesium

1. บทนำ

แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่มีความสำคัญกับพืช เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ที่เป็นส่วนสีเขียวในส่วนต่าง ๆ ของพืช ช่วยเสริมสร้างให้พืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดี มีการเจริญเติบโตและพัฒนาการเป็นไปตามปกติ [1,2] ทั้งนี้ดินเขตร้อนชื้นส่วนใหญ่ถูกจัดอยู่ในอันดับ Ultisols [3] ซึ่งมีพัฒนาการสูง ดินชั้นล่างมีการสะสมของอนุภาคดินเหนียว และมีการชะละลายของธาตุอาหาร โดยเฉพาะแคตไอออนชนิดเบส ได้แก่ แคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) โพแทสเซียม (K^{+}) และโซเดียม (Na^{+}) จึงส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ [4,5] ในประเทศไทยพบปริมาณการกระจายตัวของดินในอันดับนี้ประมาณร้อยละ 40 [6] ดินเหล่านี้มีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำสอดคล้องกับที่รายงานว่าดินปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้มีแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ [7] สำหรับพื้นที่ทั้งหมดในภาคใต้มี 44.2 ล้านไร่ พบว่ามีการใช้ประโยชน์พื้นที่โดยปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ลองกอง ข้าว และทุเรียนเป็นจำนวน 4.98, 0.36, 0.22, 0.73 และ 0.47 ล้านไร่ ตามลำดับ [8] ขณะที่ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ โดยมีพื้นที่ปลูกมากที่สุด คือ 13.69 ล้านไร่ [9] การปลูกยางพาราให้ได้ผลผลิตสูงจำเป็นต้องมีการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสม ในอดีตมีการใส่ปุ๋ยที่ให้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม [10] แต่หลังจาก พ.ศ. 2521 มีการตัดแมกนีเซียมออกจากสูตรปุ๋ยยางพารา เพราะดินที่ปลูกยางพาราขณะนั้นมีแมกนีเซียมเพียงพอ [11] เมื่อปลูกยางพาราติดต่อกันในพื้นที่เดิมและไม่ใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม ส่งผลให้ดินมีแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลง โดยพบว่าในน้ำยาง 1 ตัน มีการสูญเสียแมกนีเซียม 5 กิโลกรัม [12] และมีรายงานว่ายางพาราอายุ 25 ปี มีการสูญเสียแมกนีเซียมไปกับไม้ยางพาราสูงถึง 45.22 กก./ไร่ [13] หากมีการสูญเสียแมกนีเซียมอย่างต่อเนื่องอาจทำให้ดินขาดแมกนีเซียม โดยระดับที่เพียงพอของแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินควรมีมากกว่า 0.3 เซนติโมลประจุ/กก. [12] แต่มีรายงานว่าดินในพื้นที่ภาคใต้มีระดับของแมกนีเซียมที่สกัดได้ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมถึงร้อยละ 87 และดินที่ใช้สำหรับปลูกยางพารามีแมกนีเซียมที่สกัดได้เฉลี่ย 0.18 เซนติ

โมลประจุ/กก. [14]

แมกนีเซียมที่สกัดได้หรือแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์กับพืชเป็นผลรวมของรูปแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และแมกนีเซียมที่ละลายน้ำ ซึ่งจะพบได้เพียงเล็กน้อยถ้าเปรียบเทียบกับปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด เนื่องจากในดินส่วนใหญ่จะพบแมกนีเซียมอยู่ในรูปองค์ประกอบของแร่ที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้ [15, 16] ความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมในดินจะขึ้นอยู่กับประเภทของเนื้อดิน ในดินเนื้อละเอียดจะให้ปริมาณแมกนีเซียมสูงกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ [4] และดินที่มีสภาพเป็นกรดส่วนใหญ่จะมีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าในดินที่มีสภาพเป็นด่าง [17]

ความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมในดินยังขึ้นอยู่กับสัดส่วนของแมกนีเซียมกับธาตุอื่น ๆ แมกนีเซียมมีอันตรกิริยาเชิงลบในแง่การดูดและการเคลื่อนย้ายภายในพืช ได้แก่ แมกนีเซียมกับโพแทสเซียม และแมกนีเซียมกับแคลเซียม [1] ทำให้เกิดการแข่งขันกันในการดูดธาตุอาหารของพืชและส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียม มีรายงานว่าถ้าในดินมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมสูงจะยับยั้งการดูดแคลเซียมและโพแทสเซียม [18] และการเพิ่มความเข้มข้นโพแทสเซียมในสารละลายจะทำให้เกิดอาการการขาดแคลเซียมในมะเขือเทศ โดยมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแคลเซียมในใบมะเขือเทศ [19] และมีการศึกษาผลของสัดส่วนระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินที่ปลูกข้าวโพด พบว่าเมื่อมีอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงขึ้นจะทำให้ข้าวโพดดูดใช้แมกนีเซียมได้น้อยลง [20] และมีรายงานถึงสัดส่วนของโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินที่ปลูกพืชยืนต้น พบว่าไม้ยืนต้นทั่วไปควรมีสัดส่วนน้อยกว่า 5 : 1 และในไม้ผลควรอยู่ที่ 2 : 1 [21] ขณะที่ดินปลูกปาล์มน้ำมันพบสัดส่วนที่เหมาะสม 9.25 : 1.65 [22] และยางพารา 2.0-6.0 [23] นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าถ้ามีสัดส่วนของโพแทสเซียมต่อแคลเซียม โพแทสเซียมต่อแมกนีเซียม และแคลเซียมต่อแมกนีเซียมอยู่ในช่วง 0.24-0.44, 0.31-0.44 และ 0.89-1.29 ตามลำดับ จะส่งผลให้ส้มโอมีคุณภาพของผลที่ดี [24] การจัดการแมกนีเซียมให้เหมาะสมจึงต้องคำนึงทั้งสถานะและสัดส่วนกับธาตุโพแทสเซียมและแคลเซียม แม้ว่ามีรายงานสถานะของแมกนีเซียมในดินที่ปลูกยางพาราในจังหวัดสงขลา [25] อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาในดินปลูกพืชชนิดอื่น ๆ ในภาคใต้ของประเทศไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานะแมกนีเซียมในดินปลูกพืชเศรษฐกิจสำคัญของภาคใต้ และศึกษาสัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมและโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินปลูกพืชเศรษฐกิจสำคัญของภาคใต้ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการปุ๋ยให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเก็บตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บดินที่ความลึก 0-30 ซม. จากพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ยางพารา (35 แปลง) ปาล์มน้ำมัน (69 แปลง) ลองกอง (40 แปลง) ทุเรียน (12 แปลง) มะพร้าว (12 แปลง) และข้าว (50 แปลง) ในจังหวัดสตูล สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส โดยสุ่มเก็บกระจายทั่วแปลง (7-9 จุดต่อแปลง) นำมาคลุกให้เข้ากัน แบ่งดินประมาณ 1 กก. นำมาผึ่งให้แห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. สำหรับนำไปวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ [26-29] และตะแกรงขนาด 0.5 มม. สำหรับวิเคราะห์อินทรียวัตถุ [26,27,30]

2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ พีเอช (ดิน : น้ำ = 1 : 5 w/v) อินทรียวัตถุ (Walkley and Black method) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II method) ส่วนแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทส

เซียมที่สกัดได้นั้น ทำได้โดยนำดินมาสกัดด้วย 1 M NH_4OAc pH 7.0 และวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) แคลเซียมและแมกนีเซียมใช้หลักการของ atomic absorption ส่วนโพแทสเซียมใช้หลักการของ atomic emission [26-28,30]

2.3 การประเมินสถานะแมกนีเซียมและสัดส่วนระหว่างแคลเซียมกับแมกนีเซียมและโพแทสเซียมกับแมกนีเซียมในดิน

ประเมินสถานะแมกนีเซียมที่สกัดได้ โดยนำค่าที่วิเคราะห์ในดินที่ปลูกพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิดมาสร้างกราฟแบบ box plot จากนั้นมาหาค่าเฉลี่ยและประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และนำค่าทั้งหมดเพื่อประเมินสถานะแมกนีเซียมในระดับต่ำมาก (< 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ต่ำ (36-122 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปานกลาง (122-365 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สูง (365-972 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และสูงมาก (> 972 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน [30] ส่วนแปลงปลูกยางพาราประเมินสถานะแมกนีเซียมตามเกณฑ์ของ นุชนารถ [12] ในระดับต่ำ (< 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และปานกลาง (> 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ตามเกณฑ์สถาบันวิจัยยางพาราประเทศอินเดีย [31] ในระดับต่ำ (< 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปานกลาง (10-25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และสูง (> 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) นำค่าวิเคราะห์แมกนีเซียม แคลเซียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้ในแปลงปลูกพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิดมาหาสัดส่วนระหว่างแคลเซียมต่อแมกนีเซียมและโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียม โดยแสดงการกระจายของข้อมูลแบบ box plot และตัดค่า outlier ออก แล้วนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยและประมาณค่าแบบช่วงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลการวิจัย

3.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง อินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ดินที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นกรด (pH = 4.41-5.33) ยกเว้นดินในแปลงปลูกมะพร้าวซึ่งมีสภาพเป็นกลาง (pH 6.72-7.16) ดินเกือบทุกแปลงมีอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 1.00-2.50 % แต่แปลงที่ปลูกมะพร้าวมีอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าในแปลงที่ปลูกพืชชนิดอื่น ๆ (2.05-4.96 %) ทั้งนี้ในดินปลูกยางพารามีอินทรียวัตถุต่ำ (1.18-1.67 %) และในดินปลูกพืชทุกแปลงมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 12.90-43.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยในแปลงยางพารา (8.19-18.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปาล์มน้ำมัน (8.47-17.33 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และข้าว (10.02-16.98 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีการกระจายที่แคบและมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่แปลงปลูกมะพร้าว ทุเรียน และลองกองมีค่าตั้งแต่ต่ำจนถึงสูงมาก (6.64-61.88 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (ตารางที่ 1)

3.2 สถานะแมกนีเซียม แคลเซียม และโพแทสเซียมในดิน

ดินปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมัน ทุเรียน และลองกองมีการกระจายตัวของข้อมูลที่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ปลูกมะพร้าวและข้าว (รูปที่ 1) และเมื่อตัดค่า outlier แล้วนำมาหาปริมาณแมกนีเซียมพบว่าแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินปลูกยางพารา (5.18-22.90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปาล์มน้ำมัน (39.69-84.65 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ลองกอง (17.17-28.96 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และทุเรียน (23.22-64.82 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีปริมาณต่ำ ขณะที่ดินปลูกมะพร้าวมีแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินสูง (115.97-180.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) เช่นเดียวกับในดินที่ปลูกข้าว (392.84-671.44 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (ตารางที่ 2)

ดินปลูกมะพร้าว (1,841.15-3,960.33 มิลลิกรัม / กิโลกรัม) มีแคลเซียมที่สกัดได้ในดินระดับ

Table 1 Chemical properties in economic crop planted soils in southern Thailand

Soil samples (number of samples)	Indicators	Soil chemical properties		
		pH	OM (%)	Avail. P (mg/kg)
Rubber tree (n = 35)	$\bar{x}$ ± SD	4.86±0.57	1.42±0.72	13.11±14.30
	Interval estimation	4.66-5.06	1.18-1.67	8.19-18.02
Oil Palm (n = 69)	$\bar{x}$ ± SD	4.67±1.08	2.10±1.78	12.90±18.43
	Interval estimation	4.41-4.92	1.68-2.53	8.47-17.33
Coconut (n = 12)	$\bar{x}$ ± SD	6.94±0.34	3.50±2.28	34.50±34.99
	Interval estimation	6.72-7.16	2.05-4.96	12.27-56.73
Durian (n = 12)	$\bar{x}$ ± SD	5.03±0.46	1.84±0.64	22.75±25.36
	Interval estimation	4.74-5.33	1.43-2.24	6.64-38.86
Longkong (n = 40)	$\bar{x}$ ± SD	4.65±0.43	2.13±1.02	43.35±9.16
	Interval estimation	4.52-4.79	1.81-2.46	24.82-61.88
Rice (n = 50)	$\bar{x}$ ± SD	4.60±0.54	2.33±0.97	13.50±12.25
	Interval estimation	4.44-4.75	2.06-2.61	10.02-16.98

OM = organic matter; Avail. P = available phosphorus

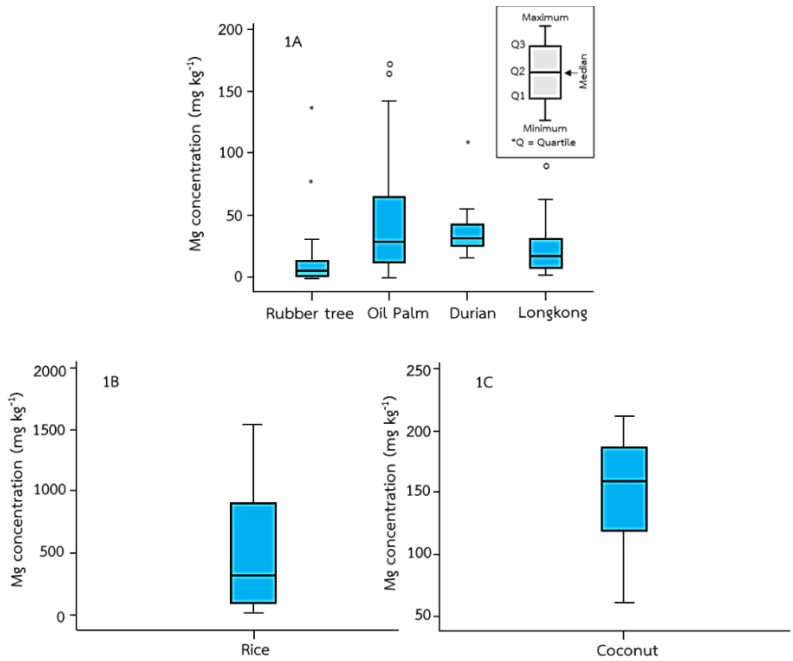

Figure 1 Extractable Mg in economic crop planted soils: durian, longkong, oil palm and rubber tree (1A), rice (1B) and coconut (1C) [* = extreme value (Q3 + 3IQR); o = outlier value (Q3 + 1.5IQR); IQR = Q3-Q1]

Table 2 Extractable magnesium, calcium, and potassium in economic crop planted soils of southern Thailand

Soil samples (number of samples)	Indicators	Extractable nutrients (mg/kg)		
		Magnesium	Calcium	Potassium
Rubber tree (n = 35)	$\bar{x}$ ± SD	14.04±25.80	69.11±146.31	41.09±49.62
	Interval estimation	5.18-22.90	18.85-119.37	24.05-58.14
Oil palm (n = 69)	$\bar{x}$ ± SD	62.17±93.58	505.68±684.66	58.51±95.92
	Interval estimation	39.69-84.65	341.21-670.16	35.47-81.55
Coconut (n = 12)	$\bar{x}$ ± SD	148.07±50.51	2,900.74±1,667.67	80.00±38.99
	Interval estimation	115.97-180.16	1,841.15-3,960.33	55.23-104.77
Durian (n = 12)	$\bar{x}$ ± SD	44.02±32.73	169.84±126.50	68.50±48.56
	Interval estimation	23.22-64.82	89.47-250.22	37.65-99.35
Longkong (n = 40)	$\bar{x}$ ± SD	23.07±18.42	164.68±158.96	36.23±27.38
	Interval estimation	17.17-28.96	113.85-215.52	27.47-44.98
Rice (n = 50)	$\bar{x}$ ± SD	532.14±490.15	537.32±409.72	99.98±66.83
	Interval estimation	392.84-671.44	420.88-653.76	80.99-118.97

Table 3 Magnesium status (based on Department of Land Development [30]) in economic crop planted soils of southern Thailand

Soil samples (n)	Percentages of soil magnesium levels				
	Very low	Low	Moderate	High	Very high
	(< 36 mg/kg)	(36-122 mg/kg)	(122-365 mg/kg)	(365-972 mg/kg)	(> 972 mg/kg)
Rubber tree (35)	94	3	3	-	-
Oil palm (69)	55	34	7	4	-
Coconut (12)	-	25	75	-	-
Durian (12)	75	25	-	-	-
Longkong (40)	85	15	-	-	-
Rice (50)	2	34	16	24	24

ปานกลางจนถึงสูง (1,002-4,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในดินปลูกข้าว (420.88-653.76 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และปาล์มน้ำมัน (341.21-670.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีแคลเซียมต่ำ (400-1,002 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ส่วนในดินปลูกทุเรียน (89.47-250.22 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ลองกอง (113.85-215.52 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และยางพารา (18.85-119.37 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีแคลเซียมต่ำมาก (< 400 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

นอกจากนั้นความเข้มข้นโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา (24.05-58.14 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ปาล์มน้ำมัน (35.47-81.55 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และลองกอง (27.47-44.98 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีปริมาณต่ำ (< 60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ส่วนดินปลูกมะพร้าว (55.23-104.77 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และทุเรียน (37.65-99.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีปริมาณโพแทสเซียมปานกลาง (60-90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) แต่ในดินปลูกข้าว (80.99-118.97 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีโพแทสเซียมสูง (> 90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (ตารางที่ 2)

เมื่อนำค่าแมกนีเซียมมาประเมินระดับแมกนีเซียมในดินตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน [30] พบว่าดินปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมัน ลองกอง และทุเรียนส่วนใหญ่มีระดับแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงต่ำ คิดเป็นร้อยละ 97, 89, 100 และ100 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) แต่ในดินที่ปลูกข้าวและมะพร้าวส่วนใหญ่มีระดับแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่า 122 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลางและสูงถึงร้อยละ 64 และ 75 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) และเมื่อนำแมกนีเซียมในดินปลูกยางพารามาประเมินระดับแมกนีเซียมตามเกณฑ์ของ นุชนารถ [12] พบว่าดินปลูกยางพาราส่วนใหญ่มีแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (< 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ถึงร้อยละ 97 และเมื่อนำมาประเมินตามเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางพาราประเทศอินเดีย [31] พบว่าส่วนใหญ่มีแมกนีเซียมต่ำถึงปานกลาง (< 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งมีมากถึงร้อยละ 91 ขณะที่มีเพียงร้อยละ 9 ที่มีแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูง (> 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (ตารางที่ 4)

3.3 สัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมและโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดิน

สัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมในดินปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว และลองกองมีการกระจายตัวของข้อมูลสูงกว่าในแปลงปลูกพืชชนิดอื่น และสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินปลูกยางพารามีการกระจายตัวของข้อมูลสูงกว่าในแปลงปลูกพืชชนิดอื่น (รูปที่ 2) เมื่อนำมาประมาณค่าแบบช่วงพบว่าในแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน (5.28-16.60) และมะพร้าว (7.81-22.39) มีสัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมสูงเมื่อเปรียบเทียบกับดินปลูกข้าว (1.32-2.43) นอกจากนี้ในดินที่ปลูกยางพารา (3.47-12.73) มีสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ปลูกปาล์มน้ำมัน (1.93-4.11) ทุเรียน (1.28-2.84) ลองกอง (0.80-3.48) ข้าว (0.44-1.01) และมะพร้าว (0.38-0.87) (ตารางที่ 5)

Table 4 Magnesium status (based on Kungpisadan [12] and Karthikakuttyamma *et al.*[31]) in rubber tree planted soils in southern Thailand

Criteria	Percentages of soil magnesium levels		
	Low	Moderate	High
	(< 36 mg/kg)	(> 36 mg/kg)	-
Kungpisadan [12]	97	3	-
	Low	Moderate	High
	(< 10 mg/kg)	(10-25 mg/kg)	(> 25 mg/kg)
Karthikakuttyamma *et al.* [31]	54	37	9

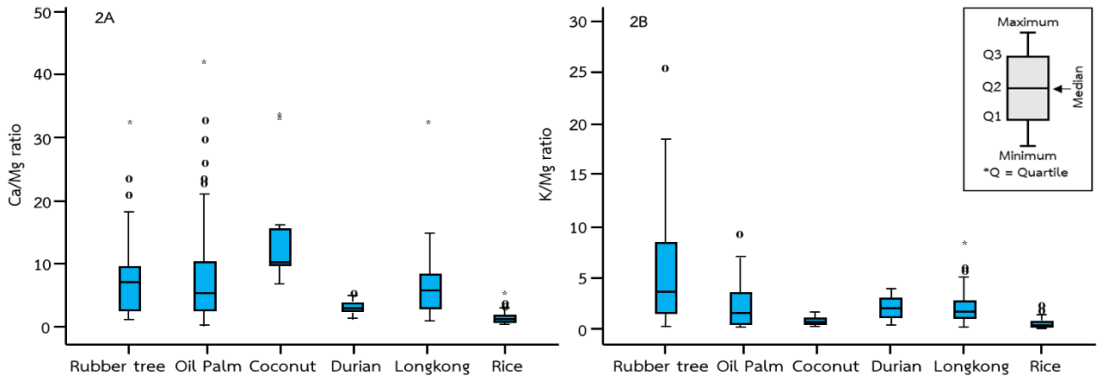

Figure 2 Ca: Mg ratio (2A) and K: Mg ratio (2B) in economic crop planted soils [* = extreme value (Q 3 + 3IQR); o = outlier value (Q 3 + 1.5IQR); IQR = Q3 - Q1]

Table 5 Ca: Mg and K: Mg ratios in economic crop growing soils in southern Thailand

Soil samples (number of samples)	Indicators	Ratios	
		Ca: Mg	K: Mg
Rubber tree (n = 35)	$\bar{x}$ ± SD	8.20±5.76	8.10±7.29
	Interval estimation	4.07-12.31	3.47-12.73
Oil palm (n = 69)	$\bar{x}$ ± SD	10.94±7.92	3.02±1.71
	Interval estimation	5.28-16.60	1.93-4.11
Coconut (n = 12)	$\bar{x}$ ± SD	15.10±10.19	0.62±0.38
	Interval estimation	7.81-22.39	0.38-0.87
Durian (n = 12)	$\bar{x}$ ± SD	2.30±1.14	2.06±1.22
	Interval estimation	2.18-3.81	1.28-2.84
Longkong (n = 40)	$\bar{x}$ ± SD	5.30±2.43	2.14±2.11
	Interval estimation	3.57-7.04	0.80-3.48
Rice (n = 50)	$\bar{x}$ ± SD	1.87±0.77	0.73±0.45
	Interval estimation	1.32-2.43	0.44-1.01

4. วิจารณ์

4.1 สมบัติทั่วไปของดินปลูกพืชเศรษฐกิจในภาคใต้

ค่า pH ของดินปลูกยางพารา (4.66-5.06) ปาล์มน้ำมัน (4.41-4.92) ทุเรียน (4.74-5.33) ลองกอง (4.52-4.79) และข้าว (4.44-4.75) ส่วนใหญ่ต่ำ จัดว่ามีสภาพเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัด (ตารางที่ 1) เนื่องจากดินในภาคใต้ส่วนใหญ่เป็นดินที่มีการพัฒนาการสูง [30] ทำให้แคตไอออนชนิดเบสถูกชะละลายออกไปจึงเหลือในดินมีต่ำ แต่มีแคตไอออนชนิดกรด คือ ไฮโดรเจนและอลูมินัมไอออนสูง [4] จึงส่งผลให้ดินมี pH ต่ำ โดยทั่วไปค่า pH ที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช

ควรอยู่ในช่วง 5.5-7.0 ถ้าดินเป็นกรดและมี pH น้อยกว่า 5.5 ก็ควรแก้ไขโดยการใส่ปูน [4,21,32] อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่ายางพาราสามารถเจริญเติบโตได้แม้ว่าดินมี pH อยู่ในช่วง 4.0-6.5 [33] สอดคล้องกับที่มีรายงานค่า pH ที่เหมาะสมในดินปลูกยางพาราในประเทศไทยอยู่ในช่วง 4.5-5.5 [9] ขณะที่ดินปลูกมะพร้าวมี pH ที่ค่อนข้างสูง (6.72-7.16) เนื่องจากในแปลงปลูกมะพร้าวเกษตรกรมีการใส่โดโลไมต์เพื่อปรับปรุงดิน

ดินปลูกยางพารามีอินทรียวัตถุต่ำ (1.18-1.67 %) เนื่องจากภาคใต้มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นจึงทำให้เกิดการย่อยสลายของเศษซากพืชได้ดี [34] และในแปลงยางพาราส่วนใหญ่ไม่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ต่างจากแปลงปลูกปาล์มน้ำมันที่มีการใส่ปุ๋ยคอกและใส่ทะลายปาล์มลงไป สอดคล้องกับการศึกษาสมบัติของดินของแปลงปลูกยางพาราในพื้นที่นาร้าง พบว่าดินที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่มีอินทรียวัตถุต่ำถึงปานกลาง [35] และดินส่วนใหญ่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 12.90-43.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จัดอยู่ในระดับที่เพียงพอถึงสูง [30] โดยเฉพาะในแปลงไม้ผล (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เกิดจากการใส่ฟอสฟอรัสสูงในระยะก่อนออกดอก [36] อย่างไรก็ตาม หากมีฟอสฟอรัสสูงอาจส่งผลให้พืชดูดสังกะสีได้ลดลงและอาจทำให้พืชขาดสังกะสีได้ [1]

4.2 สถานะแมกนีเซียมของดินปลูกพืชเศรษฐกิจในภาคใต้

ดินปลูกมะพร้าวและข้าวมีปริมาณแมกนีเซียมในดินสูง (ตารางที่ 2) เพราะในดินที่ปลูกมะพร้าวมีการปรับปรุงดินโดยใช้โดโลไมต์ ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ในดินที่สูงกว่าแปลงอื่น ๆ ในโดโลไมต์มีแมกนีเซียมรวมทั้งแคลเซียมเป็นองค์ประกอบจึงส่งผลให้ดินปลูกมะพร้าวมีแมกนีเซียมและแคลเซียมสูง ส่วนในดินปลูกข้าวเป็นดินเนื้อละเอียด โดยความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมในดินขึ้นอยู่กับประเภทของเนื้อดิน ในดินเนื้อละเอียดเป็นแหล่งให้แมกนีเซียมสูงกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ [4,17]

แมกนีเซียมในดินปลูกยางพารา ลองกอง และทุเรียนมีปริมาณแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 2) เนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยเฉพาะให้ธาตุอาหารหลักซึ่งเป็นธาตุที่ยางพาราต้องการในปริมาณมาก อย่างไรก็ตาม การปลูกยางพาราติดต่อกันในพื้นที่เดิมเป็นเวลานานโดยไม่มีการใส่แมกนีเซียม ส่งผลให้ดินค่อย ๆ มีแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลง เนื่องจากสูญเสียไปกับน้ำยาง โดยน้ำยางสด 1 ตัน จะสูญเสียแมกนีเซียม 5 กิโลกรัม [9,12] และเมื่อนำดินที่มีแมกนีเซียมต่ำมาทดสอบการตอบสนองของยางพาราต่อแมกนีเซียม พบว่าเมื่อยางพาราได้รับแมกนีเซียม 0.5 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น แต่เมื่อยางพาราได้รับแมกนีเซียมมากกว่า 0.5 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ทำให้พืชดูดใช้แคลเซียมและโพแทสเซียมได้น้อยลง [37]

เมื่อนำค่าแมกนีเซียมในดินที่ปลูกยางพารามาประเมินระดับแมกนีเซียมตามเกณฑ์ของนุชนารถ [12] พบว่าดินส่วนใหญ่จะมีแมกนีเซียมต่ำ (< 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ถึงร้อยละ 97 และเมื่อประเมินระดับแมกนีเซียมตามเกณฑ์ของสถาบันวิจัยยางพาราประเทศอินเดีย [31] พบว่าดินร้อยละ 91 มีแมกนีเซียมต่ำถึงปานกลาง (< 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) มีเพียงร้อยละ 9 ที่มีแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูง (> 25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สอดคล้องกับการศึกษาสถานะของแมกนีเซียมในยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มและที่ดอนในจังหวัดสงขลาที่พบว่าแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ทั้งในดินที่ลุ่มและที่ดอนอยู่ในระดับต่ำ [25] เป็นที่น่าสังเกตว่าแม้แมกนีเซียมในดินต่ำแต่ในใบอยู่ในระดับสูง [12, 25] เช่นเดียวกับที่พบว่าดินปลูกยางพาราในจังหวัดนครศรีธรรมราช ชุมพร และสุราษฎร์ธานีมีแมกนีเซียม

ในใบสูงแต่ในดินมีแมกนีเซียมต่ำ [23] ดังนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมของแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินสำหรับยางพาราจึงอาจต่ำกว่าพืชทั่วไป ซึ่งควรมีค่ามากกว่า 0.3 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม [16] สอดคล้องกับที่มีการเสนอให้ทบทวนความเข้มของของแมกนีเซียมที่เหมาะสมในดิน [23] แม้ว่าดินปลูกยางพารามีแมกนีเซียมต่ำแต่ยังไม่มีอาการขาดรุนแรง เนื่องจากในดินอาจมีแมกนีเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นแหล่งสำรองของแมกนีเซียม (รูปที่ละลายด้วยกรด) ซึ่งค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ สอดคล้องกับการศึกษาแมกนีเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้และแมกนีเซียมที่เป็นแหล่งสำรองในประเทศนิวซีแลนด์ พบว่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำ แต่แมกนีเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นแหล่งสำรองมีเพียงพอสำหรับพืช [16] อย่างไรก็ตามกระบวนการปลดปล่อยแมกนีเซียมจากแหล่งสำรองดังกล่าวอาจไม่ทันต่อความต้องการของพืช ดังนั้นต้องมีการจัดการปุ๋ยแมกนีเซียมเพื่อช่วยให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีขึ้นโดยเฉพาะในกรณีที่แหล่งสำรองของแมกนีเซียมในดินน้อยลง

ในดินที่มีแมกนีเซียมต่ำควรมีการเพิ่มแมกนีเซียมในดิน เช่น การเติมคีเซอไรต์ หรือโดโลไมต์ [1] มีรายงานว่าในปาล์มน้ำมันควรใช้คีเซอไรต์อัตรา 1.5-2.0 กิโลกรัม/ต้น/ปี และในดินกรดอาจใช้โดโลไมท์อัตรา 2.0 กิโลกรัม/ต้น/ปี แต่จะให้ผลช้ากว่าการใช้คีเซอไรต์ [38] สถาบันวิจัยยางพาราแนะนำให้ใส่ปุ๋ยคีเซอไรต์ 80 กรัม/ต้น/ปี หรือใส่ในรูปโดโลไมต์ซึ่งสามารถให้ทั้งธาตุแมกนีเซียมและแคลเซียมและช่วยปรับปรุงดินกรดได้ [12] แต่สถาบันวิจัยยางไม่แนะนำให้ใส่ปูน เนื่องจาก pH ในช่วง 6-7 ทำให้เชื้อสาเหตุของโรครากขาวเจริญเติบโตได้ดี [39]

4.3 สัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมและโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียม ในดินปลูกพืชเศรษฐกิจในภาคใต้

ในแปลงปลูกปาล์มน้ำมันและมะพร้าวมีสัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมสูง (5.28-16.60 และ 7.81-22.39 ตามลำดับ) เนื่องจากมีการปรับปรุงดินโดยการใส่โดโลไมต์ลงไป ส่งผลให้ในแปลงปลูกปาล์มน้ำมันและมะพร้าวมีสัดส่วนระหว่างแคลเซียมต่อแมกนีเซียมสูงกว่าแปลงอื่น (ตารางที่ 5) และอาจส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ไม่ดี เนื่องจากแมกนีเซียมมีอันตรกิริยาในเชิงลบกับแคลเซียมในแง่การดูดใช้ของพืชซึ่งมีการแข่งขันกัน [21] โดยมีรายงานว่าสัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสำหรับปาล์มน้ำมันควรต่ำกว่า 5 : 1 [38] และมีรายงานว่าการขาดแมกนีเซียมอาจทำให้พืชเกิดโรคที่เกิดจาก *Alternaria solani* ได้ง่าย [40] และมีการศึกษาสัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด พบว่าสัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมที่เหมาะสมในเรือนกระจก คือ 2 : 1 และ 3 : 1 ขณะที่ภาคสนาม คือ 6 : 1 [20] และมีการศึกษาสัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมในดินของรัฐ Wisconsin พบว่ามีสัดส่วนตั้งแต่ 1 : 1 ถึง 8 : 1 ซึ่งมีรายงานว่าสัดส่วนของแคลเซียมต่อแมกนีเซียมตั้งแต่ 2-8 ไม่ส่งผลต่อปริมาณการให้ผลผลิต [41] แต่เกษตรกรเชื่อว่าสัดส่วนที่เหมาะสม คือ 6 : 1 [4] และมีรายงานว่าเมื่อมีสัดส่วนแคลเซียมต่อแมกนีเซียมในถั่วลันเตาสูง ทำให้แมกนีเซียมและโพแทสเซียมในถั่วลันเตาลดลง [42] และพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีสัดส่วนของแคลเซียมต่อแมกนีเซียมอยู่ในช่วง 1 : 1 ถึง 15 : 1 [4]

ดินปลูกยางพารามีสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมสูง (3.47-12.73) เพราะในบางแปลงมีแมกนีเซียมต่ำ แต่มีโพแทสเซียมสูง ตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับยางพารามีการใส่ปุ๋ยที่ให้โพแทสเซียม แม้จะแนะนำให้ใส่ปุ๋ยคีเซอรไรต์กับดินปลูกยางพาราที่มีแมกนีเซียมน้อยกว่า 0.3 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม [12] แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการใส่

ปุ๋ยที่ให้แมกนีเซียม [9] จึงทำให้โพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมสูง เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ปลูกพืชชนิดอื่น ขณะที่ในดินปลูกปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ทุเรียน ลองกอง และข้าวจะมีธาตุแมกนีเซียมใกล้เคียงหรือสูงกว่าโพแทสเซียม ซึ่งเกิดจากการใส่โดโลไมต์ในแปลงมะพร้าว และใส่คีเซอไรต์ในแปลงปาล์ม จึงส่งผลให้สัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมต่ำ (ตารางที่ 5) โดยสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสำหรับปาล์มน้ำมันควรต่ำกว่า 1.2 : 1 [38] และมีรายงานว่าดินปลูกยางพาราในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราชมีสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมเพียง 3.86 : 1 [23] ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มแมกนีเซียมและโพแทสเซียมต้องคำนึงถึงสัดส่วนที่เหมาะสมก่อน เพราะหากแมกนีเซียมและโพแทสเซียมไม่สมดุลกันอาจทำให้การดูดธาตุอาหารของพืชธาตุใดธาตุหนึ่งลดลง [43] สอดคล้องกับการศึกษาอิทธิพลของโพแทสเซียมต่อการดูดแมกนีเซียมในข้าว ที่พบว่าเมื่อเพิ่มระดับโพแทสเซียมจะส่งผลให้ข้าวดูดแมกนีเซียมลดลง [44] และมีการศึกษาสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในดินปลูกยางพาราในที่ลุ่มและที่ดอนในจังหวัดสงขลา พบว่าในที่ลุ่มและที่ดอนมีสัดส่วน 2.87 และ 6.99 ตามลำดับ [25] และมีการศึกษาสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในโรงเรือน พบว่าสัดส่วน 2 : 1 ทำให้ต้นยางพาราดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และกำมะถันสูงที่สุด และเมื่อสัดส่วนเพิ่มสูงขึ้น (3 : 1, 4.5 : 1 และ 5 : 1) ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารลดลง [25] อีกทั้งยังมีการศึกษาสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในมะเขือเทศ พบว่าเมื่อมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจาก 4 : 1 เป็น 8 : 1 มวลชีวภาพทั้งหมดลดลงร้อยละ 21.6 แสดงว่าเมื่อมีโพแทสเซียมสูงจะส่งผลให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ [45] นอกจากนี้มีการศึกษาสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมในเนื้อดินต่างกัน พบว่าในดินทรายมีสัดส่วนโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมสูงกว่าในดินเหนียว [46] เห็นได้ว่าในดินที่มีแคลเซียมและโพแทสเซียมสูงจะยับยั้งการดูดแมกนีเซียม [19,45,47-49] ดังนั้นต้องมีการจัดการปุ๋ยแมกนีเซียม โดยเฉพาะในดินที่มีสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมและแคลเซียมต่อแมกนีเซียมสูง

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

แมกนีเซียมในดินปลูกยางพารา ลองกอง และทุเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ ขณะที่ดินปลูกมะพร้าว ปาล์มน้ำมัน และข้าวมีแมกนีเซียมในระดับสูง สัดส่วนระหว่างแคลเซียมต่อแมกนีเซียมในดินปลูกปาล์มน้ำมันและมะพร้าวมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับในดินปลูกข้าว อีกทั้งยังพบว่าในดินปลูกยางพารามีสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมต่อแมกนีเซียมสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ปลูกพืชชนิดอื่น ดังนั้นดินที่มีแมกนีเซียมต่ำ เช่น ดินที่ปลูกยางพารา ลองกอง ทุเรียน ต้องมีการใส่ปุ๋ยที่มีแมกนีเซียมให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช และในการจัดการปุ๋ยถ้าดินมีสัดส่วนระหว่างแคลเซียมหรือโพแทสเซียมกับแมกนีเซียมสูงก็ควรใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมมากกว่าปกติ ทั้งนี้ควรศึกษาการตอบสนองต่อแมกนีเซียมของพืชในภาคสนามต่อไป

6. References

[1] Osotsapa, Y. , 2009, Plant Nutriention, Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai)

[2] Marschner, H. , 1995, Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, London.

[3] Kheoruenromne, I. and Vijansorn, P., 2003, Soil Taxomony of Thailand, Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai)

[4] Brady, N.C., and Weil, R.R., 2008, The Nature

and Properties of Soils, Pearson Prentice Hall, New Jersey.

[5] Schroth, G. and Sinclair, F.L., 2003, Trees, Crops and Soil Fertility: Concepts and Research Methods. CABI Publishing, Wallingford.

[6] Office of Soil Survey and Land Use Planning, 2006, Land Development Department, Available Source: http:// www. ldd. go. th/Thai- html/work1. htm, June 30, 2019. (in Thai)

[7] Jantaraniyom, T., 2013, The Role of Magnesium in Increasing Oil Palm Yield, Oil Palm Research and Development Center, Bangkok. (in Thai)

[8] Office of Agricultural Economics, 2018, Agricultural Statistics of Thailand 2018, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)

[9] Rubber Research Institute of Thailand, 2018, Academic Information of Rubber in 2018, Rubber Research Institute Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)

[10] Rubber Research Institute of Malaya, 1963, Revised manuring programme for replantings, Plrs' Bubb. Res. Inst. Malaya 67: 79-85.

[11] Suwanmongkol, P., Phunmanee, K. and Muansri, L., 1982, Magnesium removed from the recommended rubber fertilizers, pp. 1-21, Academic Conference of Depart ment of Agriculture, Bangkok. (in Thai)

[12] Kungpisdan, N., 2011, Recommend of the Use Rubber Fertilizer, Rubber Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)

[13] Yingjajaval, S. and Bangjan, J., 2006, Major plant nutrient contents in Para rubber (RRIM 600), Agric. Sci. J. 37: 353-364. (in Thai)

[14] Kungpisdan, N., Rattanachoat, M., Permkrasin, P., Kiwrum, T., Chunamporn, L. and Thongphu, A., 2013, Development of Technology on Nutrition Management of Rubber, Rubber Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)

[15] Peverill, K.I., Sparrow, L.A. and Reuter, D.J., 1999, Soil Analysis an Interpretation Manual, CSIRO Australia Publishing, Canberra.

[16] Metson, A.J. and Brooks, M., 1975, Magnesium in New Zealand soils, New Zealand J. Agric. Res. 18: 317-335.

[17] Staugaits, G. and Rutkauskiene, R., 2010, Comparison of magnesium determination methods as influenced by soil properties, Žemdirbyste Agric. 97: 105-116.

[18] Nguyen, H.H., Maneepong, S. and Suraninpong, P., 2015, Behavior of nutrient uptake by pummelo growing on salt marsh soil, pp. 101-105, Proceedings of 2nd International Symposium on Agricultural Technology, A-ONE The Royal Cruise, Chonburi.

[19] Bar-Tal, A. and Pressaman, E., 1996, Root restriction and potassium and calcium solutions concentration affect dry-matter production, cation uptake and blossom-end rot in greenhouse tomato, J. Am. Soc. Hort. Sci. 121: 649-655.

[20] Osemwota, I.O., Omueti, J.A.I. and Ogbog hodo, A.I., 2007, Effect of calcium/ magnesium ratio in soil on magnesium availability, yield, and yield components of maize, Commun. Soil Sci. Plant Anal. 38: 2849-2860.

[21] Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W. L. , 2005, Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management, Pearson Education, Upper Saddle River, NJ.

[22] Eksomtramage, T., 2011, Oil Palm Breeding, Publisher O. S. Printing House Bangkok. (in Thai)

[23] Suchartkul, S. , 2011, Establishment of Standard Values for Nutritional Diagnosis in Soil and Leaves of Immature Rubber Tree, Master Thesis, Walailak University, Nakhon Si Thammarat. (in Thai)

[24] Nguyen, H.H., Maneepong, S. and Suranin pong, P., 2017, Effects of potassium, calcium, and magnesium ratios in soil on their uptake and fruit quality of Pummelo, J. Agric. Sci. 2017: Corpus ID: 103114503.

[25] Kongmak, P. , Khawmee, K. and Onthong, J., 2017, Status and K/Mg ratio in soil and leaves of rubber trees grown in lowland and upland areas, Songklanakarin J. Plant Sci. 4: 66-72. (in Thai)

[26] Onthong, J. and Poompakdee, C., 2017, Soil and Plant Analysis Guide, Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla. (in Thai)

[27] Attanan, T. and Chanchareonsook, C., 1999, Soil and Plant Analysis Guide, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

[28] Jones, J. B. , 2001, Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis, CRC Press, Boca Raton, FL.

[29] Estefan, G., Sommer, R. and Ryan, J., 2013, Methods of Soil, Plant and Water Analysis: A Manual for the West Asia and North Africa Region, The International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Beirut.

[30] Department of Land Development, 2005, Handbook for Analyzing Soil Samples, Water, Fertilizer, Soil Improvement Materials Book 1, Office of Science for Land Development, Bangkok. (in Thai)

[31] Karthikakuttyamma, M.., Joseph, M. and Nair, A.N.S., 2000, Soil and Nutrition in Natural Rubber Agromanagement and Crop Processing, Anaswara Printing and Pubishing Company, Cochin.

[32] Faculty of Lecturer Staffs, 2005, Introduc tion to Soil Science, Department of Soil Science, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

[33] Sethuraj, M.R. and Mathew, N.M., 1992, Natural Rubber: Biology, Cultivation and Technology, Rubber Research Institute of India Kottayam-686009, Kerala.

[34] Carter, M.R., 2002, Soil quality for sustain able land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions, Agron. J. 94: 38-47.

[35] Damrongrak, I., Damrongrak, P. and Pangsuban, S., 2015, Soil properties, plant nutrient status in rubber leaf and its growth in abandoned paddy field, Songkla nakarin J. Plant Sci. 3: 17-22. (in Thai)

[36] Department of Agriculture, 2005, Recom mend of the Use Fertilizer for Economic Crops, Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)

[37] Pongthai, T. Onthong, J. and Khawmee, K., 2017, Effect of magnesium on nutrient concentration and growth of rubber tree sapling, J. Agric. Res. Extens. 34: 1-12. (in Thai)

[38] Jantaraniyom, T., 2016, Agriculturist Guide: Palm Oil Production Efficiently, Oil Palm Research and Development Center, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla. (in Thai)

[39] Rojsujit, A., Nusri, K. and Sinturahat, S., 1998, Effect of pH and Nutrient on the Severity of the Fungus, the White Root Disease of Rubber, Rubber Research Institute Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)

[40] Hubber, D.M. and Jones, J.B., 2012, The role of magnesium in plant disease, Plant Soil 368: 73-85.

[41] Schulte, E.E. and Kelling, K.A., 1985, Soil Calcium to Magnesium Ratios – Should You be Concerned, Extension Bulletin G2986, University of Wisconsin, Madison, Wi.

[42] Ananthanarayana, R. and Venkata Rao, B.V., 1980, Calcium-magnesium interaction in soils and plants, Curr. Res. 8: 89-90.

[43] Tandon, H.L.S., 1992, Management of Nutrient Interactions in Agriculture, Print Process, New Delhi.

[44] Ding, Y. and Xu, G., 2011, Low magnesium with high potassium supply changes sugar partitioning and root growth pattern prior to visible magnesium deficiency in leaves of rice (*Oryza sativa L.*), Am. J. Plant Sci. 2: 601-608.

[45] Hui-xia, L., Zhu-jun, C., Ting, Z., Yan, L. and Jian- bin, Z., 2018, High potassium to magnesium ratio affected the growth and magnesium uptake of three tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars, J. Integr. Agric. 17: 2813-2821.

[46] Loide, V., 2004, About the effect of the contents and ratios of soil's available calcium, potassium and magnesium in liming of acid soils, Agron. Res. 2: 71-82.

[47] Jones, J.B., 1999, Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse, and Home Garden, CRC Press LLC, Boca Raton, FL.

[48] Voogt, W., 1987, The growth of beefsteak tomato as affected by K/Ca ratios in the nutrient solution, Acta Hort. 22: 155-165.

[49] Nukaya, A., Goto, K., Jang, H., Kano, A. and Ohkawa, K., 1995, Effect of NH_4-N level in the nutrient solution on the incidence of blossom- end rot and gold specks on tomato fruit grown in rockwool, Acta Hort. 401: 381-388.