

ผลของความเป็นกรดเป็นด่างของดินและจุลธาตุบางชนิดต่อการเจริญเติบโตและ
การดูดตั้งธาตุอาหารพืชในยางพารา

Effect of Soil pH and Some Micronutrient Elements on the Growth and Plant Nutrient
Uptake of Para Rubber (*Hevea brasiliensis*)

อิสริยาภรณ์ ต้ารงรักษ์¹ จำเป็น อ่อนทอง² และชัยรัตน์ นิลนนท์²

บทคัดย่อ

ยางพารามีแหล่งกำเนิดและเพาะปลูกแพร่หลายในเขตร้อนชื้น ซึ่งดินส่วนใหญ่เป็นกรดรุนแรง การเติมปูนสามารถช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชได้หลายชนิด แต่ถ้าเติมมากเกินไปจะทำให้ขาดแคลนจุลธาตุได้ จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการเพิ่มพีเอชด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และผลของจุลธาตุบางชนิด (เหล็ก สังกะสี ทองแดง) ต่อการเจริญเติบโต ปริมาณธาตุอาหารพืชในใบ และการดูดตั้งธาตุอาหารพืชของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 โดยปลูกกล้ายางพาราในกระถางและเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 9 เดือน พบว่า การเพิ่มพีเอชดินโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ทำให้ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และการดูดตั้งธาตุอาหารต่าง ๆ (ยกเว้นแคลเซียม) ลดลง อย่างไรก็ตามการใส่ปูนร่วมกับธาตุเหล็กมีแนวโน้มทำให้พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน รวมทั้งการดูดตั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ดังนั้น การเพิ่มพีเอชของดินกรดเขตร้อนที่ปลูกยางพาราด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณมาก จึงน่าจะไม่เหมาะสมเนื่องจากเกิดภาวะการแข่งขันการดูดตั้ง และความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะสัดส่วนระหว่างแคลเซียมกับแมกนีเซียม และแคลเซียมกับทองแดงสูงมาก

คำสำคัญ : ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จุลธาตุ การเจริญเติบโต การดูดตั้งธาตุอาหารพืช ยางพารา

Abstract

Rubber trees are native and widely cultivated in acid humid tropical soils. However, liming of strong acid soil might raise some availability of plant nutrient elements, on the other hand, decrease some micronutrient elements. This experiment aimed to investigate the effect of soil pH increasing by calcium hydroxide and adding of some micronutrient elements (Fe, Zn, Cu) on the growth, leaf nutrients and their uptake of RRIM 600 rubber clone. Rubber seedlings were grown in pots and harvested at 9 months of age. It was found that pH increasing by adding calcium hydroxide made plant height, stem diameter, shoot dried matter and plant nutrients uptake (except Ca) lower than none liming. However, liming together with Fe adding was likely to promote the leaf area, shoot dry matter, and increasing of nitrogen, phosphorus and potassium uptakes. Thus, it may not appropriate to increase pH of tropical acid soil by adding high amount of calcium hydroxide because of plant nutrients competition and imbalance, especially the very high ratio of Ca/Mg and Ca/Cu

Keywords : soil pH, micronutrient, growth, plant nutrient uptake, para rubber

¹นักศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรเกษตรเขตร้อน คณะทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

คำนำ

โดยทั่วไปยางพาราเจริญเติบโตอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งดินมักเป็นกรดและจัดอยู่ในอันดับอัลติซอลส์ (Ultisols) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ของประเทศไทยร้อยละ 42.13 สำหรับภาคใต้มีถึงร้อยละ 52 ของพื้นที่ทั้งภาค (เลิบ, 2533) พื้นที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่ในภาคใต้ของประเทศไทยที่เคยสำรวจมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.1-4.7 (นุชนารถ, 2547) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง (นุชนารถ, 2542) และจากการวัดพีเอชดินปลูกยางพาราในภาคใต้ตอนบน คือ จังหวัด นครศรีธรรมราช ชุมพร และสุราษฎร์ธานี จำนวน 43 สวน พบว่า ดินเป็นกรดจัดมาก (พีเอช 4.4-5.5) ร้อยละ 72 และเป็นกรดรุนแรงมาก (พีเอช 3.5-4.5) ร้อยละ 16 (สายใจ และคณะ, 2554) ส่วนดินปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือมีพีเอช 4.2-7.9 (กฤษดา และพิเชษฐ, 2552; ศรัทธา และคณะ, 2552) ในขณะที่ดินอันดับ Ultisols ในประเทศไนจีเรียที่ใช้ปลูกยางพารามีพีเอช 4.0-4.4 (Oku, et al., 2010; Waizah, et al., 2011) ในประเทศอินเดียมีการรายงานว่ายางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับพีเอชดินต่ำกว่า 6.5 (Krishnakumar and Potty, 1992) เป็นที่ทราบกันดีว่าระดับพีเอชดินมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช เช่น หากดินเป็นกรด จะขาดแคลนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ถ้าดินมีพีเอชสูงกว่า 7.0 อาจขาดแคลนฟอสฟอรัส (Brady and Weil, 2002) อย่างไรก็ตามปรับปรุงสมบัติดินกรดให้เหมาะสมได้โดยการใส่ปูน ดังเช่น ชูดินมูเนาะที่มีการเติมปูนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ พีเอชเพิ่มจาก 3.84 เป็น 5.50 ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น แต่หากเติมปูนจนพีเอชเพิ่มเป็น 6.56 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์กลับลดลง (อิสริยาภรณ์ และโรส, 2549)

หากพีเอชดินสูงธาตุเหล็กจะตกตะกอนในรูป $Fe(OH)_3$ ส่วนสังกะสีปลดปล่อยออกมาได้ง่ายเมื่อดินมีค่าพีเอชประมาณ 5.0 แต่เมื่อพีเอชเพิ่มเป็น 6.50 จะละลายได้น้อยลง และที่พีเอชสูงกว่า 7.50 สังกะสีจะตกตะกอนในรูป $Zn_3(OH)_2$ และ Zinc hydroxyl carbonate มีรายงานว่า ดินกรดมักมีธาตุเหล็กสูงเมื่อเติมปูนแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ ทำให้ปริมาณเหล็กลดลง ส่วนแมงกานีสที่สกัดได้หากเติมปูนจนพีเอชเพิ่มเป็น 5.50 มีปริมาณเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับปริมาณทองแดงที่สกัดได้ซึ่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (อิสริยาภรณ์ และโรส, 2549)

ดินที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชทั่วไป มีพีเอชอยู่ในช่วง 5.5-6.5 หากพีเอชต่ำกว่า 4.50 มักมีอะลูมินัมทั้งในรูป Al^{3+} และ $AlOH^{2+}$ มาก จนกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ (Brady and Weil, 2002) อย่างไรก็ตามยางพาราจัดอยู่ในกลุ่มพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในดินกรด พืชกลุ่มนี้มีกลไกป้องกันความเป็นพิษของอะลูมินัมและธาตุโลหะอื่นๆ 2 ลักษณะ คือ การขจัดอะลูมินัมออกจากปลายราก และสะสมอยู่ในรากและส่วนยอดในรูปที่ไม่เป็นพิษต่อพืช (Leon et al., 2004) นอกจากนี้ยังปลดปล่อยกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก มาลิก และออกซาลิก ออกมาจับกับธาตุดังกล่าวทำให้พืชดูดซับได้น้อยลง หรือมีกลไกจับธาตุดังกล่าวภายในราก (Jorge and Aruda, 1997)

พื้นที่ปลูกยางพาราในเขตร้อนชื้นส่วนใหญ่เป็นดินกรดค่อนข้างรุนแรง มีพีเอชต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสม การเพิ่มพีเอชของดินดังกล่าวด้วยการเติมปูนในปริมาณเหมาะสม ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะแคลเซียม (จำเริญ และคณะ, 2550) แต่อาจทำให้จุลธาตุบางชนิดละลายได้น้อยลง และส่งผลต่อการเจริญเติบโต นอกจากนี้มีรายงานว่าขนาดเส้นรอบวงที่เพิ่มขึ้นรายเดือนของต้นยางพารามีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าพีเอช ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (กฤษฎา และพิเชษฐ, 2552) แต่ไม่ทราบเหตุผลที่แน่ชัด

ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของการเพิ่มพีเอชของดินกรดจากการเติมปูนแคลเซียมไฮดรอกไซด์และศึกษาผลของเหล็ก สังกะสี และทองแดง ซึ่งอาจกระทบจากการเติมปูน ต่อการเจริญเติบโต สถานะธาตุอาหารในใบ และการดูดซับธาตุอาหารพืชของยางพารา เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการดินกรด และจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพาราต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองเพิ่มพีเอชของดินกรดชุดดินรือเสาะ (Fine-silty, semiactive, isohyperthermic Typic Palehumults) ซึ่งเป็นดินร่วนปนเหนียว (sand 4.36 %, clay 67.28 % และ silt 28.36 pH 4.63 (1:2.5 ดิน:น้ำ) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.8 กรัม/กิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.53 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 19.70, 12.54 และ 11.72 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ 26.83, 3.27, 0.014 และ 0.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ทำการเติมปุ๋ยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และจุลธาตุบางชนิด คือ เหล็ก สังกะสี และทองแดง ศึกษาการเจริญเติบโต สถานะธาตุอาหารพืชในใบ และการดูดตั้งธาตุอาหารพืชของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ที่ปลูกในกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) มี 7 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ประกอบด้วยกรรมวิธีดังนี้ ไม่ใส่สารใดๆ (control;T1) ไม่ใส่ปุ๋ยแต่ใส่ธาตุอาหารมหภาค (M;T2) ใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 6.0 ร่วมกับใส่ธาตุอาหารมหภาค (L1+M;T3) ใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 7.5 ร่วมกับใส่ธาตุอาหารมหภาค (L2+M;T4) T3+เหล็ก (T5) T3+เหล็ก+สังกะสี (T6) T3+เหล็ก+สังกะสี+ทองแดง (T7)

ย้ายปลูกต้นกล้ายางพาราอายุ 1 เดือน ลงในกระถาง (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร) ซึ่งบรรจุดิน 30 กิโลกรัม ดินกรด (พีเอช 3.89) ที่ใช้สำหรับทดลองผ่านการบ่มด้วยปุ๋ยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 2 สัปดาห์ โดยใส่ปุ๋ยปริมาณ 1.5 เท่าของค่าที่คำนวณได้จากการหาความต้องการปุ๋ยด้วยวิธีบ่มดินด้วยปุ๋ย คือใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 55.56 และ 135.59 กรัม/กระถาง เพื่อปรับ pH เป็น 6.0 และ 7.5 ตามลำดับ (จำเป็น, 2545) กรรมวิธีที่ใส่ธาตุอาหารมหภาคโดยคำนวณจาก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน อัตรา 64, 40, 32, 0.96 และ 0.64 กิโลกรัม/ไร่ หรือ 6.15, 3.85, 3.08, 0.09 และ 0.06 กรัม/กระถาง ส่วนกรรมวิธีที่ใส่จุลธาตุนั้น ใส่ เหล็ก สังกะสี และ ทองแดง อัตรา 0.4, 0.96 และ 0.64 กิโลกรัม/ไร่ หรือ 0.04, 0.092 และ 0.062 กรัม/กระถาง ตามลำดับ (ชัยรัตน์ และวิเชียร, 2539) เตรียมในรูปสารละลายทำการแบ่งใส่ 3 ครั้ง ๆ แรกใส่ก่อนย้ายปลูก ครั้งที่ 2 และ 3 ใส่หลังจากครั้งแรก 1 และ 3 เดือน โดยใส่ร่วมกับการให้น้ำ ให้น้ำกรองให้ดินมีความชื้นในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ายางพารา โดยตรวจวัดความชื้นด้วยเทนซิโอมิเตอร์ให้มีความเครียดอยู่ระหว่าง 20-40 เซนติบาร์ (ปราโมทย์ และคณะ, 2554)

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ความสูง 20 เซนติเมตร หลังย้ายปลูกและเมื่อเก็บเกี่ยว (หลังย้ายปลูก 9 เดือน) วัดความสูงเมื่อย้ายปลูก และหลังย้ายปลูก 4 เดือน หาพื้นที่ใบกลางของฉัตรที่ 2 โดยวาดแผ่นใบในกระดาดนำไปชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกระดาดกับพื้นที่ ก่อนเก็บเกี่ยวหาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดโดยสกัดด้วยไดเมทิลฟอร์มาไมด์ (Dimethylformamide) (กฤษฎา และพิเชษฐ, 2552) ทำการชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน แยกเป็นส่วนของลำต้น ก้านใบ และใบ แล้วหาน้ำหนักแห้งรวม วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในลำต้น ก้านใบ และใบ (จำเป็น, 2545) แล้วคำนวณปริมาณการดูดตั้งธาตุอาหารพืช หลังจากเก็บเกี่ยวต้นยาง นำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน หากพบความแปรปรวนทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncann multiple range test กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตของต้นยางพาราและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง

จากการเพิ่มพีเอชของดินปลูกยางพาราทำให้การเจริญเติบโตของต้นยางมีแนวโน้มลดลง ดังผลการทดลองกรณีไม่ใส่ปุ๋ยแต่ใส่ธาตุอาหารมหภาคในปริมาณที่คาดว่าเพียงพอ ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 20 เซนติเมตร หลังจากย้ายปลูกเป็นเวลา 9 เดือน มากที่สุด (1.461 เซนติเมตร) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

เพิ่มขึ้น 1.122 เซนติเมตร ส่วนกรณีใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเท่ากับ 6.0 (พีเอชจริง 4.70) และ 7.5 (พีเอชจริง 5.37) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 1.41 และ 1.32 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มเพียง 1.07 และ 1.00 เซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับความสูง คือ กรณีไม่ใส่ปุ๋ยแต่ใส่ธาตุอาหารมหภาคให้ความสูงหลังย้ายปลูก 4 เดือน มากที่สุด (138.6 เซนติเมตร) ความสูงเพิ่มขึ้น 93.1 เซนติเมตร ส่วนกรณีใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 6.0 และ 7.5 ให้ความสูงเท่ากันคือ 120.7 เซนติเมตร ความสูงที่เพิ่มขึ้น 90.50 และ 74.8 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งผลการทดลองเป็นไปทางเดียวกับผลการศึกษาเชิงสำรวจของ กฤษณา และพิเชษฐ (2552) ที่พบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างความเป็นกรดเป็นด่าง กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นยางพารา เนื่องจากยางพารามีแหล่งกำเนิดและปลูกแพร่กระจายในเขตร้อนชื้นซึ่งดินส่วนใหญ่เป็นกรด ถึงแม้ดินกรดจะมีข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของพืชทั่วไป คือขาดแคลนแคดไอออนที่เป็นต่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และจุลินทรีย์หลายชนิดละลายออกมาได้มาก โดยเฉพาะหากดินมีพีเอชต่ำกว่า 5.5 อะลูมิเนียมมีโอกาสละลายออกมาจำนวนมากจนอาจเป็นพิษต่อพืชได้ (Brady and Weil, 2002) ซึ่งโดยธรรมชาติของพืชที่เจริญได้ดีในดินกรดจะมีกลไกที่สามารถลดความเป็นพิษของธาตุที่ละลายออกมาได้ โดยเฉพาะอะลูมิเนียม (Onthong and Osaki, 2006; Leon *et al.*, 2004; Jorge and Aruda, 1997)

การใส่ปุ๋ยทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อยกว่าไม่ใส่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยกรณีไม่ใส่ปุ๋ยแต่ใส่ธาตุอาหารมหภาคให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน 186.7 กรัม/ต้น ส่วนกรณีใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 6.0 และ 7.5 ให้น้ำหนักแห้ง 148.8 และ 164.3 กรัม/ต้น ตามลำดับ การใส่ธาตุหลักเพียงอย่างเดียวร่วมกับใส่ปุ๋ยและธาตุอาหารมหภาค มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้น กรณีไม่ใส่อะไรเลยให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินต่ำที่สุด (Table 1)

การใส่ปุ๋ยส่งผลไม่เด่นชัดต่อขนาดพื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด การใส่ธาตุหลักร่วมกับใส่ปุ๋ยและธาตุอาหารมหภาคมีแนวโน้มให้ขนาดพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น กรณีไม่ใส่อะไรเลยปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (Table 1) ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ กรณีไม่ใส่ธาตุอาหารใดๆ ปริมาณไนโตรเจนในใบมีเพียง 18.28 กรัม/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก ส่วนกรรมวิธีที่ให้ธาตุอาหารมหภาคมีปริมาณไนโตรเจน 31.28 กรัม/กิโลกรัม แต่ยังคงอยู่ในระดับต่ำ

การใส่ปุ๋ยแคลเซียมไฮดรอกไซด์จน pH ดินเพิ่มขึ้นเป็น 5.37 (L2+M) ซึ่งทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในใบลดลงจาก 0.25 ในกรรมวิธีควบคุมเป็น 0.18 กรัม/กิโลกรัม ในกรรมวิธีใส่ปุ๋ยที่คาดหวังให้พีเอชดินเพิ่มเป็น 7.5 (L2+M) (Table 2) ไม่มีผลให้การสร้างคลอโรฟิลล์ลดลง อย่างไรก็ตาม ปริมาณแมกนีเซียมที่ลดลงเมื่อใส่ปุ๋ยอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชลดลงเนื่องจากแมกนีเซียมมีบทบาทสำคัญ เช่น เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา photophosphorylation ในการสร้าง ATP กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ribulose 1,5 bisphosphate carboxylase ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน และการเคลื่อนย้ายน้ำตาลผ่านทางโฟลเอ็ม (Hermans *et al.*, 2005; Cakmak and Kirkby, 2008) ภาวะขาดแคลนแมกนีเซียมไม่รุนแรงทำให้การเจริญของรากพืชลดลงมากกว่าการลดลงของคลอโรฟิลล์ (Gransee and Fuhrs, 2013)

Table 1 Growth and growth component of para rubber (RRIM 600) grown in pH adjustment soil and adding some micronutrient elements

Treatment	Increasing of stem diameter (cm)	Increasing of plant height (cm)	Shoot dry weight (g/plant)	Leaf area (cm ²)	Total chlorophyll (mg/dm ²)
Control	0.92	68.4	125.8 ^c	165.1	2.96 ^b
M	1.12	93.1	186.7 ^a	168.4	4.97 ^a
L1+M	1.07	90.5	148.8 ^{abc}	133.7	4.51 ^a
L2+M	1.00	74.8	164.3 ^{abc}	167.8	5.04 ^a
L1+M+Fe	1.07	72.6	183.7 ^{ab}	180.9	4.06 ^a
L1+M+ Fe+Zn	0.84	71.1	145.9 ^{bc}	157.4	4.83 ^a
L1+M+Fe+Zn+Cu	1.08	76.1	177.7 ^{ab}	157.9	4.54 ^a
F-test	1.77 ^{ns}	1.97 ^{ns}	2.68 ^{**}	0.98 ^{ns}	4.65 ^{**}
C.V. (%)	17.06	19.76	21.38	32.93	17.42

Note : ^{ns} Non-significant difference of mean among treatment (p>0.05)

^{**} Significant difference (p≤0.01)

Mean in the same column with different superscripts differ significantly by DMRT

2. ปริมาณธาตุอาหารพืชในใบ

ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบยางพาราพบว่า ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 18.28-31.28 กรัม/กิโลกรัม กรดอินทรีย์ไม่ใส่อะไรเลยมีค่าน้อยที่สุด การใส่ปุ๋ยปริมาณมากขึ้นทำให้ไนโตรเจนในใบลดลง (p≤0.01) ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 1.26-2.48 กรัม/กิโลกรัม การใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้น และใส่จุลธาตุทำให้ฟอสฟอรัสในใบลดลง โพแทสเซียมอยู่ในช่วง 5.55-6.49 กรัม/กิโลกรัม การใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มให้โพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้น

กรณีไม่ใส่ปุ๋ยแต่ให้ธาตุอาหารมหภาคทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบต่ำที่สุด (M=0.70 กรัม/กิโลกรัม) โดยต่ำกว่ากรณีใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 6.0 (L1+M=2.08 กรัม/กิโลกรัม) และ ปรับพีเอชเป็น 7.5 (L2+M=2.79 กรัม/กิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยในปริมาณที่คาดหวังให้พีเอชเป็น 7.5 ถึงแม้พีเอชจริงเพิ่มเป็น 5.37 ทำให้ แคลเซียมในใบสูงขึ้น (Table 2) เช่นเดียวกับผลการทดลองใส่ปุ๋ยขาวในดินที่ปลูกลองกอง ทำให้แคลเซียมในใบสูงขึ้นอย่างเด่นชัด (จำเป็น และคณะ, 2550) สำหรับแมกนีเซียมพบว่า การใส่ปุ๋ยทำให้ความเข้มข้นในใบลดลงโดยเฉพาะใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 7.5 ซึ่งมีปริมาณแมกนีเซียม 0.18 กรัม/กิโลกรัม

การใส่ปุ๋ยแคลเซียมไฮดรอกไซด์จนพีเอชของดินเพิ่มขึ้นในระดับดังกล่าวไม่ส่งผลต่อความเข้มข้นของเหล็กในใบ แต่พบว่า กรณีไม่ใส่อะไรเลยความเข้มข้นเหล็กในใบต่ำกว่ากรณีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.01) กรณีใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 7.5 (พีเอชจริง 5.37) ทำให้แมกนีส์ สังกะสี และทองแดง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใส่ปุ๋ย (p≤0.01, p≤0.01 และ p≤0.05 ตามลำดับ) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Dhamakeerthi *et al.* (2012) ที่พบว่าเมื่อเพิ่มพีเอชดินที่ปลูกยางพาราจาก 5.57 เป็น 5.64 โดยใส่ถ่านชี้เลื่อยไม้ยางพาราที่เผาในสภาพอับอากาศทำให้ความเข้มข้นของแมกนีส์ สังกะสี โพแทสเซียม และแมกนีเซียมลดลง ส่วนความเข้มข้นของเหล็กเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มจุลธาตุทำให้ปริมาณธาตุดังกล่าวในใบเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 7.5 โดยเฉพาะแมงกานีส และสังกะสี และเป็นที่น่าสังเกตว่าถึงแม้สังกะสีในใบจะลดลงมากแต่ยางพาราก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้ จึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับบทบาทของจุลธาตุและความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยางพารา

Table 2 Plant nutrient concentration in rubber leaf of RRIM 600 grown in pH adjustment soil and adding some micronutrient elements.

Treatment	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Control	18.28 ^c	1.26 ^b	5.98	1.10 ^{cd}	0.25	49.54 ^b	78.49 ^a	18.60 ^{ab}	5.92 ^{ab}
M	31.28 ^a	2.47 ^a	5.92	0.70 ^d	0.26	62.08 ^a	65.74 ^{ab}	19.18 ^{ab}	7.14 ^a
L1+M	30.94 ^a	2.48 ^a	6.09	2.08 ^{abc}	0.25	58.92 ^{ab}	80.48 ^a	12.23 ^{ab}	5.57 ^{ab}
L2+M	26.88 ^b	1.92 ^{ab}	6.15	2.79 ^a	0.18	66.85 ^a	43.11 ^b	nd ^c	2.42 ^c
L1+M+Fe	29.16 ^{ab}	2.30 ^a	6.49	2.68 ^{ab}	0.21	67.12 ^a	62.28 ^{ab}	11.15 ^b	3.94 ^{bc}
L1+M+ Fe+Zn	26.06 ^b	1.90 ^{ab}	6.30	1.82 ^{abc}	0.19	65.25 ^a	69.41 ^a	10.74 ^d	4.13 ^{bc}
L1+M+Fe+Zn+Cu	7.90 ^{ab}	1.51 ^b	5.55	1.66 ^{bcd}	0.22	61.77 ^a	72.92 ^a	20.46 ^a	4.06 ^{bc}
F-test	12.05**	4.80**	0.70 ^{ns}	5.05**	1.48 ^{ns}	2.51*	2.65*	6.98*	3.00*
C.V. (%)	10.40	24.32	13.20	41.74	24.29	14.00	25.56	45.61	42.62

Note : ^{ns} Non-significant difference of mean among treatment (p>0.05)

** Significant difference (p≤0.01) * Significant difference (p≤0.05)

Mean in the same column with different superscripts differ significantly by DMRT.

เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของธาตุต่าง ๆ ในใบ พบว่า การใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้ Ca/Mg, Ca/K, Ca/Cu, Ca/Mn และ P/Cu เพิ่มขึ้น คือ กรณีใส่ปุ๋ยจนเพิ่มพีเอชเป็น 5.37 (L2+M) สัดส่วนธาตุดังกล่าวเท่ากับ 15.50, 0.45, 1,152.89, 64.72 และ 793.39 ตามลำดับ ในขณะที่ไม่ใส่ปุ๋ยแต่ใส่ธาตุอาหารมหภาคยกเว้นแคลเซียม (M) มีค่าเท่ากับ 2.69, 0.12, 98.04, 10.65 และ 45.94 ตามลำดับ ส่วนสัดส่วนธาตุดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับงานทดลองที่ผ่านมา หรือ เทียบจากค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของธาตุอาหารพืชในใบยางพารา คือ 2.67, 0.40 (Pushparajah and Tan, 1972), 473.27, 45.32 และ 147.98 (Njukeng *et. al*, 2006) สำหรับสัดส่วนของ N/K และ N/P ทุกกรรมวิธีอยู่ในช่วง 3.06-5.28 และ 12.48-18.48 ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง (Pushparajah and Tan, 1972 Njukeng *et. al*, 2006; สายใจ และคณะ, 2554) ซึ่งให้เห็นถึงความสมดุลของธาตุอาหารพืชเปลี่ยนแปลงไปเมื่อแคลเซียมเพิ่มขึ้น อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ลดลงโดยเฉพาะสัดส่วนของ Ca/Mg, และ Ca/Cu ซึ่งควรต้องทำการศึกษาต่อไป

3. การดูดตั้งธาตุอาหารพืช

การเพิ่มพีเอชดินด้วยการเติมปูนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้ปริมาณการดูดตั้งไนโตรเจนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมลดลง โดยเฉพาะฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม พบว่ากรณีใส่ธาตุอาหารมหภาคแต่ไม่ใส่ปุ๋ยปริมาณการดูดตั้งฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.337 กรัม/ต้น แต่เมื่อใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 6.0 และ 7.5 การดูดตั้งเท่ากับ 0.189 และ 0.181 กรัม/ต้น ตามลำดับ สำหรับโพแทสเซียม กรณีใส่ธาตุอาหารมหภาคแต่ไม่ใส่ปุ๋ยปริมาณการดูดตั้ง 1.157 กรัม/ต้น เมื่อใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 6.0 การดูดตั้งเท่ากับ 0.832 กรัม/ต้น โดยการใส่ปุ๋ยทำให้การดูดตั้งธาตุดังกล่าวน้อยกว่าไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤ 0.01) ส่วนปริมาณการดูดตั้งแคลเซียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.01) คือกรณีไม่ใส่ปุ๋ยแต่ใส่ธาตุอาหารมหภาคมีปริมาณการดูดตั้งแคลเซียม 0.113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรัม/ต้น แต่เมื่อใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 6.0 และ 7.5 ปริมาณการดูดตั้ง 0.332 และ 0.587 กรัม/ต้น ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ปุ๋ยทำให้แคลเซียมในดินเพิ่มขึ้นเกิดการแข่งขันหรือยับยั้งการดูดตั้งของธาตุที่มีประจุบวกเช่นเดียวกัน (Farina *et al.*, 1980; Singh *et al.*, 2005; Celik *et al.*, 2010) การดูดตั้งฟอสฟอรัสลดลงเนื่องมาจากแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสารละลายดินทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออนเป็นสารประกอบทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสน้อยลง อย่างไรก็ตามกรณีไม่ใส่อะไรเลยการดูดตั้งธาตุต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ย่นที่สุด (Table 3)

สำหรับจุลธาตุ พบว่า การใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มการดูดตั้งเหล็กและทองแดงลดลง คือกรณีไม่ใส่ปุ๋ยแต่ใส่ธาตุอาหารมหภาคปริมาณการดูดตั้งเท่ากับ 10.24 และ 1.66 มิลลิกรัม/ต้น เมื่อใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 6.0 ปริมาณการดูดตั้งเท่ากับ 9.44 และ 0.80 มิลลิกรัม/ต้น ตามลำดับ ส่วนการดูดตั้งแมงกานีส และสังกะสี ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$ และ $p \leq 0.05$) โดยกรณีใส่ธาตุอาหารมหภาคแต่ไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าเท่ากับ 10.22 และ 2.79 มิลลิกรัม/ต้น กรณีใส่ปุ๋ยเพื่อปรับพีเอชเป็น 6.0 และ 7.5 มีปริมาณการดูดตั้ง 6.86 และ 4.02 มิลลิกรัม/ต้น สำหรับแมงกานีส และ 1.28 และ 1.42 มิลลิกรัม/ต้น สำหรับสังกะสี (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพีเอชดินเพิ่มขึ้นทำให้ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุดังกล่าวลดลง (Brady and Weil, 2002) ส่งผลให้พืชดูดตั้งได้น้อยลง

กรณีไม่ใส่อะไรเลยการดูดตั้งธาตุเหล็กน้อยที่สุด และพบว่า การใส่ธาตุเหล็กทำให้การดูดตั้งธาตุต่าง ๆ ได้มากขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า การดูดตั้งโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มธาตุเหล็กและทองแดง (Samui *et al.* 1981) และเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการทดลองในข้าวโพดของ Celik *et al.* (2010) ส่วนกรณีไม่ใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ธาตุอาหารมหภาคทำให้ปริมาณการดูดตั้งธาตุอาหารมหภาคน้อยที่สุด (Table 3) และต้นยางเจริญเติบโตต่ำที่สุด ซึ่งให้เห็นว่าดินที่ใช้ในการทดลองมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำโดยเฉพาะปริมาณธาตุอาหารมหภาค

Table 3 Plant nutrient uptake of RRIM 600 grown in pH adjustment soil and adding some micronutrient elements.

Treatment	N (g/plant)	P (g/plant)	K (g/plant)	Ca (g/plant)	Mg (g/plant)	Fe (mg/plant)	Mn (mg/plant)	Zn (mg/plant)	Cu (mg/plant)
Control	0.448 ^c	0.069 ^c	0.542 ^c	0.114 ^c	0.017	5.79 ^c	6.80 ^b	1.87 ^{ab}	1.38
M	1.338 ^a	0.337 ^a	1.157 ^a	0.113 ^c	0.028	10.24 ^{bc}	10.22 ^a	2.79 ^a	1.66
L1+M	1.137 ^{ab}	0.189 ^b	0.832 ^b	0.332 ^b	0.023	9.44 ^{bc}	6.86 ^b	1.28 ^b	0.80
L2+M	1.019 ^{ab}	0.181 ^b	0.875 ^b	0.587 ^a	0.020	9.70 ^{bc}	4.02 ^c	1.42 ^b	0.93
L1+M+Fe	1.328 ^a	0.224 ^b	0.970 ^{ab}	0.363 ^b	0.025	13.29 ^{ab}	7.30 ^b	1.95 ^{ab}	1.32
L1+M+ Fe+Zn	0.892 ^b	0.164 ^b	0.781 ^b	0.277 ^b	0.020	17.41 ^a	6.95 ^b	2.05 ^{ab}	1.19
L1+M+Fe+Zn+Cu	1.283 ^a	0.201 ^b	0.848 ^b	0.320 ^b	0.024	16.77 ^a	7.46 ^b	2.56 ^a	1.48
F-test	7.35 ^{**}	9.30 ^{**}	6.14 ^{**}	11.33 ^{**}	2.26 ^{ns}	4.03 ^{**}	4.58 ^{**}	2.76 [*]	2.05 ^{ns}
C.V. (%)	27.71	29.97	19.61	35.88	25.68	39.85	26.59	37.22	34.32

Note : ^{ns} Non-significant difference of mean among treatment ($p > 0.05$)

** Significant difference ($p \leq 0.01$) * Significant difference ($p \leq 0.05$)

Mean in the same column with different superscripts differ significantly by DMRT.

สรุปผลการทดลอง

การเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างในดินกรดเขตร้อนด้วยการใส่ปุ๋ยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณสูง สำหรับปลูกยางพาราจึงเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมถึงแม้ดินเป็นกรดอย่างรุนแรง เนื่องจากแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นทำให้การดูดตั้งธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ลดลง ทำให้สัดส่วนธาตุอาหารไนโบ

เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะสัดส่วนของแคลเซียมกับแมกนีเซียม และแคลเซียมกับทองแดงสูงมาก นอกจากนี้การปลูกยางพาราในดินกรดที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำควรพิจารณาให้ธาตุอาหารมหภาคอย่างครบถ้วนและเพียงพอ

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา สังข์สิงห์ และพิเชษฐ ไชยพานิชย์. 2552. สมบัติทางเคมีและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกับการเจริญเติบโตของต้นยางพาราช่วงก่อนเปิดกรีดในเขตปลูกยางใหม่. ว.ยางพารา 30 : 35-59.
- จำเริญ อ่อนทอง. 2545. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ม. สงขลา.
- จำเริญ อ่อนทอง. 2550. ผลของการใช้ปุ๋ยขาวและยิปซัมต่อการเจริญเติบโตของลูกกอง. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 29(3):655-667.
- ชัยรัตน์ นิลนนท์ และวิเชียร จาญพจน์. 2539. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ความต้องการธาตุพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วในชุดดินคองหงส์. ว.สงขลานครินทร์ 18:35-42.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2542. การประเมินระดับธาตุอาหารพืชเพื่อแนะนำการใช้ปุ๋ยกับยางพารา. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2547. เอกสารวิชาการการใช้ปุ๋ยและการปรับปรุงดินในสวนยาง. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ปราโมทย์ ทิมขำ สมศักดิ์ มณีพงศ์ มนต์วี อิศรไกรศีล และกฤษฎา สังข์สิงห์. 2554. การประเมินสถานะธาตุอาหารโดยวิธี Omission trail เพื่อการจัดการดินปลูกยางพารา. หน้า 197-208. ในเอกสารการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 2 วันที่ 11-13 พฤษภาคม 2554. ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมแห่งชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่
- มุกดา สุชาสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. อัมรินทร์พรินติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.
- ศรีธธา บุญรอด สมชัย อนุสนธิพรเพิ่ม วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล อัญชลี สุทธิประการ และ Chaude Hammecker. 2552. ความอุดมสมบูรณ์และศักยภาพของดินปลูกยางพาราในพื้นที่อำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น. เก่นเกษตร 37:121-130.
- สายใจ สุชาติกุล สมศักดิ์ มณีพงศ์ และมนต์วี อิศรไกรศีล. 2554. สถานะธาตุอาหารของดินและใบยางก่อนเปิดกรีดในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และ นครศรีธรรมราช. หน้า 219-231. ในเอกสารการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 2 วันที่ 11-13 พฤษภาคม 2554. ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์ และโรส เจ๊ะแวนมาเจ. 2549. การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และจุลธาตุภายหลังใส่ปุ๋ยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในดินกรดจัด. ว.มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 1(1)21-29.
- เจิบ เขียววันรมย์. 2533. ดินของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Andrade, L.R. M., M. Ikeda and J. Ishizuka. 1997. Stimulation of organic acid excretion by roots of aluminum-sensitive wheat varieties under aluminum stress. R.Bras.Fisiol.Veg. 9(1):27-34.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. (13th eds.). Prentice Hall, New Jersey.
- Cakmak, I. and E.A. Kirkby. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. Physiologia Plantarum 133:692-704.
- Celik, H., B.B. Asik, S. Gurel and A.V. Katkat. 2010. Effect of potassium and iron on macro element uptake of maize. Zemdirbyste-Agriculture 97(1):11-22.
- Dharmakeerthi, S.R., J.A.S. Chandrasiri and V.U. Edirimanne . 2012. Effect of rubber wood biocha on nutrition and growth of nursery plants of Hevea brasiliensis established in Utisoil. SpringerPlus 1:84.
- Farina, M.P.W., M.E. Sumner, C.O. Plank and W.S. Letsch. 1980. Effect of pH on soil magnesium and its absorption by corn. Communication in Soil Science and Plant Analysis 11(10):981-992.
- Granssee, A. and H. Fuhrs. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth condition. Plant and Soil 368(1-2):5-12.
- Hermans, C., F. Bourgis, M. Faucher, R.J. Strasser, S. Delrot and N. Verbruggen. 2005. Magnesium deficiency in sugar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- beets alters sugar partitioning and phloem loading in young mature leaves. *Planta* 200:541-549.
- Jorge, R.K. and P. Aruda. 1997. Aluminum-induced organic acids exudation by roots of an aluminum-tolerant tropical maize. *Phytochemistry* 45:675-681.
- Karthikakuttyamma, K., J. Mercykutty and S.A.N. Nair. 2000. Soil and Nutrition. pp.170-198. In P.J. George and C.K. Jacob(eds). *Natural Rubber: Agromanagement and Crop Processing*. Rubber Research Institute of India, Kerala.
- Krishnakumar, A.K. and S.N. Potty. 1992. Nutrition of Hevea. pp. 239-262. In M.R. Sethuraj and N. M. Mathew(eds). *Natural rubber: Biology cultivation and Technology*. Elsevier, Amsterdam.
- Leon, V.K., A.H. Owen and A.P. Miguel. 2004. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. *Annu.Rev.Plant Biol.* 55:459-493
- Njukeng, J.N., E.E. Ehabe , G.E. Nkeng and E. Schnug. 2013. Preliminary diagnosis and recommendation intetrates system (DRIS) Norms for *Hevea brasiliensis* grown in the humid forest zone of Cameroon. *International Journal of plant and soil science* 2(2):230-243.
- Oku, E., A. Iwara and E. Ekukinam. 2012. Effects of age of rubber (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) plantation on pH, organic carbon, organic matter, nitrogen and micronutrient status of Uti soils in the humid forest zone of Nigeria. *Karsetsart J. (Nat.Sci.)*46:684-693.
- Onthong, J. and M. Osaki. 2006. Adaptation of tropical plants to acid soils. *Tropics*.15(4):337-347
- Pushparajah, E. and K.T. Tan. 1972. Factors influencing leaf nutrient levels in rubber. pp.140-154. In:Proceedings of RRIM Malaya Planters Conference, Kuala Lumpur 1972. Rubber Research Institute of Malaya, Kuala Lumpur.
- Singh, R.P., D. Madal, M. Joseph, A.C. Sarma, C.K. Gupta and A.K. Krishnakumar. 2005. Effect of potassium and magnesium interaction on soil properties and growth of immature *Hevea brasiliensis* in Assam. *Natural Rubb Res.* 18:161-171.
- Waizah, Y., F.O. Uzu, J.R. Orimoloye and S.O. Idoko. 2011. Effects of rubber effluent, urea and rock phosphat on soil properties and rubber seedlings in acid sandy soil. *African Journal of Agricultural Research* 6(16):3733-373