ผลของเศษซากพืชร่วมยางพาราต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสในดิน

Effects of rubber-based intercrop residues on phosphorus mineralization in soil

ขวัญตา ขาวมี [1*], วสิทธิ์ แซ่เตียว [1], จำเป็น อ่อนทอง [1]

Khwunta Khawmee [1*], Wasit Saeteaw [1], Jumpen Onthong [1]

(Received 26 June 2020; Accepted 20 Aug 2020)

บทคัดย่อ

การปลูกพืชร่วมยางพาราเป็นการเพิ่มเศษซากพืชลงในดิน และเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารพืช โดยฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักและพบมากในวัสดุอินทรีย์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะขึ้นอยู่กับกระบวนการมิเนอรัลไลเซชันของฟอสฟอรัสจากเศษซากใบพืช จึงศึกษาฟอสฟอรัสทั้งหมด และอัตราส่วนองค์ประกอบทางเคมีในเศษซากใบพืชต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และอิมโมบิไลเซชัน-มิเนอรัลไลเซชันของฟอสฟอรัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (4 ทรีตเมนต์ 3 ซ้ำ) ; 1) บ่มดินอย่างเดียว (CT) 2) บ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ (Ba) 3) บ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียน (H) และ 4) บ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียง (Gn) ที่เวลา 0-120 วัน พบว่าใบผักเหลียงมีฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด อัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจน และคาร์บอน-ฟอสฟอรัสต่ำที่สุด แต่เกิดอิมโมบิไลเซชันของฟอสฟอรัสในดินที่บ่มร่วมกับเศษซากใบพืชทั้ง 3 ชนิด อย่างไรก็ตาม Gn มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยจากเศษซากพืชสูงที่สุด ดังนั้น การเลือกพืชร่วมยางพาราที่มีฟอสฟอรัสและอัตราส่วนองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับใบผักเหลียง จะช่วยเพิ่มฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

Abstract

Rubber-based intercropping increases crop residues into the soil surface and also improve nutreint cycling. Phosphorus is a macronutrient and usually it found in organic materials. The available phosphorus depends on the phosphorus mineralization from plant residues. The proposes of this study was to examine total phosphorus and some chemical composition ratio of leave residues on available phosphorus

คำสำคัญ: ฟอสฟอรัส อิมโมบิไลเซชัน-มิเนอรัลไลเซชัน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พืชร่วมยางพารา

[1] สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา 90110

[1] Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources. Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla 90110

[*] Correspondig author: khwunta.k@psu.ac.th

and immobilization-mineralization of phosphorus. The experiment was designed in completely randomized design with 4 treatments and 3 replications: 1) incubated soil without leave residues (CT), 2) incubated soil with bamboo leave residues (Ba), 3) incubated soil with Ta-khian leave residue (H) and 4) incubated soil with Phak-liang leave residues (Gn). The samples were incubated at days 0-120. The result showed that Phak-liang leaves gave a highest phosphorus concentration, lowest C/N and C/P ratio. Immobilization of phosphorus was observed in the soils incubated with all three types of rubber-based intercrop residues. However, the Gn treatment gave a highest concentration of soil available phosphorus and phosphorus released from leave residues. Therefore, choosing a rubber-based intercrops giving phosphorus content and chemical composition ratio similar to Phak-liang leaves may improve available phosphorus in soils.

บทนำ

การปลูกพืชร่วมยางพาราได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากหลายหน่วยงาน เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้จากปัญหาราคายางพาราตกต่ำ (ภัทรพงศ์และคณะ, 2561) การปลูกพืชร่วมยางพาราจะมีเศษซากใบร่วงหล่นกลับสู่ดิน ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น และถือเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารพืช โดยเศษซากใบพืชร่วมยางพาราสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กลับสู่ดินได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2560) เป็นที่ทราบกันดีว่า การปลดปล่อยธาตุอาหารจากเศษซากวัสดุอินทรีย์นั้น ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ คือ อัตราส่วนที่เหมาะสมของธาตุอาหาร เช่น อัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจน (C/N ratio) และคาร์บอน-ฟอสฟอรัส (C/P ratio) โดยทั่วไปเศษซากวัสดุอินทรีย์ที่มี C/N และ C/P ต่ำ จะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้ง่าย (Azeez and Averbeke, 2010; Brady and Weil, 2010) การศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารจากเศษซากวัสดุอินทรีย์ส่วนใหญ่ให้ความสนใจปริมาณไนโตรเจน และอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนเท่านั้น จึงทำให้ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ในดินซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด ไม่เพียงพอต่อการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะในดินเขตร้อนชื้น ฟอสฟอรัสจึงกลายเป็นอีกหนึ่งข้อจำกัดสำหรับการปลูกพืชได้ (Edmeades, 2003) มีรายงานว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเขตร้อน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก ดินที่พีเอชต่ำหรือดินที่มีพีเอชสูง ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงกับเซสควิออกไซด์และแคลเซียมออกไซด์ (Edmeades, 2003; อรวรรณ, 2551) ตามลำดับ จากปัญหาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่เป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของพืช การเลือกเศษซากวัสดุอินทรีย์เพื่อเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน จึงต้องคำนึงถึงอัตราส่วนและปริมาณของฟอสฟอรัสในเศษซากพืชที่ใส่

Keywords : Phosphorus immobilization-mineralization, available phosphorus, rubber-based intercrops

ลงไป ซึ่งเศษซากพืชแต่ละชนิดจะมีอัตราการปลดปล่อยฟอสฟอรัสแตกต่างกัน ทั้งปริมาณฟอสฟอรัสในเศษซาก และระยะเวลาในการปลดปล่อย โดยมีผลจากปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต (จุลินทรีย์ดิน) และสิ่งไม่มีชีวิต (สมบัติทางเคมีของดิน) (Azeez and Averbeke, 2010) มีรายงานว่า เกณฑ์ในการเกิดกระบวนการมิเนอรัลไลเซชันวัสดุอินทรีย์หรือเศษซากพืช ต้องมีปริมาณฟอสฟอรัสในเศษซากมากกว่าร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักแห้งของเศษซากพืช (Floate, 1970)

ดังนั้นเพื่อให้มีความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากเศษซากพืช จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการ อัตราส่วนคาร์บอน-ฟอสฟอรัส และอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และอิมโมบิไลเซชัน-มิเนอรัลไลเซชันของฟอสฟอรัสในดิน

อุปกรณ์และวิธีการ

ดินที่ใช้ทดลอง คือ ชุดดินทุ่งหว้า (Tg) (Coarse-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleudults) เก็บดินที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร นำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตระแกรงขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร เตรียมสำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ได้แก่ เนื้อดินโดยวิธีไปเปต (Day, 1965) พบว่า เป็นดินร่วนปนทราย ประกอบด้วยทรายเท่ากับ 650 กรัมต่อกิโลกรัม ทรายแป้งเท่ากับ 240 กรัมต่อกิโลกรัม และดินเหนียวเท่ากับ 110 กรัมต่อกิโลกรัม และสมบัติทางเคมีของดิน โดยวิเคราะห์ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำเป็น และจักรกฤษณ์, 2557) พบว่า พีเอช (ดินต่อน้ำ 1:5) และค่าการนำไฟฟ้า (ดินต่อน้ำ 1:5) เท่ากับ 5.14 และ 0.027 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งดินมีสภาพเป็นกรดปานกลางและเป็นดินที่ไม่มีผลจากเกลือ (ศรีสม, 2544) ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) เท่ากับ 0.56 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าอยู่ในระดับต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II method) เท่ากับ 6.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าอยู่ในระดับต่ำ คาร์บอนอินทรีย์ (Walkley and Black) เท่ากับ 6.61 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าอยู่ในระดับต่ำ

ตัวอย่างเศษซากใบพืชร่วมยางพารา ได้แก่ ใบไผ่ (*Bambusoideae*) ใบตะเคียน (*Hopea odorata*) และใบผักเหลียง (*Gnetum gnemon*) ถูกเก็บโดยใช้ตาข่ายขนาด 1 ตารางเมตร สูง 0.5 เมตร สำหรับรองรับเศษซากที่ร่วงหล่นของไผ่และตะเคียน ในส่วนของผักเหลียงตัดที่ความสูง 0.5 เมตร จากพื้นดิน ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร เพื่อให้เหมือนกับการตัดแต่งของเกษตรกร นำเศษซากพืชร่วมยางพาราทั้ง 3 ชนิด มาเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าขาวบาง นำส่วนใบของพืช อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้มีขนาด 20-40 เมช เพื่อเตรียมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบ และการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ โดยวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl method ฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยย่อยด้วยกรดผสม HNO_3 : $HClO_4$ อัตราส่วน 3:1 แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสด้วยวิธี yellow molybdovanadophosphoric acid แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Visible-spectrophotometer โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส คาร์บอนทั้งหมดในพืช (ออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอน ให้กลายเป็น

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ด้วย $K_2Cr_2O_7$ ในกรดกำมะถันเข้มข้น แล้ววิเคราะห์ไดโครเมตที่เหลือด้วยการไทเทรตกับสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (จำเป็น และจักรกฤษณ์, 2557)

การบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

เตรียมดินสำหรับการบ่ม 50 กรัม เติมเศษซากใบพืชให้ได้ 200 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมดิน เพื่อให้เพียงพอต่อการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Abbasi *et al*., 2007) โดยคิดเป็นฟอสฟอรัสจากเศษซากใบไผ่ ตะเคียน และผักเหลียง 4.40, 7.60 และ 14.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดิน ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 4 ทรีตเมนต์ 3 ซ้ำ คือ 1) บ่มดินเพียงอย่างเดียว (CT) 2) บ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ (Ba) 3) บ่มดินร่วมกับเศษซากตะเคียน (H) และ 4) บ่มดินร่วมกับเศษซากผักเหลียง (Gn) ในตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับร้อยละ 58 ของความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Water holding capacity) โดยเติมน้ำกลับไปทุกๆ 3 วัน จากนั้นเก็บตัวอย่างดิน วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ 0, 7, 14, 21, 28, 45, 60, 90 และ 120 วันของการบ่มดิน เพื่อวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ด้วยวิธี Bray II method ทำให้เกิดสีด้วยวิธี Molybdenum blue method นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Visible-spectrophotometer โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (จำเป็น และจักรกฤษณ์, 2557) และนำมาคำนวณ Net P mineralized (Pmin) ตามสมการดังนี้ (หากค่าที่ได้เป็นลบ แสดงถึงการเกิดอิมโมบิไลเซชัน และค่าบวกแสดงถึงการมิเนอรัลไลเซชัน)

$$P_{min}\ (mg\ kg^{-1}\ soil) = \{ (Pi)_t - (Pi)_{t=0} \}_{residues} - \{ (Pi)_t - (Pi)_{t=0} \}_{unamended}$$

โดย $(Pi)_t$ คือ ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เวลาต่างๆ ; $(Pi)_t$=0 คือ ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่ 0 วัน และการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากพืช (P_{rel}) คำนวณได้จากสมการ

$$P_{rel}\ (mg\ kg^{-1}\ soil) = (Pi)_{t\ of\ residues} - (Pi)_{t\ of\ unamended}$$

โดย $(Pi)_{t\ of\ residues}$ คือ การปลดปล่อยฟอสฟอรัสในทรีตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับเศษซาก ที่ช่วงเวลาต่างๆ ; $(Pi)_{t\ of\ unamended}$ คือ การปลดปล่อยฟอสฟอรัสในทรีตเมนต์ควบคุม ที่ช่วงเวลาต่างๆ และร้อยละการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากพืช $(\%P_{rel})_{P\ source}$ คำนวณจากสมการ

$$(\%P_{rel})_{P\ source} = \{ (P_{rel})_{residues} / P0_{(p\ source)} \} * 100$$

โดย $(P_{rel})_{residues}$ คือ การปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากพืช; $P0_{(p\ source)}$ คือ ปริมาณฟอสฟอรัสจากเศษซากพืชที่ใส่ลงไป (มิลลิกรัม

ต่อกิโลกรัม) (Azeezi and Averbeke, 2010)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำปริมาณธาตุอาหารในเศษซากใบ องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากพืชมาหาค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางเดียวด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ และนำค่าอิมโมบิไลเซชัน-มิเนอรัลไลเซชันสุทธิ และร้อยละการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากพืชมาหาค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ผลการทดลอง

ธาตุอาหารในเศษซากใบพืชร่วมยางพารา

ปริมาณธาตุอาหารในเศษซากใบพืชร่วมยางพาราทั้ง 3 ชนิด พบว่า เศษซากใบผักเหลียงมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมา คือ เศษซากใบตะเคียน และต่ำที่สุดเศษซากใบไผ่ (30.05, 12.63 และ 6.38 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดสูงที่สุดในเศษซากใบผักเหลียง รองลงมา คือ เศษซากใบไผ่ และเศษซากใบตะเคียน (373.19, 340.01 และ 313.08 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดในเศษซากใบผักเหลียง รองลงมาคือ เศษซากใบตะเคียน และเศษซากใบไผ่ (2.18, 0.48, 0.14 กรัมต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 0.22, 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ) อัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจน สูงที่สุดในเศษซากใบไผ่ รองลงมา คือ เศษซากใบตะเคียน และต่ำที่สุดในเศษซากใบผักเหลียง (53.47, 24.63 และ 12.29 ตามลำดับ) อัตราส่วนคาร์บอน-ฟอสฟอรัส สูงที่สุดในเศษซากใบไผ่ รองลงมา คือ เศษซากใบตะเคียน และต่ำที่สุดในเศษซากใบผักเหลียง (2,464.35, 677.27 และ 183.32) อัตราส่วนไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส สูงที่สุดในเศษซากใบไผ่ รองลงมา คือ เศษซากใบตะเคียน และต่ำที่สุดในเศษซากใบผักเหลียง (46.83, 26.44 และ 13.92 ตามลำดับ) (Table 1)

Table 1 Some characteristics of rubber-based intercrop residues used for the incubation experiment.

Plant residues	N	C	P	C/N ratio	C/P ratio	N/P ratio
	(g kg^{-1})					
Ba	6.38c	340.01ab	0.14b	53.47a	2,464.35a	46.83a
H	12.63b	313.08b	0.48b	24.63b	677.27b	26.44b
Gn	30.05a	373.19a	2.18a	12.29c	183.32c	13.92c
F-Test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	3.15	1.77	16.6	2.23	4.13	6.37

Ba = Bambusoideae or Bamboo leave residues; H = Hopea odorata or Ta-khian leave residues and Gn = Gnetum gnemon or Phak-liang leave residues; ** = significant differences at $p \leq 0.01$; Different letters indicate differences in treatment by DMRT.

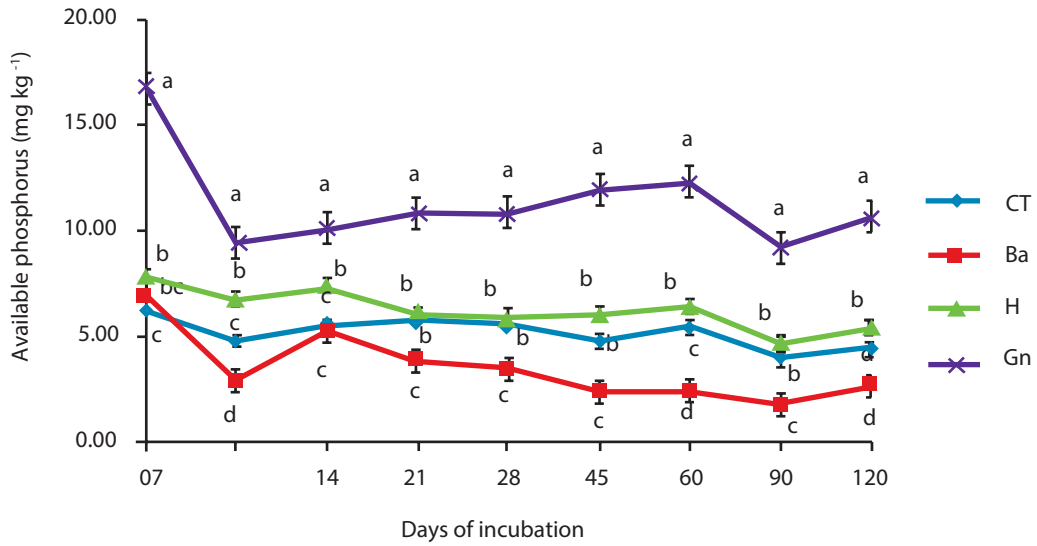

Figure 1 Effect of rubber-base intercrops residue on available phosphorus at different incubation period.

CT = control (without residues); Ba = Bambusoideae or Bamboo leave residues; H = Hopea- odorata or Ta-khian leave residues; Gn = Gnetum gnemon or Phak-liang leave residues; Bars represent standard errors; Different letters indicated differences at $p \leq 0.01$ in treatment by DMRT.

ผลของการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบพืชร่วมยางพาราต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

เมื่อมีการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบพืชร่วมยางพาราทั้ง 3 ชนิด พบว่า ที่ 0 วัน ทรีตเมนต์ที่มีการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียงมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด (16.77 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมา คือ การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียนและการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ (7.88 และ 6.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และต่ำที่สุดในทรีตเมนต์ควบคุม (6.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ที่เวลาบ่ม 7 และ 90 วัน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มลดลงในทุกทรีตเมนต์ และที่ 120 วัน พบว่า ทรีตเมนต์ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด คือ การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียง (10.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รองลงมา คือ บ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียนและทรีตเมนต์ควบคุม (5.41 และ 4.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และต่ำที่สุดในทรีตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ (2.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Figure 1)

ผลของการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบพืชร่วมยางพาราต่อมิเนอรัลไลเซชัน-อิมโมบิไลเซชันของฟอสฟอรัส

การบ่มดินร่วมกับเศษซากพืชร่วมยางพาราทั้ง 3 ชนิด ที่เวลา 7 วัน พบว่าเกิดกระบวนการอิมโมบิไลเซชันของฟอสฟอรัส (ค่าติดลบแสดงถึงการเกิดอิมโมบิไลเซชัน)

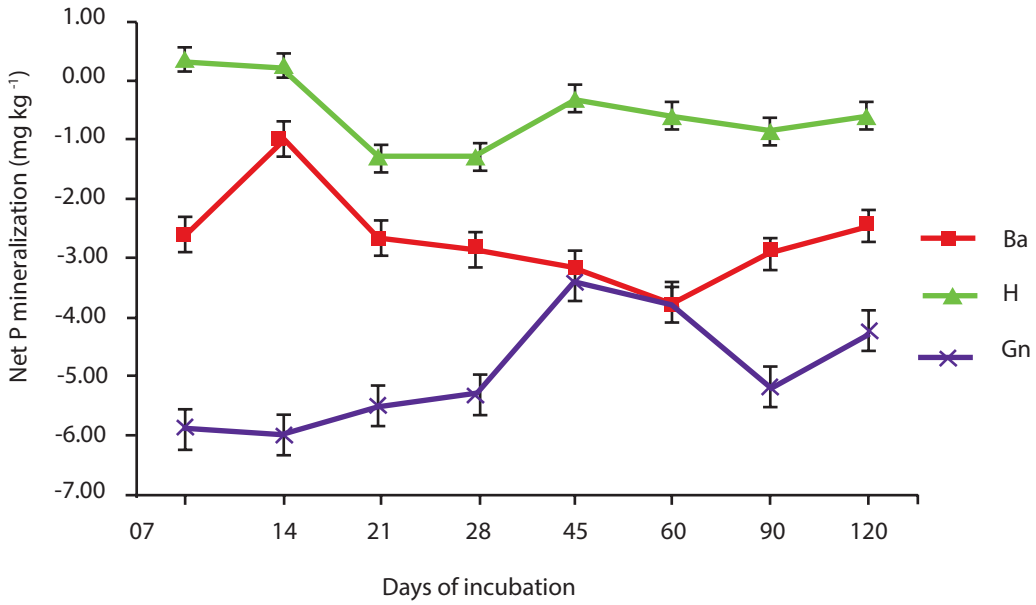

Figure 2 Effect of rubber-base intercrops residue on net mineralized phosphorus at different incubation period.
Ba = Bambusoideae or Bamboo leave residues; H = Hopea odorata or Ta-khian leave residues; Gn = Gnetum gnemon or Phak-liang leave residues; Bars represent standard errors.

และการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียงเกิดอิมโมบิไลเซชันของฟอสฟอรัสสุทธิสูงที่สุด รองลงมาคือ การบ่มดินร่วมกับใบไผ่ และการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียนเกิดมิเนอรัลไลเซชันสุทธิ (-5.87, -2.63 และ 0.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) แต่ที่วันบ่ม 21-120 วัน กลับพบว่า การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียน เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอิมโมบิไลเซชัน (-1.32 ถึง -0.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และที่ 120 วัน พบว่าทุกทรีตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับเศษซากใบพืชร่วมยางพาราเกิดอิมโมบิไลเซชันสุทธิ โดยสูงที่สุดในทรีตเมนต์บ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียง รองลงมาคือ การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ และต่ำที่สุดในการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียน (-4.25, -2.45 และ -0.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) (Figure 2)

ผลของการบ่มดินร่วมกับเศษซากพืชต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากพืช

เมื่อนำปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มาคิดเป็นการปลดปล่อยฟอสฟอรัสโดยเทียบกับการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากทรีตเมนต์ควบคุม พบว่า ที่ 0 วัน การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียงมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากสูงที่สุด รองลงมา คือ การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียน และต่ำที่สุด ในการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ (10.50, 1.61 และ 0.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) (Figure 3) คิดเป็นร้อยละ 70.90, 21.23 และ 17.30 ของการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากใบ ตามลำดับ (Figure 4) ที่ 7 วัน พบว่า ทรีตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับเศษซาก

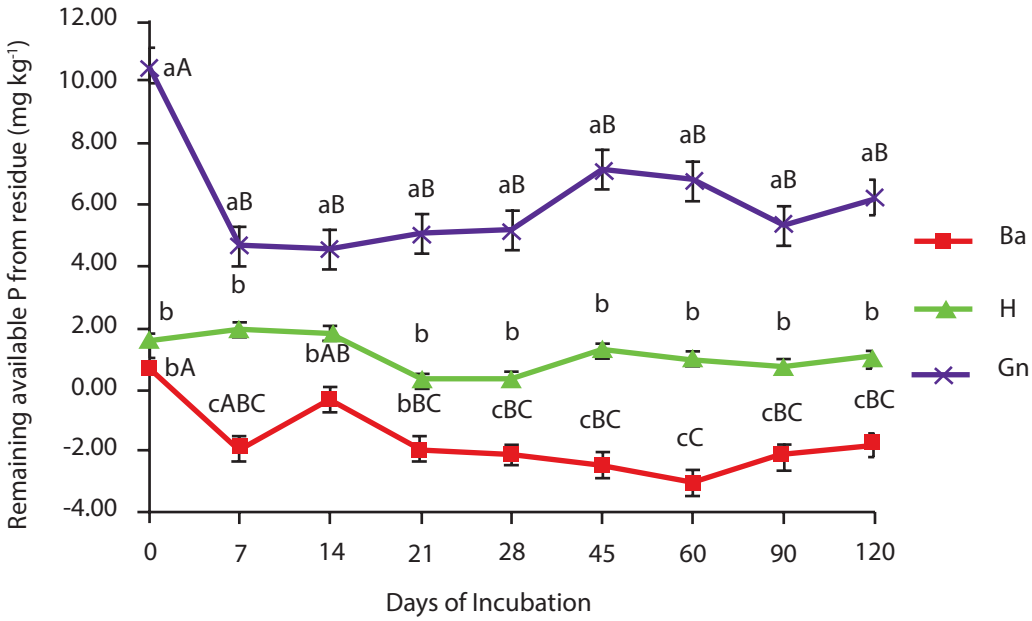

Figure 3 Effect of rubber-base intercrops residue on remaining available phosphorus from residue. Ba = Bambusoideae or Bamboo leave residues; H = Hopea odorata or Ta-khian leave residues; Gn = Gnetum gnemon or Phak-liang leave residues; Bars represent standard errors; Lower-case letters show different of available phosphorus in treatment; Capital letters show differences of available phosphorus in day of incubated at $p \leq 0.01$ in treatment by DMRT.

ใบผักเหลียงมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่คงเหลือจากการปลดปล่อยจากเศษซากพืช ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม (4.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Figure 3) คิดเป็นร้อยละ 32.14 ของฟอสฟอรัสที่คงเหลือจากการปลดปล่อยจากเศษซาก (Figure 4) ในทรีตเมนต์บ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียนมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่คงเหลือจากการปลดปล่อยจากเศษซากค่อนข้างคงที่ จนสิ้นสุดการทดลอง (1.96-1.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (Figure 3) และในทรีตเมนต์การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ มีการใช้ฟอสฟอรัสจากในดินสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (-1.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) คิดเป็นร้อยละ 44.05 ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Figure 3 และ 4) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียงมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่คงเหลือจากการปลดปล่อยจากเศษซากสูงที่สุด รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียน (6.25 และ 1.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็น 43.40 และ 13.39 เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสที่คงเหลือจากการปลดปล่อยจากเศษซาก) (Figure 3 และ 4) และทรีตเมนต์การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ มีการใช้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงขึ้น เมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม (-1.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็น 40.03 เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน) (Figure 3 และ 4) ในที่นี้จะใช้คำว่าการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่คงเหลือจากการปลดปล่อยจากเศษซาก เนื่องจากที่ 0 วัน มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกจากเศษซากสูงกว่าที่วันบ่มอื่นๆ

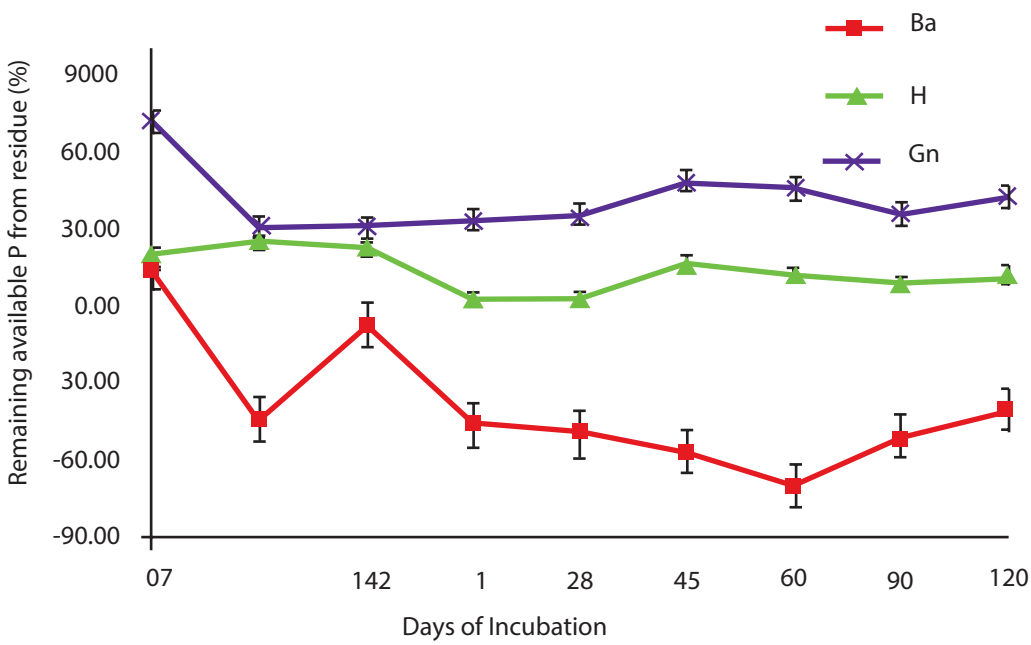

Figure 4 Effect of rubber-base intercrops residues on percentage of remaining available P-from residues.
Ba = Bambusoideae or Bamboo leave residues; H = Hopea odorata or Ta-khian leave residues; Gn = Gnetum gnemon or Phak-liang leave residues; Bars represent standard errors.

วิจารณ์ผล

มิเนอรัลไลเซชัน-อิมโมบิไลเซชัน และการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากพืช

การศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ 0 และ 120 วัน พบว่า การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด รองลงมาคือ การบ่มดินร่วมกับเศษซากตะเคียน และต่ำที่สุดในการบ่มดินร่วมกับไผ่ (Figure 1) สอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในเศษซากใบทั้ง 3 ชนิด คือ ใบผักเหลียงสูงที่สุด รองลงมา คือ ใบตะเคียน และต่ำที่สุดในใบไผ่ (Table 1) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เติมลงไป โดยคิดเป็นปริมาณฟอสฟอรัสจากเศษซากพืช โดยในใบผักเหลียงสูงที่สุด รองลงมาคือ ใบตะเคียน และต่ำที่สุดในใบไผ่ (14.40, 7.60 และ 4.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่ที่ 7 และ 90 วัน มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลงในทุกทรีตเมนต์ เนื่องจากจุลินทรีย์นำฟอสฟอรัสไปใช้ในการสร้างเซลล์ จากการศึกษาการใส่วัสดุอินทรีย์ลงในดิน พบว่าฟอสฟอรัสในรูปออโทฟอสเฟตมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนในมวลจุลินทรีย์ (Arancon *et al*., 2006) หรืออาจเกิดจากการรวมตัวกันของฟอสเฟตกับออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม

ซึ่งมีมากในดินเขตร้อนร่วมด้วย (Bridgham *et al*., 1998) นอกจากนี้ อาจเกิดจากการสังเคราะห์สารประกอบพวกอินโนซิทอลฟอสเฟตจากปฏิกิริยาระหว่างไมโออินโนซิทอล (myoinositol) กับฟอสเฟตไอออนเป็นสารประกอบพวกเอสเทอร์ (ส่วนใหญ่พบในผนังเซลล์ของจุลินทรีย์) ที่ค่อนข้างทนต่อการสลายตัว (อัจฉรา, 2549)

เมื่อพิจารณาร่วมกับการเกิดมิเนอรัลไลเซชัน-อิมโมบิไลเซชันสุทธิของฟอสฟอรัส พบว่า วันที่ 0 วัน การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียง เกิดมิเนอรัลไลเซชันสุทธิสูงที่สุด รองลงมาคือการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียน และต่ำที่สุดในการบ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ (Figure 2) เนื่องจากอัตราส่วนคาร์บอน-ฟอสฟอรัสในใบผักเหลียงต่ำที่สุด (183.32) รองลงมาคือ ใบตะเคียน (677.27) และสูงที่สุดในใบไผ่ (2,464.35) (Table 1) สอดคล้องกับการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากพืชร่วมยางพารา ที่พบว่า ที่ 0 วัน การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียง มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซากนั้นสูงถึง 10.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Figure 3) หรือคิดเป็นร้อยละ 70.90 ของการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซาก (Figure 4) แสดงให้เห็นว่า ฟอสฟอรัสในเศษซากใบผักเหลียงอยู่ในรูปที่ค่อนข้างเป็นประโยชน์สูงที่สุด แต่ที่ 7-120 วัน พบว่า การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียง เกิดอิมโมบิไลเซชันสุทธิสูงที่สุด รองลงมาคือ การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบไผ่ และต่ำที่สุดคือ การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบตะเคียน (Figure 3) แต่หากเทียบจากปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากเศษซากใบพืชร่วมยางพารา และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน กลับพบว่า การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียงและใบตะเคียน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าทรีตเมนต์ควบคุม (หรือเกิดกระบวนการมิเนอรัลไลเซชันเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม) (Figure 1, 3 และ 4) เนื่องจากในเศษซากใบผักเหลียงมีฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือ เศษซากใบตะเคียน และต่ำที่สุดในเศษซากใบไผ่ (0.22, 0.05 และ 0.01 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการบ่มดินร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกัน โดยพบว่าเศษซากพืชที่มีฟอสฟอรัส มากกว่าร้อยละ 0.2 ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในเศษซาก จะทำให้มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ออกมาได้สูง โดยในใบยาสูบมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสสูงถึง 13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ฟอสฟอรัสในเศษซาก 0.22 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง) ในขณะที่ใบสับปะรด มีการปลดปล่อยเพียง 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ฟอสฟอรัสในเศษซาก 0.12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) (Adediran *et al*., 2003) สอดคล้องกับการบ่มดินร่วมกับเศษซากพืช (Gliricidia sepium, Accacia hilotica) พบว่าหากฟอสฟอรัสในเศษซากน้อยกว่าร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักแห้ง จะเกิดอิมโมบิไลเซชัน (Mafongoya *et al*., 2000)

ทุกการทดลองที่กล่าวมา หากใช้เกณฑ์การเกิดมิเนอรัลไลเซชัน-อิมโมบิไลเซชันของฟอสฟอรัสตามเกณฑ์ของ Floate (1970) จะพบว่าฟอสฟอรัสที่มากกว่าหรือน้อยกว่าร้อยละ 0.2 ของปริมาณฟอสฟอรัสในเศษซากพืช จะเกิดมิเนอรัลไลเซชันและอิมโมบิไลเซชัน อีกทั้งหากพิจารณาจากอัตราส่วน คาร์บอน-ฟอสฟอรัส คาร์บอน-ไนโตรเจน และไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสในเศษซากใบพืชร่วมยางพารา พบว่าในใบผักเหลียงมีอัตราส่วนต่ำที่สุด รองลงมาคือใบตะเคียน และสูงที่สุดในใบไผ่ (C/P = 183.32, 677.27 และ

2,464.35; C/N = 12.29, 24.63 และ 53.47; N/P = 13.92, 26.44 และ 46.83 ตามลำดับ) สอดคล้องกับการศึกษาการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากมูลสัตว์ปีก มูลวัว และมูลแพะ โดยในมูลสัตว์ปีกมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อฟอสฟอรัสต่ำที่สุด รองลงมา คือมูลวัวและมูลแพะ โดยพบว่ามูลสัตว์ปีกมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสและร้อยละการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากมูลสัตว์สูงที่สุด เนื่องจากมีอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนและคาร์บอน-ฟอสฟอรัสในช่วงแคบกว่า (Azeez and Averbeke, 2010) และยังสอดคล้องกับการศึกษาการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากวัสดุอินทรีย์ (Bridgham *et al*., 1998; Adediran *et al*., 2003) โดยอัตราส่วนคาร์บอน-ฟอสฟอรัสที่มากกว่า 300 ขึ้นไป จุลินทรีย์จะดึงเอาฟอสฟอรัสจากสารละลายดินไปใช้ (อัจฉรา, 2549) และยังพบว่า เศษซากใบผักเหลียงและใบตะเคียน มีอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งไม่เกิน 25:1 ตามเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดมิเนอรัลไลเซชันของไนโตรเจน (Mikkelsen and Hartz, 2008) โดยมีรายงานว่า กิจกรรมของเอนไซม์ดีไฮโดรจิเนส (dehydrogenase activity) และไนโตรเจนในมวลจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กับการปลดปล่อยแอมโมเนียมไนเทรตและออร์โธฟอสเฟต (Arancon *et al*., 2006)

สรุปผล

เศษซากใบผักเหลียงมีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่าร้อยละ 0.2 ของน้ำหนักแห้งพืช มีอัตราส่วนคาร์บอน-ไนโตรเจน คาร์บอน-ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส อยู่ในช่วงแคบที่สุด จึงทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากเศษซาก รวมทั้งปริมาณฟอสฟอรัสที่คงเหลือจากการปลดปล่อยจากเศษซากพืชสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาอิมโมบิไลเซชัน-มิเนอรัลไลเซชันสุทธิ พบว่า การบ่มดินร่วมกับเศษซากใบผักเหลียงกลับมีอิมโมบิไลเซชันสุทธิสูงที่สุด เนื่องจากการปลดปล่อยที่ 0 วัน ของเศษซากใบผักเหลียงมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาสูงกว่าในวันบ่มอื่นๆ ดังนั้น การเลือกปลูกพืชร่วมยางพาราเพื่อให้ได้เศษซากพืชที่ช่วยเพิ่มการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แก่ดิน และมีปริมาณร้อยละฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยจากเศษซากพืชสูง ควรเลือกพืชที่มีองค์ประกอบทางเคมี เช่นเดียวกับผักเหลียงเป็นพืชร่วมยางพารา

คำขอบคุณ

ผลงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนานวัตกรรมยางพารา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สัญญาเลขที่ NAT610343S

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2560. ทางเลือกการปลูกพืชแซมยาง พืชร่วมยาง และกิจกรรมเสริมรายได้ของชาวสวนยาง. สืบค้นจาก : http://www.doa.go.th/share/attachment.php?aid=1193. [14 เมษายน 2560]

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2557. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

นุชนารถ กังพิศดาร. 2554. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยยางพารา ปี 2554. กรุงเทพฯ. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ภัทรพงศ์ วงศ์สุวัฒน์, ปัณณวิชญ์ วงศ์สุวัฒน์, พรธิรัฐฐ์ พจนสุนทร และ อรอนงค์ เวียงแก้ว. 2561. การศึกษาระบบโลจิสติกส์ ยางพาราของไทย. กองโลจิสติกส์ ฝ่ายวิจัยและพัฒนาเศรษฐกิจยางการยางแห่งประเทศไทย. วารสารยางพารา. ฉบับอิเล็กทรอนิกส์ 35.

อัจฉรา เพ็งหนู. 2549. เอกสารคำสอนวิชาจุลชีววิทยาของดิน. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

Arancon, N.Q., C.A. Edwards and P, Bierman. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. Bioresource Technology 97: 831–840.

Adediran, A.J., N.D. Baets., P.N.S. Mnkeni., L. Kiekens., N.Y.O. Muyima. and A. Thys. 2003. Organic Waste Materials for Soil Fertility Improvement in the Border Region of the Eastern Cape, South Africa. Biological Agriculture & Horticulture 20: 283-300.

Azeez, J.O. and W.V. Averbeke. 2010. Fate of manure phosphorus in a weathered sandy clay loam soil amendedwith three animal manures. Bioresource Technology 101: 6584-6588.

Bridgham, S.D., K. Updegraff. and J. Pastor. 1998. Carbon, nitrogen, and phosphorus mineralization in northern wetlands. Ecological Society of America 79 (5): 1545-1561.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2010. Elements of the Nature and Properties of Soils. New Jersey: Pearson.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. In C.A. Black, ed. Methods of Soil Analysis. Part 1. Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy. Soil Science Society of America.

Edmeades, D.C. 2003. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems 66: 165-180.

Floate, M.J.S. 1970. Decomposition of organic materials from hill soils and pastures. II. Comparative studies on the mineralization of carbon, nitrogen, and phosphorous from soil. Soil Biology and Biochemistry 2: 173-494.

Mafongoya, P.L., P. Barak and J.D. Reed. 2000. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization of tree leaves and manure. Biology and Fertility of Soils 30: 298-305.

Mikkelsen, R. and T.K. Hartz. 2008. Nitrogen sources for organic crop production. Better Crops 92: 16- 19.