วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย 4 (1): 1-12 (2563)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะเชิงหน้าที่ของพืชและปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการร่วงหล่นและการสะสมของซากพืช พื้นที่ป่าดิบแล้ง บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

ปณิดา กาจีนะ[1*]

รับต้นฉบับ: 4 เมษายน 2563 ฉบับแก้ไข: 27 มีนาคม 2563 รับลงพิมพ์: 29 เมษายน 2563

บทคัดย่อ

ปริมาณซากพืชพบนพื้นป่าในระบบนิเวศเป็นเหมือนแหล่งธาตุอาหารหมุนเวียนในระบบนิเวศและแปรเป็นสารอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน ซึ่งในสังคมพืชมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ การร่วงหล่น การสะสม และการย่อยสลายของซากพืชแตกต่างกัน โดยองค์ประกอบเชิงหน้าที่ของพืชที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของซากพืช และปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ โดยในพื้นที่ที่ผ่านการบุกรุกปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวได้มีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการร่วงหล่นของซากพืช รวมไปถึงการสะสมของซากพืชในป่าดิบแล้ง ในป่าธรรมชาติ และป่าทดแทน โดยทำการวางแปลงศึกษาในสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ในเดือนมิถุนายน 2557 ถึงเดือนพฤษภาคม 2558 โดยการตั้งตะแกรงรองรับซากพืช และวางแปลงเก็บตัวอย่างซากพืชบนพื้นป่า นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปัจจัยลักษณะเชิงหน้าที่ของพืช (functional traits) และปัจจัยแวดล้อม (microenvironments) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณซากร่วงหล่น และการสะสมซากพืชบนพื้นป่า มีค่าสูงมากที่สุด ในช่วงเดือนมกราคมทั้งสองพื้นที่ โดยปริมาณซากพืชร่วงหล่น และ การสะสมของซากพืชนั้น ได้รับอิทธิพลของความแตกต่างของฤดูกาล นอกจากนี้ปัจจัยองค์ประกอบทางเคมีของซากพืช ได้แก่ ลินนินในใบ มีอิทธิพลต่อการสะสมของซากพืชบนพื้นดินมากที่สุด ทั้งนี้ภายในปัจจัยทั้งหมด ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความชื้น (ความชื้นดิน อุณหภูมิ และปริมาณแสง) มีอิทธิพลต่อการร่วงหล่นและการย่อยสลาย โดยการคงอยู่ของซากพื้นบนป่าในช่วงฤดูแล้งเป็นผลให้มีกระบวนการย่อยสลายซากพืชที่ช้าลงและสะสมซากบนพื้นป่ามากขึ้น โดยในพื้นที่ป่าดิบแล้งในป่าธรรมชาติมีสารอาหารที่คงอยู่และช่วยให้มีการหมุนเวียนที่ยาวนานมากยิ่งขึ้นมากกว่าป่าทดแทน ซึ่งการศึกษาครั้งนี้สามารถประยุกต์ข้อมูลเพื่อการจัดการพื้นที่และฟื้นฟูป่าในพื้นที่อื่นๆ ในลำดับต่อไป

คำสำคัญ : การร่วงหล่นของซากพืช การสะสมซากพืชบนพื้นป่า ลักษณะเชิงหน้าที่ของพืช ปัจจัยแวดล้อม ป่าดิบแล้ง

[1] ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: panida.k@cmu.ac.th

ORIGINAL ARTICLE

Tree Functional Characteristics and Microenvironment Factors Affecting Litter Production and Litter Accumulation in Dry Evergreen Forest in Sakaerat Environment Research Station, Nakhon Ratchasima Province

Panida Kachina [1*]

Received: 4 April 2020 Revised: 27 April 2020 Accepted: 29 April 2020

ABSTRACT

The litter dynamics as litter production and litter accumulation are particularly important in the nutrient allocation of forest ecosystems to the soil, where vegetation depends on turned-over nutrients from the plant detritus. Recently, the disturbances such as logging, or land-use change can change microenvironmental which influences on the ecosystem functions. To detect how changing litter dynamics by functional traits and microenvironment during the succession, we investigated the microenvironment variables and functional compositions of tree communities that affect litter production, litter accumulation and decay efficiency in Dry Evergreen Forests (DEF) at Sakaerat Environmental Station. The litter collecting traps and litter accumulation frames were set up in each plot. Monthly litter production showed a similar pattern between old-growth and secondary forests with a prominent peak during January (dry season). The annual litter production and accumulation were affected by month and interaction between month and successional stage. Litter production and decomposition were affected by microenvironment (as soil moisture, air temperature, and canopy openness) while litter accumulation was affected by litter quality as lignin. In addition, in old growth of DEF had higher remain nutrients than the secondary growth. This knowledge can be applied as nutrient supporting management on forest restoration in other disturbed areas.

Keyword: litter production, litter accumulation, functional traits, microenvironments, dry evergreen forest

[1] Department of Highland Agriculture and Natural Resources Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai Province, Thailand 50200

*Corresponding author: E-mail: panida.k@cmu.ac.th

คำนำ

การย่อยสลายเป็นกระบวนการสำคัญในระบบนิเวศซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้ (Swift *et al*., 1979) ปริมาณซากพืชพบบนพื้นป่าที่มีการคงอยู่หรือสะสมเป็นเหมือนแหล่งธาตุอาหารที่สำหรับสิ่งมีชีวิตในดินและเห็ดราได้ใช้ในการเติบโตผ่านกระบวนการย่อยสลายซากพืช โดยเป็นปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างสิ่งมีชีวิตที่อาศัยชนิดต่างๆที่อาศัยอยู่ร่วมกันในดิน (Berg and McClaugherty, 2008) ธาตุอาหารที่ได้คืนสู่ดินพืชจะสามารถนำใช้ในกระบวนการเติบโตและการสร้างโครงสร้างต่างๆ โดยพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างในการดูดธาตุอาหารไปใช้รวมไปถึงการสะสมไว้ตามส่วนต่างๆของต้น โดยเฉพาะในใบซึ่งเป็นส่วนที่มีสัดส่วนของซากพืชบพื้นป่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นๆ (Barlow, 2007) นอกจากนี้ การสลายตัวของซากพืชในป่าแต่ละประเภทในแต่ละพื้นที่ ลักษณะภูมิอากาศของแต่ละระบบนิเวศ ถือเป็นปัจจัยที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายรวมไปถึงการคงอยู่ของซากพืชบนพื้นป่า โดยอัตราการย่อยสลายในเขตร้อนชื้นสูงมักมีค่าสูงกว่าพื้นที่ที่มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าและพื้นที่ที่แห้งแล้ง รวมไปถึงฤดูกาลที่มีการแยกอย่างชัดเจนในบางระบบนิเวศเนื่องจาก อุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม ส่งผลลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน (Bardgett, 2005)

ปัจจัยที่มีสำคัญในกระบวนการย่อยสลายนอกเหนือจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม คือ สมบัติของซากพืช(Litter quality) (Aerts, 1997; Cornwell *et al*., 2008) การศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่ของพืชนั้นมีส่วนช่วยในการเข้าใจถึงสมบัติของซากพืชในกระบวนการทำงานต่าง ๆ ของพืชในระบบนิเวศรวมไปถึงกระบวนการย่อยสลาย (Diaz and Cabido, 2001) ซึ่งความแตกต่างของการย่อยสลายของซากพืชบางระบบนิเวศได้รับอิทธิพลจากลักษณะเชิงหน้าที่ของพืชบางประการ เช่น ความเหนียวของใบ (leaf toughness) มวลใบต่อพื้นที่ (Leaf mass per area; LMA) ปริมาณไนโตรเจนในใบ (Nitrogen concentration) ปริมาณลิกนินในใบ (Leaf lignin) ความเข้มข้นของฟีนอล (Phenol concentration) และ ความเข้มข้นของแทนนิน (Tannin concentration) ในใบพืช โดยปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ ส่งผลต่อการทำงานของสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ พืชที่มีไนโตรเจนสูงมักจะมีการอัตราการย่อยสลายสูง หรือมีการย่อยสลายของพืชที่มีค่าแทนนินในใบสูงได้ช้ากว่าชนิดอื่น (Berg *et al*., 1993; Kurokawa and Nakashizuka, 2008) ดังนั้นการย่อยสลายของระบบนิเวศจะถูกกำหนดโดยความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบชนิดในสังคมพืช สภาพภูมิอากาศ และสิ่งมีชีวิตในดิน

การบุกรุกพื้นที่ป่าและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อม (Microenvironments) และองค์ประกอบพรรณพืช (Forest composition) ที่ปรากฏในภายหลังที่มีการทดแทน ทำให้ส่งผล กระทบต่อการย่อยสลายในระยะต่อมา เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่อาจต่างไปจากระบบนิเวศเดิม ส่งผลต่อเนื่องสังคมของสิ่งมีชีวิตในดินที่ปรากฏและมีหน้าที่ควบคุมการย่อยสลายของซากพืชในระดับสังคมพืช โดยจากการศึกษา Hättenschwiler and Gasser (2005) พบว่าการย่อยสลายตัวของพืชในพื้นที่ที่ผ่านการบุกรุกมาก่อนมีแนวโน้มที่จะมีอัตราการย่อยสลายของพืชที่สูง

กว่าพื้นที่ที่ไม่ผ่านการบุกรุก เนื่องจากองค์ประกอบของชนิดที่ปรากฏ และค่าลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของบางชนิดมีความแตกต่างกัน เช่น พื้นที่ที่ผ่านการฟื้นฟูจะปรากฏชนิดที่มีค่ามวลใบต่อพื้นที่ใบต่ำและไนโตรเจนในใบสูง ค่าความเหนียวใบ ความหนาของใบต่ำ (ซึ่งเป็นลักษณะบางประการของไม้เบิกนำ) รวมไปถึงองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ เช่น ลิกนินและแทนนินของใบพืชที่มีค่าสูงกว่าพืชที่ปรากฏในพื้นที่ที่ไม่ผ่านการบุกรุก เป็นต้น เป็นผลให้องค์ประกอบดังกล่าวเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการย่อยสลาย ทั้งนี้ในแต่ละสังคมพืชปรากฏลักษณะทางปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างส่งผลให้มีอัตราการย่อยสลายที่แตกต่างกันไปด้วย

จากความแตกต่างของปัจจัยต่างๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อการย่อยสลายระดับสังคมพืชในสถานีวิจัยสะแกราช การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและประเมินปัจจัยองค์ประกอบเชิงหน้าที่และปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการการร่วงหล่นของซากพืชและการสะสมซากพืชบนพื้นป่าภายหลังการทดแทนของสังคมพืชป่าดิบแล้งซึ่งจะช่วยให้สามารถประเมินศักยภาพของการหมุนเวียนธาตุอาหารในระดับสังคมพืช ในกระบวนการการทดแทนของป่าดิบแล้งภายหลังจากการถูกบุกรุก และประเมินปริมาณซากร่วงหล่นที่สามารถเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารในการหมุนเวียนในระบบนิเวศ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ตั้งอยู่ใน อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา (14° 29′ N, 101° 55′ E) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 250-600 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย19.4-34.9 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนต่อปี 900-1,200 มิลลิเมตร มีช่วงฤดูแล้ง 6 เดือน (พฤศจิกายน ถึง เมษายน) ที่เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 100-350 มม มีพื้นที่ครอบคลุม 81 ตารางกิโลเมตร มีสังคมพืชหลักสองชนิด ได้แก่ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง ในอดีตนั้น พบการบุกรุกบริเวณชายขอบของพื้นที่สถานี โดยเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรม แต่ปัจจุบันมีการปล่อยให้ทดแทนตามธรรมชาติประมาณ 30 ปี (Trisurat, 2010) ชนิดไม้เด่นที่พบในพื้นที่บริเวณป่าดิบแล้ง คือ ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*) เคี่ยมคะนอง (*Shorea henryana*) ตะแบกกราย (*Lagerstroemia duppereana*) กระเบากลัก (*Hydnocarpus ilicifolius*) กัดลิ้น (*Walsura trichostenon*) พลองกินลูก (*Memecylon ovatum*), พลองขี้ควาย (*Memecylon caeruleum*) และค้างคาว (*Aglaia edulis*) (Lamotte *et al.,* 1998 and Sahunalu, 2009) ลักษณะดินถูกจำแนกเป็น Ultisols ทั้งในป่าเต็งรังและป่าดิบแล้ง (Sakurai *et al.,* 1998)

2. การเก็บข้อมูล

2.1 ชนิดไม้และลักษณะเชิงหน้าที่ของพืช

คัดเลือกพื้นที่ศึกษา เพื่อทำการวางแปลงขนาด 10x10 ม. จำนวน 6 แปลง ในพื้นที่ป่าดิบแล้ง 2 ลักษณะ คือ ป่าธรรมชาติ (Old-growth forest; O) และป่าดิบแล้งทดแทน (Secondary forest; S) พื้นที่ละ 3 แปลงตัวอย่าง โดยมีระยะห่างระหว่างแปลงมากกว่า 100 เมตร ภายในแปลงขนาด 10x10 เมตร ทำการสำรวจชนิดไม้

และวัดขนาดลำต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH, ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร) ตั้งแต่ 4.5 ซม. ขึ้นไป จำแนกชนิดและบันทึกข้อมูล ทำการเก็บตัวอย่างพืชจากชนิดที่พบในแปลง ชนิดละ 3 ต้น (ต้นละ 1 ตัวอย่าง) เพื่อประเมินองค์ประกอบเชิงหน้าที่ของพืช (plant functional traits) ที่ตอบสนองการย่อยสลาย โดยทำการเก็บตัวอย่างใบสดในถุงพลาสติก เมื่อนำกลับไปยังห้องปฏิบัติการที่สถานี ทำการวัดคุณสมบัติของใบโดยการประเมินความหนาใบ (Leaf thickness, LTh) ด้วยเครื่องมือ 0.001mm Electronic Thickness Gauge การประเมินความเหนียวของใบ (leaf toughness, LT) ด้วยเครื่องมือ Force gauges meter SHAHE SF-500 มวลต่อพื้นที่ของใบ (Leaf mass per area, LMA) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในใบ (Total nitrogen, LNC) ประเมินด้วย NC analyzer และการประเมินร้อยละปริมาณลิกนินในใบ (Lignin) ด้วยเทคนิค Acetyl bromide procedure

ในแปลงศึกษาทำการสำรวจปัจจัยแวดล้อม (Microenvironment) ในช่วงเดือนสิงหาคม 2557 และ มีนาคม 2558 ได้แก่ การประเมินร้อยละแสงผ่านเรือนยอด (Canopy openness) ด้วยภาพถ่าย Hemispheric photo โดยถ่ายภาพในแต่ละช่วงเวลาจำนวน 3 จุดในแต่ละแปลง วัดอุณหภูมิผิวดิน (Soil temperature) ด้วย HOBO data logger จำนวน 2 จุด ในแต่ละแปลง โดยทำการบันทึกเป็นรายชั่วโมง เป็นระยะเวลา 12 เดือนภายในช่วงที่ทำการศึกษา ในช่วงระยะเวลาที่ศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวนแปลงละ 5 ชุด เพื่อศึกษาสมบัติดิน ได้แก่ ความชื้นดิน (Soil moisture) ด้วยการอบตัวอย่างดินที่ความร้อน 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักแห้ง (Oven dry weight, g) เพื่อประเมินเปอร์เซ็นความชื้นดิน (%) ทดสอบความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ด้วยเครื่อง Digital pH Meter Probe Analysis Tester วิเคราะห์ปริมาณไนเตรต (NO_3^-) และแอมโมเนีย (NH_4^+)ในดิน ทำการสกัดตัวอย่างและนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ Plant Ecology มหาวิทยาลัยโทโฮคุ ประเทศญี่ปุ่น

2.2 การร่วงหล่น และการสะสมซากพืช

ในพื้นที่ป่าธรรมชาติ และป่าทดแทนภายในแปลงขนาด 10x10 เมตร ทำการตั้งตะแกรงรองรับซากพืช (Litter trap) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูงจากพื้นป่า 1 เมตร แปลงละ 2 ตะแกรง จากนั้นทำการเก็บซากพืชในตะแกรงทุกเดือนเป็นระยะเวลา 1 ปี (12 เดือน) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2557 -พฤษภาคม 2558 โดยในแต่ละช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างซากพืชก็ทำการสุ่มวางแปลงขนาด 0.5x0.5 เมตร จำนวน 2 แปลง เพื่อศึกษาการสะสมของซากพืชบนพื้นป่า (Litter accumulation) และเก็บตัวอย่างซากพืชในแปลงนำกลับมาที่ห้องปฏิบัติการ ทำการอบตัวอย่างซากพืชที่ความร้อน 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมงและชั่งน้ำหนักแห้ง (Oven dry weight, g) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ทำการชั่งน้ำหนักซากพืชทั้งหมด (Total litter fall, g)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การย่อยสลายระดับสังคมพืช

วิเคราะห์การย่อยสลายระดับสังคมพืชด้วยการคำนวนค่า Decay coefficient (D) จากการศึกษาของ Olsen (1963) ตามสมการ $D = L/X$

ที่ได้จากสัดส่วนของซากร่วงหล่น (Annual litter fall, L) ต่อปริมาณซากบนพื้นดิน (Amount litter on the ground, X)

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมและลักษณะเชิงหน้าที่

ทำการคำนวณลักษณะเชิงหน้าที่เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของสังคมพืช (Community weight mean, CWM) โดยค่า S คือจำนวนชนิดไม้ที่พบทั้งหมดในแปลง w_i คือขนาดพื้นที่หน้าตัดสัมพัทธ์ (Relative basal area) ของชนิด i และค่า x_i คือค่าลักษณะเชิงหน้าที่ (Functional traits, log-transformed) ของแต่ละชนิด (ith species)

$$\mathrm{CWM} = \sum_{i=1}^{S} w_i \times \mathrm{x}_i$$

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของพืชและปัจจัยสิ่งแวดล้อม ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Coordination Analysis, PCA) และเลือกค่าแกนที่มีความสัมพันธ์กันของปัจจัยแวดล้อม (Eigenvector scores > 1) เป็นตัวแปรอธิบาย (x) จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณซากร่วงหล่นและปริมาณซากที่สะสมอยู่ (y) ด้วยสมการเชิงเส้น (Regression model) เพื่อเปรียบเทียบปัจจัย และอิทธิพลของการทดแทน (Successional stage) ได้แก่ พื้นที่ป่าธรรมชาติ (Old growth forest; O) และพื้นที่ป่าทดแทน (Secondary forest; S) และทดสอบอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างเดือน (month) และอิทธิพลการทดแทน โดยวิเคราะห์ PCA ด้วยฟังก์ชั่น prcomp วิเคราะห์ความแปรปรวนของประชากรด้วยฟังก์ชั่น Anova (*Car* package) และ การวิเคราะห์ โมเดลเชิงเส้น ด้วยฟังก์ชั่น lm ในโปรแกรม R version 3.4.1

ผลและวิจารณ์

องค์ประกอบพรรณไม้ป่าดิบแล้ง

ผลการศึกษา พบชนิดไม้จำนวน 34 ชนิด (Species) 32 สกุล (Genera) 20 วงศ์ (Families) สามารถแบ่งได้เป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติ จำนวน 11 ชนิด 11 สกุล 10 วงศ์ มีความหนาแน่น 1,866 ต้นต่อเฮคแตร์ และป่าทดแทน จำนวน 23 ชนิด 22 สกุล 15 วงศ์ มีความหนาแน่น 2,000 ต้นต่อเฮคแตร์ จากการวิเคราะห์ พบว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์ไม้ทุกต้นในพื้นที่ป่าธรรมชาติมีขนาดพื้นที่หน้าตัดมากกว่าพันธุ์ไม้ในป่าทดแทนอย่างไม่มีนัยสำคัญ (Figure 1a) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยระหว่างแปลงสำรวจของจำนวนต้นและจำนวนชนิด ในพื้นที่ป่าทดแทนมีค่ามากกว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติอย่างไม่มีนัยสำคัญ (Figure1b and c)

การร่วงหล่นและการสะสมของซากพืชบนพื้นป่า

ปริมาณซากร่วงหล่นทั้งหมด (total litter) ในป่าดิบแล้งทั้งสองพื้นที่ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.10±2.85 เมกกะกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี และมีปริมาณซากสะสมเท่ากับ 4.05±0.45 เมกกะกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี โดยแยกเป็นป่าธรรมชาติ (O) เท่ากับ 13.52±0.73 และ 4.43±0.39 เมกกะกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ และปริมาณซากร่วงหล่นและการสะสมซากพืชบนพื้นป่าในป่าทดแทน (S) เท่ากับ 18.68±1.19 และ 3.84±0.23 เมกกะกรัมต่อแฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ โดยจากภาพรวม ปริมาณซากร่วงหล่นมีค่ามากในช่วงเดือนมกราคมในป่า

ธรรมชาติ และมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกันในพื้นที่ป่าทดแทน (Figure 2) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ปริมาณซากพืชร่วงหล่น การสะสมของซากพืช ได้รับอิทธิพลของความแตกต่างของเดือน ($p < 0.001$) ซึ่งมีส่วนเกี่ยวเนื่องของฤดูกาล (Season) ที่พืชมีการผลัดใบในช่วงฤดูแล้ง (ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึง เมษายน) แต่ทั้งนี้ปริมาณซากพืชร่วงหล่นของซากพืชไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติและป่าทดแทน และทั้งสองพื้นที่มีอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณการร่วงหล่นในแต่ละเดือน กล่าวคือ ในช่วงเดือนมิถุนายน (ฤดูฝน) ปริมาณซากพืชในป่าทดแทนสูงกว่าป่าธรรมชาติ ขณะที่ในช่วงเดือนมกราคม (ฤดูแล้ง) พันธุ์ไม้ในป่าธรรมชาติมีการร่วงหล่นของซากพืชสูงกว่า โดยทั่วไปแล้วป่าดิบแล้งถูกจัดให้เป็นป่าไม่ผลัดใบ แต่จะมีการร่วงหล่นของใบสูงในฤดูแล้ง แม้ว่าป่าทดแทนของป่าดิบแล้งจะมีการทดแทนมาเป็นระยะเวลานาน และมีจำนวนชนิดไม้มากกว่าป่าธรรมชาติ แต่มีการร่วงหล่นสูงกว่า ซึ่งพืชบางชนิด อาจจะมีการตอบสนองต่อฤดูกาล (ฤดูแล้ง) มากกว่าชนิดไม้ที่ปรากฏในป่าธรรมชาติ

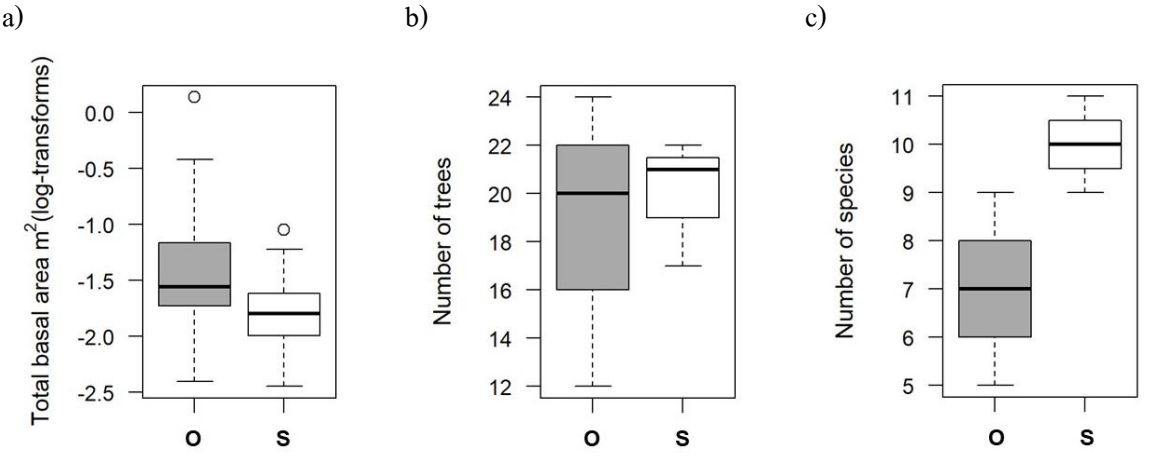

Figure 1 Quantitative values in old growth (O) and secondary forest (S) of DEF; a) total basal area of trees (the $\log_{10}$-transformed values), b) number of trees and c) number of species.

ผลการศึกษาการสะสมของซากพืชบนพื้นป่าพบว่าปริมาณซากพืชสะสมมีความแตกต่างกันตามช่วงเวลา (Figure 2) ปริมาณซากที่สะสมในพื้นที่ป่าธรรมชาติมีค่าสูงกว่าพื้นที่ป่าทดแทนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p < 0.01$) (Figure 3a) นอกจากนี้พบว่ามีการสะสมซากได้รับอิทธิพลจากปัจจัยร่วมระหว่างอิทธิพลความแตกต่างของเดือนและปัจจัยพื้นที่การทดแทนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$, Figure 3b) อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณซากพืชที่สะสมบนพื้นที่ในช่วงเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ การคงอยู่ของซากพืชบนพื้นป่าธรรมชาติมีค่าสูงกว่าป่าทดแทน (Figure 2b) โดยที่ในช่วงเดือนอื่น ๆ มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับผลการศึกษาอัตราการย่อยสลายซากพืช (Figure 3c) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าทดแทนมีการย่อยสลาย หรือการหมุนเวียนธาตุอาหารได้ดีกว่าป่าธรรมชาติ

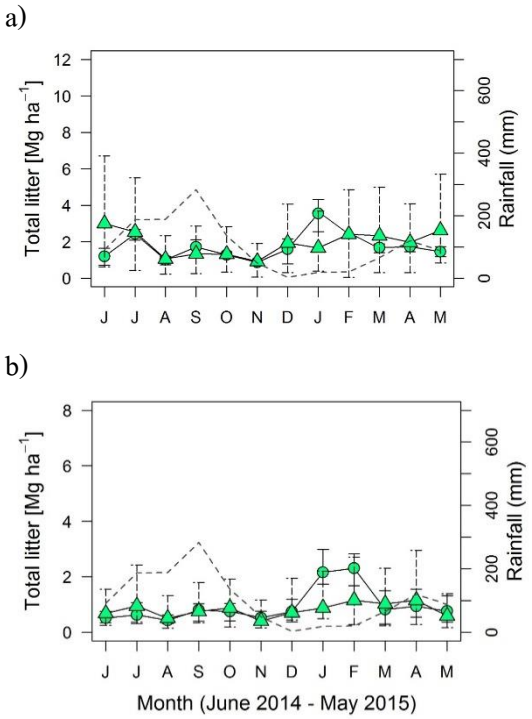

Figure 2 Mean monthly litter production (a) and mean monthly litter accumulation (b) in old-growth (O), which was presented by a circle (●), secondary (S), which was presented by a triangle (▲), and dash line presented rainfall amount.

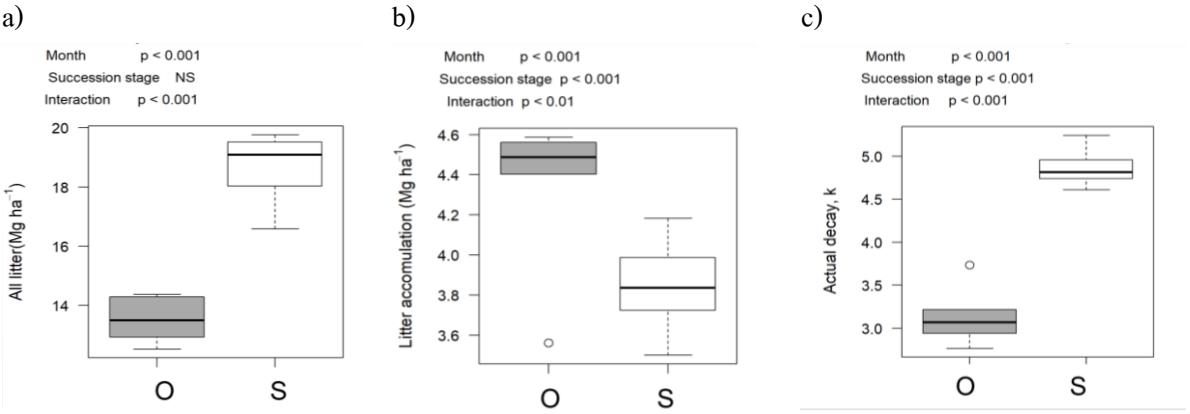

Figure 3 All litter amount (a), litter accumulation (b) and actual decay (C) in old growth (O) and secondary forests (S) of DEF.

อาจเนื่องมาจากจำนวนชนิดที่มากกว่าในป่าทดแทนส่งผลให้มีความหลากหลายขององค์ประกอบเชิงหน้าที่สูงไปด้วย ทั้งนี้ในป่าทดแทนมักเป็นพื้นที่ที่มีความหลายหลายสูงจากการปรากฏของพันธ์ไม้เบิกนำโดยเฉพาะเมื่อระยะเวลาผ่านไปเป็นเวลานานพื้นที่ป่าทดแทนจะมีการปรากฏร่วมกันของไม้เบิกนำและไม้พื้นถิ่น สมบัติของไม้เบิกนำนั้นมีลักษณะเป็นไม้โตเร็ว มักมีแผ่นในบาง และใบมีค่าไนโตรเจนสูง จึงทำให้ย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว (Diaz and Cabido,

2001) สอดคล้องกับปริมาณซากร่วงหล่นและการสะสมบนพื้นป่าที่กลุ่มของชนิดไม้ระหว่างสองพื้นที่มีความแตกต่างกันทำให้มีการร่วงหล่นของซากพืชแตกต่างกันในแต่ละเดือน

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเชิงหน้าที่และปัจจัยแวดล้อมของป่าดิบแล้ง

จากการวิเคราะห์ค่า PCA สามารถจัดลำดับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเชิงหน้าที่ของชนิดในป่าดิบแล้ง โดยแบ่งความสัมพันธ์ได้ 2 แกน ได้แก่แกนที่1 (PC1.cwm) องค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กันคือ ปริมาณไนโตรเจน มวลใบต่อพื้นที่ผิวใบ ความหนาของใบ และความเหนียวของใบ ส่วนแกนที่ 2 (PC2.cwm) คือ ปริมาณลิกนิน (Figure 4a) โดยความสัมพันธ์ของปัจจัยขององค์ประกอบเชิงหน้าที่แกนที่ 1 เป็นแกนที่แสดงความสัมพันธ์เกี่ยวกับการเติบโตและการสร้างโครงสร้างของพืช (Plant Productivity) ในขณะที่แกนที่ 2 เป็นแกนที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ลิกนินที่เป็นองค์ประกอบคาร์บอนสายยาวของพืชช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงและความเหนียวของใบ ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมจากค่าแกน PCA สามารถแบ่งความสัมพันธ์ได้ 2 แกนเช่นกัน คือ แกนที่ 1 (PC1.env) ได้แก่ อุณหภูมิผิวดิน ความชื้นดิน ปริมาณแสงผ่านเรือนยอด ที่มีทิศทางเดียวกับอุณหภูมิ และมีทิศทางตรงกันข้ามกับความชื้นของดิน และค่าความเป็นกรดด่าง และแกนที่ 2 (PC2.env) ได้แก่ ปริมาณไนเตรต (NO_3^-) และแอมโมเนีย (NH_4^+) ในดิน (Figure 4b) แกนที่มีความสัมพันธ์อันดับแรกนั้นเป็นแกนที่เกี่ยวข้องกับแสงและความชื้นเป็นหลัก

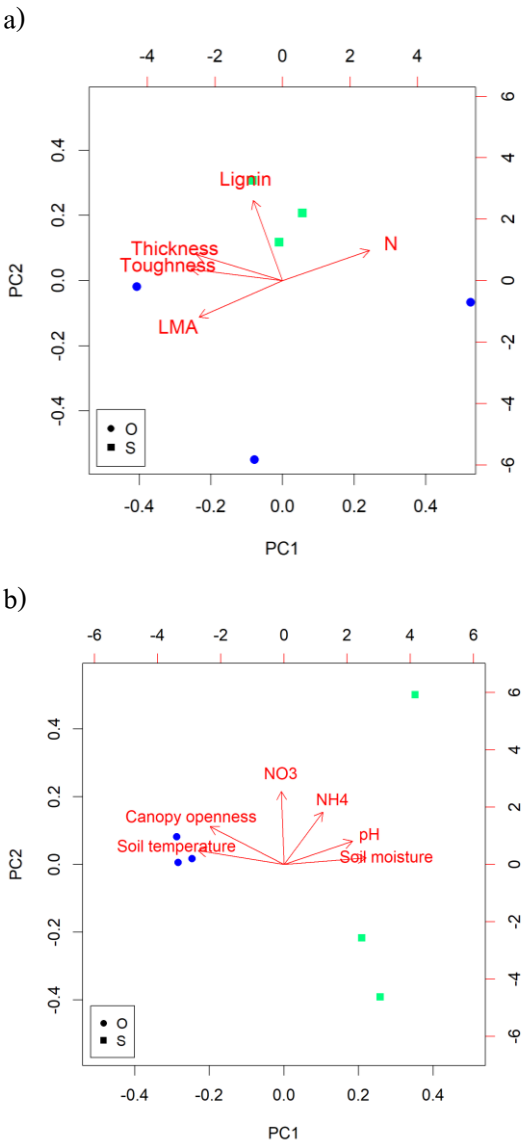

Figure 4 The relationship between the first and second PC axes derived from PCA with all study functional traits (a) and all microenvironment factors (b). Each point represented study plots.

จากค่าแกนแสดงว่าปริมาณแสงที่เพิ่มสูงทำให้ความชื้นดินลดลงและอุณหภูมิที่ผิวดินดินสูงขึ้น ในขณะที่แกนที่ 2 มีความสัมพันธ์กับไนโตเจนในดินซึ่งมีความสัมพันธ์กับสัตว์ในดินและสมบัติซากพืช ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมี 1 แปลง (S3) ของป่าทดแทนที่ได้รับอิทธิพลของแกนนี้มากกว่าอีก 2 แปลง (S1 และ S2)

อิทธิพลของปัจจัยองค์ประกอบเชิงหน้าที่และปัจจัยแวดล้อมต่อปริมาณการร่วงหล่นและการสะสมซากพืช

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณซากร่วงหล่น การสะสมซากบนพื้นป่า และค่าสัมประสิทธ์การย่อยสลายระดับสังคม ระหว่างปัจจัยองค์ประกอบเชิงหน้าที่และปัจจัยแวดล้อมแวดล้อม โดยพิจารณาจากค่า estimate ของสมการ lm ระหว่างปัจจัยแวดล้อม และปัจจัยสมบัติซากพืช (PC1.env, PC2.env , PC1.cwm และ PC2.cwm) ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณซากพืช การสะสมซากพืช และการย่อยสลายในระบบนิเวศ พบว่าการร่วงหล่นของซากพืช และค่า Decay efficiency (D) ได้รับอิทธิพลจาก ค่า PC1.env มากที่สุด (Figure 5a และ 5c) กล่าวคือ การร่วงหล่นของพืชเพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิดินสูงขึ้น ความชื้นดินลดลง และปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเพิ่มมากยิ่งขึ้น

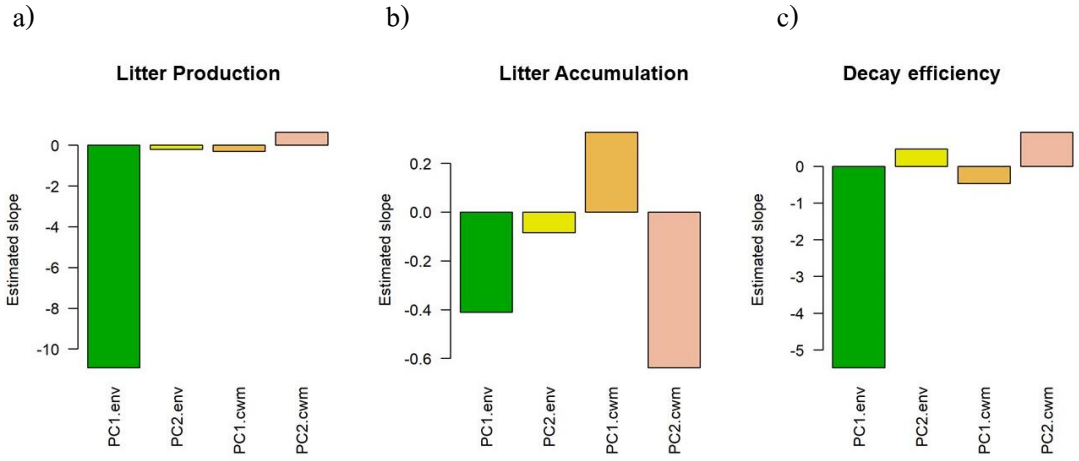

Figure 5 The regression coefficient to score of PC1.env (annual soil temperature, soil moisture, canopy openness, and pH), the score of PC2.env (NO_3^-, NH_4^+) score of PC1.cwm (LMA, LTh, LT and LNC), the score of PC2.cwm (lignin) on leaf litter production (a), leaf litter accumulation (b), and litter decay efficiency in a community (c).

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณซากร่วงหล่น การสะสมซากบนพื้นป่า และค่าสัมประสิทธ์การย่อยสลายระดับสังคมระหว่างปัจจัยองค์ประกอบเชิงหน้าที่และปัจจัยแวดล้อม โดยพิจารณาจากค่า estimate ของสมการ lm ระหว่างปัจจัยแวดล้อมและปัจจัยสมบัติซากพืช (PC1.env, PC2.env , PC1.cwm และ PC2.cwm) ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณซากพืช การสะสมซากพืช และการย่อยสลายในระบบนิเวศ พบว่าการร่วงหล่นของซากพืช และ ค่า Decay efficiency (D) ได้รับอิทธิพลจากค่า PC1.env มากที่สุด (Figure 5a และ 5c) กล่าวคือ การร่วงหล่นของพืชเพิ่มมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิดินสูงขึ้น ความชื้นดินลดลง และปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเพิ่มมากขึ้นขณะที่การย่อยสลายในระดับสังคมมีความเกี่ยวข้องกับแกน PCA เดียวกัน คือ เมื่ออุณหภูมิที่ผิวดินเพิ่มสูงขึ้น ความชื้นลดลง

สัตว์หน้าดินหรือแมลงในดินที่อาศัยอยู่ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร จะหยุดกิจกรรมการย่อยซากพืชบริเวณผิวดิน (Bardgett, 2005) สอดคล้องกันการสะสมของซากพืชบนพื้นป่า โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ คือ PC2.cwm ได้แก่ ปริมาณร้อยละลิกนินในใบ และ PC1.env (Figure 5b) ซึ่งการสะสมของซากบนพื้นป่านั้นมีความเกี่ยวเนื่องกับสมบัติองค์ประกอบทางเคมีของซาก เช่น หากมีลิกนินสูง ส่งผลให้การจุลินทรีย์ และแมลงหน้าดินย่อยซากพืชได้ช้าลง ประกอบกับความเหมาะสมในการย่อยสลายจำเป็นต้องมีปัจจัยสภาพอากาศที่มีความชื้นและอุณภูมิสูง ดังนั้น ในป่าดิบแล้งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการร่วงหล่น และการย่อยสลายได้รับอิทธิพลจากสภาพอากาศมากที่สุด ส่วนปัจจัยด้านองค์ประกอบทางเคมีของซากนั้นมีอิทธิพลต่อการสะสมของซากบนพื้นดิน

สรุป

ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชภายในป่าดิบแล้งของพื้นที่ศึกษา ไม่มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติและป่าทดแทน โดยได้รับอิทธิพลด้านปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับความชื้นและแสงมากกว่าปัจจัยองค์ประกอบเชิงหน้าที่ของพืช ในขณะที่การสะสมซากพืชบนพื้นป่าในป่าธรรมชาตินั้นมีค่าสูงกว่าป่าทดแทน และค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลายในระดับสังคมในป่าทดแทนนั้นสูงกว่าป่าธรรมชาติ โดยการคงอยู่ของซากพืชนั้นได้รับอิทธิพลจากสมบัติของซากพืชมากที่สุด (ลิกนิน) อาจรวมถึงองค์ประกอบของชนิดที่หลายหลายมากกว่าในป่าทดแทน มีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของสัตว์และแมลงในดิน แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าทดแทนบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช การย่อยสลาย หรือการหมุนเวียนธาตุอาหารเป็นไปได้ดีกว่าป่าธรรมชาติ แต่ทั้งนี้การคงอยู่ของซากพืชบนพื้นป่ายาวนานกว่านั้นเป็นการยืดระยะเวลาให้ระบบนิเวศมีปริมาณธาตุอาหารที่คงอยู่ในซากและค่อย ๆ ปลดปล่อยลงสู่ดิน ซึ่งในป่าธรรมชาติมีค่าสัดส่วนที่น้อยกว่าป่าทดแทน (จากค่าสัมประสิทธิ์การย่อยสลาย) อย่างไรก็ตาม ในป่าดิบแล้งนี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการร่วงหล่น และการย่อยสลายได้รับอิทธิพลจากสภาพอากาศมากที่สุด ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการหมุนวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าดิบแล้งได้

ข้อเสนอแนะ

ควรดำเนินการศึกษาการย่อยสลายเป็นรายชนิดเนื่องจากมีส่วนช่วยในการพิจารณาเพื่อใช้ในการประยุกต์เลือกชนิดไม้ที่เหมาะสมในการฟื้นฟูป่า เพื่อเร่งให้มีการหมุนเวียนธาตุอาหารและเพิ่มความสมบูรณ์ดินช่วยทำให้การฟื้นตัวของป่ามีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Aerts, R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. **Oikos**: 439-449.

Bardgett, R., 2005. **The biology of soil: a community and ecosystem approach**. Oxford university press.

Barlow J., Gardner, T.A., Ferreira LV, Peres CA. 2007. Litter fall and decomposition in primary, secondary, and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management** 247: 91-97.

Berg, B., Berg, M. P., Bottner, P., Box, E., Breymeyer. A., De Anta, R.C., Couteaux, M., Escudero, A., Gallardo, A., and W. Kratz. 1993. Litter mass loss rates in pine forests of Europe and Eastern United States: some relationships with climate and litter quality. **Biogeochemistry** 20: 127-159.

Berg, B., and C. McClaugherty. 2008. **Plant litter. Decomposition, humus formation, carbon sequestration. 2nd Ed**. Springer.

Cornwell, W.K., Cornelissen, J. H. C., Amatangelo, K., Dorrepaal, E., Eviner, V. T., Godoy, O., Hobbie, S. E., Hoorens, B., Kurokawa, H., and N. Pérez‐Harguindeguy. 2008. Plant species traits are the predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide. **Ecology Letters** 11: 1065-1071.

Diaz, S., and M. Cabido. 2001. Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology & Evolution** 16: 646-655.

Hättenschwiler, S., and P. Gasser. 2005. Soil animals alter plant litter diversity effects on decomposition. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 102: 1519-1524.

Kurokawa, H., and T. Nakashizuka. 2008. Leaf herbivory and decomposability in a Malaysian tropical rain forest. **Ecology** 89: 2645-2656.

Lamotte, S., Gajaseni, J., and F. Malaisse. 1998. Structure diversity in three forest types of north-eastern Thailand (Sakaerat Reserve, Pak Tong Chai). **Biotechnologie, agronomie, société et environnement** 2: 192-202.

Olson, J. S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology** 44: 322-331.

Sahunalu, P. 2009. Stand structure and species composition in the long term dynamic plots of Sakaerat deciduous dipterocarp forest, northeastern Thailand. **Journal of Forest Management** 3: 1-15.

Sakurai, K., Tanaka, S., Ishizuka, S., and M. Kanzaki. 1998. Differences in soil properties of dry evergreen and dry deciduous forests in the Sakaerat Environmental Research Station. **Tropics** 8: 61-80.

Schindler, M. H., and M. O. Gessner. 2009. Functional leaf traits and biodiversity effects on litter decomposition in a stream. **Ecology** 90: 1641-1649.

Smith, V. C., and M. A. Bradford. 2003. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. **Applied Soil Ecology** 24: 197-203.

Swift, M. J., Heal, O. W., and J. M. Anderson. 1979. **Decomposition in terrestrial ecosystems.** Univ of California Press.

Trisurat, Y. 2010. Land use and forested landscape changes at Sakaerat Environmental Research Station in Nakhorn Ratchasima province, Thailand. **Ekológia (Bratislava)** 29: 99-10**.**