

การสลายตัวของซากใบและทางปาล์มน้ำมันในพื้นที่อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช

Decomposition of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) leaf and rachis litter in Thung Yai District, Nakhon Si Thammarat Province

พรสิล สี่เผือก^{1*}, ชัยสิทธิ์ ปรีชา¹ และ วุฒิชัย สี่เผือก¹

Pornsil Seephueak^{1*}, Chaisit Preecha¹ and Wuttichai Seephueak¹

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อให้ทราบอัตราการย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารของซากใบและทางปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) ดำเนินการทดลองในพื้นที่ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-ธันวาคม พ.ศ. 2557 โดยวิธีการบรรจุซากในถุงตาข่ายไนล่อน (litter bags) แล้วนำไปวางบนผิวดิน เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักซาก และความเข้มข้นของธาตุอาหารในซากและทางปาล์มน้ำมัน ตลอดการทดลอง ผลการศึกษาพบว่า ซากใบปาล์มน้ำมันย่อยสลายหมดในระยะเวลา 7 เดือน ในขณะที่ทางปาล์มน้ำมันใช้ระยะเวลาย่อยสลาย 10 เดือน อัตราการย่อยสลายเท่ากับ 95.10 และ 93.83 % และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) เท่ากับ 0.0143 และ 0.0093 d⁻¹ ตามลำดับ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในซากพบว่า ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่าลดลง ในใบปาล์มน้ำมันแต่มีค่าเพิ่มขึ้นในทางปาล์มน้ำมัน ในขณะที่ความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในซากใบและทางปาล์มน้ำมันมีค่าลดลง

คำสำคัญ: ปาล์มน้ำมัน, ค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k), การสลายตัวของซากพืช

ABSTRACT: The objective of this study was to determine the rate of decomposition and changes of nutrient concentration in leaf and rachis litter of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). The study was conducted in Thung Yai District, Nakhon Si Thammarat Province during February to December 2014 by placing litter in nylon bags close to the soil surface. Samples were collected to determine the litter weight change and nutrient concentration during the experimental period. The result showed that the degradation of oil palm leaf and rachis litter were 7 and 10 months. The decomposition rate of oil palm leaf and rachis litter were 95.10 and 93.83 %, decay constant (k) values were 0.0143 and 0.0093 d⁻¹ respectively. The nutrient concentration showed that nitrogen and phosphorus trend to be decreased in oil palm leaf litter, while oil palm rachis litter was increased. Whereas, the concentration of potassium, calcium and magnesium in oil palm leaf and rachis litter were decreased.

Keywords: oil palm, decay constant (k), litter decomposition

¹ สาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ.นครศรีธรรมราช

Division of Plant Science, Faculty of Agriculture, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat.

* Corresponding author: spornsil@gmail.com

บทนำ

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของภาคใต้รองจากยางพารา เป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันสูง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ทั้งในด้านสินค้าอุปโภคและบริโภค ส่งผลให้ส่วนแบ่งการผลิตน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันพืชของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว สภาพที่เหมาะสมสำหรับปลูกปาล์มน้ำมัน คือ สภาพอากาศร้อนชื้น ซึ่งอยู่บริเวณใกล้เคียงกับเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นปาล์มน้ำมันจึงเจริญเติบโตได้ดีในภาคใต้ของประเทศ มีพื้นที่ปลูกประมาณ 3,871,025 ไร่ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด คือ สุราษฎร์ธานี กระบี่ ชุมพร นครศรีธรรมราช ตรัง และสตูล (สำนักงานสถิติการเกษตร, 2558) จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ใน 1 ปี ทางใบปาล์มน้ำมันจะต้องถูกตัดประมาณ 42 ทาง/ต้น หรือมากกว่า โดยทางใบปาล์มน้ำมันจะถูกตัดและวางทิ้งไว้ระหว่างแถวภายในแปลง หรือมีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารสัตว์บ้างเล็กน้อย ทางใบปาล์มน้ำมันเหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดยกระบวนการย่อยสลายซากพืช แต่ละชนิดใช้ระยะเวลาอย่างน้อยแตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ขนาดและชนิดของซาก อุณหภูมิ ความชื้น รวมถึงกลุ่มจุลินทรีย์ผู้ย่อยสลาย การสลายตัวของซากพืชจะเกิดขึ้นตลอดเวลาและต่อเนื่อง อันเป็นการปลดปล่อยธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมีกลับลงสู่ดิน ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์เป็นประโยชน์แก่ผู้ผลิตอีกครั้งหนึ่ง การสลายตัวของซากพืชที่ช้าทำให้สังคมบนพื้นที่นั้นขาดแคลนธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ในทางตรงกันข้ามการสลายตัวที่เร็วเกินไปทำให้ธาตุอาหารถูกชะล้างพัดพาออกจากพื้นที่ เนื่องจากพืชยังไม่สามารถใช้ได้ทันที การศึกษาอัตราการย่อยสลายของซากทางใบปาล์มน้ำมัน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสลายตัวและการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในซากใบและทางปาล์มน้ำมันเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการและปรับปรุงดินในสวนปาล์มน้ำมัน ให้มีความอุดมสมบูรณ์คงอยู่ตลอดไป

วิธีการศึกษา

การย่อยสลายของใบและทางปาล์มน้ำมัน

ดำเนินการศึกษาในสวนปาล์มน้ำมัน อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยเก็บทางใบปาล์มน้ำมันที่เพิ่งตัดแต่งจากแปลง แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ใบ (leaf) และทางปาล์มน้ำมัน (rachis) สับตัวอย่างให้มีขนาดยาว 5 ซม. ใส่ในถุงตาข่ายไนล่อน (nylon bag) ขนาด 30 × 50 ซม. ซึ่งใบปาล์มน้ำมันให้น้ำหนัก 285 กรัม/ถุง และทางปาล์มน้ำมันน้ำหนัก 444 กรัม/ถุง (เมื่ออบแห้งจะมีน้ำหนักเริ่มต้น 100 กรัม) เย็บปิดปากถุงนำตัวอย่างซากแต่ละชนิดไปวางในตำแหน่งเดียวกับซากทางใบปาล์มน้ำมันที่กองทิ้งไว้ภายในสวนปาล์มน้ำมันจำนวน 3 แปลงๆ ละ 10 ถุง ทำการเก็บตัวอย่างซากใบปาล์มน้ำมันทุกเดือน สำหรับทางปาล์มน้ำมันเก็บทุก 2 เดือน จนกระทั่งซากย่อยสลายหมด โดยเริ่มเก็บตัวอย่างซากในเดือนกุมภาพันธ์ 2557 นำตัวอย่างที่เก็บได้แต่ละครั้งไปอบที่อุณหภูมิ 55 °C จนน้ำหนักคงที่ คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของซากที่เหลืออยู่และคำนวณค่าคงที่ของการสลายตัว (k) โดยใช้สมการ $k = -[\ln(Y_t/Y_0)]/t$ เมื่อ Y_t คือ น้ำหนักแห้งที่เหลือที่เวลา t (day), Y_0 คือ น้ำหนักแห้งของซากพืชเมื่อเริ่มทดลอง (Walpole et al. 2011)

การวิเคราะห์ธาตุอาหารที่เหลือในซากพืช

วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในซากใบและทางปาล์มน้ำมัน ณ บริษัท ห้างปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา วิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน โดยวิธี Micro-Kjeldahl วิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัส โดยวิธี spectrophotometer และวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียม โดยวิธี flame photometry ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมวิเคราะห์โดยใช้วิธี atomic absorption spectrophotometry

ผลการทดลองและวิจารณ์

อัตราการย่อยสลายของซากใบและทางปาล์มน้ำมัน

ผลการศึกษาพบว่าซากใบและทางปาล์มน้ำมันใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนาน 7 และ 10 เดือน ตามลำดับ โดยอัตราการย่อยสลายของซากใบปาล์มน้ำมันมีค่าเท่ากับ 95.10 % โดยน้ำหนัก ค่าคงที่ของการย่อยสลายเท่ากับ 0.0143 d^{-1} ในขณะที่อัตราการย่อยสลายของซากทางปาล์มน้ำมัน มีค่าเท่ากับ 93.83 % โดยน้ำหนัก ค่าคงที่ของการย่อยสลาย เท่ากับ 0.0093 d^{-1} (Table 1 และ 2) การศึกษาแสดงให้เห็นว่า การสลายตัวของซากใบปาล์มน้ำมันอยู่ในระดับเร็ว (0.0143 d^{-1}) และทางปาล์มน้ำมันอยู่ในระดับปานกลาง (0.0093 d^{-1}) สอดคล้องกับการศึกษาของ Walpola et al. (2011) ซึ่งได้จัดกลุ่มอัตราการย่อยสลายซากพืชในป่าเขตร้อนเป็น 3 ระดับ คือ เร็ว (rapid; $k > 0.01 \text{ d}^{-1}$) ปานกลาง (intermediate; $0.01 > k > 0.005 \text{ d}^{-1}$) และช้า (slow; $k < 0.005 \text{ d}^{-1}$) นอกจากนี้ Seephueak (2012) พบว่าการย่อยสลายของซากใบยางพารา (*H. brasiliensis*) ใน จังหวัดนครศรีธรรมราช มีอัตราการย่อยสลายระดับเร็ว ค่าคงที่ของการย่อยสลายเท่ากับ 0.0292 d^{-1} ในขณะที่ Walpola et al. (2011) รายงานการย่อยสลายของซากใบ *Ochlandra stridula*, *Alstonia macrophylla*, *H. brasiliensis* และ ซากใบพืช 3 ชนิดรวมกัน พบว่าค่าคงที่ของการย่อยสลายของซากใบ *A. macrophylla* เกิดขึ้นเร็วที่สุด เท่ากับ 0.0550 d^{-1} รองลงมาคือ ซากใบ *H. brasiliensis* เท่ากับ 0.0253 d^{-1} และซากพืชใบ 3 ชนิดรวมกัน มีค่าเท่ากับ 0.0155 d^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่ซากใบ *O. stridula* มีค่าคงที่ของการย่อยสลายระดับ ปานกลาง เท่ากับ 0.0090 d^{-1} นอกจากนี้ Kurzatkowski et al. (2004) ศึกษาอัตราการย่อยสลายของซากใบ *Hevea*, *Bactris* และ *Polyculture* ในป่าอะเมซอน พบว่าค่าคงที่ของการย่อยสลายเท่ากับ 0.0090, 0.0090 และ 0.0060 d^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่ Mfilinge et al. (2002) รายงานอัตราการย่อยสลายของซากใบ *K. candelia* ในป่าเขตกึ่ง

ร้อนมีค่าเท่ากับ 0.0203 d^{-1}

อัตราการย่อยสลายของซากพืชมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปัจจัยด้านภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยที่อุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการย่อยสลายจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว และเมื่อปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น อัตราการย่อยสลายก็มีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย (ภูษนาภ และ รุ่งเรือง, 2553) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าอัตราการย่อยสลายมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในระยะแรกของการย่อยสลายช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย $35.87 \text{ }^{\circ}\text{C}$ จึงส่งผลให้อัตราการย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำหนักซากใบลดลงเฉลี่ย 44.06 % ในขณะที่ทางปาล์มน้ำมันน้ำหนักซากลดลง 66.00 % ประกอบกับมีฝนตกในช่วงฤดูร้อน จึงส่งผลให้อัตราการย่อยสลายเกิดเร็วยิ่งขึ้น ทำให้อัตราการย่อยสลายซากพืชในช่วงแรกเกิดเร็วและมาก อัตราการย่อยสลายระยะแรกเป็นสิ่งสำคัญ หากช่วงแรกซากพืชถูกย่อยสลายมาก แนวโน้มการย่อยสลายซากก็จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (Sajubala and Yadava, 2007)

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในซากใบและทางปาล์มน้ำมัน

ผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารจากซากพืชทั้ง 2 ชนิด พบว่ามีรูปแบบแตกต่างกัน กล่าวคือ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในซากใบปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มลดลง แต่มีค่าเพิ่มขึ้นในซาก ทางปาล์มน้ำมัน ในขณะที่ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในซากใบและทางปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มลดลง (Table 1 และ 2)

ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในทางปาล์มน้ำมันมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อซากพืชย่อยสลายนานมากขึ้น สาเหตุเนื่องจากธาตุไนโตรเจนถูกตรึงโดยจุลินทรีย์ที่เข้ามาย่อยสลาย ที่เพิ่มจำนวนขึ้น ขณะที่ซากและองค์ประกอบของซากมีน้ำหนักลดลง ทำให้มีการสูญเสียธาตุไนโตรเจนน้อยกว่าการสูญเสียน้ำหนักแห้งของ

ซาก ความเข้มข้นของไนโตรเจนจึงเพิ่มขึ้น (Schlesinger, 1985; Seephueak, 2012) ทั้งนี้ผลการศึกษาจำนวนของเชื้อราที่ย่อยสลายซากทางปาล์มน้ำมันพบว่ามากกว่าจำนวนเชื้อราที่ย่อยสลายซากใบปาล์มน้ำมัน ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ธาตุไนโตรเจนถูกตรึงไว้มาก ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนจึงเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นรูปแบบเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส (Schlesinger, 1985) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของธาตุอาหารในซากพืชแต่ละชนิดมีทิศทางที่ไม่แน่นอน MacLean และ Wein (1978) รายงานว่า ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส ในซากเพิ่มขึ้นในแปลงทดลองไม้ใบแคบและลดลงในแปลงไม้ใบกว้าง และยังพบว่าในพื้นที่เดียวกัน ใบพืชมีความเข้มข้นของธาตุอาหารแตกต่างกันซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ สำหรับค่าคงที่ของการย่อยสลายธาตุไนโตรเจนของใบและทางปาล์มน้ำมันเท่ากับ 0.0172 และ 0.0086 d^{-1} ในขณะที่ธาตุฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 0.0173 และ 0.0099 d^{-1} ตามลำดับ

ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในซากใบและทางปาล์มน้ำมันมีค่าลดลงอย่างมากเมื่อสิ้นสุดการย่อยสลาย ค่าคงที่ของการย่อยสลายเท่ากับ 0.0220 และ 0.0223 d^{-1} ซึ่งมีค่าสูงกว่าธาตุอาหารทุกชนิด

เนื่องจากธาตุโพแทสเซียมถูกจัดให้อยู่ในองค์ประกอบของซากพืชที่มีการย่อยสลายเร็ว สามารถละลายน้ำได้สูงและถูกชะล้างได้ง่ายโดยน้ำฝน ทำให้ปริมาณความเข้มข้นลดลงอย่างรวดเร็ว (Bargali et al., 1993; Seephueak, 2012)

สำหรับความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมในซากใบและทางปาล์มน้ำมันเป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีแนวโน้มลดลงค่าคงที่การย่อยสลายเท่ากับ 0.0189 และ 0.0099 d^{-1} เนื่องจากธาตุแคลเซียมเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติในการถูกชะล้างให้สูญหายออกไปจากซากที่กำลังย่อยสลายได้ง่าย จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุแคลเซียมมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะเวลาย่อยสลายผ่านไปนานขึ้น (MacLean and Wein, 1978)

ส่วนความความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียมทั้งในซากใบและทางปาล์มน้ำมัน มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเริ่มต้น และค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ และจะปรับสูงขึ้นในเดือนที่ 4 และ 5 หลังจากนั้นจะลดลงตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย ค่าคงที่ของการย่อยสลายในซากใบและทางปาล์มน้ำมันเท่ากับ 0.0201 และ 0.0106 d^{-1} ทั้งนี้เนื่องจากธาตุแมกนีเซียมเป็นสารอาหารที่ถูกชะละลายให้ออกจากใบไม้ที่กำลังสลายตัวได้ง่าย (MacLean and Wein, 1978)

Table 1 Dry weight, nutrient concentration and decomposition rate (k) of nutrient in oil palm leaf litter.

Time (months)	Average dry weight of the remaining (g)	Nutrient concentration (% dry weight)				
		Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Calcium	Magnesium
0 (FEB/57)	100.00	1.51	0.13	0.37	0.98	0.22
1 (MAR/57)	55.94	1.59	0.13	0.36	1.27	0.28
2 (APR/57)	46.04	1.45	0.13	0.27	1.06	0.20
3 (MAY/57)	24.48	1.22	0.11	0.08	0.69	0.12
4 (JUN/57)	21.33	1.63	0.25	0.43	1.22	0.20
5 (JUL/57)	18.65	1.74	0.19	0.18	1.48	0.26
6 (AUG/57)	7.58	0.87	0.09	0.08	0.33	0.07
7 (SEP/57)	4.90	0.82	0.07	0.07	0.38	0.07
k (per day)	0.0143	0.0172	0.0173	0.0220	0.0189	0.0201

Table 2 Dry weight, nutrient concentration and decomposition rate (k) of nutrient in oil palm rachis litter.

Time (months)	Average dry weight of the remaining (g)	Nutrient concentration (% dry weight)				
		Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Calcium	Magnesium
0 (FEB/57)	100.00	0.26	0.03	1.53	0.56	0.05
2 (APR/57)	33.00	0.30	0.09	0.40	0.55	0.08
4 (JUN/57)	30.03	0.20	0.16	0.88	0.81	0.15
6 (SEP/57)	24.03	0.24	0.19	0.06	0.65	0.11
8 (OCT/57)	21.00	0.30	0.07	0.05	0.58	0.08
10 (DEC/57)	6.17	0.32	0.04	0.03	0.46	0.03
k (per day)	0.0093	0.0086	0.0099	0.0223	0.0099	0.0106

สรุป

1. ซากใบและทางปาล์มน้ำมันใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนาน 7 และ 10 เดือน มีอัตราการย่อยสลายเท่ากับ 95.10 และ 93.83% เปอร์เซ็นต์ และค่าคงที่ของการย่อยสลายเท่ากับ 0.0143 และ 0.0093 d⁻¹ ตามลำดับ

2. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีค่าลดลงในซากใบปาล์มน้ำมัน แต่มีค่าเพิ่มขึ้นในซากทางปาล์มน้ำมัน ในขณะที่ธาตุโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม มีค่าลดลงในซากพืชทั้ง 2 ชนิด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2557-2558

เอกสารอ้างอิง

ภูษานู แสงอ่อน และ รุ่งเรือง พูลศิริ. 2553. การสลายตัวของซากใบในสวนปาล์มน้ำมันต่างถิ่น ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. ว.วนศาสตร์. 29 : 26-35.
สำนักงานสถิติการเกษตร. 2558. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. แหล่งข้อมูล: <http://goo.gl/dv6xPr>. ค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2558.

Bargali, S.S., S.P. Singh, and R.P. Singh. 1993. Patterns of weight loss and nutrient release from decomposing leaf litter in an age series of eucalyptus plantation. Soil Biol. Biochem. 25: 1731-1738.
Kurzatkowski, D., C. Martius, H. Hofer, M. Garcia, B. Forster, L. Beck, and P. Vlek. 2004. Litterdecomposition, microbial biomass and activity of soil organisms in three agroforestry sites in central Amazonia. Nutr. Cycl. Agroecosys. 69: 257-267.
MacLean, D.A., and R.W. Wein. 1978. Weight loss and nutrient changes in decomposing litter and forest floor material in New Brunswick forest stands. Can. J. Bot. 56: 2730-2749.
Milinge, P.L., N. Atta, and M. Tsuchiya. 2002. Nutrient dynamics and leaf litter decomposition in a subtropical mangrove forest at Oura Bay, Okinawa, Japan. Trees. Struct. Funct. 16: 172-180.
Sajubala, A., and P.S. Yadava. 2007. Wood and leaf litter decomposition of *Dipterocarpus taberculatus* Roxb. in a tropical deciduous forest of Manipur Northeast India. Curr. Sci. 93: 243-246.
Schlesinger, W.H. 1985. Decomposition of chaparral shrub foliage. Ecol. 66: 1353-1359.
Seephueak, P. 2012. Fungi Associated with Degradation of Rubber Wood Log and Leaf Litter. Ph.D Dissertation. Prince of Songkla University, Songkhla.
Walpola, H., M. Leichtfried, and L. Füreder. 2011. Leaf litter decomposition of three riparian tree species and associated macroinvertebrates of *Eswathu oya*, a low order tropical stream in Sri Lanka. Internat. Rev. Hydrobiol. 96: 90-104.