

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลกระทบของการเผาไร่หมุนเวียนบนพื้นที่สูงต่อการเก็บกักและ
ปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ

Effects of Highland Swidden Farm Burning on
Carbon Storage and Loss to Atmosphere

กอบศักดิ์ วันธงไชย¹
พูลสถิตย์ วงศ์สวัสดิ์²

Kobsak Wanthongchai¹
Poonsatit Wongsawat²

¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

E-mail: fforksw@ku.ac.th

² สำนักงานอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

National Park Office, Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

รับต้นฉบับ 20 กันยายน 2554

รับลงพิมพ์ 19 ธันวาคม 2554

ABSTRACT

This research aimed to study carbon storage during the fallow period, loss during slash-and-burn, and recovery after burning in long fallow period swidden farming, short fallow period swidden farming in a forest rehabilitation area at Doi Phu Kha National Park, Nan province. Each site consisted of 3 replication plots, and hence there were 9 plots in the study. Prior to slashing, fuel loading was estimated using a harvesting method. Moreover, 4 soil samples per plot at depths of 30 cm were also collected to determine the soil and root carbon contents and their pools. All residues and soil samples were collected immediately after burning. The transfer of carbon to the atmosphere during burning was calculated as the differences between the quantities of pre-burning carbon pool (plant and soil and fine root) and post-burning residues (ash, charred material, unburned material, post-burning soil and fine roots). In addition, carbon recovery was monitored for 6 months after burning.

The results showed that the carbon pool was highest in the rehabilitation area (79.22 ton/ha), followed by long swidden farming (73.01 ton/ha), and short swidden farm (45.56 ton/ha), respectively. However, the carbon pool from tree parts in the rehabilitation area was not included. A great portion of carbon was stored in the belowground part in both the long and short swidden farming. The relative carbon loss was lowest on the rehabilitation site (21%), compared to the swidden farms (ca. 35%). The overall carbon recovery in the long fallow period swidden farming and in the rehabilitation area was gradual at a rate of ca. 0.5 ton/ha/month, although the recovery for the short fallow period swidden farming was not clear. This finding may suggest that slash-and-burn agriculture by allowing long fallow period swidden farming may be sufficient to restore carbon to a similar level to pre-burning until the next slash-and-burn begins.

Keywords: carbon loss, rehabilitation area, slash-and-burn, swidden farming

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสะสม การสูญเสียจากการเผาและแนวโน้มน้ำการฟื้นกลับของคาร์บอนในไร่หมุนเวียนรอบยาว (5 ปี) ไร่หมุนเวียนรอบสั้น (2 ปี) และพื้นที่ไร่ร้างที่ไม่มีการทำการเกษตรแล้ว (พื้นที่ฟื้นฟูระบบนิเวศ) บริเวณพื้นที่ผืนปวน อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยวางแผนศึกษาพื้นที่ละ 3 แปลง ก่อนการถางพื้นที่เพื่อทำการเกษตรได้สำรวจปริมาณเชื้อเพลิงและตรวจวัดปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในเชื้อเพลิงและตรวจวัดคาร์บอนที่อยู่ใต้ดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ภายหลังการเผาเก็บสิ่งที่หลงเหลือ (เถา ถ่าน และส่วนที่ไม่ไหม้ไฟ) และเก็บตัวอย่างดินทันที จำนวนปริมาณคาร์บอนที่สูญเสียออกไประหว่างการเผาพื้นที่และตรวจสอบปริมาณคาร์บอนในช่วงเวลา 6 เดือน ภายหลังการเผา

จากการศึกษาพบว่าคาร์บอนสะสมในช่วงพักพื้นที่ (ก่อนเผา) สูงที่สุดในไร่ร้าง (79.22 ดันต่อเฮกแตร์) รองลงมาได้แก่ไร่หมุนเวียนรอบยาว (73.01 ดันต่อเฮกแตร์) และในไร่หมุนเวียนรอบสั้น (45.56 ดันต่อเฮกแตร์) ซึ่งคาร์บอนในไร่ร้างไม่ได้รวมไม้ยืนต้น ไร่หมุนเวียนมีส่วนการสะสมคาร์บอนใต้ดินสูงกว่าส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน การเผาไร่ร้างเกิดการสูญเสียคาร์บอนสัมพัทธ์ต่ำที่สุด (ร้อยละ 21) ส่วนไร่หมุนเวียนรอบยาวและรอบสั้นมีการสูญเสียใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 35) แนวโน้มน้ำการฟื้นกลับมาในระยะเวลา 6 เดือน ของคาร์บอนในพื้นที่ไร่ร้างและไร่หมุนเวียนรอบยาวมีค่าประมาณ 0.5 ดันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน ส่วนไร่หมุนเวียนรอบสั้นมีแนวโน้มน้ำที่ไม้ชัดเจน จากการศึกษาครั้งนี้จะพบว่าการเกษตรแบบไร่หมุนเวียนรอบยาวที่มีระยะเวลาพักพื้นที่นานเพียงพออาจรักษาสมดุลระหว่างการปลดปล่อยและการเก็บกักคาร์บอนได้ดีกว่าพื้นที่ไร่หมุนเวียนรอบสั้น

คำสำคัญ: การปลดปล่อยคาร์บอน ไร่ร้าง การถางแล้วเผา ไร่หมุนเวียน

คำนำ

ไฟป่าและการเผาวัสดุการเกษตรส่งผลกระทบต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ (IPCC, 1996) ลักษณะของการเผาโดยเฉพาะความถี่ของไฟส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชโดยเฉพาะเชื้อเพลิงในพื้นที่ ทำให้บทบาทในการเก็บกักคาร์บอนของพื้นที่เปลี่ยนแปลงไป โดยที่ปริมาณการสูญเสียคาร์บอนจากการเผามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพและปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผา (Raison *et al.*, 1985; Neary *et al.*, 1999; Wanthongchai, 2008) อย่างไรก็ตาม คาร์บอนสามารถฟื้นคืนกลับมาสู่พื้นที่ได้ในช่วงที่มีการฟื้นฟูของระบบนิเวศหรือช่วงพักพื้นที่ที่ไม่มีการทำการเกษตร (Lugo and Brown, 1992)

การทำไร่เลื่อนลอยและการเกษตรแบบไร่หมุนเวียนบนพื้นที่สูงเป็นลักษณะการทำการเกษตรที่เกิดขึ้นประมาณ 10,000 - 12,000 ปีมาแล้ว (วิฑูรย์

และคณะ, 2535) และคาดว่าพื้นที่การเกษตรในรูปแบบดังกล่าวนี้คิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 30 ของพื้นที่การเกษตรทั่วโลก (Sanchez, 1976) โดยที่พื้นที่ป่ากว่า 2,900 ล้านเฮกแตร์ได้เปลี่ยนสภาพเป็นไร่เลื่อนลอยไปแล้ว (Stiles, 1994) ปัจจุบันการทำไร่เลื่อนลอยได้ส่งผลให้เกิดปัญหาต่อการบุกรุกทำลายป่า การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ตลอดจนทั้งปัญหาไฟป่าและผลกระทบจากปัญหาไฟป่าที่ตามมา ได้แก่ ปัญหาหมอกควัน ปัญหาการเสื่อมโทรมของระบบนิเวศโดยรอบ และปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การทำเกษตรบนพื้นที่สูงในรูปแบบของการทำไร่หมุนเวียนโดยการถางแล้วเผา (slash-and-burn) และพื้นที่ไร่ร้างที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรแล้วเป็นลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่พบเห็นได้ทั่วไปในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ในการทำการเกษตรในลักษณะดังกล่าวนี้จะมีช่วงของการพักพื้นที่ (fallow period) เพื่อให้พื้นที่ฟื้นสภาพความอุดมสมบูรณ์ขึ้นมาอีกครั้งโดยผ่านกระบวนการทดแทนของสังคมพืชที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารในพื้นที่ ส่งผล

ให้พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ขึ้นอีกครั้งก่อนการกลับมาทำการเกษตรในครั้งต่อไปโดยการถางแล้วทำการเผาเตรียมพื้นที่ ซึ่งระยะเวลาของการพักพื้นที่ (ความถี่ของการเผา) ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญได้แก่อัตราการฟื้นสภาพความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ ในอดีตนั้นช่วงเวลาพักพื้นที่อาจยาวนานถึง 10 - 15 ปี แต่ในปัจจุบันพบว่าระยะเวลาของการพักพื้นที่สั้นลงกว่าในอดีตเป็นอย่างมาก เนื่องจากสภาพความบีบคั้นทางเศรษฐกิจสังคม ทำให้ไร่หมุนเวียนหลายแห่งต้องกลับมาทำการเกษตรก่อนเวลาอันสมควร ทั้งพื้นที่ไร่ร้างและไร่หมุนเวียนมีอาณาเขตที่กว้างใหญ่ เมื่อมีการเผาขึ้นในแต่ละครั้งย่อมทำให้คาร์บอนจำนวนมหาศาลถูกปลดปล่อยออกมาสู่บรรยากาศ โดยที่ไร่หมุนเวียนที่มีรอบหมุนเวียนสั้นจะมีการปลดปล่อยคาร์บอนในระหว่างการเผาเตรียมพื้นที่น้อยกว่าพื้นที่ที่มีรอบหมุนเวียนยาว ดังนั้นลักษณะของไร่หมุนเวียนที่มีความแตกต่างกันในระยะเวลาการพักพื้นที่นั้นจึงน่าจะเป็นตัวที่กำหนดสมดุลของการเก็บกักคาร์บอนในช่วงการพักพื้นที่และการปลดปล่อยคาร์บอนในระหว่างการเผาเพื่อเตรียมพื้นที่ทำการเกษตร ซึ่งหากมีการเผาในรอบหมุนเวียนและมีการจัดการไฟในไร่ร้างที่เหมาะสมน่าจะช่วยเพิ่มศักยภาพการดูดซับ

คาร์บอนในระบบนิเวศเหล่านี้ได้

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในพื้นที่ไร่ร้างและไร่หมุนเวียนที่มีรอบระยะเวลาหมุนเวียนแตกต่างกัน 2) ศึกษาการสูญเสียคาร์บอนในระหว่างการเผาเตรียมพื้นที่ และ 3) ศึกษาแนวโน้มการสะสมของคาร์บอนภายหลังการเผาไปเป็นระยะเวลา 6 เดือน

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณแนวเขตผ่อนปรนของอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ซึ่งมีการทำการเกษตรเพื่อปลูกข้าวไร่แบบไร่หมุนเวียนโดยถางแล้วเผา การศึกษาครั้งนี้จำแนกพื้นที่ไร่หมุนเวียนเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ พื้นที่ไร่หมุนเวียนรอบยาว (LS) ซึ่งมีรอบหมุนเวียนในการทำการเกษตรทุก 5 ปี พื้นที่ไร่หมุนเวียนรอบสั้น (SS) ซึ่งมีรอบหมุนเวียนในการทำการเกษตรทุก 2 ปี และ พื้นที่ไร่ร้าง (RH) ที่ไม่มีการทำการเกษตรแล้วเป็นเวลามากกว่า 7 ปี เป็นพื้นที่มีการฟื้นฟูของระบบนิเวศ และแต่ละพื้นที่มีแปลงศึกษา 3 แปลง โดยขนาดของแปลงแตกต่างกันไปตามขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 2-5 ไร่ (Figure 1)

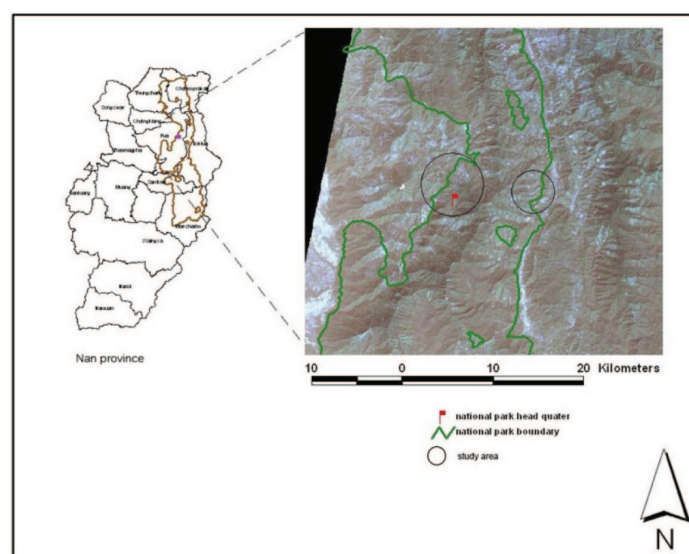


Figure 1 Location of the study site at Doi Phu Ka National Park.

การเก็บข้อมูลก่อนการเผาพื้นที่

ในแต่ละแปลง วางแปลงย่อยขนาด 1×1 เมตร จำนวน 4 แปลง กระจายแบบสุ่มทั่วพื้นที่ ตัดซัง น้ำหนักสดเชื้อเพลิงตามประเภทของพืช (หญ้า พืชล้มลุก ไม้พุ่ม ไม้หนุ่มและลูกไม้ และเศษซากพืช) และวางแปลงขนาด 5×5 เมตร จำนวน 3 แปลง เพื่อตัดซัง น้ำหนักสดของไม้ใหญ่ ($dbh > 4.5$ เซนติเมตร) ยกเว้นในแปลงไร่ร้าง ทำการสุ่มตัวอย่างพืชแต่ละประเภทเพื่อนำไปคำนวณปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอน จากนั้นเก็บตัวอย่างดิน จำนวน 4 จุด ในบริเวณที่เก็บเชื้อเพลิง โดยใช้ soil core ทั้งแบบไม่ทำลายโครงสร้าง (undisturbed sample) และทำลายโครงสร้าง (disturbed sample) โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 - 5, 5 - 15 และ 15 - 30 เซนติเมตร

การเก็บข้อมูลระหว่างการเผาและภายหลังการเผา

ทำการเผาแปลงทดลองช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม พ.ศ. 2552 โดยเกษตรกรเจ้าของพื้นที่และเจ้าหน้าที่สถานีควบคุมไฟป่าจังหวัดน่าน ภายหลังเผาเสร็จทันที ได้ทำการเก็บซังเถา ถ่าน และส่วนที่ไม่ไหม้ไฟในแปลงขนาด 50×50 เซนติเมตร จำนวน 4 แปลง ด้วยเครื่องดูดฝุ่นซึ่งสามารถดูดซังเถาส่วนใหญ่ได้ ในขณะที่อาจมีเศษดินติดขึ้นมาบ้างซึ่งต้องทำการแยกออกไปโดยการใช้ตะแกรงร่อนและการแยกด้วยสายตา ในขณะที่ส่วนที่ไม่ไหม้ไฟจะถูกเก็บโดยการตัด ซังน้ำหนักสิ่งเก็บได้และนำกลับไปที่วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ทำการสุ่มตัวอย่างดินทันทีภายหลังเผา 4 จุด ที่ระดับความลึกเพียง 0 - 5 และ 5 - 15 เซนติเมตร เท่านั้น เนื่องจากโดยทั่วไปไฟจะไม่ส่งผลกระทบต่อดินที่อยู่ในระดับลึก (DeBano *et al.*, 1998) เก็บตัวอย่างพืช ซังเถาและดินภายหลังเผาที่ระยะเวลา 1, 3 และ 6 เดือน ภายหลังการเผาด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการเก็บข้อมูลก่อนการเผา

การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อเพลิง เศษที่หลงเหลือ ภายหลังการเผาและการวิเคราะห์คาร์บอน

ทำการอบแห้งตัวอย่างพืชและเถา ถ่าน ที่อุณหภูมิ

80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นและปริมาณมวลชีวภาพ ตัวอย่างบางส่วนนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน โดยการบดตัวอย่างให้ละเอียด ตัวอย่างดินนำมาตากแห้ง ร่อนผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 2 มิลลิเมตร และแยกส่วนที่เป็นรากมาบดให้ละเอียด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนต่อไป รากบางส่วนนำไปอบแห้งเพื่อคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพ ตัวอย่างดินที่เก็บแบบไม่ทำลายโครงสร้างนำไปหาค่าความหนาแน่นรวมของดินโดยนำไปอบแห้ง ซังน้ำหนักแห้งเพื่อคำนวณความหนาแน่นรวมของดิน วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์คาร์บอน (carbon content) ในตัวอย่างดิน พืชและเถา ถ่าน โดยใช้เครื่อง CN Corder MT-700 (Yanaco)

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกเผาทั้งหมดได้จากการนำค่าปริมาณเชื้อเพลิงก่อนเผาลบด้วยสิ่งที่หลงเหลือ ภายหลังการเผา (ซังเถา ถ่าน ส่วนที่ถูกเผาไหม้บางส่วนที่หลงเหลือในพื้นที่) คำนวณหาปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง ส่วนที่เหลือภายหลังการเผา ดินและราก ปริมาณคาร์บอนที่สูญหายไปจากการเผาได้จากการนำปริมาณคาร์บอนก่อนเผาในดินและพืชลบด้วยปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่หลงเหลืออยู่ภายหลังการเผา จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance; ANOVA) ของปริมาณคาร์บอนเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ หากมีความแตกต่างทางสถิติ จะทำการวิเคราะห์หาความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อไปโดยใช้ Duncan's new multiple range test ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์

ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆ ก่อนการเผา (ช่วงพักพื้นที่)

ปริมาณเชื้อเพลิงทั้งหมดที่ถูกตัดฟันลงก่อนการเผาเพื่อเตรียมพื้นที่ในไร่นาหมุนเวียนรอบสั้นและไร่นาหมุนเวียนรอบยาวแสดงใน Table 1 สำหรับปริมาณเชื้อเพลิงเฉพาะในส่วนของไม้พื้นล่าง (ไม่รวมไม้ยืนต้นขนาดใหญ่) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง

พื้นที่ ($p<0.05$) ไร่ร้างมีปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) รองลงมาได้แก่ ไร่หมุนเวียนรอบขาวและไร่หมุนเวียนรอบสั้น ตามลำดับ (Table 2) สำหรับดินพบว่าปริมาณคาร์บอนในดินและในรากพืชที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ในไร่หมุนเวียนรอบขาวมีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) (Table 2

และ 3) สำหรับปริมาณคาร์บอนรวมทั้งหมด พบว่า ไร่หมุนเวียนรอบขาวมีปริมาณสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ถึง 73.01 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาได้แก่ไร่ร้าง (55.54 ตันต่อเฮกแตร์) และมีปริมาณต่ำที่สุดในไร่หมุนเวียนรอบสั้น (45.56 ตันต่อเฮกแตร์) (Figure 2) แทรก Table 1, 2, 3 และ Figure 2

Table 1 Total fuel loads (tree and understory included) and understory fuel loads in long swidden farm (LS), short swidden farm (SS), and rehabilitation site (RH).

	Fuel loads (ton/ha)		
	LS	SS	RH
Total fuel loads	36.68 (5.10) ^a	22.76 (0.17) ^b	-
Understory fuel loads (tree is not included)	30.84 (4.72) ^a	19.54 (0.31) ^b	51.10 (16.25) ^a

Note: Different superscript letters (^{a, b}) in a row indicate significant differences (ANOVA, *F*-test, $P<0.05$) in the fuel load values between sites. Standard errors of the mean are given in parentheses.

Table 2 Aboveground carbon pools in each fuel category and carbon pool in fine roots during fallow period in long swidden farm (LS), short swidden farm (SS), and rehabilitation site (RH).

Fuel category	Carbon pools (ton/ha)			<i>p</i> -value
	LS	SS	RH	
Grass	4.71 (1.43) ^b	0.04 (0.02) ^b	13.15 (4.70) ^a	0.009
Herb	0.66 (0.16) ^a	2.64 (0.42) ^a	0.12 (0.05) ^b	0.000
Litter	6.43 (0.96) ^{ab}	4.53 (0.44) ^b	8.32 (1.50) ^a	0.054
Shrub	0.45 (0.16) ^a	1.64 (0.34) ^a	1.67 (0.95) ^a	0.264
Seedling and sapling	0.98 (0.27) ^a	0.00 ^b	0.09 (0.06) ^b	0.000
Tree	2.80 (0.54) ^a	1.56 (0.61) ^b	na	0.048
Fine root	3.55 (0.79) ^a	2.79 (0.63) ^a	1.07 (1.36) ^b	0.020
Total*	16.03 (1.62)^b	10.41 (0.60)^b	23.36 (5.07)^a	0.007

Note: Different superscript letters (^{a, b}) in a row indicate significant differences (ANOVA, *F*-test, $P<0.05$) in the carbon pools of each fuel category between sites. Standard errors of the mean are given in parentheses.

Remark: * Carbon pool in fine roots was not included.

Table 3 Pre- and post-burn soil carbon pools in long swidden farm (LS), short swidden farm (SS), and rehabilitation site (RH).

Period	Soil depth (cm)	Carbon pool (ton/ha)			<i>p</i> -value
		LS	SS	RH	
Pre-burning	30	52.77 ^a	32.36 ^b	31.30 ^b	0.000
Immediately after burning	15	29.61 ^a	20.43 ^a	18.32 ^b	0.000
1 month after burning	30	23.62 ^b	28.46 ^a	16.14 ^c	0.000
3 months after burning	30	23.64 ^a	26.53 ^a	15.99 ^b	0.000
6 months after burning	30	24.95 ^a	25.30 ^a	15.40 ^b	0.000

Note: Different superscript letters (^{a, b}) in a row indicate significant differences (ANOVA, *F*-test, $P<0.05$) in the soil carbon pools between sites for each sampling period.

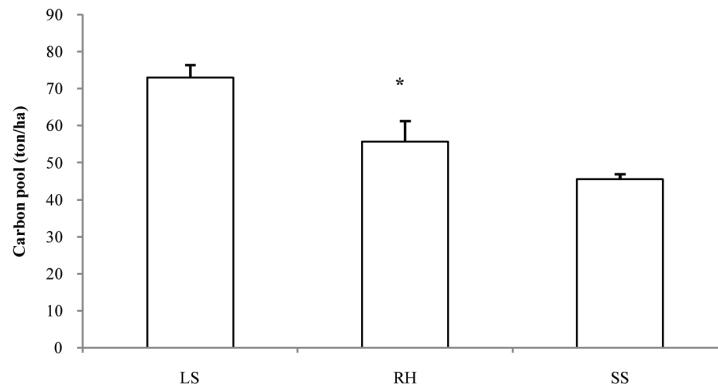


Figure 2 Pre-burning carbon pool (aboveground and 30-cm belowground) at long swidden farm (LS), short swidden farm (SS), and rehabilitation site (RH). Vertical bars show the standard error of the mean.

Remark: * C pool in tree (>4.5 dbh) for RH was not included.

ปริมาณคาร์บอนในดินของไร่หมุนเวียนมีค่าสูงกว่าในไร่ร้างในครั้งนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากไร่หมุนเวียนนั้นมีการเผาพื้นที่อยู่เป็นประจำจึงมีเศษชิ้นส่วนพวงถ่านตกค้างอยู่ในดินซึ่งมีความเสถียรสูงและไม่ทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ในดิน (Zackrisson *et al.*, 1996; Bauhus *et al.*, 2002) Fukushima *et al.* (2008) ได้ศึกษามวลชีวภาพในป่าที่กำลังมีการทดแทนภายหลังจากการหยุดการทำไร่เลื่อนลอยมาเป็นเวลา 20 ปี แล้วพบว่าปริมาณมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ประมาณ 126.2 ตันต่อเฮกเตอร์ ซึ่งหากนำค่าอัตราการสะสมมวลชีวภาพนี้ มาประมาณมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ในพื้นที่ไร่ร้างในการศึกษาครั้งนี้พบว่าที่ระยะเวลาประมาณ 8 ปี ของการฟื้นฟูไร่ร้างจะมีมวลชีวภาพไม้ใหญ่ประมาณ 50.48 ตันต่อเฮกเตอร์ หรือมีอัตราการสะสมมวลชีวภาพเท่ากับ 6.31 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับอัตราการสะสมมวลชีวภาพ 4-20 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี จากการศึกษาของ Bruun *et al.* (2009) และเมื่อนำความเข้มข้นของคาร์บอนในกล้าไม้ และไม้รุ่นจากการศึกษาครั้งนี้ (ร้อยละ 46.9) ก็จะพบว่าจะมีปริมาณคาร์บอนในส่วน ของไม้ใหญ่ในไร่ร้างที่ศึกษาครั้งนี้ประมาณ 23.67 ตันต่อเฮกเตอร์ เมื่อนำไปรวมกับปริมาณคาร์บอนในไม้พื้นล่างจะมีปริมาณคาร์บอนในไร่ร้างมากถึง 79.22 ตันต่อเฮกเตอร์ ซึ่งจะทำให้มีค่าสูงกว่าในไร่หมุนเวียนรอบขาว

การสูญเสียคาร์บอนจากการเผา

จากการศึกษา พบว่าการเผาไม่มีผลทำให้การสูญเสียคาร์บอนสัมพัทธ์ (relative loss) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ ทั้งจากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน และจากส่วนที่อยู่ใต้ดินที่ระดับ 15 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาภาพรวมการสูญเสียคาร์บอนสัมพัทธ์รวมทั้งหมด พบว่าการเผาได้ทำให้มีการสูญเสียคาร์บอนออกสู่บรรยากาศในช่วงร้อยละ 10 - 40 ของปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในพื้นที่ ซึ่งจากการหาค่าเฉลี่ยการสูญเสียคาร์บอนสัมพัทธ์รวมพบว่าไร่หมุนเวียนรอบขาวมีค่าสูงสุด (ร้อยละ 35.5) รองลงมาได้แก่ไร่หมุนเวียนรอบสั้น (ร้อยละ 35.1) และไร่ร้าง (ร้อยละ 20.9) อย่างไรก็ตามปริมาณการสูญเสียคาร์บอนสัมพัทธ์รวมจากการเผาพื้นที่ต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากการแปรผันสูงโดยเฉพาะในไร่ร้าง (Figure 3) คาร์บอนส่วนใหญ่สูญเสียออกไปจากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยไร่ร้างมีการสูญเสียหายไปจากส่วนเหนือพื้นดินประมาณร้อยละ 98 (10.21 ตันต่อเฮกเตอร์) ส่วนการเผาไร่หมุนเวียนแม้จะมีสัดส่วนการสูญเสียคาร์บอนจากส่วนเหนือพื้นดินที่ค่อนข้างสูง (ประมาณร้อยละ 65 - 72) แต่ก็มีสัดส่วนการสูญเสียจากส่วนที่อยู่ใต้ดินสูงเช่นกัน (ร้อยละ 28 - 35) (Figure 4)

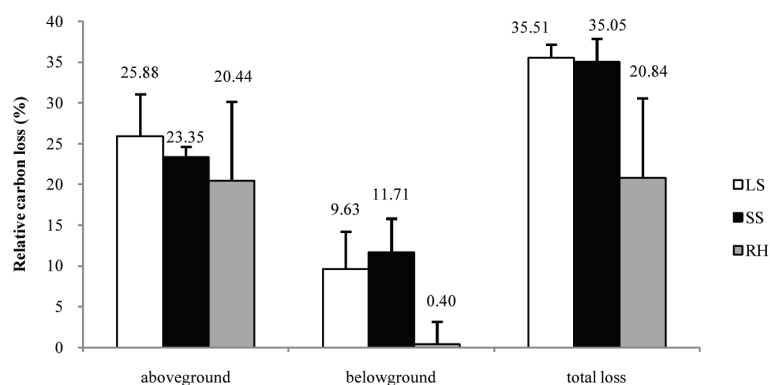


Figure 3 Relative carbon loss of aboveground and belowground parts by burning at long swidden farm (LS), short swidden farm (SS), and rehabilitation site (RH). Vertical bars show the standard error of the mean.

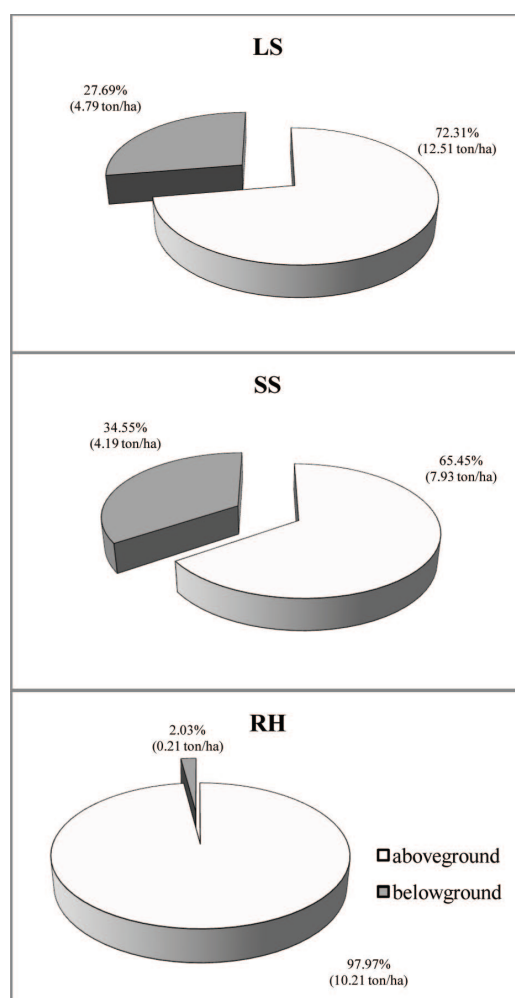


Figure 4 Proportion of carbon loss from aboveground and belowground parts by burning at long swidden farm (LS), short swidden farm (SS), and rehabilitation site (RH).

ไร่หมุนเวียนมีการสูญเสียคาร์บอนสัมพัทธ์สูงกว่าไร่ร้าง เนื่องจากลักษณะของการถางแล้วเผาเชื้อเพลิงทั้งหมดเป็นสำคัญ หากเปรียบเทียบกับไฟในป่าทั่วไป จะพบว่าไฟในไร่หมุนเวียนมีการสูญเสียคาร์บอนออกไปมากกว่าไฟป่าที่เกิดขึ้นในป่า เช่น การศึกษาของ Wanthongchai *et al.* (2008) ที่พบว่าคาร์บอนในเชื้อเพลิงในป่าเต็งรังที่มีอยู่ประมาณ 2.5-5.2 ตันต่อเฮกแตร์ นั้นมีการสูญเสียออกไปคิดเป็นเพียงร้อยละ 70-90 สุกรีตัน (2548) พบว่าไฟที่เกิดขึ้นในป่าเบญจพรรณทำให้เชื้อเพลิงหายไป 3.6 ตันต่อเฮกแตร์ (คิดเป็นคาร์บอนไม่เกิน 1.8 ตันต่อเฮกแตร์) เมื่อเกิดการเผาพื้นที่ สิ่งที่เหลืออยู่ในพื้นที่โดยเฉพาะส่วนของคาร์บอนในพืชที่ยังคงมีความเข้มข้นสูงคือ ส่วนที่ไหม้ไฟบางส่วนและถ่านที่มีความเสถียรสูง เป็นส่วนที่มีความสำคัญในการช่วยเก็บกักคาร์บอนไว้ในพื้นที่ ดังนั้นหากมีการใช้มาตรการในการควบคุมการเผาในส่วนที่เหลืออยู่โดยเฉพาะถ่านดังกล่าวอยู่ในพื้นที่ ร่วมกับการทำให้ส่วนที่เหลือเหล่านั้นมีขนาดเล็กลงด้วยการสับแล้วไถพรวนอยู่ในพื้นที่อาจเป็นแนวทางในการลดการสูญเสียคาร์บอนจากกระบวนการเผาเตรียมพื้นที่ลงได้บ้าง สำหรับการเผาไร่หมุนเวียนรอบขาวมีผลต่อการลดลงของคาร์บอนในดินมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากมีไม้ขนาดใหญ่จำนวนมากที่ถูกตัด

ฟันลงแล้วสุ่มเผาจนหมดซึ่งการเผาในลักษณะดังกล่าวทำให้ความร้อนแผ่ลงสู่ดินได้มาก การสูญเสียคาร์บอนส่วนใหญ่ในการศึกษาครั้งนี้เกิดจากเชื้อเพลิงบนดิน สอดคล้องกับการศึกษาของ Kauffman *et al.* (1995) และ Kotto-Same *et al.* (1997) แต่พบว่าสัดส่วนการสูญเสียคาร์บอนในดินของไร่หมุนเวียนสูงกว่าไร่ร้างนั้นมาจากการกระบวนการถางแล้วเผาและมีการเผาแบบสุ่มเป็นกอง ทำให้ความร้อนแผ่ลงดินมากขึ้น ส่งผลต่อคาร์บอนในดิน โดยเฉพาะบริเวณผิวดิน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการเผาปกติในไร่ร้างที่ไฟมีการลุกลามอย่างต่อเนื่องไม่หยุดนิ่งอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่งเป็นเวลานาน ความร้อนจึงไม่ส่งผลกระทบลงไปสู่ดินมากนัก

การสะสมคาร์บอนกลับมามีอยู่ในระยะเวลา 6 เดือน

ภายหลังการเผาพื้นที่ 6 เดือน พบว่าเริ่มมีแนวโน้มการสะสมคาร์บอนในส่วนต่างๆ กลับมาอย่างช้าๆ ทั้งในส่วนของพืชและส่วนใต้ดินในไร่หมุนเวียนรอบขาวและไร่ร้าง โดยที่มีอัตราการฟื้นกลับมาของคาร์บอนที่ประมาณ 0.53 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน ในขณะที่ไร่หมุนเวียนรอบสั้นกลับพบว่าปริมาณคาร์บอนยังคงมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยแม้เวลาจะผ่านไปแล้วเป็นเวลา 6 เดือน ก็ตาม (Table 4)

Table 4 Changes in total carbon pools (aboveground and 30 cm belowground) within 6 months after burning in long swidden farm (LS), short swidden farm (SS), and rehabilitation site (RH).

Site	Pre-burning	Post-burning (ton/ha)		
		1 month	3 months	6 months
LS	73.01	24.84	25.87	27.50
SS	45.56	29.44	28.09	27.30
RH*	55.54	17.35	18.69	20.02

Remark: * C pool in trees (>4.5 diameter at breast height) for RH was not included.

แนวโน้มการสะสมของคาร์บอนภายหลังการเผาเริ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในไร่หมุนเวียนรอบขาวและไร่ร้าง ดังนั้น ณ เวลา 6 ปี ข้างหน้าจะมีปริมาณคาร์บอนสะสมอยู่ประมาณ 38.16 ตันต่อเฮกแตร์

เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าค่าที่สำรวจได้ในช่วงก่อนเผาพื้นที่ อย่างไรก็ตามอัตราการเติบโตของต้นไม้จะค่อนข้างช้าในช่วงแรกและจะเพิ่มมากขึ้นแบบ exponential ในภายหลัง (พงษ์ศักดิ์, 2534) ซึ่งปริมาณคาร์บอน

ที่สะสมจะต้องสูงกว่าค่าที่ประมาณได้นี้อย่างแน่นอน โดยที่ต้องมีมาตรการป้องกันไฟอย่างเข้มข้นในพื้นที่สำหรับไร้หมุนเวียนรอบสั้น Metzger (2003) พบว่าการลดลงของช่วงระยะพักพื้นที่ จาก 10 เป็น 4 ปีในประเทศบราซิล มีผลต่อการลดลงของความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืชที่ขึ้นทดแทน มีแนวโน้มไปสู่ลักษณะที่เป็น homogeneity structure มากขึ้น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่ออัตราการสะสมคาร์บอน เนื่องจากในช่วง 1-2 ปีแรก ต้นไม้ที่เกิดขึ้น จะมีการแข่งขันดูดซับธาตุอาหารและปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เพื่อการเจริญเติบโต การจัดแบ่งชั้นเรือนยอดยังไม่เด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบกับไร้หมุนเวียนรอบยาวหรือไร้ร้างซึ่งสังคมพืชมีการแก่งแย่งลดลง เนื่องจากเริ่มจะมีการจัดชั้นเรือนยอด มีชนิดไม้ที่มีความต้องการทางนิเวศ (ecological niche) ที่แตกต่างกันขึ้นผสมกัน ส่งผลให้การเก็บกักคาร์บอนมีประสิทธิภาพดีกว่า

สรุป

การสะสมของคาร์บอนในช่วงพักพื้นที่มีค่าสูงที่สุดในไร้ร้าง รองลงมาได้แก่ไร้หมุนเวียนรอบยาว และต่ำที่สุดในไร้หมุนเวียนรอบสั้น โดยคาร์บอนที่สะสมในไร้ร้างไม่ได้รวมไม้ยืนต้นในการคำนวณ ทั้งไร้หมุนเวียนรอบสั้นและไร้หมุนเวียนรอบยาวมีส่วนการสะสมคาร์บอนได้ดินสูงกว่าส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน การเผาไร้ร้างทำให้มีการสูญเสียคาร์บอนสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในขณะที่ไร้หมุนเวียนรอบยาวและรอบสั้นมีส่วนการสูญเสียคาร์บอนใกล้เคียงกัน คาร์บอนที่สูญเสียจากการเผาส่วนใหญ่นั้นมาจากส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยมีแนวโน้มอัตราการฟื้นกลับมาของคาร์บอนในระยะเวลา 6 เดือนในพื้นที่ไร้ร้างและไร้หมุนเวียนรอบยาวประมาณ 0.5 ตันต่อเฮกตาร์ต่อเดือน ในขณะที่ไร้หมุนเวียนรอบสั้นมีแนวโน้มการฟื้นกลับของคาร์บอนที่ยังไม่ชัดเจน ดังนั้นการทำการเกษตรแบบไร้หมุนเวียนรอบยาวที่มีระยะเวลาพักพื้นที่นานเพียงพออาจจะช่วยรักษาสมดุลระหว่างการปลดปล่อยและการเก็บกักคาร์บอนได้ดีกว่าพื้นที่ไร้หมุนเวียนรอบสั้น

ช่วงระยะเวลาการพักพื้นที่ที่นานพอเหมาะ จะช่วยให้การปลดปล่อยคาร์บอนระหว่างการเผาและการสะสมในช่วงพักพื้นที่ที่มีความสมดุลมากกว่าพื้นที่การเกษตรที่มีระยะพักพื้นที่สั้น ความร้อนจากการสูบกongแล้วเผาส่งผลอย่างมากต่อปริมาณคาร์บอนในดิน หากสามารถลดการสูบกongแล้วเผาในพื้นที่จะช่วยลดการสูญเสียคาร์บอนจากดินลงได้บ้าง สำหรับไร้ร้างที่เพิ่งเริ่มมีการฟื้นฟูของระบบนิเวศ (อายุ 2-3 ปี) ซึ่งมีลักษณะของสังคมพืชใกล้เคียงกับไร้หมุนเวียนรอบสั้น อาจคาดการณ์ได้ว่าหากเกิดไฟไหม้ในพื้นที่เหล่านี้จะส่งผลต่อการสูญเสียคาร์บอนที่เป็นสัดส่วนที่สูงเช่นกัน ดังนั้นไร้ร้างที่เพิ่งเริ่มมีการฟื้นฟูระบบนิเวศจะต้องได้รับการดูแลป้องกันไฟอย่างเข้มข้นเพื่อให้ระบบนิเวศนั้นสามารถเป็นแหล่งเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญต่อไป

คำนิยาม

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้ให้การสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2551 ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติคอกยอคา สถานีควบคุมไฟป่าจังหวัดน่านและเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการแคว่ จังหวัดน่าน ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดการเก็บข้อมูลในพื้นที่ ขอขอบพระคุณ ผู้ใหญ่บ้านและเจ้าของพื้นที่ที่ศึกษาบ้านหนองน่าน ตำบลบ่อเกลือได้อำเภอบ่อเกลือ และผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านและเจ้าของพื้นที่ที่ศึกษาบ้านน้ำย้อ อำเภอบัว จังหวัดน่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ทำการศึกษาวิจัยในไร้หมุนเวียนด้วยดี ขอขอบพระคุณ ศ.ดร. พงษ์ศักดิ์ สหนาพ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการวางแผนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ยานพาหนะและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณนิสิตและบุคลากรคณะวนศาสตร์ทุกท่านที่ได้มีส่วนร่วมในการดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- พงษ์ศักดิ์ สหนาฟู. 2534. วนวัฒนวิทยาขั้นสูง. คณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิฑูรย์ เลี่ยมจำรูญ, ณรงค์ คงมาก, ฐิรุฒิ เสนาคำ, วิฑูรย์ ปัญญากุล และไชยา เฟื่องอุ่น. 2535. เกษตรกรรมทางเลือก ความหมายความเป็นมา และเทคนิควิธี. พิมพ์ดี, กรุงเทพฯ.
- ศุภรัตน์ สำราญ. 2548. อิทธิพลของไฟป่าต่อการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของสิ่งปกคลุมดินในป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี. น. 351 - 364. ใน โกลด แพรกทอง, เกษฎา เหลืองแจ่ม, สิริรัตน์ จันทรมหาเสถียร, ชิงชัย วิริยะบัญชา, ธิติ วิสารรัตน์, ศุภรัตน์ สำราญ, เตือนใจ นุชดำรงค์, ศาพิศ คิลกสัมพันธ์ และอมรรรัตน์ สะสีสังข์, บรรณาธิการ. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ สักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต, กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.
- Bauhus, J., P. K. Khanna, P. Hopmans, C. Weston, M. Madeira and A. Fabiao. 2002. Is soil carbon a useful indicator of sustainable forest soil management? – A case study from native eucalypt forests of south-eastern Australia. **For. Ecol. Manage.** 171: 59 - 74.
- Bruun, T., A. de Neergaard, D. Lawrence and A. Ziegler. 2009. Environmental Consequences of the Demise in Swidden Cultivation in Southeast Asia: Carbon Storage and Soil Quality. **Human Ecol.** 37: 375 - 388.
- DeBano, L.F., D.G. Neary, and P.F. Folliott. 1998. **Fire's Effects on Ecosystems.** John Wiley & Sons, New York.
- Fukushima, M., M. Kanzaki, M. Hara, T. Ohkubo, P. Preechapanya and C. Choocharoen. 2008. Secondary forest succession after the cessation of swidden cultivation in the montane forest area in Northern Thailand. **For. Ecol. Manage.** 255: 1994 - 2006.
- IPCC. 1996. **Gas Inventory Reference Manual.** International Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kauffman, J. B., D. L. Cummings, D. E. Ward and R. Babbitt. 1995. Fire in the Brazilian Amazon: 1. Biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests. **Oecologia** 104: 397 - 408.
- Kotto-Same, J., P. L. Woomer, M. Appolinaire and Z. Louis. 1997. Carbon dynamics in slash-and-burn agriculture and land use alternatives of the humid forest zone in Cameroon. **Agri. Ecosyst. Environ.** 65: 245 - 256.
- Lugo, A. E. and S. Brown. 1992. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. **For. Ecol. Manage.** 54: 239 - 255.
- Metzger, J. P. 2003. Effects of slash-and-burn fallow periods on landscape structure. **Environ. Conserv.** 30 (04): 325 - 333.
- Neary, D. G., C. C. Klopatek, L. F. DeBano and P. F. Folliott. 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. **For. Ecol. Manage.** 122: 51 - 71.
- Raison, R. J., P. K. Khanna and P. V. Woods. 1985. Mechanisms of element transfer to the atmosphere during vegetation fires. **Can. J. For. Res.** 5: 132 - 140.
- Sanchez, P.A. 1976. **Properties and Management of Soils in the Tropics.** Wiley, New York.
- Stiles, D. 1994. Trials and traids: a strategy for cultural and ecological survival. **Ambio.** 23 (2): 106 - 111.
- Wanthongchai, K. 2008. **Effects of Different Burning Frequencies on Fire Behaviour,**

- Nutrient Dynamics, Soil Properties, and Vegetation Structure and Composition in Dry Dipterocarp Forest, Huay Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Thailand.**
Ph.D. Thesis. The University of Freiburg.
- Wanthongchai, K., J. Bauhus and J. G. Goldammer.
2008. Nutrient losses through prescribed burning of aboveground litter and understorey in dry dipterocarp forests of different fire history. **Catena** 74: 321 - 332.
- Zackrisson, O., M.-C. Nilsson and D. A. Wardle.
1996. Key ecological function of charcoal from wildfire in boreal forest. **Oikos** 77: 10 - 19.
-