

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

Assessment of Carbon Stock and the Potential Income of the Carbon Offset in Agroforestry System, Lablare District, Uttaradit Province

ชาติทอง โพธิ์ตั้ง¹, สุภาวดี น้อยน้ำใส¹, ปริญญา ไกรวุฒินันท์¹

Chattanong Podong, Suphawadee Noinamsai¹, Parinya Krivuttinun¹

Received: 3 February 2019 ; Revised : 25 March 2019 ; Accepted: 23 April 2019

บทคัดย่อ

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์เป็นต้นเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยบนพื้นผิวโลกเพิ่มขึ้นและเกิดปัญหาต่างๆ ตามมาอีกมากมาย โดยมีแนวโน้มทวีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่องประเทศต่างๆ ทั่วโลกจึงมีการทำอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) เพื่อร่วมกันแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน และในภายหลังได้มีการทำข้อตกลงเพิ่มเติมได้แก่ พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) เพื่อให้ความร่วมมือในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก มีผลการประเมินการกักเก็บคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนก็เป็นอีกแนวทางที่จะนำไปสู่กลไกการลดก๊าซเรือนกระจก โดยในระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ จากการศึกษาการประเมินรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในระบบวนเกษตร ต่อพื้นที่ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์แบบตลาดคาร์บอนแบบภาคสมัครใจ (Voluntary carbon market) มีมูลค่า 39.6398 เหรียญสหรัฐต่อเฮกแตร์ หรือ 2,946.93 บาทต่อเฮกแตร์ (209.30 บาทต่อไร่) โดยพบว่าปริมาณการประเมินรายได้จากการชดเชยคาร์บอนของไม้ผลในระบบวนเกษตรสวนผลไม้ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ มากที่สุดคือ ลางสาต มีมูลค่า 89.3010 เหรียญสหรัฐต่อเฮกแตร์ หรือ 2,946.93 บาทต่อเฮกแตร์ (471.51 บาทต่อไร่)

คำสำคัญ: ระบบวนเกษตร คาร์บอนเครดิต การชดเชยคาร์บอน การกักเก็บคาร์บอน ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

Greenhouse gas emissions from human activities are the cause of the greenhouse effect, which influences climate change, causing the average temperature on the surface of the Earth to rise and many other problems. The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) is a global initiative that addresses global warming and later, there was an agreement . The Kyoto Protocol seeks cooperation to reduce greenhouse gas emissions. The assessment of carbon capture and carbon offset is another way to reduce GHG emissions in the agroforest system in Laplae District, Uttaradit Province. This study is on the estimation of carbon offsets in agroforestry in Laplae District, Uttaradit Province, with a voluntary carbon market value of 39.6398 USD per ha or 2,946.93 Baht per ha. It was found that the amount of carbon offset value of fruit trees in agroforestry system in Laplae District, Uttaradit Province was the highest in *Lansium parasiticum* (*Lansium domesticum* Corr.) at 89.3010 USD per ha or 2,946.93 Baht / ha (471.51 Baht per rai).

Keywords: Agroforestry, Carbon credit, Carbon offset, Carbon stock, Greenhouse gas

¹ สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53000 2 สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

¹ Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University, 53000 2 Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, 65000

บทนำ

การเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของประชากรในประเทศที่กำลังพัฒนาทำให้การทำลายป่าเพิ่มมากขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวก่อให้เกิดผลร้ายต่อความเป็นอยู่ของทั้งมนุษย์ พืชและสัตว์ การลดลงอย่างรวดเร็วของป่าทางภาคเหนือของประเทศไทยโดยเฉพาะจังหวัดอุตรดิตถ์เกิดขึ้นเนื่องจากการทำไม้และการถางป่าเพื่อทำการเกษตรโดยมีการทำลายต่อเนื่องและยาวนานทำให้ช่วงที่ผ่านมามีการใช้ทรัพยากรและที่ดินป่าไม้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ และไม่สมประโยชน์ ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงในอัตราสูงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั้งในทางเศรษฐกิจ สังคม และความสมดุลของสภาพแวดล้อมก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งในการใช้ประโยชน์ทรัพยากร และที่ดินป่าไม้ที่รุนแรงและกว้างขวางยิ่งขึ้นท่ามกลางความขัดแย้งดังกล่าวอย่างต่อเนื่องนี้ การลดลงของป่าไม้ก็เป็นไปอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ดังนั้นเพื่อให้การบริหารจัดการทรัพยากรและที่ดินป่าไม้ของประเทศในปัจจุบันและอนาคตสอดคล้องกับนโยบายของรัฐและความต้องการของสังคมตามกระแสโลกาภิวัตน์ที่เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วตลอดจนประสานกลมกลืนกับแผนการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆที่เกี่ยวข้องจึงจำเป็นต้องมีการทบทวนและปรับปรุงกำหนดรูปแบบวิธีการปลูกและบำรุงป่าและปรับปรุงระบบนิเวศต้นน้ำเพื่อเป็นกรอบแนวทางในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่วนอนุรักษ์ป่าร่วมกับการทำการเกษตรให้เป็นไปอย่างมีระบบและต่อเนื่อง พื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์มีการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้โดยการดำเนินการแก้ไขปัญหาเรื่องการผลิตแคลนอาหารและรายได้ที่ไม่เพียงพอของชุมชนที่สูงบนพื้นฐานการรักษาสภาพป่าโดยการใช้ไม้ผลปลูกร่วมกับไม้ยืนต้นซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ซึ่งการปลูกพืชรูปแบบวนเกษตรนี้มีความสามารถเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าการปลูกไม้หลายต้นปนกันความหลากหลายทางชีวภาพสูงขึ้น

ในการบ่งชี้กระบวนการทางนิเวศวิทยามีมากมายหลายวิธี เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพที่เพิ่มมากขึ้นหรือความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นแต่การบ่งชี้อีกรูปแบบนั้นคือการใช้กลไกความสมดุลของธาตุอาหารโดยเฉพาะคาร์บอนเป็นตัวบ่งชี้เพราะว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก สุขภาพอนามัยของมนุษย์และรวมถึงผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและสังคมอย่างมาก โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบนิเวศบกถือว่าเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญ (IPCC,2001) ปริมาณของของการปลดปล่อยและสะสมคาร์บอนในระดับโลกยังเป็นเรื่องที่ต้องศึกษาค้นคว้ากันต่อไปเพราะว่าการแลกเปลี่ยน

คาร์บอนระหว่างบรรยากาศกับพื้นดินยังคงมีหลายตัวกำหนด โดยเฉพาะการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน, การใช้ปุ๋ยและการผันแปรและเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมจะเกี่ยวข้องและควบคู่ไปกับการส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศท่ามกลางการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง (Post *et al.*,1998) เช่น การที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายและเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ทำการเกษตรจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะ คาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน (Shrestha *et al.*,2004) การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนเริ่มขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1850 และ เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 0.5 % ต่อปี ซึ่งจะมาจากการเผาไหม้ของน้ำมันและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพบว่าในปี ค.ศ. 1980 – 1989 มีค่าประมาณ 1.7 Pg C yr⁻¹ และในปี ค.ศ. 1989 – 1998 มีค่าประมาณ 1.6 Pg C yr⁻¹ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลกระทบต่อ การสะสมและปลดปล่อยคาร์บอนในดินและพรรณพืชและทำให้ศักยภาพของการสะสมคาร์บอนเปลี่ยนแปลงไปซึ่งโดยปกติแล้วคาร์บอนจะสะสมในดินทั้งในพื้นที่เกษตรป่าไม้หรือทุ่งหญ้าซึ่งจะสะสมมากที่สุดในพื้นที่ป่าไม้เกษตรกรรมและทุ่งหญ้าตามลำดับ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษานิเวศวิทยาของระบบวนเกษตรที่มีความแตกต่างเพื่อใช้ข้อมูลในการประเมินถึงความสมดุลได้อย่างชัดเจนในระบบวนเกษตรที่มีการปลูกไม้ผลร่วมกับป่าไม้แล้วแปลงระดับความสมดุลเป็นจำนวนเงินโดยอาศัยกลไกของคาร์บอนเครดิตเพื่อให้เกษตรกรเข้าถึงได้ง่าย นอกจากนั้นกระบวนการดังกล่าวสามารถนำมาใช้สนองตอบต่อกลไกการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบสมดุลเพื่อเตรียมความพร้อมและลดผลกระทบต่อมาตรการในการกีดกันทางการค้าโดยใช้ประเด็นทางสิ่งแวดล้อมในอนาคตที่จะเกิดขึ้นอีกด้วย

วิธีการศึกษา

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ได้ดำเนินการวิธีการศึกษา ดังนี้

1. สำรวจพื้นที่ศึกษาเบื้องต้นเพื่อให้ทราบถึงลักษณะภูมิประเทศ ชนิดป่า และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารเพื่อประกอบการสำรวจและกำหนดแปลงตัวอย่างในภาคสนาม
2. วางแปลงตัวอย่างตามไม้เด่นและตามระดับอายุที่แตกต่างกันของระบบวนเกษตรเป็นแปลงถาวรพื้นที่ละจำนวน 1 แปลงขนาด 40 x 40 เมตร สำหรับศึกษาข้อมูลไม้ใหญ่

(Trees) ซึ่งหมายถึง ต้นไม้ที่มีเส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตร (GBH) ตั้งแต่ 30 เซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 เซนติเมตร) ขึ้นไป และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร เพื่อประเมินการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

3. สุ่มวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-25 และ 25-50 ซม. จำนวน 5 ตัวอย่างต่อแปลงเพื่อวิเคราะห์อนุภาคดินเหนียว (% clay) ปริมาณไนโตรเจน (total nitrogen) ปฏิกริยาอิน (pH) ความหนาแน่นดิน (bulk density) และคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (soil organic carbon: SOC) (Table 4) ซึ่งประเมินโดยวิธี wetoxidation method จากค่าอินทรีย์วัตถุของดิน (soil organic matter: SOM) (g kg^{-1}) = $\text{SOC} (\%) \times 1.724 \times 10^2$ (Walkley & Black, 1934)

4. การประเมินรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในสวนทุเรียน ใช้ตัวอย่างการประเมินรายได้จากการทำสัญญาในตลาดแบบสมัครใจ ตามวิธีการทำสัญญาของ California Carbon Market รวมกับ Chicago Climate Exchange (CCX) (Ignosh et al., 2009; Current et al., 2010) โดยกำหนดให้ระบบวนเกษตรมีปริมาณคาร์บอนคงที่ทุกๆ ช่วงเวลา 5 ปีและรายได้รวมทั้งหมด (US\$) ตลอดช่วงอายุของระบบวนเกษตรโดยตัดแปลงเป็นสมการ ดังนี้

$$Tc = Nc + Rc \quad (1)$$

โดยที่ Tc = รายได้ทั้งหมดจากการชดเชยตลอดช่วงการทำสัญญา (\$)

$$Nc = \text{รายได้จากการทำสัญญาคาร์บอนเครดิต} (\$)$$

โดยที่ $Nc = (Ia) - (Fi) \quad (2)$

$$Ia = (Ct) \times (CCX) \quad (3)$$

โดยที่ Ia = มูลค่าจากการซื้อขายคาร์บอนเครดิต (\$/ปี)

$$Ct = \text{ปริมาณคาร์บอนเครดิตที่ซื้อขาย (80\% ของ } Cs) \text{ (ตัน)}$$

โดยที่ Cs = ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในสวนเกษตร (ตัน)

CCX = ค่าเฉลี่ยราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิตในตลาด CCX (4 \$/ตันคาร์บอน)

$$Fi = \text{ค่าธรรมเนียมในการทำสัญญา} (\$) \quad (4)$$

โดยที่ $Fi = (Fi, a + Fi, v + Fi, c)$

Fi, a = ค่าธรรมเนียมในการทำสัญญากับตัวแทน (10% ของมูลค่า Ia) (\$)

$$Fi, v = \text{ค่าธรรมเนียมในการตรวจสอบสัญญา} (0.15 \text{ $/ตัน ของ } Ct) (\$)$$

โดยที่ Fi, c = ค่าธรรมเนียมในการซื้อขายกับตลาด CCX

$$(0.2 \text{ $/ตัน ของ } Ct) (\$)$$

Rc = รายได้จากการชดเชยจากปริมาณคาร์บอน

เครดิตสำรองหลังสิ้นสุดสัญญา (\$)

โดยที่ $Rc = (Ir) - (Fj) \quad (5)$

Ir = มูลค่าการชดเชยจากปริมาณคาร์บอนเครดิตสำรอง (\$)

โดยที่ $Ir = (Cr) \times (CCX) \quad (6)$

Cr = ปริมาณคาร์บอนเครดิตสำรอง (20% ของ Cs) (ตัน)

CCX = ค่าเฉลี่ยราคาซื้อขายคาร์บอนเครดิตในตลาด CCX (4 \$/ตันคาร์บอน)

Fj = ค่าธรรมเนียมในการทำสัญญา (\$)

โดยที่ $Fj = (Fj, a + Fj, v + Fj, c) \quad (7)$

Fj, a = ค่าธรรมเนียมในการทำสัญญากับตัวแทน (10% ของมูลค่า Ir) (\$)

Fj, v = ค่าธรรมเนียมในการตรวจสอบสัญญา (0.15 \$/ตัน ของ Cr) (\$)

Fj, c = ค่าธรรมเนียมในการซื้อขายกับตลาด CCX (0.2 \$/ตัน ของ Cr) (\$)

ผลการศึกษา

1. สังคมพืชในระบบวนเกษตร

สังคมพืชป่าไม้ดั้งเดิมในท้องที่ตำบลแม่พลและตำบลผายหลวง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นสังคมพืชป่าดิบแล้งพื้นที่วนเกษตรเป็นการปลูกไม้ผลแทรกเข้าไปภายใต้ร่มเงาของต้นไม้ป่าจึงก่อให้เกิดระบบวนเกษตรที่มีไม้ผลเป็นพืชหลักแต่ในปัจจุบันบางพื้นที่ได้มีการตัดสางพันธุ์ไม้ป่าออกเป็นจำนวนมากและเหลือพันธุ์ไม้ป่าขึ้นอยู่ประปรายระบบวนเกษตรสวนผลไม้ในพื้นที่ทำการวิจัยส่วนใหญ่ประกอบด้วย ต้นกลางสาตและลองกองซึ่งเป็นผลไม้หลักเนื่องจากพื้นที่ปลูกมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นกลางสาตและต้นลองกองแต่ทุเรียนขึ้นได้ไม่ดีในปัจจุบันความต้องการซื้อลองกองมีมากกว่ากลางสาตเกษตรกรส่วนใหญ่จึงได้ตัดต้นกลางสาตทิ้งแล้วนำยอดลองกองมาเสียบยอดแทน จากการวางแผนสุ่มตัวอย่าง 10 แปลงในระบบวนเกษตรพบว่ามีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้พื้นแปรรหว่าง 10-35 ชนิดต่อไร่ โดยมีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 74 ชนิดพันธุ์ (ใน 69 สกุล 33 วงศ์) ดังแสดงใน Table 1 พันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุดได้แก่ วงศ์ลองกอง (Meliaceae) (6 ชนิด) รองลงมาได้แก่ วงศ์ มะม่วง (Anacardiaceae) 5 ชนิดวงศ์แคฝอย (Bignoniaceae) 5 ชนิดวงศ์เหมือดหลาง (Euphorbiaceae) (5 ชนิด) และวงศ์ตีนนก (Lamiaceae) (5 ชนิด) ความหนาแน่นของต้นกลางสาตมีความ

ผืนป่าระหว่าง 1-78 ต้นต่อไร่ ความหนาแน่นของต้นลองกอง มีความผืนป่าระหว่าง 1-57 ต้นต่อไร่ สำหรับความ หนาแน่น ของไม้ผลทั้งหมดมีความผืนป่าระหว่าง 48-88 ต้นต่อไร่และ พันธุ์ไม้ป่ามีความหนาแน่นผืนป่าระหว่าง 8-67 ต้นต่อไร่

พันธุ์ไม้เรือนยอดเด่นที่พบคือ ตะคร้ำ ประดู่ เก็ดดำและสมอ พืชมีความสูงประมาณ 38 เมตร ไม้เรือนยอดรอง ประกอบด้วย มะค่าโมง ขางหัวหมู และคอแลน โดยมีความสูงประมาณ 35 เมตร ส่วนพันธุ์ไม้อื่นๆ ที่เหลือมีความสูงต่ำกว่า 35 เมตร

Table 1 Plant name list in agroforestry, Lablare district, Uttaradit Province

No	Family	Common name/Thai name	Scientific name
1	MELIACEAE	Longkong	<i>Lansium domesticum</i> Corr.
2		Langsat	<i>Aglaia domesticum</i> Pelleg.
3		Siamese Neem Tree	<i>Azadirachta indica</i> A.Juss var. <i>siamensis</i> Valetton
4		Santol	<i>Sandoricum koetjape</i> (Burm.f.) Merr.
5		Almond-wood	<i>Chukrasia tabularis</i> A. Juss.
6		Ma Aa	<i>Aphanamixis polystachya</i> (Wall.) R.Parker
7	BOMBACACEAE	Durian	<i>Durio zibethinus</i> Merr.
8	EUPHORBIACEAE	Rambeh Bambi	<i>Baccaurea ramiflora</i> Lour.
9		Pak-wan Tree	<i>Melientha suavis</i> Pierre
10		Indian gooseberry	<i>Phyllanthus emblica</i> L.
11		Hmurd Worn	<i>Aporosa wallichii</i> Hook.f.
12		Hmurd Rong	<i>Aporosa villosa</i> (Wall. ex Lindl.) Baill.
13	ANACARDIACEAE	Wodier tree	<i>Lannea coromandelica</i> (Houtt.) Merr.
14		Mango	<i>Mangifera indica</i> L.
15		Marian Plum	<i>Bouea macrophylla</i> Griff.
16		Lord Kwai	<i>Knema erratica</i> (Hook.f & Thomson) Warb.
17		Maprang	<i>Bouea burmanica</i> Giff.
18	SIMAROUBACEAE	Kom Khom	<i>Picrasma javanica</i> Blume
19	SONNERATIACEAE	Cork Tree	<i>Sonneratia caseolaris</i> (L.) Engl.
20	ANNONACEAE	Kang Hua Mua	<i>Milium velutina</i> (Dunal) Hook.f. & Thomson
21		Yang On	<i>Polyalthia viridis</i> Craib
22	CELASTRACEAE	Ivru wood	<i>Siphonodon celastrineus</i> Griff.
23	APOCYNACEAE	Jackfruit Tree	<i>Artocarpus heterophyllus</i> L.
24		White champaka	<i>Tabernaemontana pauciflora</i> Blume
25	BIGNONIACEAE	Broken bones tree	<i>Oraxylum indicum</i> (L.) Kurz
26		Care Hang Kang	<i>Markhamia stipulata</i> Seem. var. <i>stipulata</i>
27		Care Sai	<i>Stereospermum neuranthum</i> Kurz
28		Care Fui	<i>Stereospermum cylindricum</i> Pierre ex Dop.
29		Care Kun	<i>Fernandoa adenophylla</i> (Wall. ex G.Don) Steenis
30	BURSERACEAE	Tha Kum	<i>Garuga pinnata</i> Roxb.
31		Sunrose Willow	<i>Canarium subulatum</i> Guillaumin
32		Ma Fan	<i>Protium serratum</i> Engl.
33	COMBRETACEAE	Han	<i>Terminalia glaucifolia</i> Craib
34		Beleric Myrobalan	<i>Terminalia bellirica</i> (Gaertn.) Roxb.
35		Ramontchi	<i>Flacourtia jangomas</i> (Lour.) Rausch
36	DIPTEROCARPACEAE	Indian oak	<i>Barringtonia acutangula</i> (L.) Gartn.

Table 1 Plant name list in agroforestry, Lablare district, Uttaradit Province (Continue)

No	Family	Common name/Thai name	Scientific name
37	ELAEOCARPACEAE	Ma Mun Dang	<i>Elaeocarpus sphaericus</i> (Gaertn.) K.Schum.
38		Ma Mun Rang	<i>Elaeocarpus lanceifolius</i> Roxb.
39	GUTTIFERAE	Mangosteen	<i>Garcinia mangostana</i> L.
40		Tiew khao	<i>Cratoxylum formosum</i> subsp. <i>pruniflorum</i> (Kurz)
41		Tiew som	<i>Cratoxylum formosum</i> (Jack) Dyer
42		Cowa	<i>Garcinia nigrolineata</i> Planch. ex T.Anderson
43	LAMIACEAE	Ka Sam Peak	<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer
44		Wild tea	<i>Callicarpa arborea</i> Roxb.
45		Teak	<i>Tectona grandis</i> L.
46		Null	<i>Premna tomentosa</i> Willd.
47		Milla	<i>Vitex pinnata</i> Linn.
48	LAURACEAE	Mee Men	<i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C.B.Rob.
49	LEGUMINOSAE	Catechu tree	<i>Acacia catechu</i> (L.f.) Willd.
50	LEGUMINOSAE-	Makha Tree	<i>Azelia xylocarpa</i> (Kurz) Craib
51	CAESALPINIOIDEAE	Pudding Pine	<i>Cassia fistula</i> L.
52	LEGUMINOSAE-	Ceylon Rose Wood	<i>Albizia odoratissima</i> (L.f.) Benth.
53	MIMOSOIDEAE	Iron wood	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) Taub. var. <i>xylocarpa</i>
54	LEGUMINOSAE-	Ket Dum	<i>Dalbergia assamica</i> Benth.
55	PAPILIONOIDEAE	Burmese Rosewood	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz
56		Phee Pong	<i>Dalbergia cana</i> Grah. ex Kurz
57		Red sandalwood tree	<i>Adenanthera pavonina</i> L.
58	LYTHRACEAE	Bungor	<i>Lagerstroemia dupeireana</i> Pierre ex Gagnep.
59		Sa Lao	<i>Lagerstroemia loudonii</i> Teijsm&Binm.
60	MORACEAE	Jackfruit Tree	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.
61		Siamese rough bush	<i>Streblus asper</i> Lour.
62		Monkey Jack	<i>Artocarpus lacucha</i> Roxb.
63	PALMAE	Betel nut	<i>Areca catechu</i> L.
64	RUBIACEAE	Robusta Coffee	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A.Froehner
65		Tum Khaw	<i>Haldina cordifolia</i> (Roxb.) Ridsdale
66		Ma Khet	<i>Catunaregam tomentosa</i> (Blume ex DC.) Tirveng
67	RUTACEAE	Bael	<i>Aegle marmelos</i> (L.) Correa ex Roxb.
68		Common Fig	<i>Ficus</i> sp.
69		Porcupine Orange	<i>Citrus hystrix</i> DC.
70		Sa muth	<i>Clausena excavata</i> Burm.f.
71	SAPINDACEAE	Korlan	<i>Nephelium hypoleucum</i> Kurz.
72	SAPINDACEAE	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i> L.
73	THEACEAE	Tea	<i>Camellia sinensis</i> (L.) Kuntze
74		Mai Lai	<i>Mierocos tomentosa</i> Smith.

2. ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในระบบวนเกษตร

องค์ประกอบส่วนใหญ่ของเนื้อเยื่อพืชจะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 50 ของมวลชีวภาพ แต่จะมีความผันแปรแตกต่างกันไปบ้างตามชนิดของพันธุ์ไม้และอวัยวะหรือเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของพืชความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุคาร์บอนในเนื้อเยื่อพืชส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และราก มีความเข้มข้นร้อยละ 49.9, 48.7, 48.3 และ 48.12 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการศึกษาจากพรรณไม้ในป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้งที่จังหวัดชัยภูมิ โดย Tsutsumi *et al.* (1983) จากการคำนวณปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพของพืชในแปลงสุ่มตัวอย่าง 8 แปลง พบว่าต้นลองกองและต้นนางเล็งมีปริมาณการสะสมคาร์บอนเฉลี่ย เท่ากับ 559.65 กิโลกรัมต่อไร่และ 570.98 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ Table 2 ปริมาณมวลชีวภาพไม้ผลทั้งหมดเฉลี่ย 2,512.63 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 15.71 ตันต่อเฮกตาร์ โดยปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพมากที่สุดคือ ลางสาด 807.70 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ลองกอง 520.78 กิโลกรัมต่อไร่ ขนุน 392.31 กิโลกรัมต่อไร่ ทูเรียน 377.42 กิโลกรัมต่อไร่ กระทอน 242.20 กิโลกรัมต่อไร่ มะไฟ 111.39 กิโลกรัมต่อไร่ มะกูด 29.11 กิโลกรัมต่อไร่ มะปราง 13.69 กิโลกรัมต่อไร่ มังคุด 9.01 กิโลกรัมต่อไร่ กาแฟโรบัสต้า 7.06 กิโลกรัมต่อไร่ มะยงชิด 2.71 กิโลกรัมต่อไร่ มะม่วง 2.08 กิโลกรัมต่อไร่และเงาะ 0.16 กิโลกรัมต่อไร่ Table 2 ตามลำดับปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ป่า จากแปลงสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 8 แปลง มีค่าเฉลี่ย 1,090,531.62 กิโลกรัมต่อไร่หรือ 6,815.82 ตันต่อไร่ โดยปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพมากที่สุดคือ คอแลน 111,021.08 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ จำปีเตื่อยไก่อ่ 56,843.95 กิโลกรัมต่อไร่ มะค่าโมง 55,158.82 กิโลกรัมต่อไร่ สมอพิเภก 86,482.37 กิโลกรัมต่อไร่ ตะคร้ำ 84,277.26 กิโลกรัมต่อไร่ ตีนนก 44,067.08 กิโลกรัมต่อไร่ มะมุ่นแดง 42,759.81 กิโลกรัมต่อไร่ กาสามปีก 40,708.80 กิโลกรัมต่อไร่ ค่างหัวหมู 38,120.11 กิโลกรัมต่อไร่ เกิดดำ 30,979.92 กิโลกรัมต่อไร่ และ พันธุ์ไม้ป่าอื่น Table 3

3. การประเมินรายได้จากการชดเชยคาร์บอน

จากการศึกษาการประเมินรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในระบบวนเกษตรต่อพื้นที่ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์แบบตลาดคาร์บอนแบบภาคสมัครใจ (Voluntary carbon market) มีมูลค่า 39.6398 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 2,946.93 บาทต่อเฮกตาร์ (209.30 บาทต่อไร่) โดยพบว่าปริมาณการประเมินรายได้จากการชดเชยคาร์บอนของไม้

ผลในระบบวนเกษตรสวนผลไม้ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์มากที่สุดคือ ลางสาด มีมูลค่า 89.3010 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 2,946.93 บาทต่อเฮกตาร์ (471.51 บาทต่อไร่) รองลงมาได้แก่ ลองกอง มีมูลค่า 37.002 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 1,221.01 บาทต่อเฮกตาร์ (195.36 บาทต่อไร่) ขนุน มีมูลค่า 20.7848 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 685.90 บาทต่อเฮกตาร์ (109.74 บาทต่อไร่) ทูเรียน มีมูลค่า 19.2058 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 633.79 บาทต่อเฮกตาร์ (101.41 บาทต่อไร่) กระทอน มีมูลค่า 7.7197 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 254.75 บาทต่อเฮกตาร์ (40.76 บาทต่อไร่) มะไฟ มีมูลค่า 1.5013 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 49.54 บาทต่อเฮกตาร์ (7.93 บาทต่อไร่) และ มะกูดมีมูลค่า 0.0555 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 1.83 บาทต่อเฮกตาร์ (0.29 บาทต่อไร่) ตามลำดับและพบว่า มะปราง มังคุด กาแฟโรบัสต้า มะยงชิด เงาะ และมะม่วง การสะสมปริมาณคาร์บอนมีปริมาณน้อยและไม่คุ้มทุนในการดำเนินการเข้าสู่ระบบการชดเชยคาร์บอนในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล ปริมาณการประเมินรายได้จากการชดเชยคาร์บอนของไม้ป่าในระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ มากที่สุดคือ คอแลน มีมูลค่า 699.8642 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 23,095.52 บาทต่อเฮกตาร์ (3,695.28 บาทต่อไร่) รองลงมาคือ สมอพิเภก มีมูลค่า 435.0438 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 14,356.45 บาทต่อเฮกตาร์ (2,297.03 บาทต่อไร่) ตะคร้ำ มีมูลค่า 412.4441 เหรียญสหรัฐต่อเฮกตาร์ หรือ 13,610.66 บาทต่อเฮกตาร์ (2,177.70 บาทต่อไร่) และชนิดพันธุ์อื่น ดังแสดง Table 4

วิจารณ์และสรุปผล

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินการกักเก็บคาร์บอนและรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ สามารถวิจารณ์ออกเป็น 3 ประเด็นดังนี้

1. สังคมพืชในระบบวนเกษตร

ระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ทำการศึกษามีต้นนางเล็งและต้นลองกองเป็นพืชหลักโดยมีพันธุ์ไม้เป็นไม้ที่ให้ร่มเงา ซึ่งในระบบวนเกษตรสวนผลไม้ที่พบว่ามีต้นนางเล็งมีอายุค่อนข้างมากและต้นไม้ที่ให้ร่มเงาส่วนใหญ่จะเหลือเฉพาะต้นที่มีขนาดใหญ่และมีจำนวนไม่มาก ส่วนต้นที่มีขนาดเล็กและขนาดกลางนั้นเจ้าของสวนได้ตัดลงและนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น ก่อสร้างบ้าน ทำถ่าน สำหรับการ ทำอาหาร เป็นต้น ส่วนในระบบวนเกษตรสวนผลไม้ที่มีต้นลองกองขึ้นอยู่นั้นเป็นสวนที่อายุน้อยกว่าสวนนางเล็งและสร้างขึ้นใหม่ ซึ่งเกิดจากการตัดลำต้นของต้นนางเล็งและทำการเสียบยอดของต้นลองกองลงไปแทนจึงเป็นผลทำให้

ระบบวนเกษตรทั้งสองมีความคล้ายคลึงกันเกี่ยวกับความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ พื้นที่หน้าตัดลำต้นรวมของสังคมพืช (Stem basal area) โดยพบว่าในระบบวนเกษตรสวนผลไม้มีต้นกลางсадนั้นมีความมากกว่าระบบวนเกษตรสวนผลไม้ลองกองขึ้นอยู่

2. ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในระบบวนเกษตร

ในระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ มีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้และความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ค่อนข้างต่ำแต่มีการพัฒนาของชั้นดินลึกปานกลาง (1.20 เมตร) การกักเก็บคาร์บอนในระบบวนเกษตรสวนผลไม้ส่วนใหญ่จึงถูกกักเก็บไว้ในดินมากกว่าในส่วนของพืช เนื่องจากปริมาณความหนาแน่นของพืชมีน้อยในพื้นที่ ระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ มีการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 354.32 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์แยกเป็นกักเก็บในมวลชีวภาพของพืช 15.71 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ (4.5 เปอร์เซ็นต์) และกักเก็บในดิน 338.61 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ (95.5 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับ อานนท์(2557) พบว่า ระบบนิเวศวนเกษตรสวนเมี่ยงพื้นที่หมู่บ้านปางน้ำถู (หมู่ที่ 1) ตำบลป่าเมี่ยง อำเภอ

ดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 220.72 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ แยกเป็นกักเก็บในมวลชีวภาพของพืช 81.39 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ (36.87 เปอร์เซ็นต์) และกักเก็บในดิน 139.33 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ (63.13 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติ สุทรและคณะ, (2551) ศึกษาศักยภาพและความผันแปรเกี่ยวกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้ชนิดต่างๆ บริเวณดอยอินทนนท์ พบว่าป่าดิบเขาต่ำ ป่าดิบเขากลางและป่าดิบเขาสูง มีการกักเก็บปริมาณคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 202.2, 419.1 และ 636.7 เมกกะกรัมต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ระบบวนเกษตรสวนผลไม้ในพื้นที่ป่าดิบเขามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใกล้เคียงกับป่าดิบเขาต่ำ แต่น้อยกว่าป่าดิบเขากลางและป่าดิบเขาสูง โดยพื้นที่วนเกษตรที่ปล่อยให้กร้างไปเป็นเวลานานจะมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างไม้ยืนต้นโดยมีแนวโน้มใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติทั้งนี้เป็นผลมาจากสภาพพื้นที่ป่าเมี่ยงที่ถูกทิ้งร้างจะมีการเจริญเติบโตของต้นกล้าไม้ยืนต้นหลายๆชนิดโดยแหล่งของไม้ยืนต้นอาจมาจากเมล็ดการสะสมอยู่ดิน (Soil seed bank) (Dalling and Denslow 1998) หรือจากเมล็ดที่ถูกแพร่กระจายมาจากพื้นที่ใกล้เคียง (Wunderle, 1998)

Table 2 Above ground biomass carbon stock of fruit tree in agroforestry, Lablare district, Uttaradit Province

No	Common name/Thai name	Above ground biomass carbon stock (kg)						
		Stem	Branch	Leaves	Root	Total	Average kg rai ⁻¹	Average Ton ha ⁻¹
1	Langsat	3,974.69	1,295.09	199.05	968.79	6,437.62	804.70	5.03
2	Longkong	2,750.54	603.73	111.67	700.31	4,166.26	520.78	3.25
3	Jackfruit Tree	1,825.00	603.58	106.32	603.56	3,138.46	392.31	2.45
4	Durian	2,002.09	595.33	48.89	373.04	3,019.36	377.42	2.36
5	Santol	618.36	221.70	17.10	1,080.48	1,937.64	242.20	1.51
6	Rambeh Bambi	550.08	158.36	23.30	159.41	891.15	111.39	0.70
7	Porcupine Orange	128.84	47.78	7.35	48.89	232.86	29.11	0.18
8	Marian Plum	69.42	17.16	3.98	19.00	109.55	13.69	0.09
9	Mangos teen	44.01	13.69	2.47	11.88	72.05	9.01	0.06
10	Robusta Coffee	19.17	4.44	1.05	31.81	56.46	7.06	0.04
11	Maprang	11.21	2.97	0.61	6.88	21.67	2.71	0.02
12	Mango	10.03	3.24	0.47	2.91	16.66	2.08	0.01
13	Rambutan	0.61	0.38	0.06	0.22	1.28	0.16	0.01
Total		12,004.06	3,567.46	522.32	4,007.17	20,101.01	2,512.63	15.71

Table 3 Above ground biomass carbon stock of forest tree in agroforestry, Lablare district, Uttaradit Province

NO	Common name/Thai name	Above ground biomass carbon stock (kg)					Average	
		Stem	Branch	Leaves	Root	Total	kg rai ⁻¹	Ton ha ⁻¹
1	Korlan	599,553.49	182,828.57	10,729.36	95,057.21	888,168.63	111,021.08	693.88
2	White champaka	291,499.83	116,154.86	3,725.38	43,371.52	454,751.59	56,843.95	355.27
3	Makha Tree	296,015.78	02,367.40	4,368.74	38,518.62	441,270.53	55,158.82	344.74
4	Beleric Myrobalan	238,377.79	89,181.88	3,388.25	360,911.07	691,858.98	86,482.37	540.51
5	Tha Kum	245,368.28	88,267.78	3,148.19	337,433.80	674,218.05	84,277.26	526.73
6	Milla	238,410.72	64,435.46	5,254.07	44,436.41	352,536.67	44,067.08	275.42
7	Ma Mun Dang	221,157.30	78,512.68	3,837.44	38,571.07	342,078.48	42,759.81	267.25
8	Ka Sam Peak	210,486.68	64,535.78	3,917.61	46,730.29	325,670.37	40,708.80	254.43
9	Kang Hua Mua	200,154.89	69,405.78	2,903.80	32,496.40	304,960.86	38,120.11	238.25
10	Ket Dum	160,287.78	60,339.30	2,573.91	24,638.40	247,839.39	30,979.92	193.62
11	Burmese Rosewood	155,959.46	48,991.23	880.51	24,498.37	230,329.56	28,791.20	179.94
12	Teak	155,445.99	46,524.57	2,747.30	23,541.75	228,259.61	28,532.45	178.33
13	Null	146,994.42	50,286.65	2,326.61	19,366.38	218,974.05	27,371.76	171.07
14	Ceylon Rose Wood	134,779.90	41,161.24	2,184.61	26,712.37	204,838.12	25,604.77	160.03
15	Bungor	109,092.88	31,420.27	3,193.60	21,999.98	165,706.72	20,713.34	129.46
16	Sa Lao	100,188.22	33,045.39	2,727.50	19,650.76	155,611.87	19,451.48	121.57
17	Red sandalwood tree	105,323.93	30,360.07	2,372.50	17,153.82	155,210.31	19,401.29	121.26
18	Kom Khom	90,467.70	29,128.44	2,094.77	12,757.09	134,448.01	16,806.00	105.04
19	Cork Tree	84,891.38	28,557.68	1,375.10	12,919.74	127,743.90	15,967.99	99.80
20	Indian oak	74,252.20	19,585.68	1,713.20	14,410.98	109,962.06	13,745.26	85.91
21	Wodier tree	65,422.89	23,164.16	1,609.84	11,794.21	101,991.10	12,748.89	79.68
22	Care Fui	63,234.78	20,418.45	1,163.55	10,465.62	95,282.39	11,910.30	74.44
23	Sunrose Willow	56,238.30	18,952.58	1,067.91	9,565.29	85,824.08	10,728.01	67.05
24	Tiew som	50,626.05	17,543.20	1,105.59	8,630.80	77,905.64	9,738.20	60.86
25	Ma Aa	45,420.48	12,456.49	1,100.27	8,582.68	67,559.92	8,444.99	52.78
26	Ma Fan	45,168.48	12,196.92	1,067.43	8,207.35	66,640.17	8,330.02	52.06
27	Care Kun	44,869.08	12,062.50	1,066.46	7,973.00	65,971.05	8,246.38	51.54
28	Cowa	44,442.94	11,721.60	1,017.68	7,731.92	64,914.14	8,114.27	50.71
29	Ma Khet	44,413.50	11,598.88	1,063.08	7,704.01	64,779.47	8,097.43	50.61
30	Pudding Pine	44,169.98	11,403.11	974.69	7,704.97	64,252.76	8,031.59	50.20
31	Care Hang Kang	43,943.94	10,465.14	972.76	7,540.40	62,922.25	7,865.28	49.16
32	Mee Men	43,871.58	9,982.53	973.25	7,239.65	62,067.01	7,758.38	48.49
33	Lord Kwai	43,710.40	9,796.49	974.69	7,441.76	61,923.35	7,740.42	48.38
34	Siamese Neem Tree	38,655.04	8,939.37	900.31	7,103.96	55,598.67	6,949.83	43.44
35	Almond-wood	37,457.44	7,208.09	892.10	6,533.73	52,091.36	6,511.42	40.70
36	Mai Lai	37,209.93	7,241.20	838.49	5,807.60	51,097.22	6,387.15	39.92
37	Indian gooseberry	35,197.46	6,801.44	776.66	5,748.42	48,523.99	6,065.50	37.91
38	Por Dang	35,147.56	6,378.73	729.33	5,807.60	48,063.22	6,007.90	37.55
39	Tum Khaw	34,695.47	6,281.33	688.28	5,686.82	47,351.89	5,918.99	36.99

Table 3 Above ground biomass carbon stock of forest tree in agroforestry, Lablare district, Uttaradit Province (Continue)

No	Common name/ Thai name	Above ground biomass carbon stock					Average	
		Stem	Branch	Leaves	Root	Total	kg rai ⁻¹	Ton ha ⁻¹
40	Han	31,990.89	5,875.66	681.03	5,230.16	43,777.74	5,472.22	34.20
41	Wild tea	31,875.12	5,850.82	677.17	4,877.44	43,280.55	5,410.07	33.81
42	Hmurd Rong	31,697.98	5,569.33	670.89	4,733.08	42,671.28	5,333.91	33.34
43	Tiew khao	31,478.42	5,504.07	629.35	4,603.64	42,215.48	5,276.94	32.98
44	Ivru wood	31,471.43	5,029.74	598.44	4,572.36	41,671.97	5,209.00	32.56
45	Betel nut	31,368.64	4,936.23	582.02	4,528.09	41,414.98	5,176.87	32.36
46	Bael	31,293.29	4,921.14	569.94	4,480.93	41,265.30	5,158.16	32.24
47	Ramontchi	31,193.49	4,790.13	542.41	4,474.20	41,000.23	5,125.03	32.03
48	Phee Pong	30,632.11	4,757.50	532.27	4,388.06	40,309.94	5,038.74	31.49
49	Catechu tree	28,850.18	4,743.87	530.33	4,335.13	38,459.52	4,807.44	30.05
50	Iron wood	27,413.06	4,645.49	525.99	4,313.96	36,898.50	4,612.31	28.83
51	Sa muth	27,151.59	4,523.26	501.84	4,267.76	36,444.44	4,555.56	28.47
52	Monkey Jack	26,795.30	4,399.07	493.14	4,219.64	35,907.16	4,488.39	28.05
53	Broken bones tree	26,845.20	4,356.70	491.69	4,161.90	35,855.50	4,481.94	28.01
54	Care Sai	25,952.99	4,142.91	489.28	4,008.88	34,594.06	4,324.26	27.03
55	Yang On	24,419.06	4,106.38	485.90	3,967.49	32,978.84	4,122.36	25.76
56	Common Fig	24,353.70	3,943.73	487.35	3,901.57	32,686.34	4,085.79	25.54
57	Ma Mun Rang	23,897.61	3,900.87	477.20	3,852.97	32,128.65	4,016.08	25.10
58	Kom Khom	23,470.96	3,670.03	474.31	3,811.10	31,426.41	3,928.30	24.55
59	Tea	232,440.19	3,609.64	474.79	3,609.48	240,134.10	30,016.76	187.60
60	Siamese rough bush	22,971.96	3,601.37	393.16	3,576.76	30,543.25	3,817.91	23.86
61	Pak-wan Tree	22,173.56	3,414.84	380.60	3,422.29	29,391.31	3,673.91	22.96
	Total	5,532,340.65	1,599,995.64	96,133.91	1,495,782.77	8,724,252.97	1,090,531.62	6,815.82

Table 4 Assessment Potential Income of the Carbon Offset of fruit tree in agroforestry, Lablare district, Uttaradit Province

Common name/Thai name	Cs (Ton)	Ct (Ton)	CCX T C	Ia (\$/year)	Fi (\$)	Fi, a (\$)	Fi, v (\$)	Fi, c (\$)	Cr T	Ir (\$)	Fj, a (\$)	Fj, v (\$)	Fj, c (\$)	Fj (\$)	Rc (\$)	Nc (\$)	Tc (\$)	Tc (Bhat)
Langsat	5.0294	4.0235	20.1176	80.9433	9.5026	8.0943	0.6035	0.8047	1.0059	20.2358	2.02358	0.1509	0.2012	2.3756	17.8602	71.4408	89.3010	2,946.93
Longkong	3.2549	2.6039	13.0195	33.9017	4.3015	3.3902	0.3906	0.5208	0.6510	8.4754	0.84754	0.0976	0.1302	1.0754	7.4000	29.6002	37.0002	1,221.01
Jackfruit Tree	2.4519	1.9615	9.8077	19.2382	2.6104	1.9238	0.2942	0.3923	0.4904	4.8095	0.48095	0.0736	0.0981	0.6526	4.1570	16.6278	20.7848	685.90
Durian	2.3589	1.8871	9.4355	17.8057	2.4411	1.7806	0.2831	0.3774	0.4718	4.4514	0.44514	0.0708	0.0944	0.6103	3.8412	15.3646	19.2058	633.79
Santol	1.5138	1.2110	6.0551	7.3329	1.1571	0.7333	0.1817	0.2422	0.3028	1.8332	0.18332	0.0454	0.0606	0.2893	1.5439	6.1757	7.7197	254.75
Rambelh Bambi	0.6962	0.5570	2.7848	1.5511	0.3500	0.1551	0.0835	0.1114	0.1392	0.3878	0.03878	0.0209	0.0278	0.0875	0.3003	1.2010	1.5013	49.54
Porcupine Orange	0.1819	0.1455	0.7277	0.1059	0.0615	0.0106	0.0218	0.0291	0.0364	0.0265	0.00265	0.0055	0.0073	0.0154	0.0111	0.0444	0.0555	1.83
Marian Plum	0.0856	0.0685	0.3423	0.0234	0.0263	0.0023	0.0103	0.0137	0.0171	0.0059	0.00059	0.0026	0.0034	0.0066	-0.0007	-0.0029	-0.0036	(0.12)
Mangosteen	0.0563	0.0450	0.2252	0.0101	0.0168	0.0010	0.0068	0.0090	0.0113	0.0025	0.00025	0.0017	0.0023	0.0042	-0.0017	-0.0066	-0.0083	(0.27)
Robusta Coffee	0.0441	0.0353	0.1764	0.0062	0.0130	0.0006	0.0053	0.0071	0.0088	0.0016	0.00016	0.0013	0.0018	0.0032	-0.0017	-0.0067	-0.0084	(0.28)
Maprang	0.0169	0.0135	0.0677	0.0009	0.0048	0.0001	0.0020	0.0027	0.0034	0.0002	0.00002	0.0005	0.0007	0.0012	-0.0010	-0.0039	-0.0049	(0.16)
Mango	0.0130	0.0104	0.0521	0.0005	0.0037	0.0001	0.0016	0.0021	0.0026	0.0001	0.00001	0.0004	0.0005	0.0009	-0.0008	-0.0032	-0.0039	(0.13)
Rambutan	0.0100	0.0080	0.0400	0.0003	0.0028	0.0000	0.0012	0.0016	0.0020	0.0001	0.00001	0.0003	0.0004	0.0007	-0.0006	-0.0025	-0.0031	(0.10)

Table 5 Assessment Potential Income of the Carbon Offset of forest tree in agroforestry, Lablare district, Uttaradit Province

Common name/ Thai name	Cs (฿)	Ct (฿)	CCX T C	la (\$/year)	Fi (\$)	Fi, a (\$)	Fi, v (\$)	Fi, c (\$)	Cr T	Ir (\$)	Fj, a (\$)	Fj, v (\$)	Fj, c (\$)	Fj (\$)	Rc (\$)	Nc (\$)	Tc (\$)	Tc (Bhat)
Korlan	13.9917	11.1933	55.9667	626.4544	66.5631	62.6454	1.6790	2.2387	2.7983	156.6136	15.6614	0.4198	0.5597	16.6408	139.9728	559.8913	699.8642	23,095.52
White champaka	7.1686	5.7349	28.6743	164.4434	18.4515	16.4443	0.8602	1.1470	1.4337	41.1108	4.1111	0.2151	0.2867	4.6129	36.4980	145.9918	182.4898	6,022.16
Makha Tree	6.9504	5.5603	27.8017	154.5868	17.4048	15.4587	0.8341	1.1121	1.3901	38.6467	3.8647	0.2085	0.2780	4.3512	34.2955	137.1820	171.4775	5,658.76
Beleric Myrobalan	11.0417	8.8334	44.1668	390.1408	42.1058	39.0141	1.3250	1.7667	2.2083	97.5352	9.7535	0.3313	0.4417	10.5264	87.0088	348.0350	435.0438	14,356.45
Tha Kum	10.7524	8.6019	43.0094	369.9622	40.0069	36.9962	1.2903	1.7204	2.1505	92.4905	9.2491	0.3226	0.4301	10.0017	82.4888	329.9553	412.4441	13,610.66
Milla	5.5549	4.4439	22.2196	98.7425	11.4296	9.8742	0.6666	0.8888	1.1110	24.6856	2.4686	0.1666	0.2222	2.8574	21.8282	87.3128	109.1410	3,601.65
Ma Mun Dang	5.3930	4.3144	21.5720	93.0700	10.8170	9.3070	0.6472	0.8629	1.0786	23.2675	2.3267	0.1618	0.2157	2.7043	20.5632	82.2529	102.8161	3,392.93
Ka Sam Peak	5.1363	4.1090	20.5452	84.4211	9.8803	8.4421	0.6164	0.8218	1.0273	21.1053	2.1105	0.1541	0.2055	2.4701	18.6352	74.5408	93.1760	3,074.81
Kang Hua Mua	4.8062	3.8450	19.2249	73.9197	8.7377	7.3920	0.5767	0.7690	0.9612	18.4799	1.8480	0.1442	0.1922	2.1844	16.2955	65.1819	81.4774	2,688.76
Ket Dum	3.9066	3.1253	15.6264	48.8367	5.9775	4.8837	0.4688	0.6251	0.7813	12.2092	1.2209	0.1172	0.1563	1.4944	10.7148	42.8592	53.5739	1,767.94
Burmese Rosewood	3.6280	2.9024	14.5120	42.1198	5.2278	4.2120	0.4354	0.5805	0.7256	10.5300	1.0530	0.1088	0.1451	1.3070	9.2230	36.8920	46.1150	1,521.80
Teak	3.5952	2.8761	14.3807	41.3608	5.1427	4.1361	0.4314	0.5752	0.7190	10.3402	1.0340	0.1079	0.1438	1.2857	9.0545	36.2181	45.2726	1,493.99
Null	3.4491	2.7593	13.7963	38.0676	4.7725	3.8068	0.4139	0.5519	0.6898	9.5169	0.9517	0.1035	0.1380	1.1931	8.3238	33.2951	41.6189	1,373.42
Ceylon Rose Wood	3.2291	2.5833	12.9165	33.3672	4.2409	3.3367	0.3875	0.5167	0.6458	8.3418	0.8342	0.0969	0.1292	1.0602	7.2816	29.1263	36.4079	1,201.46
Bungor	2.6125	2.0900	10.4500	21.8403	2.9155	2.1840	0.3135	0.4180	0.5225	5.4601	0.5460	0.0784	0.1045	0.7289	4.7312	18.9248	23.6560	780.65
Sa Lao	2.4540	1.9632	9.8159	19.2704	2.6141	1.9270	0.2945	0.3926	0.4908	4.8176	0.4818	0.0736	0.0982	0.6535	4.1641	16.6562	20.8203	687.07
Red sandalwood tree	2.4450	1.9560	9.7802	19.1304	2.5977	1.9130	0.2934	0.3912	0.4890	4.7826	0.4783	0.0734	0.0978	0.6494	4.1332	16.5328	20.6660	681.98
Kom Khom	2.1179	1.6943	8.4715	14.3532	2.0283	1.4353	0.2541	0.3389	0.4236	3.5883	0.3588	0.0635	0.0847	0.5071	3.0812	12.3249	15.4061	508.40
Cork Tree	2.0127	1.6102	8.0510	12.9637	1.8599	1.2964	0.2415	0.3220	0.4025	3.2409	0.3241	0.0604	0.0805	0.4650	2.7759	11.1038	13.8797	458.03
Indian oak	1.7328	1.3863	6.9313	9.6086	1.4461	0.9609	0.2079	0.2773	0.3466	2.4022	0.2402	0.0520	0.0693	0.3615	2.0406	8.1626	10.2032	336.71
Wodier tree	1.6134	1.2907	6.4536	8.3299	1.2847	0.8330	0.1936	0.2581	0.3227	2.0825	0.2082	0.0484	0.0645	0.3212	1.7613	7.0451	8.8064	290.61
Care Fui	1.5063	1.2051	6.0253	7.2607	1.1478	0.7261	0.1808	0.2410	0.3013	1.8152	0.1815	0.0452	0.0603	0.2870	1.5282	6.1129	7.6411	252.16
Sunrose Willow	1.3571	1.0857	5.4284	5.8935	0.9693	0.5893	0.1629	0.2171	0.2714	1.4734	0.1473	0.0407	0.0543	0.2423	1.2310	4.9241	6.1551	203.12
Tiew som	1.2321	0.9856	4.9282	4.8575	0.8307	0.4857	0.1478	0.1971	0.2464	1.2144	0.1214	0.0370	0.0493	0.2077	1.0067	4.0267	5.0334	166.10
Ma Aa	1.0681	0.8545	4.2723	3.6506	0.6641	0.3651	0.1282	0.1709	0.2136	0.9126	0.0913	0.0320	0.0427	0.1660	0.7466	2.9865	3.7331	123.19
Ma Fan	1.0534	0.8427	4.2134	3.5506	0.6500	0.3551	0.1264	0.1685	0.2107	0.8876	0.0888	0.0316	0.0421	0.1625	0.7251	2.9006	3.6257	119.65

Table 5 Assessment Potential Income of the Carbon Offset of forest tree in agroforestry, Lablare district, Uttaradit Province (Continue)

Common name/ Thai name	Cs (ตัน)	Ct (ตัน)	CCX T C	Ia (\$/year)	Fi (\$)	Fi, a (\$)	Fi, v (\$)	Fi, c (\$)	Cr T	Ir (\$)	Fj, a (\$)	Fj, v (\$)	Fj, c (\$)	Fj (\$)	Rc (\$)	Nc (\$)	Tc (\$)	Tc (Bhat)
Care Kun	1.0427	0.8342	4.1708	3.4790	0.6399	0.3479	0.1251	0.1668	0.2085	0.8698	0.0870	0.0313	0.0417	0.1600	0.7098	2.8392	3.5490	117.12
Cowa	1.0258	0.8207	4.1034	3.3675	0.6240	0.3368	0.1231	0.1641	0.2052	0.8419	0.0842	0.0308	0.0410	0.1560	0.6859	2.7435	3.4294	113.17
Ma Khet	1.0237	0.8190	4.0948	3.3534	0.6220	0.3353	0.1228	0.1638	0.2047	0.8384	0.0838	0.0307	0.0409	0.1555	0.6829	2.7315	3.4143	112.67
Pudding Pine	1.0153	0.8123	4.0613	3.2989	0.6142	0.3299	0.1218	0.1625	0.2031	0.8247	0.0825	0.0305	0.0406	0.1535	0.6712	2.6847	3.3558	110.74
Care Hang Kang	0.9940	0.7952	3.9762	3.1620	0.5945	0.3162	0.1193	0.1590	0.1988	0.7905	0.0790	0.0298	0.0398	0.1486	0.6419	2.5674	3.2093	105.91
Mee Men	0.9803	0.7842	3.9212	3.0751	0.5820	0.3075	0.1176	0.1568	0.1961	0.7688	0.0769	0.0294	0.0392	0.1455	0.6233	2.4931	3.1164	102.84
Lord Kwai	0.8785	0.7028	3.5140	2.4696	0.4929	0.2470	0.1054	0.1406	0.1757	0.6174	0.0617	0.0264	0.0351	0.1232	0.4942	1.9767	2.4709	81.54
Siamese Neem Tree	0.8226	0.6581	3.2903	2.1653	0.4469	0.2165	0.0987	0.1316	0.1645	0.5413	0.0541	0.0247	0.0329	0.1117	0.4296	1.7184	2.1480	70.88
Almond-wood	0.8066	0.6453	3.2263	2.0819	0.4340	0.2082	0.0968	0.1291	0.1613	0.5205	0.0520	0.0242	0.0323	0.1085	0.4120	1.6478	2.0598	67.97
Indian gooseberry	0.7661	0.6129	3.0643	1.8779	0.4023	0.1878	0.0919	0.1226	0.1532	0.4695	0.0469	0.0230	0.0306	0.1006	0.3689	1.4756	1.8445	60.87
Por Dang	0.7587	0.6070	3.0348	1.8420	0.3966	0.1842	0.0910	0.1214	0.1517	0.4605	0.0460	0.0228	0.0303	0.0992	0.3613	1.4453	1.8067	59.62
Tum Khaw	0.7474	0.5979	2.9897	1.7877	0.3880	0.1788	0.0897	0.1196	0.1495	0.4469	0.0447	0.0224	0.0299	0.0970	0.3499	1.3996	1.7495	57.73
Han	0.6910	0.5528	2.7642	1.5281	0.3463	0.1528	0.0829	0.1106	0.1382	0.3820	0.0382	0.0207	0.0276	0.0866	0.2955	1.1818	1.4773	48.75
Wild tea	0.6830	0.5464	2.7322	1.4930	0.3406	0.1493	0.0820	0.1093	0.1366	0.3732	0.0373	0.0205	0.0273	0.0851	0.2881	1.1524	1.4405	47.54
Hmurd Rong	0.6733	0.5387	2.6933	1.4507	0.3336	0.1451	0.0808	0.1077	0.1347	0.3627	0.0363	0.0202	0.0269	0.0834	0.2793	1.1171	1.3964	46.08
Tiew khao	0.6661	0.5328	2.6642	1.4196	0.3285	0.1420	0.0799	0.1066	0.1332	0.3549	0.0355	0.0200	0.0266	0.0821	0.2728	1.0912	1.3639	45.01
Ivru wood	0.6573	0.5259	2.6293	1.3827	0.3223	0.1383	0.0789	0.1052	0.1315	0.3457	0.0346	0.0197	0.0263	0.0806	0.2651	1.0603	1.3254	43.74
Betel nut	0.6532	0.5226	2.6129	1.3655	0.3195	0.1365	0.0784	0.1045	0.1306	0.3414	0.0341	0.0196	0.0261	0.0799	0.2615	1.0460	1.3075	43.15
Bael	0.6509	0.5207	2.6034	1.3555	0.3178	0.1356	0.0781	0.1041	0.1302	0.3389	0.0339	0.0195	0.0260	0.0794	0.2594	1.0378	1.2972	42.81
Ramontchi	0.6466	0.5173	2.5865	1.3380	0.3149	0.1338	0.0776	0.1035	0.1293	0.3345	0.0335	0.0194	0.0259	0.0787	0.2558	1.0232	1.2790	42.21
Phee Pong	0.6358	0.5086	2.5430	1.2934	0.3074	0.1293	0.0763	0.1017	0.1272	0.3234	0.0323	0.0191	0.0254	0.0768	0.2465	0.9860	1.2326	40.67
Catechu tree	0.6068	0.4854	2.4270	1.1781	0.2877	0.1178	0.0728	0.0971	0.1214	0.2945	0.0295	0.0182	0.0243	0.0719	0.2226	0.8904	1.1130	36.73
Iron wood	0.5823	0.4658	2.3290	1.0849	0.2715	0.1085	0.0699	0.0932	0.1165	0.2712	0.0271	0.0175	0.0233	0.0679	0.2033	0.8134	1.0167	33.55
Sa muth	0.5751	0.4601	2.3003	1.0582	0.2668	0.1058	0.0690	0.0920	0.1150	0.2646	0.0265	0.0173	0.0230	0.0667	0.1978	0.7914	0.9892	32.64
Monkey Jack	0.5666	0.4533	2.2663	1.0272	0.2614	0.1027	0.0680	0.0907	0.1133	0.2568	0.0257	0.0170	0.0227	0.0653	0.1915	0.7658	0.9573	31.59
Broken bones tree	0.5657	0.4526	2.2628	1.0241	0.2608	0.1024	0.0679	0.0905	0.1131	0.2560	0.0256	0.0170	0.0226	0.0652	0.1908	0.7633	0.9541	31.49

Table 5 Assessment Potential Income of the Carbon Offset of forest tree in agroforestry, Lablare district, Uttaradit Province (Continue)

Common name/Thai name	Cs (฿k)	Ct (฿k)	CCX T C	Ia (\$/year)	Fi (\$)	Fi, a (\$)	Fi, v (\$)	Fi, c (\$)	Cr T	Ir (\$)	Fj,a (\$)	Fj,v (\$)	Fj,c (\$)	Fj (\$)	Rc (\$)	Nc (\$)	Tc (\$)	Tc (Bhat)
Care Sai	0.5458	0.4366	2.1832	0.9532	0.0953	0.0655	0.0873	0.1092	0.2383	0.0238	0.0164	0.0218	0.0620	0.1763	0.7051	0.8814	29.08	
Yang On	0.5205	0.4164	2.0818	0.8668	0.0867	0.0625	0.0833	0.1041	0.2167	0.0217	0.0156	0.0208	0.0581	0.1586	0.6344	0.7930	26.17	
Common Fig	0.5158	0.4126	2.0631	0.8513	0.0851	0.0619	0.0825	0.1032	0.2128	0.0213	0.0155	0.0206	0.0574	0.1554	0.6217	0.7772	25.65	
Ma Mun Rang	0.5070	0.4056	2.0280	0.8226	0.0823	0.0608	0.0811	0.1014	0.2056	0.0206	0.0152	0.0203	0.0561	0.1496	0.5983	0.7479	24.68	
Kom Khom	0.4959	0.3967	1.9836	0.7869	0.0787	0.0595	0.0793	0.0992	0.1967	0.0197	0.0149	0.0198	0.0544	0.1423	0.5694	0.7117	23.49	
Tea	3.7633	3.0107	15.0534	45.3208	4.5321	0.4516	0.6021	0.7527	11.3302	1.1330	0.1129	0.1505	1.3965	9.9338	39.7350	49.6688	1,639.07	
Siamese rough bush	0.4819	0.3855	1.9274	0.7430	0.0743	0.0578	0.0771	0.0964	0.1858	0.0186	0.0145	0.0193	0.0523	0.1334	0.5338	0.6672	22.02	
Pak-wan Tree	0.4637	0.3709	1.8546	0.6879	0.0688	0.0556	0.0742	0.0927	0.1720	0.0172	0.0139	0.0185	0.0497	0.1223	0.4893	0.6116	20.18	
Total	153.5085	122.8068	614.0342	2655.1756	308.5000	265.5176	18.4210	30.7017	663.7939	66.3794	4.6053	6.1403	77.1250	586.6689	2346.6757	2933.3446	96,800.37	
Average	2.0744	1.6596	8.2978	35.8808	4.1689	3.5881	0.2489	0.4149	8.9702	0.8970	0.0622	0.0830	1.0422	7.9280	31.7118	39.6398	1,308.11	

3. การประเมินรายได้จากการชดเชยคาร์บอน

จากการศึกษาการประเมินรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในระบบวนเกษตรต่อพื้นที่ อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์แบบตลาดคาร์บอนแบบภาคสมัครใจ (Voluntary carbon market) มีมูลค่า 39.6398 เหรียญสหรัฐต่อเฮกแตร์ หรือ 2,946.93 บาทต่อเฮกแตร์ (209.30 บาทต่อไร่) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับรายได้จากการชดเชยคาร์บอนในสวนยางพาราทั้ง 5 ช่วงเวลานั้น สามารถประเมินรายได้ อยู่ในช่วง 23.93-33.40 \$ต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ 127.87-178.42 บาทต่อไร่ต่อปี ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุของยางพารา โดยมีอัตราสูงสุดในช่วงอายุ 6-10 ปีและลดลงตั้งแต่ช่วงอายุ 11-15 ปี ตามอัตราการสะสมมวลชีวภาพในต้นยางพาราในระยะหลังเปิดกรีด ซึ่งจะเป็นช่วงเวลาที่เกษตรกรจะมีรายได้สูงสุดในช่วงเวลาของการทำสัญญาอย่างไรก็ตามการทำสัญญาเพื่อชดเชยคาร์บอนเครดิตในพื้นที่การเกษตรอาจมีความแตกต่างกันทั้งในส่วนของระยะเวลานั้นต่ำ วิธีคำนวณค่าธรรมเนียมและรายได้จากการชดเชยคาร์บอน อาทิเช่น บางองค์กรอาจไม่คำนวณค่าธรรมเนียมสำหรับการตรวจสอบการทำสัญญา (verification fee) หรือไม่มีค่าธรรมเนียมของสัญญา ในส่วนคาร์บอนเครดิตสำรอง 20% (Farlee and Stelzer, 2008) ขณะที่บางองค์กรใช้วิธีชดเชยในส่วนของคาร์บอนเครดิตสำรอง 20% ให้สูงขึ้น (Current *et al.*, 2010) รวมถึงราคาอ้างอิงตามตลาดคาร์บอนของแต่ละองค์กรอาจกำหนดค่าเฉลี่ยแตกต่างกันหรืออาจต่ำกว่า 4 \$ ต่อตัน เป็นต้น จึงมีผลให้รายได้รวมจากการชดเชยคาร์บอนแตกต่างกันได้ซึ่งการศึกษานี้ ได้คิดค่าธรรมเนียมทั้ง 3 รายการ จากทั้งสองส่วนของรายได้ ทำให้สามารถประเมินรายได้สุทธิ เท่ากับ 573.39 \$ต่อเฮกแตร์ หรือ 3,063.27 บาทต่อไร่ และหากประเมินจากค่าเฉลี่ยการถือครองพื้นที่สวนยางพาราต่อครัวเรือน ในประเทศไทยประมาณ 10 ไร่ต่อครัวเรือน (Somboonsuke *et al.*, 2002) ฉะนั้นเกณฑ์เฉลี่ยที่เกษตรกรส่วนใหญ่จะได้รับการชดเชยตลอดช่วงอายุยางพารา คือ 30,632.70 บาทต่อครัวเรือนขณะที่การประเมินคาร์บอนเครดิตในสวนป่า 1,000 ไร่ ช่วงอายุ 30 ปี ของต้นยูคาลิปตัส (2x 2 ม.) จะมีกำไรประมาณ 2,497 บาทต่อตันคาร์บอน (นาฏสุตา ภูมิจำนงค์, 2547)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือพร้อมทั้งคอยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยมาโดย

ตลอด ขอขอบคุณผู้นำชุมชนแต่ละชุมชนที่ให้ข้อมูลพร้อมทั้งอำนวยความสะดวกในการลงพื้นที่วิจัยด้วยดีตลอดมา สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2559 และขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมผู้ช่วยวิจัยในการลงพื้นที่สำรวจ เก็บตัวอย่างและดำเนินการวิจัยและบูรณาการการเรียนการสอนกับงานวิจัยในพื้นที่งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. นาฏสุตา ภูมิจำนงค์. แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้และกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้พิธีสารเกียวโตในการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (16 หน้า). วันที่ 16-17 ส.ค. 2547 กรุงเทพฯ; 2557.
2. สุนทร คำยอง ตฤณ เสรเมธากุล และ เสวียน เปรมประสิทธิ์. การสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้ชนิดต่างๆ บริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการสิ่งแวดล้อมมนเรศวร มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2551.
3. อานนท์ เทิดไพโรพนาวัลย์ ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนธาตุอาหาร และน้ำ ของระบบนิเวศวนเกษตรบริเวณโครงการพัฒนาพื้นที่ป่าชุมชนแม่กวาง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่" วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พฤษภาคม; 2557.
4. Current, D., Scheer, K., Harting, J., Zamora, D. and Ulland, L. A Landowner's Guide to Carbon Sequestration Credits: In association with the Commonwealth Project. Minnesota: Regional Sustainable Development Partnership; 2010.
5. Dalling, J. and Denslow, J. S. Soil seed bank composition along a forest chronosequence in seasonally moist tropical forest, Panama. *Journal of Vegetation Science* 9(5): 669-678; 1998.
6. Farlee, L.D. and Stelzer, H.E. 2008. Cash for Carbon: A Woodland Owner's Guide for Accessing Carbon Markets. Purdue: Purdue Extension, FNR-228-W, Purdue University; 2008.
7. IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis.

- Cambridge University Press, Cambridge, UK; 2001.
8. Ignosh, J., Stephenson, K., Yancey, M., Whittle, B., Alley, M. and Wysor, W.G. Virginia Land owner's Guide to the Carbon Market. Virginia: College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, Publication no.442-138; 2009.
 9. Post, W.M. and K.C. Kwon. Soil carbon sequestration and land-use change: process and potential. *Global Change Biol.* 6: 317-327; 1998.
 10. Shrestha, B.M. and B.R. Singh. Soil and vegetation carbon pools in a mountainous watershed of Nepal. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 81: 179-191; 2004.
 11. Somboonsuke, B., Ganesh, P.S. and Demaine, H. Rubber-based farming system in Thailand: Problems, potential, solution and constraints. *Journal of Rural Development*, 21, 85-113; 2002.
 12. Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunaru, P. Dhanmanonda and B. Prachaiyo. "Forest: burning and regeneration. In *Shifting cultivation, an experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and its implications for upland farming in the monsoon tropics*" Kyuma, K and Pairintra, C. (eds.). A report of a cooperative research between Thai-Japanese universities, Kyoto University, Japan, 219 p; 1983.
 13. Walkley, A. & Black, A. An examination of the Degiareff method for determine soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 19-28; 1934.
 14. Wunderle Jr., J. M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99: 223-235; 1997.