นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในป่าพรุควนเคร็ง หลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

Above-ground Carbon Stock Assessment of Khuan Khaeng Swamp Forest after severe Burning in 2012 using Satellite Imagery

วรรณพร แป้นนวล* **Wannaporn Pannual***
กาญจน์เขจร ชูชีพ **Kankhajane Chuchip**
วิพักตร์ จินตนา **Vipak Jintana**

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: NBum_72@hotmail.com

รับต้นฉบับ 23 กันยายน 2557 รับลงพิมพ์ 7 พฤศจิกายน 2557

ABSTRACT

This study aimed to assess the above-ground carbon stock of woody plants in Khuan Khaeng swamp forest after severe burning in 2012. Firstly, the swamp area was classified into different land use and land cover types affected by forest fire using the supervised classification of Thaichote image. Ground truth and accuracy assessment have been done. Consequently, the classified image was improved quality through the post-classification technique. The classified image data was then transformed into GIS layers. A number of 30x30 meter sample plots was randomly established in each forest class. The total height and DBH of trees in the plots were measured as variables for calculating the above-ground biomass based on appropriate allometric equations. Some dead trees found in the study area were also sampled to measure dry weight in order to perform specific allometric equations as well as for finding the percentage of carbon concentration. The linear relationship between the data of carbon stock per unit area derived from allometric calculation and Landsat 8 (OLI) image data were analyzed. Finally, the amount of above-ground carbon sequestration for the whole area of Khuan Khaeng swamp forest were spatially estimated using the derived regression equation.

The results showed that the overall accuracy of satellite image classification was 72.58% (Kappa coefficient = 0.63). The best-suited allometric equation for estimating the above-ground biomass of the dead swamp tea-tree (*Melaleuca cajuputi*) dominant species in this area, is $W = 0.0381(DBH^2H)^{0.8952}$ with a coefficient of determination (R^2) of 0.93 (W = Biomass). The concentration of carbon by dry weight is about 48.21%. The total above-ground biomass of

the Khuan Khaeng swamp forest is 37.92 ton per hectare and 17.83 ton-carbon per hectare, averagely. Based on statistical test, the carbon stock per unit area of the healthy swamp forest area, of the degraded forest area, and of the burned forest area were significantly different with 95% confidential level. Meanwhile, there was no statistically different for the other type of forest classes. Based on the conventional method that relies on field data measurement and allometric analysis, the total amount of above-ground carbon stock of the whole study area is 174,464.27 ton-carbon. The best regression equation for estimating the spatial above-ground carbon stock per unit area from Landsat 8 (OLI) image data for this site is 0.0323 (G-R) -6.5495 with R^2 = 0.2126. Using this model, the total above-ground carbon stock for the study area is 167,570.46 ton-carbon that is slightly lower than the conventional method.

Keywords: Carbon Stock, Swamp Forest, Khuan Khaeng Swamp Forest, Satellite Imagery

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าพรุควนเคร็งหลังจากการเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 โดยเริ่มจากการจำแนกสภาพป่าตามความสมบูรณ์และผลกระทบจากไฟป่าจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบกำกับ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกเพื่อปรับปรุงคุณภาพผลการแปลแล้วจัดทำเป็นชั้นข้อมูลแผนที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากนั้นทำการสุ่มวางแปลงตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร ในแต่ละสภาพป่า เก็บวัดความโตและความสูงของไม้ต้นในภาคสนามเพื่อนำมาคำนวณหาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรีที่เหมาะสม พร้อมทั้งสุ่มเก็บตัวอย่างไม้ยืนต้นตายจากอิทธิพลไฟป่านำมาอบแห้งเพื่อสร้างสมการแอลโลเมตรีและหาค่าความเข้มข้นของคาร์บอน จากนั้นทำการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่คำนวณได้ และนำปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามไปหาความสัมพันธ์เชิงเส้นกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) เพื่อนำสมการที่เหมาะสมที่สุดไปใช้ในการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเชิงพื้นที่ของป่าพรุควนเคร็ง

ผลการศึกษาพบว่า การแปลภาพมีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 72.58 (Kappa coefficient = 0.63) ได้สมการแอลโลเมตรีสำหรับประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายซึ่งเป็นชนิดพันธุ์เด่นในพื้นที่ คือ $W = 0.0381(DBH^2H)^{0.8952}$ มีค่า $R^2 = 0.93$ (W คือ มวลชีวภาพ) และค่าความเข้มข้นของคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.21 เปอร์เซ็นต์ เมื่อประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง พบว่า มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 37.92 ตันต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 17.83 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ จากการทดสอบความแตกต่างกันในทางสถิติของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของแต่ละสภาพป่า พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับป่าพรุเสื่อมโทรม พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 และพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นที่อื่นๆ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นไม่แตกต่างกัน เมื่อทำการหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในแต่ละสภาพป่าของพื้นที่ศึกษา ด้วยวิธีการดั้งเดิมที่ใช้ค่าเฉลี่ยต่อหน่วยเนื้อที่ของปริมาณคาร์บอนที่ได้จากการประมาณจากมวลชีวภาพบนฐานสมการแอลโลเมตรี พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าพรุควนเคร็งรวมทั้งพื้นที่เท่ากับ 174,464.27 ตันคาร์บอน ในขณะ

ที่การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนาม (ตัวแปรตาม) กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) (ตัวแปรอิสระ) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยได้สมการที่ดีที่สุด คือ CS = 0.0323(G-R) - 6.5495 มีค่า R^2 = 0.2126 (CS คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน) เมื่อนำสมการไปประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเชิงพื้นที่จากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 (OLI เมื่อ G คือ แบนด์ 3 Green, R คือ แบนด์ 4 Red) พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 167,570.46 ตันคาร์บอน ต่ำกว่าการประมาณแบบดั้งเดิม

คำสำคัญ: การกักเก็บคาร์บอน ป่าพรุ ป่าพรุควนเคร็ง ข้อมูลภาพดาวเทียม

คำนำ

การบุกรุกและทำลายป่าเพื่อเป็นที่ทำกินมีการกระทำทั่วภูมิภาคของประเทศ ก่อให้เกิดความเสียหายกับป่าไม้ของชาติ หลายกรณีที่การบุกรุกดังกล่าวได้ก่อให้เกิดไฟป่าที่สร้างความเสียหายกับป่าและระบบนิเวศที่ร้ายแรง ตัวอย่างเช่น การเกิดไฟป่าบริเวณป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ที่เกิดขึ้นถึง 115 ครั้ง ทำให้มีพื้นที่เสียหายประมาณ 9,913 ไร่ ซึ่งอยู่ในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบ่อล้อ และป่าสงวนแห่งชาติ (Protected Areas Regional Office 5, 2011) สาเหตุเกิดจากปริมาณน้ำในป่าพรุลดลงเนื่องจากภัยแล้ง ประกอบกับดินป่าพรุมีปริมาณซากพืชทับถมอยู่ที่ผิวดินเป็นจำนวนมาก จึงทำให้เป็นเชื้อเพลิงอย่างดีของการเกิดไฟไหม้ นอกจากนี้ ยังมีการบุกรุกแผ้วถาง และเผาป่าเสม็ด เพื่อปรับสภาพพื้นที่และขุดร่องเพื่อปลูกปาล์มน้ำมัน ทำให้น้ำไหลลงสู่ร่องคูที่มีระดับต่ำกว่า ส่งผลให้พื้นที่ป่าไม่สามารถเก็บน้ำได้เหมือนเดิมในช่วงฤดูฝน อีกทั้งมีการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ข้างเคียงเพิ่มขึ้น (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning: ONEP, 2011)

ผลจากการเกิดไฟป่าดังกล่าว ทำให้สภาพพื้นที่ป่าพรุเริ่มเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ ระบบนิเวศของป่าพรุเริ่มสูญเสีย สภาพแวดล้อมในป่าพรุเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังเป็นการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สู่บรรยากาศและยังทำให้ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนของป่าลดลง อันเป็นที่ยอมรับกันว่ามีส่วนที่จะส่งผลกระทบในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้ ดังนั้น การได้ทราบถึงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าพรุ จากการเกิดไฟป่าดังกล่าว จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพื่อดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ป่าพรุ และยังเป็นข้อมูลที่สามารถใช้ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนโดยทั่วไปได้ทราบถึงความเสียหายที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะได้ตระหนักในการร่วมกันแก้ปัญหาการบุกรุกพื้นที่และเผาป่าให้มากขึ้น

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าไม้ ถือได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง จะเห็นได้จากการที่พิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) ได้มีการยอมรับเอาประเด็นของการใช้ที่ดิน (land use) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (land use change) และป่าไม้ (forest) เป็นส่วนหนึ่งของการพิจารณาเพื่อให้เกิดการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโลกอย่างเป็นรูปธรรม การประเมินการกักเก็บคาร์บอนของป่าธรรมชาติปกติมักต้องใช้งบประมาณสูง เพราะการสำรวจในพื้นที่ให้ครอบคลุมทั่วถึงกระทำได้ยาก ปัจจุบันจึงมีการนำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลเข้ามาช่วยในการประเมิน เนื่องจากดาวเทียมให้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าไม้กระทำได้สะดวก รวดเร็ว ใช้งบประมาณน้อยลง และได้ข้อมูลสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ในป่าพรุควนเคร็งหลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 โดยประมาณจากค่ามวลชีวภาพที่คำนวณจาก

สมการแอลโลเมตรีด้วยค่าความโต (DBH) และความสูง (H) ของต้นไม้ที่วัดได้จากแปลงตัวอย่าง และการประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ประเมินแบบเชิงพื้นที่ด้วยสมการถดถอยที่สร้างจากความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับค่าคาร์บอนเหนือพื้นดินต่อหน่วยเนื้อที่ที่หาได้จากภาคสนาม

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ป่าพรุควนเคร็งมีเนื้อที่ประมาณ 86,942 ไร่ ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเชียรใหญ่, อำเภอเฉลิมพระเกียรติ, อำเภอร่อนพิบูลย์, อำเภอชะอวด, อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราชและอำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง (ONEP, 2011) ดัง Figure 1

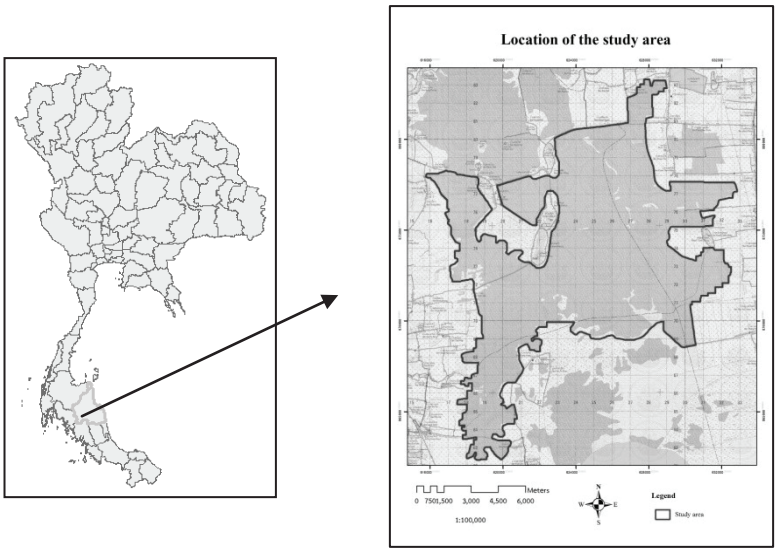

Figure 1 Location of the study area.

การวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม

การจำแนกข้อมูลภาพ (image classification) หลังจากเกิดไฟป่าโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต (สำหรับจำแนกการใช้ที่ดิน) ชนิด multispectral รายละเอียดจุดภาพ 15 เมตร บันทึกภาพเมื่อวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2555 (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีกำกับ (supervised classification) แล้วสร้างเป็นชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล (accuracy assessment) โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling) ใช้จำนวนจุดสำรวจขั้นต่ำ อิงหลักการ Binomial Probability Theory ตามแนวทางของ Congalton and Green (1998) ดังนี้

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2}$$

เมื่อ N = จำนวนจุดสำรวจ

p = เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คาดหวัง

q = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (1-p)

Z = ค่าพื้นที่จากตารางโค้งปกติมาตรฐาน ในที่นี้กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 1.96)

E = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดจากการวัดที่ยอมรับให้เกิดได้

ในที่นี้กำหนดเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คาดหวังไว้ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ และยอมให้เกิดความผิดพลาดจากการสำรวจไม่เกินร้อยละ 10 นั่นคือ จำนวนจุดสำรวจที่ต้องใช้ในครั้งนี้เท่ากับ 62 จุด แล้วทำการปรับแก้การจำแนกข้อมูลภาพหลังจากตรวจสอบความถูกต้องภาคสนาม โดยนำผลที่ได้จากการตรวจสอบภาคสนาม มาจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตอีกครั้ง เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากที่สุด นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ใช้สำหรับการวิเคราะห์ประเมินมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (path/row: 129/54) รายละเอียดจุดภาพ 30 เมตร บันทึกภาพเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2556 (ข้อมูลจาก USGS: http://earthexplorer.usgs.gov/) มาทำการวิเคราะห์ค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (digital number; DN) บริเวณเดียวกับพื้นที่ที่ทำการวางแปลงตัวอย่าง ซึ่งบันทึกจากเครื่องกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม (GPS) ในช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ แบนด์ 3 สีเขียว (Green; G), แบนด์ 4 สีแดง (Red; R), แบนด์ 5 อินฟราเรดใกล้ (Near infrared; NIR) และค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ การลบแบบง่าย (Simple Subtraction; G-R, NIR-R), การหารแบบง่าย (Simple Ratio; NIR/R), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Transformed Normalized Difference Vegetation Index (TNDVI), Green Vegetation Index (GVI) และ Fractional green vegetation cover (FC)

การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล ตำแหน่งของพื้นที่ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต หลังจากนั้นวางแปลงตัวอย่างขนาด 30×30 เมตร ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ โดยวางแปลงตัวอย่างแต่ละสภาพป่าในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ จำนวน 14 แปลง ป่าพรุเสื่อมโทรม จำนวน 11 แปลง พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 จำนวน 10 แปลง และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 จำนวน 15 แปลง รวมทั้งหมด 50 แปลง ทำการเก็บข้อมูลต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร และวัดความสูงของต้นไม้ (H) ทั้งหมด ด้วย haga hypsometer ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ และวางแปลงย่อยขนาด 5×5 เมตร ในแปลงตัวอย่าง 30×30 เมตร เพื่อเก็บข้อมูลไม้หนุ่มที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร เฉพาะพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 ทำการวางแปลงขนาด 1×1 เมตร ภายในแปลงตัวอย่าง 30×30 เมตร จำนวน 3 จุด โดยเลือกบริเวณที่มีหญ้าปริมาณน้อย ปานกลาง และมาก เก็บตัวอย่างหญ้าเหนือพื้นดิน ชั่งน้ำหนักสด และนำไปอบให้แห้ง

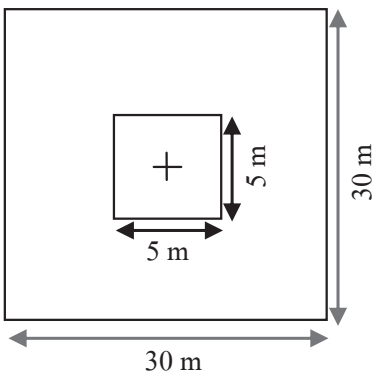

Figure 2 Designed sample plot with vary sizes according to satellite image resolution.

นำค่า DBH ของไม้เสม็ดขาว (*Melaleuca cajuputi*) ที่ตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 มาแจกแจงความถี่จำนวน 4 อันตรภาคชั้น แล้วหาขนาดของ DBH เฉลี่ยในแต่ละอันตรภาคชั้นเป็นไม้ตัวอย่างที่จะทำการตัดเพื่อศึกษาหามวลชีวภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ทำการตัดไม้ตัวอย่างจำนวน 11 ต้น ทำการบันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 30 เซนติเมตร (D_{30}) และขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) และวัดความสูงทั้งหมด (H) หลังจากนั้นทำการตัดไม้ตัวอย่างที่ระดับชิดดินและทุกๆ ระยะ 1 เมตร นำไม้ตัวอย่างแต่ละท่อนไปชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนักสดทั้งหมดของไม้ตัวอย่างแต่ละต้น สุ่มตัวอย่างไม้อันตรภาคชั้นละ 1 ต้น ตัดไม้ตัวอย่างบริเวณโคนต้น กลางต้น และปลายต้น ขนาดความหนาประมาณ 1 นิ้ว ชั่งน้ำหนักสด และเก็บตัวอย่างใส่ในถุงเก็บตัวอย่าง นำตัวอย่างส่วนต่างๆ ของไม้ตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งของตัวอย่างคงที่ จากนั้นบันทึกค่าน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง เพื่อนำไปเปลี่ยนค่าน้ำหนักสดของต้นไม้ให้เป็นค่าน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพ และนำตัวอย่างส่วนต่างๆ ขนาดประมาณ 1 นิ้ว ไปวิเคราะห์หาร้อยละความเข้มข้นของคาร์บอนที่สะสมอยู่ (carbon content) ด้วยวิธี dry combustion ที่ห้องปฏิบัติการวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground biomass) ของพันธุ์ไม้ในแปลงตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ใช้สมการแอลโลเมตรีของพันธุ์ไม้ชนิดต่างๆ ที่ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้แล้ว (Table 1) ส่วนไม้เสม็ดขาวที่ตายจะใช้สมการที่สร้างขึ้นในการศึกษานี้

Table 1 Selected allometric equations used for calculating above-ground biomass of trees in the study.

Species	Allometric equation	Note
Melaleuca cajuputi saplings and other species **Source**: Wanthongchai (2013)	*Ws = $105.04(D)^{1.9916}$ *Wb = $20.059(D)^{2.1419}$ *Wl = $6.247(D)^{2.9918}$	Study at Nakhon Si Thammarat Province
Melaleuca cajuputi trees **Source**: Tange *et al.* (2000)	**W = $0.062(D^2H)^{0.91}$	Study at Narathiwat Province
Other trees besides *Melaleuca cajuputi* **Source**: Ogawa *et al.* (1965)	**Ws = $0.0396(D^2H)^{0.9326}$ **Wb = $0.006002(D^2H)^{1.027}$ **Wl = $(18.0/Wtc+0.025)^{-1}$	Study at Trat Province

Notes: D = Diameter at breast height (cm); H = Total height (m); W = Total biomass; Ws = Stem of biomass; Wb = Branch of biomass; Wl = Leaves of biomass; Wtc = Stem + branch of biomass; * = Biomass in gram; ** = Biomass in kilogram

ประเมินหาค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยไม้หนุ่ม (sapling) กับไม้ใหญ่ (tree) ใช้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนค่ากลาง (default value) ซึ่ง IPCC (2006) ได้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.47 หรือร้อยละ 47 ส่วนไม้เสม็ดขาวที่ตาย ใช้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนที่ได้จากการวิเคราะห์ร้อยละคาร์บอนที่สะสมอยู่และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one way ANOVA) ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของแต่ละสภาพป่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตัวแปรตาม) กับค่าข้อมูลเชิงตัวเลขของดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ในช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณ ได้แก่ G, R, NIR, G-R, NIR-R, NIR/R, NDVI, TNDVI, GVI และ Fc (ตัวแปรอิสระ) โดยวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression analysis) และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อธิบายความสัมพันธ์ นำสมการที่ดีที่สุดไปประมาณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของแต่ละสภาพป่าในพื้นที่ป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม

การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพกับข้อมูลภาคสนามตามจุดตรวจสอบทั้งหมด 62 จุด ได้ผลการจำแนกข้อมูลภาพมีความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) เท่ากับร้อยละ 72.58 และค่าสถิติแค็ปปา (Kappa coefficient) เท่ากับ 0.63 ดัง Table 2 การจำแนกข้อมูลภาพในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ป่าพรุสมบูรณ์มีเนื้อที่ประมาณ 19,632.44 ไร่ ป่าพรุเสื่อมโทรมมีเนื้อที่ประมาณ 24,788.84 ไร่ พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 7,468.38 ไร่ พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 (ไม่โดนไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555) มีเนื้อที่ประมาณ 4,717.30 ไร่ เกษตรกรรมมีเนื้อที่ประมาณ 29,839.87 ไร่ แม่น้ำมีเนื้อที่ประมาณ 363.59 ไร่ และถนนมีเนื้อที่ประมาณ 131.08 ไร่ รายละเอียดในการจำแนกแสดงดัง Figure 3

Table 2 Contingency table used to assess the accuracy of the satellite image classification.

Land Use Class	Producer's Accuracy	User's Accuracy
Healthy Swamp Forest	64.29	75.00
Degraded Swamp Forest	60.00	75.00
Burned Forest in 2012	100.00	50.00
Burned Forest in 2010	37.50	100.00
Water Bodies	0.00	0.00
Agriculture Area	95.45	75.00
Overall accuracy (%)	**72.58**	
Kappa coefficient (K)	**0.63**	

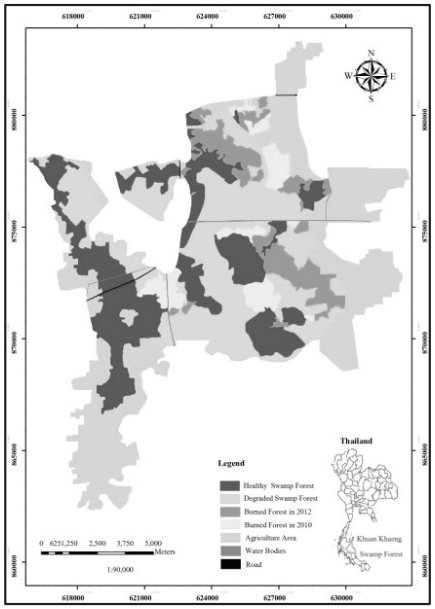

Figure 3 Map of land cover classes derived from the supervised classification.

จากการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต มีป่าพรุสมบูรณ์ จำนวน 14 แปลง ป่าพรุเสื่อมโทรม จำนวน 11 แปลง พื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 จำนวน 6 แปลง และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 จำนวน 3 แปลง เนื่องจากข้อมูลแปลงตัวอย่างในพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 น้อยเกินไปสำหรับการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีกับค่าข้อมูลเชิงตัวเลขของดาวเทียม Landsat 8 (OLI) จึงทำการเก็บข้อมูลเพิ่มในพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 จำนวน 4 แปลง รวมเป็น 10 แปลง และพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 จำนวน 12 แปลง รวมเป็น 15 แปลง

การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม

การสร้างสมการแอลโลเมตรีของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 อาศัยสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 30 เซนติเมตร (D_{30}) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูงทั้งหมด (H) และน้ำหนักแห้งของไม้เสม็ดขาว ได้สมการดัง Table 3

Table 3 Derived allometric equations used for estimating the dead swamp tea-tree (*Melaleuca cajuputi*) found in the study area.

Estimation model	R^2	
$W = 0.0004(D_0)^{3.901}$	0.5608	(1)
$W = 0.0076(D_{30})^{3.1302}$	0.7742	(2)
$W = 0.1986(H)^{2.0539}$	0.8982	(3)
$W = 0.0137(DBH)^{3.0519}$	0.9203	(4)
$W = 0.0381(DBH^2H)^{0.8952}$	0.9314	(5)

Note: W = Total biomass (kg/tree); R^2 = Coefficient of determination

จาก Table 3 ได้เลือกสมการแอลโลเมตรีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมากที่สุด ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้สมการ (5) คือ $W = 0.0381(DBH^2H)^{0.8952}$ เพื่อคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาวยืนต้นตาย การหาร้อยละการสะสมคาร์บอน พบว่า ความเข้มข้นของคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งเฉลี่ยร้อยละ 48.21 (Table 4) ซึ่งการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Sridang (2008) ซึ่งศึกษาปริมาณคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งในไม้โกงกางใบเล็ก โปรงแดง และถั่วขาว บริเวณเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ โดยใช้วิธีการหาคาร์บอนด้วยวิธี dry combustion เหมือนกัน พบว่า ความเข้มข้นของคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งของลำต้นเฉลี่ยร้อยละ 48.64 แต่ผลการศึกษาในครั้งนี้มีค่าสูงกว่าปริมาณคาร์บอนที่รายงานโดย Sriladda and Puangchit (2007) ซึ่งศึกษาปริมาณคาร์บอน (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง) ของไม้โกงกางใบเล็ก ในบริเวณสวนป่าชายเลน อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้วิธีการหาคาร์บอนด้วยวิธี dry combustion พบว่า มีปริมาณคาร์บอนบริเวณลำต้นร้อยละ 46.51

Table 4 Percentage of the carbon concentration by dry weight of the dead swamp tea-tree (*Melaleuca cajuputi*) caused by forest fire in 2012

Sample No.	Percent carbon
1	47.68
2	48.71
3	49.02
4	47.44
Average	**48.21**

ไม้เสม็ดขาวที่ตายจะใช้ค่าความเข้มข้นของคาร์บอนที่ 0.48 หรือร้อยละ 48 ประเมินหาค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน การหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรี พบว่า มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 37.92 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 1.48 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 35.22 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ตายเท่ากับ 1.22 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มมีค่ามากกว่า และไม้ใหญ่มีค่าน้อยกว่าผลการศึกษาของ Wanthongchai (2013) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับมวลชีวภาพของเชื้อเพลิงเหนือพื้นดินก่อนและหลังไฟไหม้ บริเวณป่าพรุควนเคร็ง พบว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่หลงเหลือภายหลังไฟไหม้เท่ากับ 36.94 ตันต่อเฮกตาร์ แยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.53 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ใหญ่เท่ากับ 36.41 ตันต่อเฮกตาร์ และผลการศึกษาครั้งนี้ มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงกว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่รายงานโดย Tange *et al.* (2000) ซึ่งศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพป่าเสม็ดขาวในพื้นที่พรุบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส ที่รายงานว่า มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินประมาณ 6-16 ตันต่อเฮกตาร์

การประมาณหาค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 17.83 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.70 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 16.55 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ตายเท่ากับ 0.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ซึ่งปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มมีค่ามากกว่า และไม้ใหญ่มีค่าน้อยกว่าการศึกษาของ Wanthongchai (2013) ที่ศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของเชื้อเพลิงเหนือพื้นดินก่อนและหลังไฟไหม้ บริเวณป่าพรุควนเคร็ง พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่หลงเหลือภายหลังไฟไหม้เท่ากับ 17.36 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ แยกเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.25 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ใหญ่เท่ากับ 17.11 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one way ANOVA) ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับสภาพป่าต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดสอบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินต่อหน่วยเนื้อที่ทีละคู่ พบว่า ป่าพรุสมบูรณ์กับป่าพรุเสื่อมโทรม มีระดับนัยสำคัญของการทดสอบ = 0.002 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (0.05) จึงปฏิเสธ สมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ป่าพรุเสื่อมโทรม มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 (มีระดับนัยสำคัญของการทดสอบ = 0.005) และพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 (มีระดับนัยสำคัญของการทดสอบ = 0.000) มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแตกต่างกัน ส่วนพื้นที่อื่นๆ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินต่อหน่วยเนื้อที่ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน Table 5

Table 5 ANOVA statistics table of the test of the differences among the estimated carbon stock of the different forest covers in the study area.

Group I	Group II	Mean Difference	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Healthy Swamp Forest	Degraded Swamp Forest	16.21883*	4.94662	0.002	6.2618	26.1759
	Burned Forest in 2010	14.99429*	5.08324	0.005	4.7623	25.2263
	Burned Forest in 2012	19.14362*	4.56234	0.000	9.9601	28.3271
Degraded Swamp Forest	Healthy Swamp Forest	-16.21883*	4.94662	0.002	-26.1759	-6.2618
	Burned Forest in 2010	-1.22455	5.36429	0.820	-12.0223	9.5732
	Burned Forest in 2012	2.92479	4.87353	0.551	-6.8851	12.7347
Burned Forest in 2010	Healthy Swamp Forest	-14.99429*	5.08324	0.005	-25.2263	-4.7623
	Degraded Swamp Forest	1.22455	5.36429	0.820	-9.5732	12.0223
	Burned Forest in 2012	4.14933	5.01214	0.412	-5.9396	14.2382
Burned Forest in 2012	Healthy Swamp Forest	-19.14362*	4.56234	0.000	-28.3271	-9.9601
	Degraded Swamp Forest	-2.92479	4.87353	0.551	-12.7347	6.8851
	Burned Forest in 2010	-4.14933	5.01214	0.412	-14.2382	5.9396

Note: * = 95% confidential level

การศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของแต่ละสภาพป่า โดยการนำเนื้อที่สภาพป่าต่างๆ ในพื้นที่ป่าพรุมาคำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ทำให้ได้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมเท่ากับ 174,464.27 ตันคาร์บอน ดังแสดงใน Table 6

Table 6 Above-ground carbon stock of the area, based on allometric equation estimation.

Forest Type	Area		Above-ground carbon stock	
	Rai	Hectare	Allometric equation (ton-carbon/ hectare)	Ton-carbon
Healthy Swamp Forest	19,632.44	3,141.19	30.14	94,675.48
Degraded Swamp Forest	24,788.84	3,966.21	13.92	55,209.70
Burned Forest in 2010	4,717.30	754.77	15.15	11.434.74
Burned Forest in 2012	7,468.38	1,194.94	11.00	13,144.35
Total	**-**	**-**	**-**	**174,464.27**

การวิเคราะห์หาสมการที่เหมาะสมในการประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

เมื่อนำค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรี (นำปริมาณคาร์บอนของหญ้ามารวมด้วย) มาหาค่าความสัมพันธ์กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) ได้แก่ ค่า G, R, NIR, G-R, NIR-R, NIR/R, NDVI, TNDVI, GVI และ Fc ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น เพื่อหารูปแบบสมการความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด โดยสุ่มแปลงตัวอย่างจำนวน 40 แปลง เพื่อนำมาสร้างสมการ ส่วนแปลงตัวอย่าง 10 แปลงที่เหลือใช้สำหรับตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจ

ภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรี กับค่าการประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากสมการความสัมพันธ์กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งพบว่าค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมีความสัมพันธ์กับข้อมูลดัชนีภาพถ่ายดาวเทียมในรูปสมการถดถอยโดยตัวแปรอิสระ คือ ผลต่างระหว่างช่วงคลื่นแสงสีเขียวกับแสงสีแดง (G-R) มากที่สุด ได้สมการ คือ CS = 0.0323 (G-R) -6.5495 (R^2 = 0.2126) นำค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับค่า G-R มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการที่ได้ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (α = 0.05) (F = 10.263) มีช่วงวิกฤติ CR : $F \geq F_{0.05\,(1,\,38)} = 4.10$

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพที่หาจากข้อมูลสำรวจภาคสนามบนฐานการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีจำนวน 10 แปลงกับค่าการประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากสมการความสัมพันธ์กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ณ พิกัดที่ตรงกับที่ตั้งแปลง โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบ พบว่า ให้ค่าตัวทดสอบสถิติ t = 1.026 และค่า Sig. = 0.332 ซึ่งค่า Sig. จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่า α = 0.05 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า สมการการประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เมื่อใช้ประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแล้วให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของแต่ละสภาพป่าในพื้นที่ป่าพรุ

นำสมการมาประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) โดยใช้ค่า G-R ที่เป็นตัวแปรอิสระมาคำนวณหาค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้ง 50 แปลง และทำการตรวจสอบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากภาคสนามกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากการแทนค่าในสมการมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบ พบว่า ให้ค่าตัวทดสอบสถิติ t = 0.621 และค่า Sig. = 0.538 ซึ่งค่า Sig. จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่า α = 0.05 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า การประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) กับการประมาณจากมวลชีวภาพที่คำนวณจากข้อมูลขนาดไม้ที่วัดจากภาคสนามให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ดังนั้น การประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการแทนค่าในสมการถดถอยที่อิงค่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) สามารถกระทำได้ในรูปการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินต่อหน่วยเนื้อที่ของแต่ละสภาพป่าในรูปข้อมูลเชิงพื้นที่ (แสดงค่าได้ในทุกๆ ตำแหน่งในพื้นที่) ซึ่งสามารถประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมได้เท่ากับ 167,570.46 ตันคาร์บอน ดัง Table 7

Table 7 Above-ground carbon stock of the area, based on spatial estimation using satellite image data.

Forest Type	Area		Above-ground carbon stock	
	Rai	Hectare	Satellite image data (ton-carbon/ hectare)	Ton-carbon
Healthy Swamp Forest	19,632.44	3,141.19	21.99	69,074.78
Degraded Swamp Forest	24,788.84	3,966.21	17.48	69,329.43
Burned Forest in 2010	4,717.30	754.77	13.09	9,879.91
Burned Forest in 2012	7,468.38	1,194.94	16.14	19,286.34
Total	-	-	-	**167,570.46**

สรุป

การศึกษาประเมินหาคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ต้นบริเวณป่าพรุควนเคร็งหลังจากเกิดไฟป่าอย่างรุนแรง เมื่อปี พ.ศ. 2555 ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ที่คิดเฉพาะปริมาณเหนือพื้นดิน พบว่าการจำแนกข้อมูลภาพเพื่อแสดงพื้นที่ป่าและผลกระทบจากไฟป่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตมีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 72.58 (Kappa coefficient = 0.63) ได้สมการแอลโลเมตรีสำหรับประมาณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาวที่ตายเนื่องจากถูกไฟไหม้เมื่อปี พ.ศ. 2555 อยู่ในรูป $W = 0.0381(DBH^2H)^{0.8952}$ ($R^2 = 0.93$) และค่าความเข้มข้นของคาร์บอนโดยน้ำหนักแห้งเฉลี่ยร้อยละ 48.21

การหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรี พบว่า มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 37.92 ตันต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 1.48 ตันต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 35.22 ตันต่อเฮกตาร์ และไม้ตายเท่ากับ 1.22 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อคิดเป็นค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย 17.83 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยแยกเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้หนุ่มเท่ากับ 0.70 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ไม้ใหญ่เท่ากับ 16.55 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และไม้ตายเท่ากับ 0.58 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one way ANOVA) ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับสภาพป่าต่างๆ พบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับป่าพรุเสื่อมโทรม พื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2553 และพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์กับพื้นที่ไฟไหม้ปี พ.ศ. 2555 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินแตกต่างกัน ส่วนพื้นที่อื่นๆ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินต่อหน่วยเนื้อที่ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทำการหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในแต่ละสภาพป่าของทั้งพื้นที่ศึกษา พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมเท่ากับ 174,464.27 ตันคาร์บอน

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 (OLI) มาทำการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ได้สมการที่เหมาะสมที่สุด คือ $CS = 0.0323 (G-R) -6.5495$ ($R^2 = 0.2126$) ซึ่งตัวแปรอิสระนี้สามารถอธิบายตัวแปรตามได้ร้อยละ 21.26 ซึ่งไม่สูงนัก แต่ก็มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ จึงใช้ประมาณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ พบว่า มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในแต่ละสภาพป่ารวมทั้งพื้นที่ศึกษาได้เท่ากับ 167,570.46 ตันคาร์บอน เมื่อพิจารณาผลการศึกษาวิจัยแล้ว พบว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าพรุที่มีไม้เสม็ดขาวเป็นไม้เด่นได้ (แต่อาจจะไม่เหมาะสำหรับพื้นที่ป่าพรุสมบูรณ์ เช่น ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส) โดยไม่จำเป็นต้องเข้าไปสำรวจภาคสนามทั้งหมด เพื่อลดงบประมาณ ค่าใช้จ่าย และเวลาในการวิจัย เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัยสนองความต้องการใช้ข้อมูลที่เร่งด่วนได้

REFERENCES

Congalton, R.G. and K. Green. 1998. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. Lewis, New York.

IPCC. 2006. **IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories**, Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. National Greenhouse Gas Inventories Program. IGES, Japan.

ONEP. 2011. **State of the Environment 2010**. 1st ed. Aroonkarnpim Limitted Partnership, Bangkok.

_____. 2012. **Survey status of wetland type peat in Thailand.** http://www.chmthai.onep.go.th/chm/Inlandwater/data/peat%20survey/physical_01_17.htm, December 29, 2010.

Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino, and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II. Plant biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4:49–80.

Protected Areas Regional Office 5, 2011. **The Forest fire situation in the Swamp forest NaKhon Si Thammarat Province**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok.

Sridang, S. 2008. **Estimation of Above-ground Carbon Seaquestration on Mangrove Forest at Koh Lanta, Krabi Province Using Remote Sensing Techniques**. The Graduate School Kasetsart University, Bangkok.

Sriladda, C. and Puangchit, L. 2007. Carbon Sequestration of Mangrove Plantations at Pak Phanang, Nakhon Si Thammarat Province, pp. 379-389. *In* **National Conference on Mangrove Ecosystem "Mangroves : Sufficient Economic foundation of coastal communities"** September 12-14, 2007. Holiday Inn Resort Regent Beach Cha-am Hotel, Phetchaburi Province. (In Thai)

Tange, T., T. Kawazoe, T. Yamanoshita, Y. Morikawa and T. Nuyim. 2000. Biomass Production of *Melaleuca cajuputi* Forest in Degraded Peat Swamp of Southern Thailand. *In* **Research Journal of Research and Study Sirinthorn Swamp Forest Center**. Volume 2/2001 Royal Forest Department, Bangkok.

Wanthongchai, K. 2013. Estimation the Characteristics of Fuel Material Fire Behaviour, Carbon Losses and Effects of Fire on Plant Community Structure after peat fires at Kuan Kreng peat forest Nakhon Si Thammarat Province in 2012, pp. 4-11. *In* **Evaluation of fire damages from the 2012 peat fires at Kuan Kreng peat forest**. Forestry Research Center Faculty of Forestry Kasetsart University, Bangkok.