

Assessing Above-Ground Carbon Storage Capacity in *D. alatus* and its Related Factors in Four Northeastern Provinces, Thailand

Penprapa Phetcharaburanin¹, Komkid Moolpia¹

THJPH 2021; 51(1): 64-74

Correspondence:

Penprapa Phetcharaburanin.
Museum Lifelong Learning Center,
Khon Kaen University,
Khon Kaen 40002, THAILAND.
E-mail: Penprapa@kku.ac.th

¹ Museum Lifelong Learning Center,
Khon Kaen University, Khon Kaen,
THAILAND

Received June 16, 2020;

Revised February 25, 2021;

Accepted March 22, 2021.

Extended Abstract

Dipterocarpaceae are Asian tropical forest trees, which are in a key-category of land ecosystems and are confronted with the world's highest levels of habitat conversion and associated biodiversity loss. *Dipterocarpus alatus* is the ninth most conserved plant within the Plant Genetic Conservation Project Under the Royal Initiation of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn (RSPG). It is found all over Thailand, and various parts can be utilized for food, energy, cosmetics, medicine, and the creation of other pharmaceutical products. Space technology, satellite data and geographic information system (GIS) have been applied in various fields and are useful for development planning to promote the cultivation of various crops. GIS technology can rapidly work to collect large quantities of display data. This study aims to evaluate the key factors influencing *D. alatus* planning by using GIS to analyze suitable areas and study the carbon storage in biomass within 19,304,551 rai of Roi-et, Khon Kaen, Mahasarakham and Kalasin provinces which are in the northeastern region of Thailand. It is intended to serve as a guideline for developing and promoting the cultivation of resin trees as a source of carbon dioxide sequestration to reduce greenhouse gas problems and global warming, as well as help promote the economy and the environment effectively in the future.

This study was divided into two stages. In stage 1, data preparation was used to determine the criteria for the suitability of each factor based on previously studied work. Then, data regarding the suitability of each factor were used to analyze the overlay with GIS. Stage 1 used four factors: soil physics properties, soil chemistry, climate in terms of rainfall and topography. Each factor was assigned a suitability-weight-value to study the growth of resin trees in relation to the overall suitability data based on the previously studied work. Data overlays were analyzed with GIS. The area was divided into four levels of suitable areas for growing resin trees, ranging from very suitable to unsuitable. For stage 2, a random two-year-old resin tree field survey was conducted to find the mean plant height, circumference at chest level, and above-ground biomass, which are standard measurements. In addition, the nine plots were rated from the most suitable to the least suitable over an area of 4,500 m².

The results of the study were as follows: 1) according to the GIS overlay, plot 1 was in the map that was very appropriate with a mean diameter at chest level (DBH) of 2.43 cm, and the mean height of the resin trees was 2.92 m. Plots 2 to 7 were in the map that was moderately appropriate; the mean DBH was 2.14 cm and the mean height of the resin trees was 2.59 m.

Plots 8 to 9 were on the map that was less appropriate, with a DBH of 1.94 cm. 2) In plot 1, the assessment of above ground biomass was very appropriate due to the average carbon storage being 0.71 kg/tree, moderate soil quality, and a very suitable acid-base. Plots 2 to 7 were of moderate suitability because the average carbon storage was 0.51 kg/tree, and there was moderate soil quality and a moderately suitable acid-base. Plots 8 to 9 were deemed to be low suitability due to having an average carbon storage of 0.37 kg/tree, low soil quality, and low acid-base. The most suitable plot had 4,093,243 rai. Moreover, fieldwork of surface area surveys found that the biomass was 124.66 kg/rai and carbon storage was 85.59 kg/rai. These results indicate that the four indicators corresponded to the field survey appropriately, and were able to determine the suitability of resin tree plantations associated with reducing carbon dioxide, thereby lowering greenhouse gases that cause global warming and are a danger to human health.

Keywords: *Dipterocarpus alatus* Roxb., Geographic Information System (GIS), Biomass, Carbon Storage

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของการปลูกต้นยางนาในสี่จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย

เพ็ญประภา เพชรบูรณ์¹, คมคิด มูลเพ็ญ¹

บทคัดย่อ

THJPH 2021; 51(1): 64-74

¹ ศูนย์วิจัยกสิกรรมและแหล่งเรียนรู้ตลอดชีวิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยการเจริญเติบโตของต้นยางนาโดยประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกต้นยางนา และศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่ “กลุ่มจังหวัดร้อยเอ็ดแก่นสารสินธุ์” ประกอบด้วย จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งมีเนื้อที่รวมกัน 19,304,551 ไร่ การศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1 เป็นการนำปัจจัย 4 ปัจจัย ได้แก่ คุณสมบัติฟิสิกส์ของดิน คุณสมบัติเคมีของดิน ภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝน และระดับความสูงภูมิประเทศ ซึ่งแต่ละปัจจัยจะมีการกำหนดค่าน้ำหนักความเหมาะสมโดยอ้างอิงจากงานที่มีผู้ทำการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ นำข้อมูลมาวิเคราะห์แบบซ้อนทับด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถแบ่งระดับชั้นพื้นที่ความเหมาะสมในการปลูกยางนาเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่เหมาะสมมากจนถึงไม่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่อยู่ในชั้นความเหมาะสมมาก ปานกลาง น้อย และไม่เหมาะสม คิดเป็นร้อยละ 21.2 21.9 50.5 และ 6.4 ของพื้นที่ที่ศึกษาทั้งหมดตามลำดับ ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มสำรวจภาคสนามไม้ยางนาที่มีอายุ 2 ปี จำนวน 9 แปลงเฉพาะพื้นที่ที่เหมาะสมมากจนถึงเหมาะสมน้อย ในพื้นที่ 4,500 ตารางเมตร พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยางนาแปลงที่ 1 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมมากมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.71 กิโลกรัม/ตัน ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง และค่าความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ในระดับเหมาะสมมาก แปลงที่ 2-7 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.51 กิโลกรัม/ตัน ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง และค่าความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ในระดับเหมาะสมปานกลาง แปลงที่ 8-9 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมน้อยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.37 กิโลกรัม/ตัน ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำและค่าความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ในระดับเหมาะสมน้อย จากการศึกษาปัจจัยการเจริญเติบโตทั้ง 4 ปัจจัย มีความสอดคล้องกับการสำรวจภาคสนามและสามารถนำมาใช้กำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางนาเพื่อสามารถเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเป็นการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพได้อีกทางหนึ่ง

คำสำคัญ: ยางนา, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, มวลชีวภาพ, ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

บทนำ

ภาวะโลกร้อน (Global warming) เป็นการที่อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศบนโลกสูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นอากาศบริเวณใกล้ผิวโลกและน้ำในมหาสมุทร ซึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ถูกปล่อยมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น กระบวนการอุตสาหกรรม การเกษตร และการตัดไม้ทำลายป่าโดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีสัดส่วนของการปลดปล่อยออกมามากที่สุด¹ และผลจากการตัดฟันไม้และทำลายป่า ทำให้การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศประมาณร้อยละ 20 เกิดจากการสูญเสียคาร์บอนที่เก็บกักในรูปเนื้อไม้² ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่าป่าไม้สามารถช่วยดูดและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อไม้และองค์ประกอบที่เป็นต้นไม้ ในรูปของมวลชีวภาพ (Biomass) เมื่อก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ลอยขึ้นไปรวมตัวกันอยู่บนชั้นบรรยากาศของโลก ทำให้รังสีของดวงอาทิตย์ที่ควรสะท้อนกลับออกไปในปริมาณที่เหมาะสม กลับถูกก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้กักเก็บไว้ทำให้อุณหภูมิของโลกค่อย ๆ สูงขึ้น ส่งผลให้สภาพภูมิอากาศที่ผิดปกติไป ภัยธรรมชาติที่รุนแรงมากขึ้น น้ำท่วม แผ่นดินไหว พายุที่รุนแรง อากาศที่ร้อนผิดปกติ รวมไปถึงโรคระบาดชนิดใหม่ ๆ หรือโรคระบาดที่เคยหายไปจากโลกนี้แล้ว และพาหะนำโรคที่เพิ่มจำนวนมากขึ้น

ในอนาคตคาดว่าผลกระทบของภาวะโลกร้อนจะรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ เราสามารถช่วยกันลดภาวะโลกร้อนได้หลายวิธี และการปลูกสร้างสวนป่า การฟื้นฟูพื้นที่ป่าธรรมชาติที่ยังเหลืออยู่เป็นอีกวิธีที่ช่วยในการลดความรุนแรงสามารถเป็นแหล่งกักเก็บ CO_2 เพื่อลดปัญหาก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อนได้ทางหนึ่ง ถือเป็น การสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อสุขภาพ (Healthy environment) อย่างไรก็ดีตามศักยภาพในการกักเก็บ CO_2 และปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชนิดต่าง ๆ มีความแตกต่างกันตามลักษณะโครงสร้างและชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ซึ่งพันธุ์พรรณตามสภาพปัจจัย

ยางนาเป็นพันธุ์ไม้ที่มีขนาดสูงใหญ่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย มีความสูงจากพื้นดินได้มากถึง 50 เมตร และมีเส้นรอบวงในระดับอกได้ถึง 7 เมตร สำหรับประเทศไทยมักจะมีพบต้นยางนาอยู่ทั่วไปในป่าดิบแล้งทุกภาคของประเทศไทยโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ยางนาเป็นพันธุ์ไม้ดั้งเดิม และเป็นไม้เอนกประสงค์ ทั้งนี้พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตรได้มีพระราชปรารภเมื่อปี พ.ศ. 2504 ทรงห่วงใยสถานการณ์ของไม้ยางนาเมื่อกว่า 40 ปีที่แล้วว่า “ไม้ยางนาในประเทศไทยได้ถูกตัดไปใช้สอยและทำเป็นสินค้ากันเป็นจำนวนมากขึ้นทุก ๆ ปี เป็นที่น่าวิตกว่าหากมิได้มีการบำรุงส่งเสริมและดำเนินการปลูกไม้ยางนาขึ้นแล้ว ปริมาณยางนาที่จะลดน้อยลงไปทุกที จึงควรจะได้มีการดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการปลูกไม้ยางนาเพื่อจะได้นำความรู้ไปใช้ในการปลูกยางนา” ด้วยความห่วงใยไม้ยางนาจึงสูญพันธุ์ไปจากประเทศไทยทรงโปรดเกล้าฯ ให้เจ้าหน้าที่สำนักพระราชวังเก็บเมล็ดยางนาจากป่ายาง อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี ในเดือนเมษายน พ.ศ. 2504 นำไปเพาะเลี้ยง และได้ทรงเพาะเมล็ด ทรงปลูกกล้ายางนาโดยพระองค์เองในแปลงโครงการป่าสาธิตในสวนจิตรลดา อีกทั้งได้จัดตั้งแปลงทดลองศึกษาวิจัยการปลูกไม้

ยางนาในสวนจิตรลดา นับว่าเป็นสวนป่ายางนาที่เก่าแก่ที่สุด ปัจจุบันหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐ เอกชน และประชาชนชาวไทยได้ตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของไม้ยางนา จึงทำให้เกิดโครงการอนุรักษ์และส่งเสริมการปลูกยางนาอย่างจริงจัง ในวาระศุภมงคลสมัยที่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงเจริญพระชนมายุ 5 รอบ ในวันที่ 2 เดือนเมษายน พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้สนองพระราชดำริโครงการอนุรักษ์พันธุ์กรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) กลุ่มงานศึกษาวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์บูรณาการพืชยางนา เข้าร่วมสนองพระราชดำริ และได้รับพระราชทานพระราชานุญาตประกาศให้ยางนาเป็นพืชอนุรักษ์ลำดับที่เก้า ของ อพ.สธ.³

ยางนาสามารถใช้ประโยชน์ได้แทบทุกส่วน มีประโยชน์ทางด้านนิเวศคือ ควบคุมอุณหภูมิในอากาศ ให้ร่มเงา ทำบังลมให้ความชุ่มชื้น ป้องกันการพังทลายของหน้าดิน และยังพบว่าเป็นตัวเอื้อประโยชน์ของเชื้อเห็ดราไมคอร์ไรซาทั้งในป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ซึ่งเรียกว่า เห็ดยาง รวมทั้งการนำยางมาสกัดนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลการเกษตรได้อีกทาง จากงานวิจัยพบว่าในต้นยางนามีองค์ประกอบทางชีวภาพที่มีศักยภาพจะนำไปใช้ประโยชน์ในทางด้านสุขภาพ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่ม Flavonoids ที่พบได้ในใบยางนา สารสกัดจากใบยางนาสามารถยับยั้งการเจริญและการทำลายเชื้อ *Streptococcus mutans* สารในกลุ่ม Dammarane-type triterpenoid (HIV) มีฤทธิ์ในต้านต้านการอักเสบ และอนุพันธ์ของสารกลุ่มดังกล่าวสามารถยับยั้งเชื้อ Human immunodeficiency virus และเอนไซม์โปรตีเอส ของเชื้อ Hepatitis C virus⁴ สาร Dipterocarpol ในยางนามีฤทธิ์ในการยับยั้ง Epstein-Barr virus ที่เป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งบางชนิด สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากน้ำมันยางนา มีคุณสมบัติต้านการเกิดออกซิเดชัน ต้านมะเร็งบางชนิด และต้านแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาส่วนอื่นของต้นยางนา เช่น ราก เปลือก ดอก ใบ ในแง่ของการต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Propionibacterium acnes* รวมถึงการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส เพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง⁵

การปลูกยางนาเพื่อการค้า มีทั้งการปลูกในระดับเพียงไม้ที่ต้นจนถึงการปลูกเป็นสวนป่าจำนวนหลายร้อยไร่เพื่อตัดจำหน่าย ในปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยต้องนำเข้าไม้ยางถึง 141,824 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นมูลค่า 1,045 ล้านบาท⁶ ในปัจจุบันการตัดต้นไม้ในป่าธรรมชาติเป็นปัญหาที่สำคัญ ปริมาณต้นไม้ในธรรมชาติได้ลดลงอย่างมากเนื่องจากต้นไม้ในธรรมชาติถูกบุกรุกเพื่อนำพื้นที่ไปเป็นที่ทำการเกษตร และการนำทรัพยากรจากป่ามาสร้างเป็นบ้านเรือน สกิดจากกรมป่าไม้ปี 2551 พบว่า เนื้อที่ของป่าไม้ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551 เหลืออยู่เพียงแค่ประมาณ 107,241,031 ไร่ หรือร้อยละ 33 ของพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมดจากแต่เดิมเมื่อ ปี พ.ศ. 2504 ประเทศไทยมีเนื้อที่ของป่าไม้ประมาณ 171,018,125 ไร่ หรือร้อยละ 53 ของพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมด⁶ จากปัญหาเหล่านี้ทำให้เกิดการห่วงหาถึงความสำคัญในการที่มุ่งดำเนินการในการอนุรักษ์ และหาสถานที่ในการปลูกป่าเพื่อเป็นแหล่งสร้างป่าไม้เศรษฐกิจสำหรับการนำมาใช้สอยเพื่อให้กับ

ต่อการใช้ทรัพยากรทั้งในประเทศและต่างประเทศ⁷

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยการเจริญเติบโตของต้นยางนาโดยประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกต้นยางนา และศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางซึ่งมียุทธศาสตร์ในการพัฒนาจังหวัดร่วมกัน เรียกว่า “กลุ่มจังหวัดร้อยแก่นสารสินธุ์” ประกอบด้วยจังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งมีการร่วมกันในการพัฒนาพื้นที่ ดังนั้นการศึกษาจึงจะเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญในการสร้างความตระหนักในด้านคุณค่าของทรัพยากรไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก และใช้เป็นแนวทางจัดการระบบนิเวศป่าไม้ในกลุ่มจังหวัดร้อยแก่นสารสินธุ์ อีกทั้งยังช่วยให้ประชาชนเห็นถึงคุณค่าและประโยชน์ของต้นยางนา ส่งผลให้เกิดการส่งเสริมให้มีการปลูกอย่างแพร่หลายทั้งในบริเวณบ้านหรือหัวไร่ปลายนา เพื่อช่วยลดปัญหาก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อนแล้วยังช่วยส่งเสริมด้านเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต⁸

วิธีการศึกษา

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นยางนา โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมการปลูกยางนา เพื่อเป็นแหล่งกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อลดปัญหาก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อน อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมด้านเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต การศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1 การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อนำไปกำหนดเกณฑ์ค่าน้ำหนักความเหมาะสมของแต่ละปัจจัย โดยอ้างอิงจากงานที่มีผู้ทำการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้ แล้วจึงนำข้อมูลความเหมาะสมแต่ละปัจจัยมาวิเคราะห์แบบซ้อนทับด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ขั้นตอนที่ 2 ทำการสุ่มสำรวจภาคสนามแปลงปลูกยางนา เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยความสูงของต้น เส้นรอบวง ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการวิเคราะห์ดินทางเคมีในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของยางนา กับข้อมูลความเหมาะสมในภาพรวม

ขั้นตอนที่ 1 การจัดเตรียมข้อมูลและการกำหนดเกณฑ์ความเหมาะสม

1.1 การจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย มี 4 ข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลคุณสมบัติของดินในแต่ละชุดดิน ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสมรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึงปี พ.ศ. 2561 จำนวน 27 สถานี ข้อมูล

ความสูงภูมิประเทศ และข้อมูลพืชปกคลุมยางนา

1.2 การกำหนดเกณฑ์ความเหมาะสมของปัจจัยต่าง ๆ ในการปลูกยางนา

ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ต้นยางนาต้องการใช้เพื่อการเจริญเติบโตที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล เอกสาร และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากกรมป่าไม้ของต้นยางนา โดยเก็บรวบรวมไว้ในรูปแบบปัจจัยสิ่งแวดล้อม จากนั้นนำข้อมูลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางนามาจัดช่วงความเหมาะสมโดยแบ่งตามเกณฑ์คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มี 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยคุณสมบัติพืศลักษณ์ของดิน ปัจจัยคุณสมบัติทางเคมีของดิน ปัจจัยภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝน และปัจจัยระดับความสูงภูมิประเทศ⁹

(1) ปัจจัยคุณสมบัติพืศลักษณ์ของดิน ตัวแปรวิจัยที่ใช้วิเคราะห์ของปัจจัยนี้คือการระบายน้ำของดินและความชื้นของดินอยู่ในพื้นที่ดินดอนในเขตดินชั้น¹⁰ ตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตในปัจจัยคุณสมบัติพืศลักษณ์ของดินคือ การระบายน้ำของดินดีมาก และความชื้นของดินอยู่ในพื้นที่ดินดอนในเขตดินชั้น

(2) ปัจจัยคุณสมบัติทางเคมีของดิน ตัวแปรวิจัยที่ใช้วิเคราะห์ของปัจจัยนี้คือความอุดมสมบูรณ์และความเป็นกรด-ด่างของดิน ตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตในปัจจัยคุณสมบัติทางเคมีของดินคือ ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง และความเป็นกรด-ด่างของดิน อยู่ในช่วง 6-7¹¹

(3) ปัจจัยภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝน ตัวแปรวิจัยที่ใช้วิเคราะห์ของปัจจัยนี้ได้แก่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตในปัจจัยภูมิอากาศด้านปริมาณน้ำฝนคือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,200-1,800 มิลลิเมตร/ปี¹¹

(4) ปัจจัยระดับความสูงภูมิประเทศ ตัวแปรวิจัยที่ใช้วิเคราะห์ของปัจจัยนี้ ได้แก่ความสูงของภูมิประเทศ ตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตในปัจจัยระดับความสูงภูมิประเทศคือ พื้นที่ที่อยู่ในความสูงเหนือระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 100-500 เมตร¹¹

1.3 การบูรณาการปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นการประเมินความเหมาะสมทั้ง 4 ปัจจัย (Table 1) ขั้นตอนนี้เป็น การนำผลการจัดระดับความเหมาะสมของแต่ละปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยที่ได้จากการประเมินความเหมาะสมในข้างต้นมาวิเคราะห์โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay analysis) ด้วยปัจจัยทั้งหมด 4 ปัจจัย 6 ตัวแปรสำหรับ 2 ปัจจัยแรก มีปัจจัยละ 2 ตัวแปร จึงหาคะแนนเฉลี่ยต่อตัวแปรและนำคะแนนผลคูณมาคำนวณผลรวมเชิงเส้นตรงแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighting linear total) เพื่อแบ่งระดับพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกต้นยางนาจากการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ดังผลการต่อไปนี้

$$\text{Suitability index} = (0.4 \times \text{Phy}) + (0.3 \times \text{Chm}) + (0.2 \times \text{R}) + (0.1 \times \text{T})$$

Table 1 Setting score range and suitability class

Environmental Factors			Score			
Factor	Variable	Unit	1	2	3	4
Soil Physical Property (Phy)	Drainage	Level very poor	Poor or well or rather poor	Rather average	Well or	Great
	Humidity	Level	Slope	Low land	Drought	Moisture
Soil Chemistry Property (Chm)	Abundance	Level	Low average	Low to	Fair	High
	Acid-base	pH >8	<5 or 7.5 - 8	5 - 5.5 or 7-7.5	5.5-6 or	6-7
Precipitation (R)	5-year moving average rainfall	mm	600-799 or 2201-2400 2001-220	800-999 or 1801-2000	1000-1199 or	1200-1800
Mean sea-level (T)	Topographic height	m	<100 or >500	-	-	100-500

1.4 จากการประเมินโดยใช้สมการดังกล่าวจะได้ค่าคะแนนออกมา ค่าคะแนนที่ได้ถูกนำมาจัดกลุ่มในรูปแบบแผนที่ความเหมาะสมปลูกยางนาออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และไม่เหมาะสม

ในการกำหนดหลักเกณฑ์ค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนนั้น ใช้หลักเกณฑ์จากความต้องการพื้นฐานด้านกายภาพของยางนาเป็นหลักในการวิเคราะห์หาความเหมาะสมของพื้นที่ของยางนา ผ่านกระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการซ้อนทับข้อมูลนั้น ต้องมีการกำหนดความสำคัญของแต่ละชั้นข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ เนื่องจากแต่ละชั้นข้อมูลมีความสำคัญต่างกัน จึงกำหนดค่าตัวเลขเป็นจำนวนเต็มเลขฐาน 10 ตามจำนวนชั้นข้อมูล ได้แก่ 4 3 2 และ 1 โดยกำหนดให้ 4 เป็นชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญมากที่สุด 3 เป็นชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญรองลงมา 2 และ 1 เป็นชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บข้อมูลภาคสนามและการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

2.1 การเก็บข้อมูลต้นยางนาจากภาคสนามและการวิเคราะห์ข้อมูล

การคัดเลือกจุดเก็บข้อมูลภาคสนามโดยการนำข้อมูลพิกัดแปลงปลูกยางนาจากการส่งเสริมการปลูกยางนาของสำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 7 จอนแก่น และแผนที่พื้นที่ความเหมาะสมมา

กำหนดจุดเก็บข้อมูลภาคสนามจำนวน 9 แปลง เฉพาะพื้นที่เหมาะสมมากจนถึงเหมาะสมน้อย โดยแต่ละแปลงต้องมีอายุระหว่างการปลูก และความหนาแน่นในการปลูกที่คล้ายกัน ทำการวางแผนสำรวจแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 x 10 ตารางเมตร โดยเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

(1) บันทึกพิกัดแปลงทั้ง 9 แปลง ด้วยเครื่องวัดพิกัดภูมิศาสตร์ (Global Positioning System : GPS) และบันทึกลักษณะการเจริญเติบโตของยางนา ได้แก่ เส้นรอบวงของต้น ความสูงของต้น

(2) การวิเคราะห์หามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นยางนา¹² ในแต่ละแปลงเพื่อให้ทราบถึงการเจริญเติบโตของต้นโดยใช้สมการคำนวณหามวลชีวภาพไม้หนุ่มที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เพียงอก (Diameter Breast Height : DBH) น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร¹³(Table 2)

(3) ในการประเมินการสะสมคาร์บอนจะใช้ข้อมูลมวลชีวภาพในรูปน้ำหนักแห้ง (Oven dry weight) ตามหลักที่ว่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ มีการแปรผันระหว่างชนิดของพรรณไม้ไม่มากนัก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้กำหนดให้ค่าปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพมีค่าร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง¹⁴

Table 2 Allometric equation used to calculate tree biomass in dry evergreen forest

Forest type	Equation
Dry Evergreen Forest and Dry Dipterocarp Forest:	$Ws = 0.0702 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.8737}$
Young tree has a diameter at chest level < 4.5 cm	$Wb = 0.0093 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.9403}$
	$WI = 0.0244 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{1.0517}$

Ws = Biomass of trunk (kg), Wb = Biomass of branch (kg), WI = Biomass of leaves (kg),
 DBH = Diameter at chest level (cm),
 Ht = Height of tree to top (m)

2.2 การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากการลงภาคสนามจำนวน 9 แปลง ที่ทำการเก็บข้อมูลพิกัด เส้นรอบวงของต้น ความสูงของต้น นำมาวิเคราะห์ดินทางเคมีในห้องปฏิบัติการและประเมิน

ความอุดมสมบูรณ์ของดินในภาพรวม (Table 3) ซึ่งได้กำหนดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็น 3 ระดับ คือ พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ¹⁵ (Table 4)

Table 3 Score assigned and criteria to assess soil fertility

Unit	Score		
	1	2	3
%	<1.5	1.5–3.5	>3.5
Mg/kg	<10	10–25	>25
Mg/kg	<60	60–90	>90

Table 4 Criteria to assess level of soil fertility

	Level of soil fertility		
	Low	Moderate	High
Score	1–3	4–6	7–9

Total scores are in range 1–3 (low fertility) such as low OM, low P, low K; total score = 3

Total scores in range 4–6 (moderate fertility) such as OM high, P low, K low; total score = 5

Total scores in range 7–9 (high fertility) such as OM high, P high, K low; total score = 7

ผลการศึกษา

การศึกษาปัจจัยการเจริญเติบโตของต้นยางนาโดยประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมในการปลูกได้สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกยางนาในจังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งการประเมินความเหมาะสมจากการบูรณาการปัจจัยสิ่งแวดล้อมเชิงพื้นที่ 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัยภูมิอากาศ ปัจจัยคุณสมบัติฟิสิกส์ของดิน ปัจจัยคุณสมบัติเคมีของดิน และปัจจัย

ภูมิประเทศ ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกยางนามาก มีพื้นที่ 4,093,243 ไร่ หรือร้อยละ 21.2 ของพื้นที่ที่ศึกษา พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง มีพื้นที่ 4,239,856 ไร่ หรือร้อยละ 21.9 ของพื้นที่ที่ศึกษา พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 9,741,167 ไร่ หรือร้อยละ 50.5 ของพื้นที่ที่ศึกษา และพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม มีพื้นที่ 1,230,285 ไร่ หรือร้อยละ 6.4 ของพื้นที่ที่ศึกษา (Figure 1)

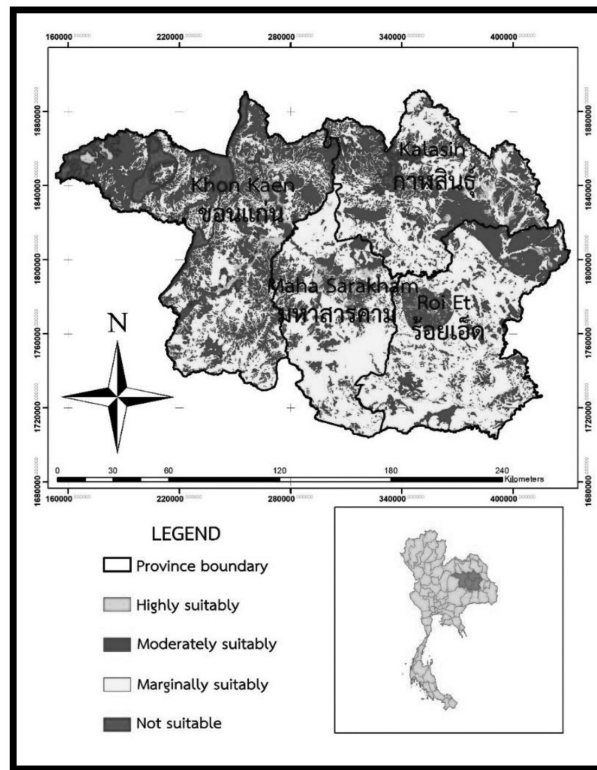


Figure 1 Classification of suitable area for tree growth

ผลการสำรวจจากสนามจากแผนที่พื้นที่เหมาะสมในการปลูกต้นยางนาพบว่า แปลงที่ทำการลงเก็บข้อมูลภาคสนามจำนวน 9 แปลงในพื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมในการปลูกต้นยางนาที่ต่างกัน บนพื้นที่ทั้งหมด 4,500 ตารางเมตร โดยได้ดำเนินการสำรวจจำนวนต้นยางนา พร้อมกับวัดขนาดเส้นรอบวงของต้นที่ระดับเพียงอก (130 เซนติเมตร) ความสูงของต้น พบต้นยางนาทั้งหมด 328 ต้น โดยในแปลงที่ 1-9 พบว่า มีต้นยางนาจำนวน 45, 32, 35, 50, 33, 33, 31, 32 และ 36 ต้น/500 ตารางเมตร ตามลำดับ แปลงที่ 1 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมมากมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับเพียงอก (DBH) เท่ากับ 2.43 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นยางเท่ากับ 2.92 เมตร แปลงที่ 2-7 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับเพียงอก (DBH) เท่ากับ 2.14 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นยางเท่ากับ 2.59 เมตร และแปลงที่ 8-9 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมน้อยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับเพียงอก (DBH) เท่ากับ 1.94 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นยางเท่ากับ 2.48 เมตร

ผลการวิเคราะห์มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยางนาจำนวน 9 แปลง ในพื้นที่ 4,500 ตารางเมตรพบว่า มีค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 350.3 กิโลกรัม/4,500 ตารางเมตร หรือเท่ากับ 124.6 กิโลกรัม/ไร่ โดยส่วนของลำต้นมีค่าสูงสุด เท่ากับ 73.3 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาเป็นใบ และกิ่ง เท่ากับ 40.2 กิโลกรัม/ไร่ และ 11.0 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ปริมาณการกัก

เก็บคาร์บอนจะผันตรงตามมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ที่ลำต้นมากที่สุด เท่ากับ 34.4 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาสะสมที่กิ่ง และใบ เท่ากับ 18.9 และ 5.2 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยางนาแปลงที่ 1 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมมากมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.5 กิโลกรัม/ต้น ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.7 กิโลกรัม/ต้น แปลงที่ 2-7 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.06 กิโลกรัม/ต้น ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.5 กิโลกรัม/ต้น และแปลงที่ 8-9 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมน้อยมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.8 กิโลกรัม/ต้น ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.3 กิโลกรัม/ต้น (Table 5)

จากผลการวิเคราะห์ดินในห้วงปฏิบัติการความอุดมสมบูรณ์ของดินจากตารางที่ 4 มาตรวจสอบความถูกต้องร่วมกับแผนที่ความเหมาะสมพบว่า มีความสอดคล้องกัน แปลงปลูกยางนาแปลงที่ 1 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมมากมีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในระดับเหมาะสมมาก แปลงที่ 2-7 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางมีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในระดับเหมาะสมปานกลาง และแปลงที่ 8-9 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมน้อยมีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในระดับเหมาะสมน้อย

Table 5 Average above-ground biomass and carbon sequestration in suitable area for tree growth

Suitable area	Survey plot	Above ground biomass (Kg/Tree)	Carbon sequestration (Kg/Tree)
Highly suitable	1	1.52 ±0.57	0.71 ±0.28
Moderately suitable	2 to 7	1.06 ±0.33	0.51 ±0.14
Marginally suitable	8 to 9	0.84 ±0.23	0.37 ±0.10

อภิปรายผล

การวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางนา ในพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ด ขอนแก่น มหาสารคาม และกาฬสินธุ์ ผลการศึกษาพบว่า มีพื้นที่เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และไม่เหมาะสม มีเนื้อที่ 4,093,243 4,239,856 9,741,167 และ 1,230,285 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 21.2 21.9 50.5 และ 6.4 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ จากการตรวจสอบความสอดคล้องการเจริญเติบโตของต้นยางนาของพื้นที่จริงกับพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่า ข้อมูลมีความสอดคล้องกันทั้ง 9 จุดสำรวจ แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของผลการวิเคราะห์พื้นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางนา สรุปได้ว่าการจัดทำแผนที่ความเหมาะสมสำหรับปลูกยางนาในพื้นที่ศึกษาด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ จึงสามารถนำแผนที่ความเหมาะสมนี้ไปใช้เป็นข้อมูลส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการปลูกยางนาเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่เหมาะสมมากและเหมาะสมปานกลาง พื้นที่รวมเป็นร้อยละ 43.2 ของพื้นที่ใน 4 จังหวัดดังกล่าว ซึ่งในพื้นที่ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.54 กิโลกรัม/ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เหมาะสมน้อยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเพียง 0.37 กิโลกรัม/ตัน

ผลจากวิเคราะห์มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยางนาจำนวน 9 แปลงในพื้นที่ 4,500 ตารางเมตร พบต้นยางนาจำนวน 327 ต้น และเมื่อนำมาคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่พียงอก (DBH) ของต้นยางนา พบว่า มีค่าตั้งแต่ 1.33-3.11 เซนติเมตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 2.14 เซนติเมตร ในขณะที่ความสูงของต้นยางนา มีค่าตั้งแต่ 2.10-3.34 เมตร คิดเป็นค่าเฉลี่ยของความสูงต่อต้น เท่ากับ 2.62 เมตร เมื่อนำมาคำนวณหาความมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ได้เท่ากับ 350.3 กิโลกรัม/4,500 ตารางเมตร หรือเท่ากับ 124.7 กิโลกรัม/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 58.6 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ รุญนัยสร¹⁶ ที่ทำการศึกษาวีธีประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นยางนาโดยใช้อากาศยานไร้คนขับสำรวจต้นยางนาในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นจำนวน 1,450 ต้น ขนาดความสูงของต้นยางนาต่ำสุดเท่ากับ 3.0 เมตร ขนาดความสูงของต้นยางนาสูงสุดเท่ากับ 33.9 เมตร ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมเท่ากับ 816.4 ตัน และค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม เท่ากับ 385.5 ตัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยในด้านค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นยางนานั้นอยู่กับมวล

ชีวภาพของต้นไม้ ซึ่งมีการแปรผันตามขนาด และจำนวนของต้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ เพ็ญประภา เพชรบูรณ์¹⁷ ที่ทำการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและศึกษาอิทธิพลของเรือนยอดของต้นยางนาภายในพื้นที่ปลูกปลูกธรรมชาติ สวนสัตว์อุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานีพบว่า ความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นยางนากับความสูงมีความสัมพันธ์ในระดับสูง ส่วนความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนกับเส้นรอบวงมีค่าความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก แสดงให้เห็นว่าเส้นรอบวงและความสูงมีค่ามากจะทำให้มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมีค่ามากตามไปด้วย

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นยางนาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์ครั้งนี้ พบว่าสภาพพื้นที่ที่ทำการศึกษามีลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันไป ทำให้มีศักยภาพและความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นยางนาต่างกัน ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพของทรัพยากรต่าง ๆ จึงมีความสำคัญต่อการปลูกยางนา ซึ่งพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ เกษตรกรไม่สามารถปรับปรุงเองได้ทั้งหมด จำเป็นต้องอาศัยหน่วยงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐหรือเอกชนที่เกี่ยวข้องให้การส่งเสริมและสนับสนุนแนะน่ววิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงให้สอดคล้องกับปัจจัยหลักของพื้นที่ที่มีอยู่

ควรมีกิจกรรมถ่ายทอดความรู้ที่ได้จากการศึกษาออกสู่สาธารณะชนให้รับรู้ถึงประโยชน์ในการกักเก็บคาร์บอนของพันธุ์พืชยางนา ตลอดจนส่งเสริมให้มีการปลูกหรืออนุรักษ์พันธุ์ยางนาต่อหน่วยงานและชุมชนภายนอก

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

หากมีการศึกษาเพิ่มเติมควรเพิ่มความละเอียดของข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปัจจัยการเจริญเติบโตและเป็นการพัฒนาฐานข้อมูล แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับงบประมาณและระยะเวลาของการศึกษาด้วย และควรมีการเปรียบเทียบข้อมูลเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำมากขึ้น

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นยางนาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์ หรือพืชชนิดอื่น ๆ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่และฐานข้อมูลเชิงคุณลักษณะของพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันไป ปัจจุบันในการรวบรวมฐานข้อมูลดังกล่าวมีข้อจำกัดอยู่มาก ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรดำเนินการจัดรวบรวมฐานข้อมูลต่าง ๆ ให้พร้อมและทันสมัยตลอดเวลาเพื่อสามารถเรียกค้นได้ในการพิจารณาด้านต่าง ๆ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นยางนาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์ได้สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกยางนาในจังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งการประเมินความเหมาะสมจากการบูรณาการปัจจัยสิ่งแวดล้อมเชิงพื้นที่ 4 ปัจจัยหลัก ๆ ได้แก่ ปัจจัยภูมิอากาศ ปัจจัยคุณสมบัติฟิสิกส์ของดิน ปัจจัยคุณสมบัติเคมีของดิน และปัจจัยภูมิประเทศ ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกยางนามาก มีพื้นที่ 4,093,243 ไร่ เหมาะสมปานกลาง มีพื้นที่ 4,239,856 ไร่ เหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 9,741,167 ไร่ และไม่เหมาะสม มีพื้นที่ 1,230,285 ไร่ หรือร้อยละ 21.2 21.9 50.5 และ 6.4 ของเนื้อที่ทั้งหมด ตามลำดับ

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยางนาจากการลงภาคสนาม จำนวน 9 แปลง ในพื้นที่ 4,500 ตารางเมตร พบว่ามีค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 124.66 กิโลกรัม/ไร่ จะเห็นได้ว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจะเพิ่มขึ้นตรงตามมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ที่ลำต้นมากที่สุด เท่ากับ 34.4 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาสะสมที่กิ่ง และใบ เท่ากับ 18.9 และ 5.2 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของยางนา แปลงที่ 1 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมมากมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.52 กิโลกรัม/ตัน ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.71 กิโลกรัม/ตัน แปลงที่ 2-7 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 1.06 กิโลกรัม/ตัน ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.51 กิโลกรัม/ตัน และแปลงที่ 8-9 อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมน้อยมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.84 กิโลกรัม/ตัน ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.37 กิโลกรัม/ตัน

ผลจากการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการพบว่า ความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงปลูกยางนาแปลงที่อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมมากมีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในระดับเหมาะสมมาก แปลงที่อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางมีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในระดับเหมาะสมปานกลาง และแปลงที่อยู่ในแผนที่ที่มีความเหมาะสมน้อยมีความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำ ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในระดับเหมาะสมน้อย

การมีส่วนร่วมของผู้นิพนธ์

เพ็ญประภา เพชรประเสริฐ และคมคิด นวลเพ็ญ ร่วมกันออกแบบกระบวนการวิจัย ตรวจสอบสถิติ เก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ผล เขียนร่างบทความ และตรวจสอบบทความก่อนส่งตีพิมพ์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 7 ขอนแก่น ในการประสานงานการเข้าพื้นที่ภาคสนาม และขอขอบพระคุณศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

แหล่งทุนวิจัย

โครงการวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไป (มุ่งเป้า) ยางนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ผลประโยชน์ทับซ้อน

งานวิจัยนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

References

1. Quesada B. Potential strong contribution of future anthropogenic land-use and land-cover change to the terrestrial carbon cycle. *Environ Res Lett* 2018; 13: 64023 doi:10.1088/1748-9326/aac4c3.
2. Boonpragob K. Land use change and forestry. Draft Final Report: Thailand's National Greenhouse Gas Inventory 1990. Office of Environmental Policy and Planning, Thailand, 1996. (In Thai)
3. Coordination Center of the Royal Initiative Projects Khon Kaen University. Yang Na Conserved Plant in RSPG. National Library of Thailand Cataloging-in-Publication Data, 2016. (In Thai)
4. Joshi K. Leaf flavonoid patterns in *Dipterocarpus* and *Hopea* (Dipterocarpaceae). *Bot J Linn Soc* 2003; 143(1): 43-6.
5. Akihisa T, Tokuda H, Ukiya M, Suzuki T, Enjo F, Koike K, et al. Epicabraleahydroxylactone and other triterpenoids from camellia oil and their inhibitory effects on Epstein-Barr virus activation. *Chem Pharm Bull* 2004; 52(1): 153-6.
6. Office of Planning and Information. Statistical data of the forest department. Available from: <http://forestinfo.forest.go.th/Content/file/e-book2551.pdf> Accessed 21 September, 2018. (In Thai)
7. Royal Initiative and Special Projects Group Forest Resource Management Office 9. There is a living forest with a sufficiency economy. Available from: <https://www.forest.go.th/chonburi9/wp-content/uploads/sites/45/2016/09/hfhl-o9.pdf> Accessed 11 January, 2019. (In Thai)
8. Deeratwiset W. A guide for Yang Na plantation in the responsible area of the management office in conservation area 9, Khon Kaen Province, Kalasin Maha Sarakham and Roi Et. Available from: shorturl.at/zDLUX Accessed 29 March, 2020. (In Thai)
9. Ministry of Public Health, Department of Health, Thailand. Yang Na. Available from: www.forest.go.th/

- private/index.php?option=com_docman&task, 2013. Accessed 25 September, 2018. (In Thai)
10. Soonthornwaritchoti N, Sukhaboon K. A study of environmental problems in Sam Bundit sub-district: A case study of factors affecting natural resources and the environment. Available from: http://rdi.aru.ac.th/e_journal/pdf/137.pdf. Accessed 25 January, 2019. (In Thai)
 11. Department of Land Development. Land development guide for soil doctors and farmers. Available from: https://www.idd.go.th/PDF/Land_Development_For_SoilDoctor.pdf. Accessed 25 March, 2020. (In Thai)
 12. Bureau of Science for Land Development. Soil sample collection for analysis of crops. Available from: https://www.idd.go.th/web_Soilanaly/exdin.html. Accessed 18 March, 2020. (In Thai)
 13. Wisarat T. The composition of plant species and above-ground biomass of trees in dry evergreen forest. Conference on Climate Change: Forestry and Climate Change; 16-172004 August 16-17; Maruay Garden Hotel Bangkok, Bangkok; 2004. (In Thai)
 14. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (eds). IGES, Kanagawa; 2006.
 15. Intthavong X. The application of geographic information system on soil nutrient assessment for rice plantation case study: Outhoumphone District, Savannkhet Province, Lao PDR. Available from: http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2016/TU_2016_5709091515_3107_3747.pdf. Accessed 5 March, 2020. (In Thai)
 16. Phetcharaburanin P, Chakhamrun N, Kulninworpaeng P. Evaluation of carbon storage in above ground biomass of yang na at plant genetic protection area, Ubon Ratchathani Province. Chiang Mai Univ J Nat Sci 2020; 19(3): 393-410.
 17. Yotthasarn R, Phetcharaburanin P. Study of estimation of carbon storage biomass of *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don using an unmanned aircraft vehicle (UAV). KKU Research Journal (Graduate Studies) 2020; 20(4): 1-12. (In Thai)