นิพนธ์ต้นฉบับ

การใช้วิธีการชักตัวอย่างแบบจุดในการสำรวจเพื่อประเมินปริมาณไม้ในสวนป่า : กรณีศึกษาสวนป่าไม้พะยูง จังหวัดตราด

Application of Point Sampling in Forest Inventory for Timber Assessment: A Case Study of Siamese Rosewood Plantation, Trat Province

ภาณุพงศ์ แก้วบรรจง[1*] **Phanuphong Kaewbanjong**[1*]

ปัสสี ประสมสินธ์[1] **Patsi Prasomsin**[1]

พิชิต ลำใย[1] **Pichit Lumyai**[1]

วัชรินทร์ สีนวล[2] **Watcharin Seenuil**[2]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

[2]สวนป่าลาดกระทิง 2 องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตศรีราชา ศรีราชา ชลบุรี 20110

Lat Krathing 2 Plantation, Si Racha Sub-division Forest Industry Organization, Si Racha, Chon Buri 20110, Thailand

[*]Corresponding Author, E-mail: Phanuphong_Dome@live.com

รับต้นฉบับ 28 กันยายน 2564 **รับแก้ไข** 26 ตุลาคม 2564 **รับลงพิมพ์** 29 ตุลาคม 2564

ABSTRACT

Forest resource inventory estimation to assess timber in a forest using the point sampling method is more convenient than the plot sampling method because it does not measure the plot dimensions. However, proper selection of the size of an appropriate point sampling basal area factor (BAF) is essential. This study tested various BAF sizes to assess the timber at a Siamese Rosewood (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre.) plantation in the Tha Kum Noboru Umeda plantation, Trat province. Four BAFs of size 1, 2, 3, and 4 were established using a wedge prism in the plantation within a total area 450.98 rai. This plantation was divided into three age classes of 38, 41, and 42 years (representing different tree sizes and stand densities), with an area of 102.41 rai, 198.10 rai, and 150.47 rai, respectively. In total, 42 sampling points were inventoried. The data were analysed by comparing the timber basal area per hectare from the point sampling inventory using the various BAF sizes with the timber basal area based on census.

The results showed insignificant differences in average basal area per hectare among the various BAFs. The results also showed that the BAF of size 1 was appropriate for the inventory of plantations with an average diameter at breast height (DBH) between 25.32 - 29.32 cm and a stand

density between 130 - 137 trees per hectare. The BAFs 2, 3, and 4 were found to be appropriate for plantations with an average DBH between 26.41 - 30.09 cm and a stand density between 129 - 133 trees per hectare. The results can be used as a guideline for decision-making during the selection for an appropriate BAF size to assess the timber in other plantations with a similar average DBH and tree density.

Keywords: Forest resource inventory, Point sampling, Basal area factor, Forest plantation

บทคัดย่อ

การสำรวจทรัพยากรป่าไม้โดยวิธีการชักตัวอย่างแบบจุด (point sampling) เพื่อประเมินปริมาณไม้ในป่ามีความสะดวกมากกว่าการสำรวจแบบวางแปลงตัวอย่าง (plot sampling) เนื่องจากไม่ต้องวัดขนาดของแปลงตัวอย่าง อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องเลือกค่าคงที่ของเครื่องมือหรือค่าแฟคเตอร์พื้นที่หน้าตัด (basal area factor, BAF) ของวิธีการชักตัวอย่างแบบจุดให้เหมาะสม การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบ BAF ขนาดต่าง ๆ สำหรับประเมินปริมาณไม้ในสวนป่าไม้พะยูง ณ สวนป่าท่ากุ่ม โนโบรุ อุเมดะ จังหวัดตราด ด้วยเครื่องมือ Wedge prism ขนาด BAF 1, 2, 3 และ 4 ในสวนป่าไม้พะยูงเนื้อที่ทั้งหมด 450.98 ไร่ โดยสวนป่าแบ่งออกเป็น 3 ชั้นอายุ ได้แก่ อายุ 38, 41 และ 42 ปี (แสดงถึงขนาดและความหนาแน่นของต้นไม้ที่แตกต่างกัน) มีเนื้อที่ 102.41, 198.10 และ 150.47 ไร่ ตามลำดับ ทำการสำรวจทั้งหมด 42 จุดสุ่ม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้ต่อเฮกตาร์จากการสำรวจด้วยการชักตัวอย่างแบบจุดที่ใช้เครื่องมือขนาด BAF ต่าง ๆ กับขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้จากการสำมะโนประชากร

ผลการศึกษาพบว่า ขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้เฉลี่ยต่อเฮกตาร์ของ BAF ที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าแตกต่างจากค่าประชากรอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่า BAF ที่ 1 มีความเหมาะสมในการสำรวจสวนป่าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 25.32 - 29.32 เซนติเมตร และความหนาแน่นของหมู่ไม้ 130 - 137 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วนขนาด BAF ที่ 2, 3 และ 4 มีความเหมาะสมสำหรับสวนป่าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 26.41 - 30.09 เซนติเมตร และความหนาแน่น 129 - 133 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจเพื่อเลือกใช้ขนาด BAF ที่เหมาะสมในการสำรวจเพื่อประเมินปริมาณไม้ในพื้นที่สวนป่าอื่น ๆ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยและความหนาแน่นของหมู่ไม้ที่คล้ายคลึงกัน

คำสำคัญ: การสำรวจทรัพยากรป่าไม้ การชักตัวอย่างแบบจุด ค่าคงที่ของเครื่องมือ สวนป่า

คำนำ

การสำรวจทรัพยากรป่าไม้เป็นกระบวนการหนึ่งของการวางแผนการจัดการทรัพยากรป่าไม้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับป่าไม้ รวมถึงข้อมูลสภาพภูมิประเทศ โดยข้อมูลเหล่านี้ถือเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการวางแผนจัดการป่าไม้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่โดยทั่วไปแล้วพื้นที่ป่าไม้มักมีขนาดใหญ่ การสำรวจแต่ละครั้งจำเป็นต้องใช้ระยะเวลา กำลังคน และงบประมาณ

จำนวนมาก และในทางปฏิบัติค่อนข้างเป็นไปได้ยาก จึงมีการศึกษาคิดค้นการสำรวจวิธีต่าง ๆ เพื่อให้สามารถรวบรวมข้อมูลได้ง่ายขึ้น รวดเร็ว ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำ และเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ทำการสำรวจ (Wacharakitti, 1982; Prasomsin, 2005) เนื่องจากการสำรวจด้วยการสุ่มตัวอย่างเพื่อประมาณค่าประชากรนั้นมักมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเกิดขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาในการวางแผนการจัดการป่าไม้ (Mendoza *et al*., 1993) โดยสามารถลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ด้วยการระมัดระวังและควบคุมการทำงานในกระบวนการสำรวจให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (Thammincha, 1983) ดังนั้น เมื่อการสำรวจในตัวอย่างนั้นทำได้อย่างถูกต้อง จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับความเป็นจริง ซึ่งข้อมูลที่ดีจะช่วยนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการพื้นที่ป่าไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถลดความเสี่ยงที่อาจเกิดปัญหาหรือความผิดพลาดจากแผนจัดการที่วางไว้ได้

การสำรวจสวนป่าเพื่อประเมินปริมาณไม้ในปัจจุบันมีทั้งวิธีการสำรวจแบบเป็นแถวเป็นแนว (strip system) และการสำรวจแบบวางแปลงตัวอย่างบนแนวเส้น (line plot system) ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อเด่นและข้อจำกัดแตกต่างกันไป (Wacharakitti, 1982) อย่างวิธีสำรวจแบบเป็นแถวเป็นแนวมีวิธีปฏิบัติที่ง่าย เหมาะกับหมู่ไม้ที่มีลักษณะเป็นแถว และให้ความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าประชากร (Lakarnchua, 2004 *Cited* Attebring and Jonsson, 1999) เพียงแค่สำรวจไปตามแถวปลูกนั้น ๆ แล้วเว้นระยะไปตามที่กำหนด แต่วิธีนี้จะประสบปัญหาเมื่อสวนป่าที่สำรวจนั้นมีการตัดขยายระยะ (thinning) ทำให้ต้นไม้ที่เหลือไม่อยู่ในลักษณะเป็นแถวเป็นแนวชัดเจน ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการสำรวจได้ง่าย และยังทำให้ผลที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนสูง จึงไม่ค่อยนิยมนำมาใช้สำรวจในสวนป่าที่มีการตัดขยายระยะแล้ว ส่วนวิธีสำรวจแบบวางแปลงตัวอย่างบนแนวเส้นซึ่งเป็นวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (Forest Industry Organization, 2018) เป็นวิธีที่ทำให้ได้ข้อมูลกระจายทั่วพื้นที่ สามารถใช้แปลงตัวอย่างเป็นแปลงสำรวจถาวรเพื่อศึกษาแบบต่อเนื่องได้ และเป็นวิธีการสำรวจที่มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง แต่ค่อนข้างใช้เวลาในการสำรวจมาก เนื่องจากต้องใช้เวลาในการหมายขอบเขตของแปลงตัวอย่าง ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่าย และแรงงานจำนวนมาก ซึ่งในอีกทางหนึ่งมีวิธีการสำรวจที่มีจุดเด่นในด้านความสะดวกรวดเร็วในการสำรวจ สามารถประเมินขนาดพื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้ได้โดยที่ไม่ต้องวางแปลงตัวอย่างและวัดขนาดของต้นไม้ (Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, 2014) คือ วิธีการชักตัวอย่างแบบจุด (point sampling) เป็นวิธีการหนึ่งของการสำรวจแปลงตัวอย่างแบบแปรผัน (variable sample plot) มีหลักการคือ โอกาสของต้นไม้แต่ละต้นที่ถูกสุ่มเลือกเป็นตัวอย่างจะแปรผันตามขนาดของตัวเอง กล่าวคือขนาดความโตของต้นไม้ต้นนั้น และระยะห่างระหว่างต้นไม้กับจุดสุ่มตัวอย่าง (sampling point) คือ ต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ และอยู่ใกล้กับตำแหน่งของจุดสุ่มจะมีโอกาสถูกเลือกเป็นตัวอย่างมากกว่าต้นไม้ที่มีขนาดเล็กและมีระยะห่างไกลออกไป (Sukwong, 1974; Hovind and Rieck, 1961) อย่างไรก็ตามการสำรวจวิธีนี้มีข้อควรระวังคือ การเลือกขนาดของช่องส่องหรือค่าคงที่ของเครื่องมือ (basal area factor, BAF) ที่ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพหมู่ไม้ที่ทำการสำรวจ มิเช่นนั้นอาจทำให้ข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาเพื่อทดสอบหาขนาด BAF ที่เหมาะสมกับสถานภาพของหมู่ไม้ในลักษณะต่าง ๆ เป็นกรณีศึกษาหากมีการนำวิธีชักตัวอย่างแบบจุดไปใช้ในการสำรวจเพื่อประเมินปริมาณไม้ในป่า

การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการทดสอบขนาด BAF ที่เหมาะสมในการสำรวจเพื่อประเมินปริมาณไม้ในรูปของขนาดพื้นที่หน้าตัด โดยใช้พื้นที่สวนป่าไม้พะยูงของสวนป่าท่ากุ่ม โนโบรุ อุเมดะ เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากมีจำนวนแปลงปลูกหลายแปลง แต่ละแปลงมีสภาพหมู่ไม้แตกต่างกัน และมีหลายชั้นอายุ รวมทั้งมีข้อมูลประชากรไม้พะยูงที่ได้มีการสำรวจประชากรไว้ก่อนแล้ว นำมาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลจากการสำรวจตัวอย่าง จึงมีความเหมาะสมในการใช้เป็นพื้นที่ศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 1) ปริซึมรูปลิ่ม (wedge prism) ขนาด BAF ที่ 1, 2, 3 และ 4 2) เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) 3) เครื่องมือวัดความสูงต้นไม้ คือ ฮากา แอลติมิเตอร์ 4) เทปวัดระยะทาง 5) แผนที่แสดงขอบเขตสวนป่าไม้พะยูงและตำแหน่งจุดสุ่มตัวอย่าง 6) เครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก และ 7) แบบบันทึกข้อมูลภาคสนาม

การรวบรวมข้อมูล

1. ทำการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลประชากรไม้พะยูงในสวนป่าท่ากุ่ม โนโบรุ อุเมดะ สำหรับวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่จะทำการสำรวจด้วยวิธีชักตัวอย่างแบบจุด และแผนที่สวนป่าไม้พะยูง (Figure 1) เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่และตำแหน่งของจุดสำรวจ โดยข้อมูลประชากรไม้พะยูงได้มีการทำสำมะโนประชากรไว้เมื่อปี พ.ศ. 2561 จนถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 มีวิธีในการสำรวจคือ ทำการวัดขนาดเส้นรอบวงที่ความสูงระดับอกและวัดความสูงทั้งหมดของไม้พะยูงทุกต้น รวมถึงนับจำนวนกิ่งและความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้เฉพาะต้นที่มีขนาดเส้นรอบวงตั้งแต่ 80 เซนติเมตรขึ้นไป และต้นที่ตาย

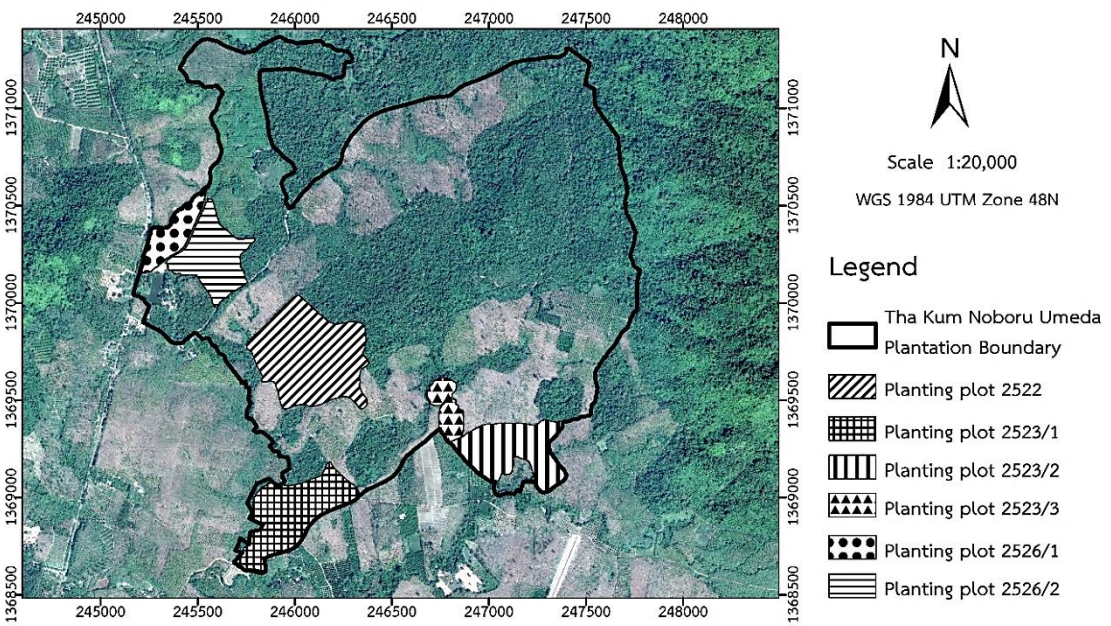

Figure 1 Location of Siamese Rosewood plantation at the Tha Kum Noboru Umeda Plantation.

2. ข้อมูลปฐมภูมิ ทำการสำรวจไม้พะยูงด้วยวิธีการชักตัวอย่างแบบจุด โดยการกำหนดตำแหน่งของจุดสำรวจหรือจุดสุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเป็นระบบ (systematic random sampling) ในแผนที่ด้วยโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) กำหนดปริมาณการสำรวจที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ และคำนวณหาระยะห่างของจุดสุ่มตัวอย่างโดยใช้หลักการสำรวจแบบวางแปลงบนแนวเส้นตรง (line plot system) แต่เนื่องจากจุดสุ่มตัวอย่างของวิธีการชักตัวอย่างแบบจุดไม่สามารถกำหนดขนาดพื้นที่เพื่อนำมาใช้คำนวณหาระยะห่างได้ จึงแทนด้วยการกำหนดให้จุดสุ่มตัวอย่างมีพื้นที่เท่ากับ 0.1 เฮกตาร์ โดยคำนวณจากสมการ (Wacharakitti, 1982) ดังนี้

$$\frac{\text{ขนาดของแปลงตัวอย่าง}}{\text{เนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทน (กว้าง×ยาว)}} = \frac{\text{เนื้อที่ที่ทำการสำรวจ (\%การสำรวจ)}}{\text{เนื้อที่ทั้งหมด (100\%)}}$$

จากสมการข้างต้น คำนวณเนื้อที่ที่แปลงตัวอย่างเป็นตัวแทนได้เท่ากับ 20,000 ตารางเมตร ดังนั้นระยะห่างของจุดสุ่มตัวอย่างจึงเท่ากับ 200 X 100 เมตร โดยกำหนดจุดสุ่มตัวอย่างได้ทั้งหมด 42 จุด ครอบคลุมพื้นที่สวนป่าไม้พะยูงอายุ 38, 41 และ 42 ปี ดัง Figure 2 การสำรวจไม้พะยูงตัวอย่างโดยทำการใช้เครื่องมือ Wedge Prism ทีละขนาดตั้งแต่ BAF 1 ถึง 4 ยืนที่ตำแหน่งจุดสุ่มตัวอย่าง และใช้สายตาเล็งผ่าน Wedge prism ไปยังไม้พะยูงแต่ละต้นเพื่อพิจารณาว่าต้นใดที่อยู่ในแปลง (in) อยู่นอกแปลง (out) หรือเป็นไม้ขอบแปลง (borderline tree) โดยหมุนตัวสำรวจไม้ต้นถัดไปรอบ ๆ จุดสุ่มเป็นวงกลมจนครบ ซึ่งต้นไม้ที่อยู่ในแปลงและไม้ขอบแปลงที่พิจารณาแล้วว่าเป็นต้นไม้ในแปลงเท่านั้นที่ถูกนับเป็นตัวอย่าง โดยต้นที่ถูกนับได้ทำการเก็บข้อมูลโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height) ความสูงทั้งหมด (total height) และความสูงที่ทำเป็นสินค้าได้ (merchantable height)

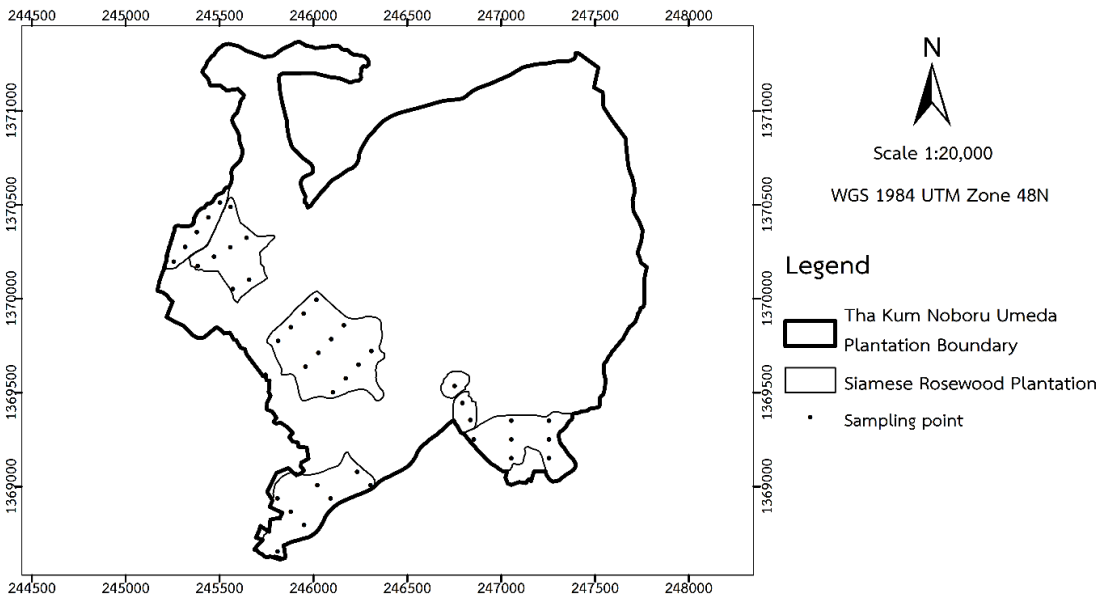

Figure 2 The distribution of sampling points in the Siamese Rosewood plantation.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. จำแนกข้อมูลประชากรตามขนาดความโตและคำนวณขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้พะยูงที่ได้จากการสำมะโนประชากร โดยทำการสร้างตารางข้อมูลเบื้องต้นของสวนป่าไม้พะยูง และสร้างตารางหมู่ไม้ (stand table) แบ่งตามชั้นขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก รวมถึงทำการคำนวณขนาดพื้นที่หน้าตัด (basal area) ของไม้พะยูง

2. คำนวณจำนวนต้นของไม้พะยูงในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธีการชักตัวอย่างแบบจุด โดยใช้วิธีการคำนวณของ Prasomsin and Duangsathaporn (2005) ดังนี้

$$NA_i = BAF\left(\sum \frac{1}{B_{ij}}\right)$$

BA_i = จำนวนต้นไม้ตัวอย่างในจุดสำรวจที่ i $\times$BAF

กำหนดให้ NA_i คือ จำนวนต้นไม้ของจุดสำรวจที่ i (ต้นต่อเฮกตาร์)

BA_i คือ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้พะยูงในจุดสำรวจที่ i (ตารางเมตรต่อเฮกตาร์)

BAF คือ ค่าคงที่หรือขนาดช่องส่องของเครื่องมือที่ใช้

B_{ij} คือ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้พะยูงต้นที่ j ในจุดสำรวจที่ i

J คือ ไม้พะยูงต้นที่ 1, 2, 3, ...

i คือ จุดสำรวจที่ 1, 2, 3, ...

3. เปรียบเทียบข้อมูลจากการสำมะโนประชากร และข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้เทคนิคการทดสอบค่าเฉลี่ย (one sample t-test) ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสำมะโนประชากรเป็นค่ามาตรฐานในการทดสอบ และการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative error) เพื่อหาความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ได้จากการสำมะโนประชากรและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธีชักตัวอย่างแบบจุด โดยคำนวณได้จากสมการ (Nunak and Suesut, 2012)

Relative error (%)

$$= \left| \frac{\text{ค่าจากการประมาณ} - \text{ค่าประชากร}}{\text{ค่าประชากร}} \right| \times 100$$

ผลและวิจารณ์

ข้อมูลการสำมะโนประชากร

ข้อมูลเบื้องต้นของสวนป่าไม้พะยูงสามารถแบ่งออกตามปีที่ปลูกได้เป็น 3 ปีปลูก ได้แก่ พ.ศ. 2522 พ.ศ. 2523 และ พ.ศ. 2526 แต่ละปีปลูกมีอายุเท่ากับ 42, 41 และ 38 ปี ตามลำดับ โดยที่ปีปลูก พ.ศ. 2522 และ พ.ศ. 2526 มีระยะปลูกที่ 4 × 4 เมตร ส่วนปีปลูก พ.ศ. 2523 มีระยะปลูก 4 × 6 เมตร ซึ่งในแต่ละปีปลูกแบ่งออกเป็นแปลงปลูกย่อย ๆ เนื่องจากในบางปีปลูกพื้นที่ของแปลงกระจายตัวอยู่ห่างกัน ทำให้แบ่งออกได้เป็นแปลงปลูกย่อยทั้งหมด 6 แปลง ได้แก่ แปลงปลูก 2522/1, 2523/1, 2523/2, 2523/3, 2526/1 และ 2526/2 คิดเป็นพื้นที่รวมทั้งหมด 450.98 ไร่ หรือ 72.16 เฮกตาร์ โดยแปลงปลูก 2522/1 มีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 24.08 เฮกตาร์ ส่วนแปลงปลูก 2523/3 มีพื้นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 3.68 เฮกตาร์ ดัง Table 1

Table 1 Information regarding the age of trees, spacing, and area of the Siamese Rosewood plantation.

Planting plot	Age (years)	Spacing (m)	Area (ha)
2522/1	42	4 × 4	24.08
2523/1	41	4 × 6	15.14
2523/2	41	4 × 6	12.88
2523/3	41	4 × 6	3.68
2526/1	38	4 × 4	5.36
2526/2	38	4 × 4	11.02

จากข้อมูลประชากรไม้พะยูงที่ได้มีการสำรวจไว้โดยสวนป่าท่ากุ่ม โนโบรุ อุเมดะ นำมาจำแนกข้อมูลจำนวนต้นตามชั้นขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งแบ่งตามอายุไม้ พบว่าไม้พะยูงมีจำนวนมากที่สุดในชั้นความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 20 - 30 เซนติเมตร ในทุกชั้นอายุ โดยแปลงปลูกไม้พะยูงอายุ 38 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยใหญ่ที่สุดเท่ากับ 30.09±11.03 เซนติเมตร และมีความหนานแน่นเท่ากับ 129 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วนแปลงปลูกอายุ 41 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 25.45±9.30 เซนติเมตร มีความหนาแน่นมากที่สุดเท่ากับ 137 ต้นต่อเฮกตาร์ และแปลงปลูกอายุ 42 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 26.41±9.06 เซนติเมตร และมีความหนานแน่นท่ากับ 133 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยความแตกต่างของจำนวนไม้พะยูงในแต่ละชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางพบว่า แปลงปลูกอายุ 41 ปี มีความแปรปรวนมากที่สุด รองลงมาคืออายุ 42 และ 38 ปี มีค่าเท่ากับ 452,594.20, 218,577.00 และ 63,017.89 ตามลำดับ ดัง Table 2

ปริมาณผลผลิตในรูปของขนาดพื้นที่หน้าตัด พบว่า สวนป่าท่ากุ่ม โนโบรุ อุเมดะ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้พะยูงรวมทั้ง 3 ชั้นอายุเท่ากับ 615.15 ตารางเมตร โดยแปลงปลูกไม้อายุ 38 ปี มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 10.36 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ แปลงปลูกอายุ 42 และ 41 ปี มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเท่ากับ 8.10 และ 7.90 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ดัง Table 3

Table 2 Diameter at breast height (DBH) classes of Siamese Rosewood plantation.

DBH class (cm)	Number of trees		
	38 years	41 years	42 years
10 - 20	405	1,337	858
20 - 30	710	1,767	1,277
30 - 40	598	943	788
40 - 50	289	230	234
50 - 60	78	52	26
> 60	24	11	1
total	2,104	4,340	3,184
Average DBH (cm)	30.09±11.03	25.45±9.30	26.41±9.06
Tree density (trees ha^{-1})	129	137	133
Variance	63,017.89	452,594.20	218,577.00

Table 3 Basal area of the Siamese Rosewood plantation under various DBH classes.

DBH Class	Basal area (m^2)		
	38 years	41 years	42 years
10 - 20	8.27	25.85	17.71
20 - 30	35.27	87.53	62.53
30 - 40	56.83	86.90	73.19
40 - 50	44.02	34.18	35.31
50 - 60	17.67	11.92	6.00
> 60	7.70	3.96	0.31
total	169.76	250.34	195.05
Average (m^2 ha^{-1})	10.36	7.90	8.10

ข้อมูลการสำรวจด้วยวิธีการชักตัวอย่างแบบจุด

การประเมินจำนวนต้นของไม้พะยูงจากการสำรวจด้วยวิธีชักตัวอย่างแบบจุด พบว่า จำนวนต้นที่ประเมินได้มีแนวโน้มคล้ายคลึงกับโครงสร้างหมู่ไม้ของประชากร โดยไม้พะยูงส่วนใหญ่อยู่ในชั้นขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 - 30 เซนติเมตร เพียงแต่ในแปลงปลูกอายุ 38 และ 41 ปี มีความแตกต่างเนื่องจากจำนวนต้นไม้ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 - 20 เซนติมเมตร มีปริมาณมากกว่าในชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 – 30 เซนติเมตร ในบาง BAF ส่วนแปลงปลูกอายุ 42 ปี พบว่าไม่มีไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 60 เซนติเมตร ใน BAF ทุกขนาด เพราะจากข้อมูลประชากรในแปลงปลูกนี้มีไม้ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 60 เซนติเมตร มีเพียง 1 ต้น ทำให้โอกาสสำรวจพบจากการสุ่มเลือกตัวอย่างนั้นมีน้อยมาก ขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยในแปลงปลูกอายุ 38 ปี BAF 2 มีขนาดใกล้เคียงกับประชากรมากที่สุดเท่ากับ 27.33±10.8 เซนติเมตร ส่วนแปลงปลูกอายุ 41 และ 42 ปี BAF 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยใกล้เคียงที่สุดเท่ากับ 24.00±9.8 และ 26.40±7.6 เซนติเมตร ส่วนความหนาแน่นของไม้พะยูงจากการประเมินด้วย BAF 2, 1 และ 4 มีค่าใกล้เคียงกับค่าประชากรในแต่ละแปลงปลูกมากที่สุดเท่ากับ 131, 201 และ 157 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และความแปรปรวนของจำนวนต้นในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีค่าสูงกว่าค่าประชากรในทุก BAF โดยค่าของ BAF ขนาดเดียวกันในแปลงปลูกแต่ละชั้นอายุมีลำดับความแปรปรวนเหมือนกับข้อมูลประชากร คือ แปลงปลูกอายุ 41 ปี มีความแปรปรวนมากที่สุดแต่ละขนาด BAF มีค่าเท่ากับ 1,359,657, 1,580,989, 1,823,404 และ 1,952,004 ตามลำดับ รองลงมาคืออายุ 42 และ 38 ปี ดัง Table 4

Table 4 Diameter at breast height (DBH) classes determined through the point sampling method.

DBH class (cm)	Number of trees											
	38 years				41 years				42 years			
	BAF 1	BAF 2	BAF 3	BAF 4	BAF 1	BAF 2	BAF 3	BAF 4	BAF 1	BAF 2	BAF 3	BAF 4
10 - 20	926	638	801	853	2,703	2,799	3,101	3,102	1,258	870	705	940
20 - 30	705	770	1,218	838	2,227	2,603	2,692	2,905	1,557	1,755	1,863	1,798
30 - 40	465	484	783	259	1,107	1,234	1,496	1,408	1,017	1,003	909	836
40 - 50	125	168	247	227	295	388	422	483	344	462	317	216
50 - 60	52	81	119	77	34	43	65	32	18	37	0	0
> 60	5	11	16	21	12	24	36	21	0	0	0	0
total	2,278	2,151	3,184	2,275	6,377	7,090	7,811	7,811	4,194	4,126	8,024	3,790
Average*	24.55±10.4	27.33±10.8	25.92±11.3	25.04±11.7	23.19±9.4	23.76±9.6	23.72±10.1	24.00±9.8	26.11±9.2	27.52±9.2	27.34±7.8	26.40±7.6
Density**	139	131	194	139	201	224	246	253	174	171	158	157
Variance	144,894	99,556.46	224,780	138,361	1,359,657	1,580,989	1,823,404	1,952,004	445,589	444,024	498,986	493,609

Remark * : Average DBH (centimeter) ** : Tree density (trees/hectare)

จากการประเมินปริมาณไม้ในรูปของขนาดพื้นที่หน้าตัด พบว่า ในแปลงปลูกไม้พะยูงอายุ 38 ปี ขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยจาก BAF 2 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 8.17 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ส่วน BAF 1 และ 3 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 7.50 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ แปลงปลูกอายุ 41 ปี ขนาด BAF 3 มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยมากที่สุด ส่วน BAF 1 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 13.17 และ 10.11 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ตามลำดับ และแปลงปลูกอายุ 42 ปี BAF 2 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 11.33 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ขณะที่ BAF 4 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 9.33 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ดัง Table 5

Table 5 Basal area determined using the point sampling method.

Age class	Basal area ($m^2 ha^{-1}$)			
	BAF 1	BAF 2	BAF 3	BAF 4
38	7.50	8.17	7.50	7.67
41	10.11	11.78	13.17	13.11
42	10.50	11.33	10.00	9.33

การเปรียบเทียบข้อมูลการสำรวจ

ขนาดพื้นที่หน้าตัดจากการสำมะโนประชากรและการสำรวจด้วยวิธีการชักตัวอย่างแบบจุดโดยใช้ BAF ขนาดต่าง ๆ พบว่าในแปลงปลูกอายุ 38 ปี BAF 2 มีความแตกต่างน้อยที่สุดเท่ากับ 2.19 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ส่วนแปลงปลูกอายุ 41 ปี BAF 1 มีความแตกต่างน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.21 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และแปลงปลูกอายุ 42 ปี BAF 4 มีความแตกต่างน้อยที่สุดเท่ากับ 1.23 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ (Table 6) จากนั้นทำการทดสอบค่าเฉลี่ยระหว่างขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของประชากรและตัวอย่าง ผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จาก BAF 1 ถึง 4 ในแปลงปลูกอายุ 38 และ 42 ปี กับค่าประชากรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนในแปลงปลูกอายุ 41 ปี พบว่าขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยจาก BAF 2, 3 และ 4 กับค่าประชากรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากมีจุดสำรวจที่ขนาดพื้นที่หน้าตัดมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามขนาด BAF ที่ใหญ่ขึ้น แสดงให้เห็นว่ามีไม้พะยูงที่ถูกนับเป็นตัวอย่างจำนวนมากถึงแม้จะใช้ BAF ที่ขนาดใหญ่ขึ้นแล้วก็ตาม อาจเป็นเพราะตำแหน่งของจุดสำรวจอยู่ในบริเวณที่มีจำนวนไม้พะยูงค่อนข้างมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นของแปลงปลูกอายุ 41 ปี ที่สูงกว่าแปลงอื่น ๆ ดังนั้นเมื่อคำนวณขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยจึงได้ผลลัพธ์ที่มีค่าสูงกว่าความเป็นจริง (overestimates) ค่อนข้างมาก โดยค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของ BAF 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 49.12, 66.71 และ 68.82 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 7)

Table 6 The differences between the basal area estimates obtained from census and point sampling method.

Age class	Difference value (m^2 ha^{-1})			
	BAF 1	BAF 2	BAF 3	BAF 4
38	2.86	2.19	2.86	2.69
41	2.21	3.88	5.29	5.21
42	2.40	3.23	1.90	1.23

Table 7 Results of one sample t-test analysis and relative error of the basal area data.

Age class	p-value				Relative error (%)			
	BAF 1	BAF 2	BAF 3	BAF 4	BAF 1	BAF 2	BAF 3	BAF 4
38	0.189	0.436	0.317	0.292	27.61	21.18	27.61	26.00
41	0.144	0.022*	0.006**	0.004**	28.02	49.12	66.71	68.82
42	0.425	0.315	0.537	0.711	29.60	39.89	23.43	15.20

Remark * : significant difference at $p<0.05$ ** : significant difference at $p<0.01$.

จากค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของ BAF ขนาดต่าง ๆ ที่แสดงถึงความแตกต่างของผลการสำรวจจากการสำมะโนประชากรและการสำรวจด้วยวิธีชักตัวอย่างแบบจุด พบว่าแปลงปลูกอายุ 38 ปี คือ BAF 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดเท่ากับ 21.18 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแปรปรวนและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณเท่ากับ 88.33 และ 2.71 ตามลำดับ ส่วนแปลงปลูกอายุ 41 ปี BAF 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดเท่ากับ 28.02 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแปรปรวนและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 37.52 และ 1.44 ตามลำดับ และแปลงปลูกอายุ 42 ปี พบว่า BAF 4 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์น้อยที่สุดเท่ากับ 15.20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแปรปรวนและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 126.06 และ 3.24 ซึ่งเมื่อพิจารณาระหว่างข้อมูลสถิติคือ ค่าความแปรปรวนและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ กับผลการประเมินขนาดพื้นที่หน้าตัด พบว่ามีความไม่สอดคล้องกัน โดยชั้นอายุที่ขนาด BAF มีค่าความแปรปรวนและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยกว่า กลับไม่ได้ให้ผลการประเมินที่ใกล้เคียงกับค่าประชากรมากที่สุด สาเหตุอาจเป็นเพราะตำแหน่งของจุดสุ่มตัวอย่างในบางแปลงปลูกอยู่ในบริเวณที่หมู่ไม้มีชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาแน่นใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดความแปรปรวนของข้อมูลน้อย แต่ไม่ได้ครอบคลุมข้อมูลทุกลักษณะของประชากร ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแต่ละงานสำรวจว่าสามารถยอมรับได้หรือไม่ แต่เนื่องจากงานด้านการสำรวจทรัพยากรป่าไม้โดยทั่วไปเป็นเพียงการสำรวจตัวอย่างเท่านั้น

เกณฑ์ระดับความคลาดเคลื่อนที่มีการกำหนดขึ้นมาจึงเป็นการกำหนดค่าประมาณความผิดพลาดในการสุ่มตัวอย่างที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (allowable error) ซึ่งแตกต่างจากค่าความคลาดเคลื่อนในการศึกษาครั้งนี้ที่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จากการสำรวจตัวอย่างและการสำรวจประชากร ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างขนาด BAF กับสถานภาพของหมู่ไม้ ขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแต่ละชั้นอายุ ในความเป็นจริงแล้วขนาดความโตดังกล่าวนั้นอาจไม่ได้แตกต่างกันมากอย่างชัดเจนจนส่งผลถึงการเลือกขนาด BAF แต่เป็นลักษณะการกระจายตัวของต้นไม้ที่ส่งผลมากกว่า สังเกตได้จากค่าความแปรปรวนของ BAF 4 ที่มีค่ามากกว่า BAF 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่าต้นไม้ในแปลงปลูกอายุ 38 และ 41 ปี กระจายตัวอยู่มสม่ำเสมอมากกว่าแปลงปลูกอายุ 42 ปี ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Temchai (1998) ที่ใช้วิธีการชักตัวอย่างแบบจุดในการสำรวจป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าดงดิบแล้ง และสวนป่าสัก พบว่า BAF 2 นั้นเหมาะกับการใช้ประเมินพื้นที่หน้าตัดในสวนป่าสัก ซึ่งเป็นขนาดเล็กที่สุดเมื่อเทียบกับ BAF ที่ใช้ในป่าเต็งรัง ป่าดงดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ ที่เหมาะกับ BAF 3, 4 และ 8 ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับการศึกษาของ Prongpreecha *et al*. (2019) ที่ทำการเปรียบเทียบโดยใช้เครื่องมือ Relascope ขนาดตั้งแต่ BAF 1 ถึง 10 สำรวจสวนป่าสักแปลงปลูกปี พ.ศ. 2526 ในพื้นที่สงวนชีวภาคห้วยทาก อำเภองาว จังหวัดลำปาง และพบว่า BAF 1 นั้นเหมาะสมที่สุด แสดงให้เห็นว่าสวนป่าหรือพื้นที่ที่มีหมู่ไม้ขึ้นอยู่สม่ำเสมอการเลือกใช้ BAF ขนาดเล็กมีแนวโน้มที่จะเหมาะสมมากกว่า

จากการเปรียบเทียบผลการประเมินขนาดพื้นที่หน้าตัดจากการสำรวจทั้ง 2 วิธี เพื่อพิจารณาขนาด BAF ที่เหมาะสม พบว่า BAF 1 เหมาะสมกับสวนป่าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 25.45 เซนติเมตร มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ 137 ต้นต่อเฮกตาร์ ขณะที่สวนป่าที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 26.41 และ 30.09 เซนติเมตร มีความหนาแน่น 133 และ 129 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ขนาด BAF 1, 2, 3 และ 4 มีความเหมาะสมในการใช้สำรวจเช่นเดียวกัน โดยผลการสำรวจที่ได้จาก BAF ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นไม่แตกต่างจากค่าประชากรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการสำรวจครั้งนี้พบจำนวนต้นไม้เฉลี่ย 8 ต้นหรือประมาณ 2 – 14 ต้นต่อจุดสำรวจ ซึ่งมีจำนวนน้อยกว่าที่ Husch *et al*. (2003) อธิบายไว้ว่าควรมีต้นไม้ที่ถูกนับเป็นตัวอย่าง 10 - 20 ต้นต่อจุดสำรวจ หรือ 6 - 16 ต้นต่อจุดสำรวจ จากการศึกษาของ West (2004) เนื่องจากจุดสำรวจที่พบต้นไม้ตัวอย่างส่วนใหญ่พบเพียง 1 - 5 ต้น คิดเป็นสัดส่วน 46.99 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามแม้ว่าทำการเลือกใช้ขนาด BAF เหมาะสมกับสภาพหมู่ไม้ในพื้นที่ที่จะทำการสำรวจแล้ว การสำรวจด้วยตัวอย่างย่อมมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ ซึ่งในแต่ละพื้นที่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจจะมีความแตกต่างกัน ดังนั้นหากต้องการผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงอาจต้องทำการสำรวจให้ละเอียดมากขึ้น แต่อาจเพิ่มมาด้วยการลงทุนที่สูงขึ้นทั้งด้านงบประมาณ ระยะเวลา หรือกำลังคน

สรุป

จากการเปรียบเทียบผลการประเมินขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้ที่ได้จากการสำมะโนประชากรและการสำรวจด้วยวิธีการชักตัวอย่างแบบจุดพบว่า ขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยต่อเฮกตาร์ของ BAF 1, 2, 3 และ 4 มีค่าแตกต่างจากค่าประชากรอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสามารถสรุปการเลือกใช้ขนาด BAF ได้ว่า BAF 1 มีความเหมาะสมในการสำรวจสวนป่าที่มีขนาดความ

โตเฉลี่ย 25.32 - 29.32 เซนติเมตร ความหนาแน่น 130 - 137 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วนขนาด BAF 2, 3 และ 4 เหมาะกับสวนป่าที่มีความโตเฉลี่ย 26.41 - 30.09 เซนติเมตร และความหนาแน่น 129 - 133 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจพื้นที่สวนป่าอื่น ๆ ได้จากการพิจารณาสถานภาพของสวนป่าที่ต้องการสำรวจเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกใช้ขนาด BAF ให้เหมาะสม เพื่อประเมินปริมาณผลผลิตในรูปของขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้ ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดต่อหน่วยเนื้อที่กับปริมาณผลผลิตในรูปอื่น ๆ เช่น ปริมาตรของเนื้อไม้หรือน้ำหนักสด เพื่อเพิ่มความสะดวกในการประเมินปริมาณไม้ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

REFERENCES

Department of National Park Wildlife and Plant Conservation. 2014**. Forest Inventory and Assessment of Carbon Sequestration Forest Area.** The Agricultural Cooperative Federation of Thailand, Bangkok. (in Thai)

Forest Industry Organization. 2018. **Logging in Teak Plantation Handbook.** Forest Industry Organization. (Unpublished manuscript). (in Thai)

Hovind, H.J. and C.E. Rieck**.** 1961. **Basal Area and Point Sampling Interpretation and Application.** The Wisconsin Conservation Department, Wisconsin.

Husch, B., T.W. Beers and J.A. Kershaw. 2003**. Forest Mensuration**. 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

Lakarnchua, S. 2004. **Log Grading and Merchantable Volume of Teak: A Case Study of Thong Pha Phum Plantation, Amphoe Thong Pha Phum, Changwat Kanchanaburi.** M.S. Thesis, Kasetsart University**.** *Cited* Attebring, J. and T. Jonsson. 1999. FIO organizational development project forest certification. *In* **Executive Status Report September 29.** Bangkok. (in Thai)

Mendoza, G.A., B.B. Bare and Z. Zhou. 1993. A fuzzy multiple objective linear programming approach to forest planning under uncertainty. **Agric. Syst.** 41 (3): 257-274

Nunak, N. and T. Suesut. 2012. **Measurement and Instrumentation**. Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. (in Thai)

Prasomsin, P. 2005. **Sampling Techniques in Forest Resources Inventory**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Prasomsin, P. and K. Duangsathaporn. 2005. **Field Forest Mensuration Handbook.** Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Prongpreecha, K., P. Lumyai, K. Palakit and P. Prasomsin. 2019. Comparison of basal area factor (BAF) in teak plantation inventory planted in 2526 B.E.: a case study of Huai Thak biosphere reserve,

Ngao district, Lampang province, pp. 525-533. *In* **Forest Conference 2019.** August 19–21, 2019. Forest Industry Organization. Bamgkok. (in Thai)

Sukwong S. 1974. **Sampling Techniques of Forest Inventory**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Temchai, T. 1998**. Application of Point Sampling in Forest Resource Inventory at Mae Ngao Demonstration Forest, Amphoe Ngao, Changwat Lampang.** M. S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Thammincha, S. 1983. **Sampling Method in Forest Resource.** Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Wacharakitti, S. 1982**. Forest Resources Inventory.** Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok (in Thai)

West, P.W. 2004. **Tree and Forest Measurement.** Springer-Verlag Berlin, Germany