

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย เทคนิคการเพิ่มผลผลิตสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก
แผนงาน การจัดการสวนป่าสักอย่างยั่งยืนเพื่อเกษตรกร



ส่วนงานวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้
กรมป่าไม้

2560

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัย เทคนิคการเพิ่มผลผลิตสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก (High productivity techniques for teak plantation)

จัดทำโดย

นายทศพร วัชรานุกร	ข้าราชการบำนาญ	ที่ปรึกษาโครงการวิจัย
นางวรพรรณ หิมพานต์	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ	หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย
นายสุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ	หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย
นางวิลาวัลย์ วิเชียรนพรัตน์	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ	หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย

ส่วนงานวิจัย

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

2560

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย เทคนิคการเพิ่มผลผลิตสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคในด้านต่างๆ เพื่อการเพิ่มผลผลิตในสวนป่าสัก ได้แก่ การตัดขยายระยะ การสืบทอดพันธุ์แบบลดค่าใช้จ่ายโดยการแตกหน่อ การปรับปรุงดินและการคัดเลือกสักพันธุ์ดีสำหรับการปลูกสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมถึงการปรับปรุงตารางผลผลิตสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่สวนป่าเอกชน สวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และดำเนินการทดลองในพื้นที่ศูนย์เมล็ดพันธุ์ไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนงานวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

ผลการศึกษาพบว่า การตัดขยายระยะ ช่วยปรับปรุงการเติบโตและผลผลิตของหมู่ไม้ หลังการตัดขยายระยะเช่นเดียวกับขนาดของต้นสักรายต้น และมีแนวโน้มว่าจะให้ผลดีต่อรูปทรงของสัก ซึ่งจะได้ผลชัดเจนเมื่อตัดขยายระยะเมื่อสักเริ่มมีการแก่งแย่ง การสืบทอดพันธุ์โดยการแตกหน่อหลังจากการตัดครั้งสุดท้ายทำให้สักมีการเติบโตสูงกว่าการปลูกใหม่ในระยะแรก การจัดการให้เหลือเพียง 1 นหน่อ เพื่อการเติบโตและรูปทรงที่ดี การแตกหน่อเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการจัดการสวนป่าสักแบบลดค่าใช้จ่าย โดยเฉพาะในระยะแรก สายพันธุ์สักที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้แก่ สายพันธุ์ 3 bb/38 ซึ่งมีลักษณะการเติบโตและรูปทรงอยู่ในเกณฑ์ดี การปรับปรุงดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อการปลูกสักพบว่าการใส่โดโลไมต์และปุ๋ยเคมีจะทำให้ต้นสักมีการเติบโตดีที่สุดในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูง ส่วนแบบจำลองการคาดคะเนผลผลิตของสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ปรับปรุงขึ้นใหม่โดยใช้แบบจำลอง Gompertz จะให้ค่าที่แม่นยำและเที่ยงตรงสูงกว่าแบบจำลองอื่นๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้สร้างตารางผลผลิตสำหรับสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้ต่อไป

ผลงานวิจัยนี้จะสามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมการปลูกสวนป่าสักและการจัดการสวนป่าสัก โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งคาดว่าผลที่ตามมาคือเจ้าของสวนป่าสักสามารถนำเทคนิคไปใช้ในการจัดการสวนป่าสักให้ได้รับผลผลิตคุ้มค่า รวมทั้งเป็นการเพิ่มพื้นที่สวนป่าเศรษฐกิจของประเทศไทยอีกด้วย

คำสำคัญ : สัก การตัดขยายระยะ ปรับปรุงดิน ทดสอบแม่ไม้ แตกหน่อ

ตารางคาดคะเนผลผลิต

ABSTRACT

The purposes of productivity increasing techniques for teak plantation project were to study the various techniques of increasing productivity in teak plantation: such as thinning, low cost regeneration by coppicing, soil Improvement and clonal selection in the Northeast region, This also includes the improvement of yield prediction tables of teak plantation in the Northeast region of Thailand. This study was conducted in teak plantations of privates, farmers, Forest Industry Organization and experimental plots in the Northeastern Seed Center, Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department

The study indicated that thinning helped to improve the growth and yield of stands likewise individual tree size and tended to have positive effects on stem formation. The result can be clearly found in the early stage of thinning. The coppiced regeneration after last clear cutting resulted in higher growth than replanting. Management by leaving only best 1 sprout is better for the growth and stem formation. Coppice is another alternative for low cost management especially in the first stage. For planting teak in the Northeastern region, the clone number 3bb / 38 showed especially good performance in growth and stem formation. The soil improvement methods showed that the plots with both dolomite and chemical fertilizer offered the greatest teak growth, both DBH and height. The Gompertz model provides the yield prediction highly precise and accurate values than other models. This can be used to create a teak yield table in the Northeast of Thailand.

The results of this research can be used to promote teak plantation and teak forest management, especially in the Northeastern region of Thailand. It is expected that these techniques can be applied by the owner of the teak plantations to obtain better economic return, including expanding area of the economic forest plantation in Thailand.

Keywords : Teak Thinning Soil improvement Clonal test Coppice Yield prediction table

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้อยู่ภายใต้โครงการวิจัยร่วมระหว่างสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติ แห่งประเทศญี่ปุ่น (Japan International Research Center for Agricultural Science : JIRCAS)

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณเจ้าของพื้นที่ทุกท่าน ได้แก่ คุณลุงบุญเพ็ญ นวลฉวี เจ้าของสวนป่าสักในจังหวัดลพบุรี และครอบครัว คุณสนทยา วรรณกุล คุณลุงเลิศ บุญกว้าง และคุณลุงประเพียร ผาโคตร เจ้าของสวนป่าสักในจังหวัดหนองบัวลำภู คุณไกรสร สว่างเดชารักษ์ เจ้าของสวนป่าและพนักงานของโรงเลื่อยจักรท่าเสา จังหวัดอุตรดิตถ์ รวมทั้งหัวหน้าสวนป่าทองผาภูมิ หัวหน้าสวนป่าท่าปลา และพนักงานเจ้าหน้าที่ทุกท่าน องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่สำหรับการวางแผนศึกษาวิจัยและเก็บข้อมูล ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณปัญญา ปีเลียน และคุณนิพนธ์ เกตุก้อง เจ้าหน้าที่ของสวนวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่ร่วมเก็บข้อมูลในพื้นที่ และโครงการวิจัยชิ้นนี้จะสำเร็จลงไม่ได้หากขาดผู้ที่เป็นทั้งผู้ริเริ่มโครงการ หัวหน้าชุดโครงการวิจัย และหัวหน้าโครงการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณทศพร วัชรวงกูร ชำราชการบำนาญ เป็นอย่างสูง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	IX
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
การทดลองตัดขยายระยะในสวนป่าสัก	13
บทคัดย่อ	14
บทนำ	16
วิธีการศึกษา	17
ผลการศึกษา	21
วิจารณ์ผล	48
สรุปผล	51
ข้อเสนอแนะ	52
กิตติกรรมประกาศ	52
การปรับปรุงตารางคาดคะเนผลผลิตสวนป่าสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	53
บทคัดย่อ	54
บทนำ	55
วิธีการศึกษา	56
ผลการศึกษา	61
สรุปและอภิปรายผล	72
กิตติกรรมประกาศ	73

สารบัญ

	หน้า
การศึกษาการเติบโตของสักแตกหน่อ	74
บทคัดย่อ	75
บทนำ	76
วิธีการศึกษา	76
ผลการศึกษา	79
สรุปและอภิปรายผล	100
กิตติกรรมประกาศ	101
ผลการทดสอบสายพันธุ์ของสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	102
บทคัดย่อ	103
บทนำ	106
วิธีการศึกษา	104
ผลการศึกษา	107
สรุปและอภิปรายผล	110
กิตติกรรมประกาศ	111
การปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตสวนป่าสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	112
บทคัดย่อ	113
บทนำ	114
วิธีการศึกษา	115
ผลการศึกษา	118
สรุปและอภิปรายผล	120
กิตติกรรมประกาศ	120
เอกสารอ้างอิง	121

สารบัญตาราง

Table		หน้า
1-1	Details of experimental plots of thinning project	17
1-2	Stand characteristics of Den Dan plantation before, just after 4-year and 5-year after thinning (mean + S.D.)	23
1-3	Stand characteristics of Terd Damri plantation before, just after and 5-year after thinning (mean + S.D.)	26
1-4	Stand characteristics of Suwan Khuha plantation before, just after and 4-year after thinning (mean + S.D.)	29
1-5	Stand volume production (m ³) in stands with different thinning intensities of Den Dan plantation	36
1-6	Decrease of annual stand volume increment of Den Dan plantation	38
1-7	Stand volume production (m ³) in stands with different thinning intensities of Terd Damri plantation	39
1-8	Change of annual stand volume increment of Terd Damri plantation	40
1-9	Stand volume production (m ³) in stands with different thinning intensities of Suwan Khuha plantation	41
1-10	Increase of annual stand volume increment of Suwan Khuha plantation	42
1-11	Parameters of tree attributes associated with quality of stem form of Den Dan plantation	46
1-12	Parameters of tree attributes associated with quality of stem form of Terd Damri plantation	47
1-13	Parameters of tree attributes associated with quality of stem form of Suwan Khuha plantation	47
2-1	Summary of the characteristics of the sample plots, as computed from 322 observations used for constructing site index function in this study	62
2-2	Non-linear mathematical models considered the candidate models	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

Table		หน้า
2-3	Parameter estimates for the non-linear dominant height-age model	63
2-4	Performance criteria of the four non-linear dominant height-age model for constructing site index equation	64
2-5	Summary of the characteristics of 35 temporary plots used for model validation	69
2-6	The results of paired sample t-test of the yield predictions	69
2-7	Summary of the indicator values used to evaluate the performance of the yield prediction models	71
3-1	Details of experimental plots of the growth of coppiced teak	77
3-2	Mean values with standard deviation of growth performance and comparison between teak from thinned stump, final cut stump and new planted at Thong Pha Phoom Plantation, FIO, Kanchanaburi Province	80
3-3	Mean values with standard deviation of growth performance and comparison between teak from coppicing and planting at Tha Pla Plantation, Uttaradit Province	82
3-4	Growth of teaks from planted and coppiced at Den Kratai plantation, Uttaradit Province	83
3-5	Mean values with standard deviation of the relative growth rate of DBH and height, and comparison between teak from coppicing and planting at Den Kratai plantation, 85Uttaradit Province	84
3-6	Mean values with standard deviation of growth performance and comparison between teak from coppicing at Mr. Mr.Loet Bunkwang's plantation, Nong Bua Lam Phu Province	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

Table		หน้า
3-7	Mean values with standard deviation of growth performance and comparison between teak from coppicing at Mr. Praphian Phakhot's plantation, Nong Bua Lam Phu Province	87
3-8	Growth of 10-year of planted and coppiced teaks at Den Kratai plantation, Uttaradit Province	89
3-9	Above-ground biomass and below-ground biomass of 10-year coppiced and planted teaks at Den Kratai plantation, Uttaradit Province	94
3-10	Carbon amount of 10-year coppiced and planted teaks at Den Kratai plantation, Uttaradit Province	95
3-11	Comparison diameter of stump from thinning and clear cutting	96
3-12	Comparison cost of planting and coppicing system in 2x4 m teak plantation	99
4-1	Average of diameter at ground level (DGL) height (H) and current annual increment (CAI) of 1-year-old teak seedlings	108
4-2	Statistics for current annual increment (CAI) of height (H) and diameter at ground level (DGL) of 1-year-old teak seedlings	109
4-3	Average of diameter at ground level (DGL) height (H) and current annual increment (CAI) of 1-year-old teak seedlings clone no. 3bb/38	110
5-1	Soil characteristics in the study area	116
5-2	Height (Ht) and diameter at breast height (DBH) of teak clone no. 38 under different soil treatments	118

สารบัญภาพ

Figure		หน้า
1	Activity cycle for tree improvement	7
2	Value chain from the research project	12
1-1	Mean basal area of Den Dan plantation before, just after and since 5-year after thinning	24
1-2	Mean stem volume of Den Dan plantation before, just after and since 5-year after thinning	24
1-3	Mean basal area of Terd Damri plantation before, just after since 5-year after thinning	27
1-4	Mean stem volume of Terd Damri plantation before, just after since 5-year after thinning	27
1-5	Mean basal area of Suwan Khuha plantation before, just after and since 4-year after thinning	30
1-6	Mean stem volume of Suwan Khuha plantation before, just after and since 4-year after thinning	30
1-7	Mean annual DBH increment of all trees and dominant trees of Den Dan plantation	32
1-8	Mean annual height increment of all trees and dominant trees of Den Dan plantation	32
1-9	Mean annual DBH increment of all trees and dominant trees of Terd Damri plantation	33
1-10	Mean annual height increment of all trees and dominant trees of Terd Damri plantation	34
1-11	Mean annual DBH increment of all trees and dominant trees of Suwan Khuha plantation	35
1-12	Mean annual height increment of all trees and dominant trees of Suwan Khuha plantation	35
1-13	Mean stand volume increment of Den Dan plantation	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

Figure		หน้า
1-14	Total stand volume production of Den Dan plantation	37
1-15	Mean stand volume increment of Terd Damri plantation	39
1-16	Total stand volume production of Terd Damri plantation	40
1-17	Mean stand volume increment of Suwan Khuha plantation	41
1-18	Total stand volume production of Suwan Khuha plantation	42
1-19	Live-crown ratio and slenderness before and after thinning of Den Dan plantation	45
1-20	Artificial form factor before and after thinning of Den Dan plantation	45
1-21	Live-crown ratio and slenderness before and after thinning of Terd Damri plantation	46
1-22	Artificial form factor before and after thinning of Terd Damri plantation	46
1-23	Live-crown ratio and slenderness before and after thinning of Suwan Khuha plantation	47
1-24	Artificial form factor before and after thinning of Suwan Khuha plantation	48
2-1	Scatter plot of dominant tree height (DTH) against stand age for the two data sets used in the study	58
2-2	The characteristics of the measurement plots	62
2-3	Dominant height-growth curves derived from the four candidate non-linear model	65
2-4	SI curve (Gompertz model) constructed in this study versus SI curve (Mitschlich model) in the previous study	65
2-5	Site index curve constructed in this study	67
2-6	Residuals versus predicted values for the sub-model of stem volume, stand volume, stand basal area and stand density	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

Figure		หน้า
3-1	Growth performances of 5.5-year-old teaks from 1 sprout and first sprout coppicing at Farmer's plantation (Mr. Praphian Phakhot), Nong Bua Lam Phu Province	88
3-2	Relationship between DBH^2H with biomass of 10-year coppiced teak at Den Kratai plantation, Uttaradit Province	90
3-3	Relationship between DBH with biomass of 10-year coppiced teak at Den Kratai plantation, Uttaradit Province	91
3-4	Relationship between DBH^2H with biomass of 10-year planted teak at Den Kratai plantation, Uttaradit Province	92
3-5	Relationship between DBH with biomass of 10-year planted teak at Den Kratai plantation, Uttaradit Province	93
3-6	Average DBH and height of coppiced teak from thinned stump and clear cut stump at Nam Ang Plantation, Uttaradit Province	97
3-7	Relationship between diameter of clear cut stump and DBH and height of sprout at Nam Ang Plantation, Uttaradit Province	97
3-8	Relationship between diameter of thinned stump and DBH and height of sprout at Nam Ang Plantation, Uttaradit Province	98
4-1	Planting design (latinized low-column design) of teak clonal test of 25 clones (4 replications x 3 tree plots)	106
4-2	Examples of stem characteristics categorized as straight stem, V-shape, branch and multi-stem (from left to right)	109
4-3	stem characteristics of clone no. 3bb/38	110
5-1	Location of the study site	115
5-2	Lay out of experimental plots	117
5-3	Height of teak clone no. 38 under different soil treatments	119
5-4	Diameter at breast height of teak clone no. 38 under different soil treatments	119

บทนำ

สักเป็นไม้ที่สำคัญมีค่าทางเศรษฐกิจ ในอดีตไม้สักเคยเป็นสินค้าออกที่สำคัญและนำรายได้หลักเข้าสู่ของประเทศไทย ในขณะที่ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่นำรายได้สู่เกษตรกรและประเทศอย่างต่อเนื่อง แต่สำหรับไม้สักกลับต้องนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้าน เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้ลดลง ในปัจจุบันรัฐบาลโดยกรมป่าไม้ได้ส่งเสริมให้ภาคเอกชนและเกษตรกรปลูกป่าไม้เศรษฐกิจโดยให้เข้าร่วมโครงการส่งเสริมปลูกไม้เศรษฐกิจ ซึ่งดำเนินการตั้งแต่ปี 2537 ถึง ปี 2545 โดยให้เงินสนับสนุนการปลูกและดูแลรักษา 3,000 บาท ในระยะเวลา 5 ปี ไม้เศรษฐกิจส่วนใหญ่ที่เกษตรกรปลูกคือไม้สัก นอกจากความต้องการในด้านการจัดการสวนป่าที่ถูกต้องตามหลักวิชาการเพื่อเพิ่มผลผลิตแล้ว การหาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าเพิ่มจากไม้ขนาดเล็ก รวมทั้งการลดค่าใช้จ่ายในการจัดการสวนป่าหลังการตัดขยายระยะหรือการตัดฟันออกจากพื้นที่ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่รัฐควรให้การสนับสนุนและส่งเสริมเกษตรกร

ในปี พ.ศ. 2534 กรมป่าไม้เป็นหน่วยงานหลักที่จะต้องดำเนินงานตามนโยบายของรัฐบาลในการเพิ่มพื้นที่ป่า ซึ่งต้องการกล้าไม้เป็นจำนวนมาก เพื่อใช้สำหรับการดำเนินงานเพิ่มพื้นที่ป่าดังกล่าว และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและขีดความสามารถในการผลิตกล้าไม้ ตลอดจนการปลูกป่า กรมป่าไม้โดยการสนับสนุนของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงได้ขอความช่วยเหลือจากรัฐบาลญี่ปุ่นให้ดำเนินการโครงการส่งเสริมและเพาะชำกล้าไม้ให้เกษตรกรปลูกสร้างสวนป่า (REX project) โดยมีพื้นที่ดำเนินการในท้องที่จังหวัดต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และยังมีโครงการปลูกต้นไม้อื่นๆ ที่ดำเนินการอยู่ในขณะนั้น เช่น โครงการอีสานเขียว เป็นต้น

ปัญหาที่สำคัญของเกษตรกรที่ได้ดำเนินการปลูกสร้างสวนป่า โดยเฉพาะสวนป่าไม้พื้นเมืองที่มีค่าทางเศรษฐกิจ เช่น ไม้สัก ไม้ประดู่ เป็นต้น คือต้องการทราบว่าต้นไม้ที่ปลูกจะสามารถตัดฟันได้เมื่อมีอายุเท่าใด ไม้ที่ตัดออกจากสวนป่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบใดได้บ้าง และสามารถนำไปขายได้ที่ไหนบ้าง ในปี พ.ศ.2549 กรมป่าไม้จึงได้มีโครงการวิจัยร่วมระหว่างกับ Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCAS) แห่งประเทศญี่ปุ่น ภายใต้แผนงานการพัฒนาเทคนิคในการส่งเสริมและบำรุงรักษาพันธุ์ไม้พื้นเมืองที่เป็นประโยชน์และการจัดการแบบบูรณาการด้านเกษตรและป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อพัฒนาเทคนิคทางวนวัฒนวิทยาที่จะนำไปใช้ในการปรับเปลี่ยนสวนป่าไม้โตเร็วที่เป็นพันธุ์ไม้ต่างถิ่น ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยให้เป็นป่าแบบผสม โดยการนำพันธุ์ไม้พื้นเมืองที่มีประโยชน์และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจไปปลูกทดแทน และเพื่อสร้างแบบจำลองการจัดการร่วมกันทางด้านเกษตรและป่าไม้ที่สามารถคาดคะเนผลตอบแทนทางการเงินของเกษตรกร

จากการปลูกสร้างสวนป่า หรือจากการปลูกป่าร่วมกับการทำการเกษตรได้ ทั้งนี้ เพื่อที่จะช่วยให้เกษตรกรผู้ประกอบการปลูกสร้างสวนป่าไม้พื้นเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้สักให้สามารถจัดการสวนป่าไม้พื้นเมืองที่มีค่าทางเศรษฐกิจให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของตลาด และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่คุ้มค่าต่อการลงทุน ซึ่งโครงการดังกล่าวได้ดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2549-2554

เนื่องจากการปลูกสร้างสวนป่าไม้ที่มีรอบตัดฟันยาว เช่น ไม้สัก ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาอันนานจึงจะสามารถจำหน่ายไม้สักให้เกิดรายได้ต่อเกษตรกรได้ ในขณะที่เดียวกันการปลูกสร้างสวนป่าไม้สักในปัจจุบันเป็นการปลูกสร้างสวนป่าเชิงพาณิชย์ที่คำนึงถึงผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุน ดังนั้นเพื่อสร้างความมั่นใจให้กับเกษตรกรที่ได้ลงทุนปลูกสร้างสวนป่าไปแล้ว และเพื่อให้การจัดการสวนป่าไม้สักเป็นการจัดการแบบยั่งยืน (Sustainable management) การศึกษาวิจัยนี้จะทำให้ได้ข้อมูล แนวทาง วิธีการ และเทคนิคที่สำคัญในการจัดการสวนป่าไม้สักทั้งในด้านการเพิ่มผลผลิต และการติดตามความเหมาะสม เพื่อให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนสูงสุดจากการลงทุนปลูกสร้างสวนป่า โดยโครงการนี้จะดำเนินการภายใต้โครงการวิจัยร่วมระหว่างกรมป่าไม้กับ Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCAS) แห่งประเทศญี่ปุ่นต่อเนื่อง (Phase II) ระหว่างปีงบประมาณ 2555-2559

นอกจากนี้ การวิจัยเกี่ยวกับไม้สักในประเทศไทยที่ผ่านมา เป็นการวิจัยด้านการจัดการเมล็ดปรับปรุงพันธุ์ และเทคนิคการปลูกสร้างสวนป่า เป็นส่วนใหญ่ แต่ยังขาดข้อเกี่ยวกับการบำรุงรักษาและการจัดการสวนป่า เช่น การตัดขยายระยะ การลิดกิ่ง การจัดการเพื่อสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ ตลอดจนความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหมู่ไม้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการตัดขยายระยะในสวนป่าสัก พร้อมทั้งพัฒนาการดัชนีคุณภาพพื้นที่ (site index) สำหรับสวนป่าไม้สักในประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาเทคนิคการปรับปรุงดินที่เหมาะสมในแปลงปลูกสัก
3. เพื่อคัดเลือกสักพันธุ์ดีที่เหมาะสมกับการปลูกในพื้นที่ต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และนำไปขยายพันธุ์สู่เกษตรกร
4. เพื่อศึกษาการเติบโตของสักที่สืบพันธุ์โดยวิธีการแตกหน่อ

การตรวจเอกสาร

สัก (*Tectona grandis* L.f) เป็นชนิดพันธุ์ไม้เขตร้อนที่เป็นไม้ใบกว้าง ที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งในตลาดการค้าไม้ซุงท่อนที่มีคุณภาพสูงระหว่างประเทศ ไม้สักมีความคงทนสูง มีความเสถียรคือ ไม่ยืดและหดตัวง่าย และเนื้อไม้มีความสวยงามทำให้เป็นชนิดพันธุ์ไม้ที่มีคุณค่าสูงสำหรับการปลูกสร้างสวนป่า การที่ไม้สักมีอัตราการเจริญเติบโตดี (เมื่อขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่เหมาะสม) และเป็นไม้ใบกว้างที่มีความต้องการใช้ประโยชน์สูงในอุตสาหกรรมต่อเรือยอร์ช ก่อสร้าง และเฟอร์นิเจอร์ ทำให้เป็นทางเลือกที่สามารถทำกำไรเชิงธุรกิจ ป่าไม้ ทั้งทางภาครัฐและเอกชน (Troup, 1921; Tewari, 1992)

ในช่วงเวลา 30 ปี ที่ผ่านมา ปริมาณผลผลิตไม้สักจากป่าธรรมชาติไม่มีความต่อเนื่อง และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด แต่ปริมาณความต้องการใช้ไม้สักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้การปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของผลผลิตและการใช้ประโยชน์ไม้สักจากสวนป่าประเทศต่างๆ ให้ความสนใจในการปรับปรุงผลตอบแทนทางการเงินจากการปลูกสร้างสวนป่าไม้สัก โดยการใช้ประโยชน์ไม้ที่ได้จากการตัดขยายระยะ และไม้เสากลมขนาดเล็ก ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาต่างๆ คือการพัฒนาเทคนิคสำหรับไม้เสากลมขนาดเล็ก การนำไม้แปรรูปขนาดเล็กมาทำเป็นวัสดุขนาดใหญ่กว่า เช่น เฟอร์นิเจอร์ และการศึกษาโอกาสทางการตลาดของไม้ซุงขนาดเล็กและวัสดุต่างๆ ที่ใช้ไม้ขนาดเล็กเป็นองค์ประกอบ (Pandey and Brown, 2000)

1. การปรับปรุงตารางคาดคะเนผลผลิต

ตารางคาดคะเนผลผลิต (Yield prediction table) หรือตารางผลผลิต (Yield table) คือรูปแบบหนึ่งของแบบจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิต (growth and yield model) ของหมู่ไม้ที่แสดงผลการคาดคะเนการเจริญเติบโตและ/หรือผลผลิตด้วยตารางหรือกราฟ วิธีการคาดคะเนการเจริญเติบโตและผลผลิตของหมู่ไม้เกิดขึ้นจากแนวความคิดที่ว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของชนิดพันธุ์ใด ชนิดพันธุ์หนึ่ง หรือหลายชนิดผสมกันมีปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณา ดังนี้

(1) อายุของหมู่ไม้

(2) สมรรถนะการให้ผลผลิต (productive capacity) ของหมู่ไม้หรือพื้นที่ป่า ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะในการให้ผลผลิต ได้แก่ สิ่งมีชีวิต ดิน และภูมิอากาศ ซึ่งในการจัดการป่าไม้ เรียกปัจจัยเหล่านี้ในภาพรวมว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของพื้นที่ (site variable) ดังนั้น สมการการเจริญเติบโต (growth function) หรือสมการผลผลิต (production function) จึงต้อง

นำปัจจัยทั้งทางด้านชีววิทยา และเทคนิคมาพิจารณาร่วมกัน ปัจจัยดังกล่าวได้แก่ อายุ (age) คุณภาพพื้นที่ (site quality) ปัจจัยเกี่ยวกับดิน (soil variable) ความหนาแน่นของหมู่ไม้ (stand density) โครงสร้างของหมู่ไม้ (stand structure) การปฏิบัติทางวนวัฒนวิทยา (silvicultural treatment) และลักษณะของต้นไม้ (tree characteristics) (Clutter *et al.*, 1983)

การปลูกสร้างสวนป่าไม้สักในประเทศไทยที่เป็นโครงการใหญ่ มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องเริ่มในปี พ.ศ. 2485 โดยกรมป่าไม้ (อำนาจ, 2535) แต่ในช่วงระยะเวลา 60 กว่าปีที่ผ่านมา การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของสวนป่าไม้สัก มีไม่มากนัก โดยเฉพาะการจัดสร้างตารางผลผลิต (Yield table) สมเกียรติ (2535) ได้ศึกษาผลผลิตของสวนป่าไม้สักอายุตั้งแต่ 9-63 ปี ในภาคเหนือของประเทศไทย นำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความสูงและใช้ความสูงเมื่ออายุ 30 ปี มาเป็นตัวกำหนดคุณภาพพื้นที่ (site quality) มี site index curve แบ่งออกเป็น 5 site คือ 14, 17, 20, 23 และ 26 เมตร ผลผลิตต่อไร่ของสวนป่าไม้สักในภาคเหนือของประเทศไทยที่คาดคะเนหรือประมาณได้จากตารางผลผลิต เมื่อใช้รอบหมุนเวียน (rotation) 60 ปี ของ site index 14, 17, 20, 23 และ 26 ปี มีปริมาตรไม้ได้เปลือกที่ทำเป็นสินค้าได้เท่ากับ 25.85, 30.16, 33.90, 37.40 และ 41.48 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวได้ดำเนินการมาประมาณไม่ต่ำกว่า 20-25 ปีมาแล้ว และทำการศึกษาในพื้นที่สวนสักของกรมป่าไม้เท่านั้น

พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2535) ได้ศึกษาดัดชั้นชั้นคุณภาพของพื้นที่ (site index) และผลผลิตของสวนป่าไม้สักที่จังหวัดลำปาง เมื่อปี พ.ศ. 2526 โดยการเก็บข้อมูลในสวนสัก 9 สวน ซึ่งเป็นสวนสักของกรมป่าไม้ และองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ โดยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความสูงเฉลี่ยของต้นไม้ที่มีเรือนยอดเด่นและรองเด่นและจำแนกเป็นดัดชั้นชั้นคุณภาพ จากการใช้ความสูงเฉลี่ยของไม้เมื่ออายุ 30 ปี เป็นดัดชั้นชั้นคุณภาพปานกลาง แล้วแบ่งออกเป็น 5 ชั้นคุณภาพ คือ เลวมาก เลว ปานกลาง ดี และดีมาก (มี site index เป็น 10, 15, 20, 25 และ 30 ปี ตามลำดับ) และได้จัดทำตารางผลผลิตของสวนป่าไม้สักตามชั้นอายุต่างๆ ตั้งแต่ 10-60 ปี โดยแยกออกตามดัดชั้นชั้นคุณภาพของพื้นที่ของสวนป่าไม้สักโดยเฉพาะที่จังหวัดลำปางที่ประมาณการไว้ เมื่อครบรอบตัดฟัน (60 ปี) ในชั้นคุณภาพตั้งแต่เลวมากถึงชั้นคุณภาพที่ดีที่สุด ซึ่งพบว่าปริมาตร รลำต้น (ทั้งต้นเหนือเปลือก) เท่ากับ 51.68, 116.47, 181.24, 246.13 และ 310.91 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ตามลำดับ

ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการสำรวจและประเมินผลผลิตของสวนป่า องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2538-พ.ศ. 2539 โดยทำการสำรวจชนิดพันธุ์ไม้ 9 ชนิด ได้แก่ สัก ยูคาลิปตัส (คามาลดูเลนซิส) ประดู่ เลี่ยน ยางพารา

สะเดาเทียม ตะเคียนทอง กระถินยักษ์ และกระถินเทพา ในสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จำนวน 58 สวน แปลงสำรวจ 933 แปลง แต่สามารถจัดสร้างตารางผลผลิตได้เพียง 3 ชนิด คือ สัก ยูคาลิปตัส และประดู่ (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2539)

การศึกษาริ้วยในต่างประเทศเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองการเติบโต (growth) และตารางผลผลิตของสวนป่าไม้สัก ทำการศึกษาโดย Laurie and Ram (1939), Miller (1969), Abayomi (1984), Islam (1988), Keogh (1966), Akindele (1991), Phillips (1995) and Zambrano (1995) (อ้างโดย Bermejo et. al., 2004)

2. การตัดขยายระยะ

การตัดขยายระยะ (Thinning) เป็นการปฏิบัติทางวนวัฒนวิทยาที่สำคัญประการหนึ่งที่ทำต่อหมุ่ไม้ การตัดขยายระยะมีผลทำให้ความหนาแน่นของหมุ่ไม้ หรือจำนวนต้นต่อหน่วยพื้นที่ลดลง ซึ่งเป็นวิธีการลดการแก่งแย่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมในหมุ่ไม้ และทำให้อัตราการเจริญเติบโตของหมุ่ไม้ภายหลังการตัดขยายระยะแล้วเพิ่ม ซึ่งหมายความว่า ขนาดความโตเฉลี่ยของหมุ่ไม้จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น แบบจำลองของการเจริญเติบโตและผลผลิตของหมุ่ไม้ที่ได้ทำการตัดขยายระยะ จึงแตกต่างจากหมุ่ไม้ที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะ ดังนั้น ในการสร้างตารางผลผลิตของหมุ่ไม้หรือสวนป่าที่ได้ทำการตัดขยายระยะ จึงต้องสร้างแบบจำลองเพื่อคาดคะเนการเจริญเติบโตและผลผลิตของหมุ่ไม้ก่อนการตัดขยายระยะแยกต่างหากจากแบบจำลองของการเจริญเติบโตและผลผลิตภายหลังจากการตัดขยายระยะ จึงจะทำให้การคาดคะเนผลผลิตของสวนป่ามีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ปกติแล้วการตัดขยายระยะต้นไม้อในสวนป่าครั้งแรกนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการสวนป่าเพื่อให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่แล้วจะดำเนินการเมื่อต้นไม้อมีเรือนยอดเปียดชิดกันโดยทั่วไปจะเริ่มดำเนินการครั้งแรกเมื่อต้นไม้อมีอายุ 5 – 7 ปี และดำเนินการครั้งต่อไปทุก 5 ปี (เจริญ และคณะ, 2522) สำหรับวิธีการตัดขยายระยะนั้นมี 4 วิธีประกอบด้วย 1) Low thinning เป็นการตัดไม้อเล็กออก 2) Crown thinning เป็นการตัดไม้อเรือนยอดเด่นออกเพื่อให้ต้นไม้อที่เหลือสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต 3) Selection thinning เป็นระบบเลือกตัด 4) Mechanical thinning เป็นการตัดอย่างมีระบบ เช่น ตัดต้นเว้นต้น ตัดแถวเว้นแถว หรือตัดหนึ่งแถวเว้นสองแถว เป็นต้น อย่างไรก็ตามการจะเลือกวิธีการตัดขยายระยะแบบไหนนั้นจะต้องดูความสม่ำเสมอของต้นไม้อในแปลงปลูก ส่วนที่ปีถึงจะทำการตัดขยายระยะนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่นระยะปลูก อัตราการเจริญเติบโต เป็นต้น ซึ่งพงษ์ศักดิ์ (2529) กล่าวว่ากา

เลือกชนิดไม้หรือพรรณไม้ที่จะปลูกลงนั้น จะต้องคำนึงถึงระยะปลูก อัตราการรอดตาย เป้าหมายของผลผลิตที่คาดหวังเมื่อครบรอบตัดฟันตลอดจนการปฏิบัติทางวนวัฒนในการจัดการสวนป่า ตลอดจนชนิดของเครื่องมือที่ทำไม้ออกเมื่อต้นไม้โตถึงระยะตัดฟัน

3. การจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตไม้

สามารถดำเนินการได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ความเหมาะสมของสภาพ เศรษฐกิจ ลักษณะพื้นที่ ชนิดไม้ และความรู้พื้นฐานของผู้ดำเนินการ อย่างไรก็ตามถ้าจะกล่าวถึงวิธีการปรับปรุงดินที่เหมาะสมกับการเพิ่มผลผลิตของการปลูกสร้างสวนป่าไม้เศรษฐกิจที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบันที่สะดวกและรวดเร็วแล้ว การใส่ปุ๋ยนับว่าเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และเป็นที่ยอมรับมากที่สุด แต่แนวโน้มราคาน้ำมันที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลกระทบต่อ ราคปุ๋ยโดยตรงทำให้เกิดสถานการณ์ปุ๋ยแพง หรืออาจจะกล่าวได้ว่าเกิดภาวะวิกฤตปุ๋ยเคมีซึ่ง เพิ่มภาระให้แก่เกษตรกรโดยตรง ถ้าเกษตรกรมีรายได้น้อยไม่สามารถจัดซื้อปุ๋ยมาใช้เพื่อเพิ่ม ผลผลิตได้ก็จะทำให้ผลผลิตตกต่ำ ส่งผลต่อการลดลงของรายได้ เมื่อประกอบกับสภาวะ อาหารมีราคาสูงขึ้นด้วยแล้วก็จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชีวิตรวมถึงสุขภาพจิตของทุกคนใน ครอบครัวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงดินในสภาวะดังกล่าวที่น่าจะเป็น ทางเลือกและทางออกที่ดีคือใช้วิธีการปรับปรุงดินแบบผสมผสาน

ปุ๋ยเป็นสารที่เราใส่ลงไปดินเพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดิน ถ้าปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของ สารอินทรีย์จะสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินได้ด้วย ปุ๋ยที่ใช้ทางการเกษตร แบ่ง ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ ในอดีตเกษตรกรเน้นปุ๋ยเคมีเป็น หลักเนื่องจากสะดวก รวดเร็วและเห็นผลชัดเจน ซึ่งปุ๋ยทั้ง 3 ประเภทดังกล่าวมีข้อดีและข้อด้อย และข้อควรระวังในการใช้ที่แตกต่างกัน เช่น ปุ๋ยเคมีสามารถให้ธาตุอาหารแก่พืชได้ตามปริมาณ ที่ต้องการ โดยการเลือกใช้ปุ๋ยที่มีอัตราส่วนของธาตุอาหารหลักที่เหมาะสม เสียค่าใช้จ่ายต่ำใน การใส่ปุ๋ย มีให้เลือกแบบปุ๋ยที่ละลายได้เลยและปุ๋ยละลายช้า แต่ไม่สามารถเพิ่มอินทรียสารใน ดินและปรับปรุงคุณภาพทางฟิสิกส์ของดิน ซึ่งข้อด้อยของปุ๋ยบางประเภทก็สามารถชดเชยด้วย ข้อดีของปุ๋ยอีกประเภทหนึ่งได้ การเข้าใจเรื่องคุณสมบัติของปุ๋ย การเป็นประโยชน์ของปุ๋ยในดิน ที่มีคุณสมบัติต่างกัน และการปรับปรุงสภาพดินให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเป็น เรื่องสำคัญและส่งผลกระทบต่อผลผลิตของการปลูกสร้างสวนป่าโดยตรง จึงสมควรทำการศึกษา เพิ่มเติมเพื่อหาแนวทางจัดการดินที่เหมาะสมในการปลูกสร้างสวนป่าต่อไป

จากการศึกษาพบว่า การผสมผสานของการใช้ปุ๋ยหลายชนิด เช่น การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับ ปุ๋ยอินทรีย์สามารถเพิ่มผลผลิตมากกว่าการใช้ปุ๋ยเพียงชนิดเดียว ทั้งในพืชเกษตร และไม้ที่ปลูก

ในสวนป่า (วิลาวัณย์ และคณะ, 2550; พรพรรณ, 2545(ก), 2545 (ข)) ซึ่งการศึกษานี้ดำเนินการเพื่อศึกษารูปแบบการจัดการดินแบบผสมผสานที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของไม้โตเร็วที่สำคัญและนำเทคโนโลยีดังกล่าวเผยแพร่สู่เกษตรกรเป้าหมาย ผู้เกี่ยวข้องและผู้สนใจอื่นๆ ต่อไป

ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการเพิ่มผลผลิตของไม้หลายชนิดโดยใช้การปรับปรุงคุณภาพดินที่ต่างกัน เช่น การปรับปรุงดินในแปลงปลูกไม้ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (สมชาย, 2528; อุทัยวุฒิ, 2529; มยุรี, 2530 และ มยุรี, 2539) การปรับปรุงดินในไม้กระถินณรงค์ (สุวรรณ และคณะ, 2534) การปรับปรุงดินในไม้กระถินเทพา (เสรี และคณะ, 2542) การปรับปรุงดินในแปลงปลูกไม้สัก (Binchao and Jiayu, 1995)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาการปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของพันธุ์ไม้ป่าให้มีประสิทธิภาพควรใช้กล้าไม้ที่ผ่านการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีด้วย ซึ่งในขณะนี่ยังจำกัดมาก และการทดลองโดยการปรับปรุงดินในไม้หลายชนิดที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์โดยการทดลองกับสายต้น (clone) ที่แตกต่างกัน พบว่าไม้แต่ละสายพันธุ์มีตอบสนองต่อการจัดการดินที่ต่างกัน ทำให้สามารถคัดเลือกชนิดไม้ สายพันธุ์ และการจัดการดินที่เหมาะสมในสภาพพื้นที่แต่ละแห่งได้และจะได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวสู่กลุ่มเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อการปลูกสร้างสวนป่าไม้เศรษฐกิจต่อไปในอนาคต

4. การทดสอบแม่ไม้สัก

การพัฒนาพันธุ์ไม้ป่าให้เป็นไม้เศรษฐกิจนั้น ต้องมีขบวนการและขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้การพัฒนาพันธุ์ไม้ป่าให้มีการใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน ซึ่งขบวนการต่าง ๆ ดังนี้ (Figure 1)

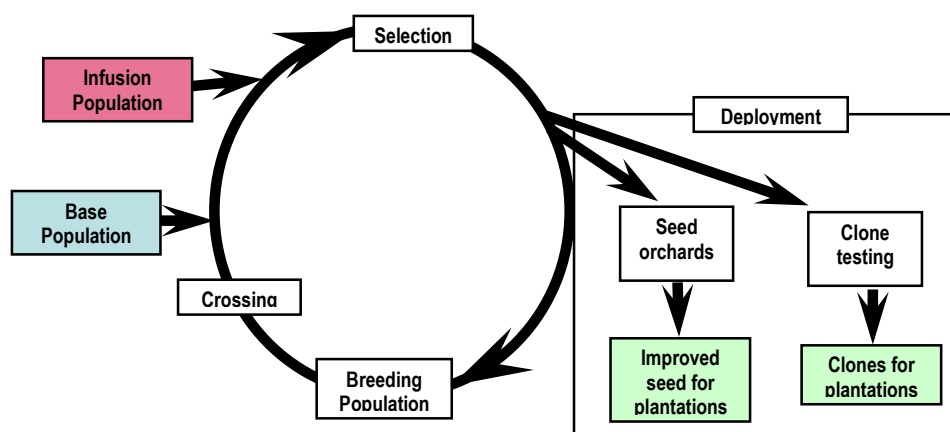


Figure 1 Activity cycle for tree improvement

1) การศึกษาชีวภูมิศาสตร์ (biogeographic) การกระจายพันธุ์ การออกดอกออกผล และภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปลูกและการใช้ประโยชน์

2) การเก็บเมล็ดหรือกิ่งพันธุ์ ที่เป็นตัวแทนของแหล่งการกระจายพันธุ์ต่าง ๆ ทั้งแหล่งธรรมชาติและแหล่งที่นำพันธุ์ไปปลูกจนเป็นแหล่งพันธุ์กรรมขึ้นมาใหม่ (land race)

3) การศึกษาความแตกต่างของพันธุ์จากแหล่งต่าง ๆ ทั้งลักษณะสัณฐานวิทยา (morphology) การเจริญเติบโต ลักษณะทางสรีรวิทยา (physiology) และอื่น ๆ โดยการศึกษาทดลองลักษณะกล้าไม้ในเรือนเพาะชำ ในแปลงทดลองถิ่นกำเนิด (provenance trial)

4) การจัดสร้างฐานพันธุ์กรรม (base population) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการปรับปรุงพันธุ์ไม้ (tree improvement) โดยฐานพันธุ์กรรมควรมีความหลากหลายทางพันธุ์กรรมจากแหล่งพันธุ์กรรมที่ดี เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

5) การปรับปรุงพันธุ์ไม้ (tree improvement) เป็นขั้นตอนการคัดเลือกพันธุ์และผสมพันธุ์โดยสลับกันเป็นวงจร (cycle) เพื่อให้สายพันธุ์มีคุณภาพสูงขึ้นในแต่ละรุ่น (generation) โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นวงจร(cycle) ในการคัดเลือกพันธุ์และผสมพันธุ์ (selection and breeding) เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีลักษณะที่ดีตามความต้องการ เช่น เติบโตเร็ว มีความหนาแน่นเนื้อไม้สูง ต้านโรคและแมลง เหมาะสมกับสภาพพื้นที่แบบต่างๆ เป็นต้น

6) การนำมาใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน ซึ่งจะมีการจัดการสวนป่าและการใช้วนวัฒนวิธี เพื่อให้มีการปลูกสวนป่าไม้ชนิดนั้นได้อย่างยั่งยืน

ซึ่งในระหว่างดำเนินการตามกระบวนการต่าง ๆ ดังกล่าว จะต้องมีการวิจัยและกิจกรรมสนับสนุน เพื่อให้มีการใช้ประโยชน์จากวัสดุพันธุ์กรรมที่ได้มีวิจัยและการพัฒนา นำไปใช้ได้ อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการคัดเลือกพันธุ์ไม้ที่มีคุณลักษณะดีที่จะนำไปปลูกในพื้นที่ต่างๆ ถือว่าเป็นกิจกรรมสำคัญประการหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า ก่อนที่จะไปสู่กระบวนการกระจายวัสดุพันธุ์กรรมแก่ผู้ใช้ (germplasm diffusion)

การทดสอบแม่ไม้ (clonal test) เป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งในโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก เนื่องจากแม่ไม้ (plus tree) ที่ผ่านการคัดเลือกนั้น สามารถยืนยันว่าเป็นไม้ที่มีลักษณะดีได้เพียงลักษณะภายนอก (phenotypically superior tree) เท่านั้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจเกิดจากสภาพสิ่งแวดล้อมภายนอกซึ่งอาจจะเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นไม้นั้นๆ ซึ่งไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมที่จะถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบแม่ไม้ที่คัดเลือกมาแล้วว่าลักษณะดีที่ปรากฏเป็นลักษณะทางพันธุกรรมหรือไม่ โดยการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของแม่ไม้ที่ผ่านการคัดเลือก แล้วนำไปปลูกในท้องที่ที่มีสภาพแวดล้อมต่างๆกัน (อภิชาติ, 2528)

โครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สักได้ทำการคัดเลือกแม่ไม้ตั้งแต่เริ่มโครงการเมื่อปี พ.ศ. 2508 จนถึงปัจจุบัน เป็นจำนวนกว่า 500 แม่ไม้ (ไพรัช, 2544) แต่ได้ทำการทดสอบแม่ไม้ไปเพียง 100 แม่ไม้เท่านั้น และใช้กล้าไม้จากวิธีการขยายพันธุ์โดยการติดตา (ไพรัช และอภิชาติ, 2544) ซึ่งทำได้ง่ายสำหรับไม้สัก แต่การขยายพันธุ์วิธีนี้มักได้รับการโต้แย้งจากนักวิชาการทั้งหลายว่า ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่อาจไม่ใช่ต้นที่เกิดจากการติดตาก็ได้ ถ้าหากตาที่ติดไว้ตายไปหน่อที่เกิดจากต้นตอก็จะแตกขึ้นมาแทน ซึ่งข้อโต้แย้งดังกล่าวก็มีความเป็นไปได้สูงหากผู้ปฏิบัติการในภาคสนามไม่หมั่นตรวจสอบดูแลในข้อนี้ นอกจากนี้ยังพบว่า การขยายพันธุ์โดยการติดตาอาจมีปัญหาเนื่องจากเกิดการไม่ยอมรับซึ่งกันและกันบริเวณรอยเชื่อมต่อของกิ่งตากับต้นตอ (incompatibility) (ไพรัช และจันทรรักษ์, 2539) ซึ่งอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตและการรอดตายของต้นไม้นั้น ทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดสอบได้ นอกจากนี้ระบบรากของต้นที่ทดสอบก็แตกต่างจากส่วนของลำต้น เพราะมาจากต้นอื่นและมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของลำต้นโดยรวม เพื่อแก้ปัญหาอันนี้อาจจะเกิดจากการขยายพันธุ์โดยการติดตา ดังกล่าว การทดสอบแม่ไม้สักในครั้งนี้จึงจะเปลี่ยนวิธีการขยายพันธุ์มาใช้ในการปักชำแทน โดยใช้แบบอย่างจากการศึกษาของ Pianhanuruk *et al.* (1996) และ ประสิทธิ์ (2545) ที่ประสบความสำเร็จในการปักชำกิ่งแก่โดยทำการลดอายุของกิ่งปักชำนั้น ด้วยการผ่านขั้นตอนการติดตาก่อนแล้วจึงนำกิ่งที่แตกจากตานั้นมาปักชำ

การศึกษาดังนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าทางพันธุ (genotypic value) ของแม่ไม้ที่คัดเลือกไว้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นเครื่องบ่งชี้สำหรับการคัดเลือกแม่ไม้ ไปขยายพันธุ์ปลูกสร้างสวนป่าแบบ clonal plantation และปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

5. การเติบโตของสักแตกหน่อ

สักเป็นไม้ชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการแตกหน่อ โดยหลังการตัดขยายระยะหรือตัดไม้สักออกจากพื้นที่หน่อใหม่จะเกิดขึ้นจากตอ ซึ่งโดยปกติจะมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าการปลูกใหม่ และยังสามารถทำการตัดฟันนำไปใช้ประโยชน์ในรอบหมุนเวียนที่สั้นกว่าได้อีกด้วย นอกจากนี้การให้เกิดการแตกหน่อซึ่งแต่เดิมในป่าธรรมชาติหลังจากที่มีการตัดไม้สักออกจากพื้นที่การแตกหน่อของไม้สักเกิดขึ้นอยู่แล้ว

การจัดการสวนป่าไม้สักโดยใช้วิธีการแตกหน่อหลังจากการตัดฟันครั้งสุดท้ายออกจากพื้นที่นอกจากจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องกล้าไม้ แรงงาน การเตรียมพื้นที่ รวมทั้งค่าบำรุงรักษาในระยะแรก หากการแตกหน่อสามารถลดระยะเวลาการนำมาใช้ประโยชน์ได้จริง

จะเป็นทางเลือกที่ส่งผลประโยชน์ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกไม้สักในประเทศไทยในด้านการประหยัดหรือลดค่าใช้จ่ายต่อไป

ต้นสักเป็นต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษที่สามารถสะสมอาหารไว้ในรากแก้วจนโตเป็นเหง้าเหมือนหัวมัน และมีพลังในการส่งลำต้นสักขึ้นได้อย่างมาก การที่จะส่งลำต้นได้สูงเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารในเหง้าที่สะสมไว้ จึงได้มีการใช้ประโยชน์จากลักษณะนี้ในการตัดชิดต่อมาเป็นวิธีการปรับปรุงสวนสัก เหตุผลที่ตัดชิดต่อมากมาจากการที่สวนสักถูกไฟไหม้บางส่วน การเติบโตไม่สม่ำเสมอ การที่ลำต้นคดงอกกิ่งก้านมากไม่สวยงาม ดังนั้นในการปรับปรุงสวนสักด้วยวิธีนี้จึงต้องตัดชิดต่อ (สูงจากดินประมาณไม่เกินหนึ่งคืบ) เป็นรูปลิ้ม ฤดูกาลที่ควรตัด คือฤดูแล้งก่อนฝนตก เพื่อให้ต้นสักเตรียมตัวส่งลำต้นทันทีที่ได้รับฝนแรก ซึ่งในทางวิชาการป่าไม้ยอมรับทั่วไปว่า ต้นสักที่แตกขึ้นจากวิธีการนี้ได้ลำต้นที่เปลาตรงและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (ธงชัย, 2535)

การแตกหน่อของไม้สักจะดีมากหลังการตัดฟันแบบวิธีการตัดหมด อย่างไรก็ตามความสามารถในการแตกหน่อหลังจากตัดขยายระยะก็ควรมีการศึกษาทดลองด้วยเช่นกันเพื่อให้เกิดระบบการจัดการไม้เรือนยอด 2 ชั้นในสวนป่าไม้สักในอนาคต เนื่องจากไม้สักเป็นไม้ที่แตกหน่อ (Coppice) ได้ดีมากหลังการตัดฟัน คือ สามารถแตกหน่อใหม่ได้ 100% (บุญวงศ์ และคณะ, 2535) และหน่อส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้เร็วมาก หน่อไม้สักอายุ 10 ปี ที่โตเร็วที่สุด จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 6.8 เซนติเมตร และสูงที่สุดถึง 6.5 เมตร โดยเกิดจากตอที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก 27.5 เซนติเมตร (สมศักดิ์ และคณะ, 2518) ทั้งนี้การตัดไม้สักให้แตกหน่อใหม่ ต้องเป็นการตัดหมดให้ตอสูงจากพื้นดินไม่เกิน 60 เซนติเมตร และต้นสักที่ใช้ระบบตัดฟันแบบนี้ ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกประมาณ 30 เซนติเมตร (หรือประมาณ 20 ปี) รวมทั้งตัดฟันให้เสร็จเรียบร้อยก่อนเริ่มฤดูฝน และภายหลังการตัดฟันจะต้องป้องกันไฟป่าให้ได้ผลอย่างจริงจังด้วย

การศึกษาการแตกหน่อของไม้สักในสวนรวมโคลน (Clone bank) ไม้สักที่จังหวัดอุทัยธานีของ Thueksathit (2006) พบว่าจาก 71 โคลนไม้สัก 5 อันดับแรกที่มีศักยภาพในการแตกหน่อดีที่สุดได้แก่ โคลนที่มาจากแม่ใบ จ. แพร่ (V100) งาว และแม่หวด จ. ลำปาง (V34) ลอง จ. แพร่ (V126) บ้านวัง จ. ยะลา (V49) และลอง จ. แพร่ (V118) โดยขนาดของตอไม่มีความสัมพันธ์กับศักยภาพของการแตกหน่อของแต่ละโคลน ส่วนในเรื่องการเจริญเติบโตของหน่อไม้สักพบว่าความโตที่ระดับโคนต้น (D_0) ความโตที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) และความสูง (H) เฉลี่ย เมื่ออายุ 1 ปี เท่ากับ 6.40 เซนติเมตร 4.60 เซนติเมตร และ 5.33 เมตร ตามลำดับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างต้นที่เกิดจากการแตกหน่อและกล้าที่เกิดจากการปักชำ (ramet) ในโคลน

เดียวกันพบว่า มีค่าความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แม้ว่าในพืชหลายชนิดการจัดการแบบให้แตกหน่อจะมีผลดีในเรื่องการทำให้รอบตัดฟันสั้นขึ้นหรือได้ผลผลิตเร็วมากขึ้นก็ตาม แต่จากการศึกษาในไม้สักพบว่าเมื่อมีอายุมากขึ้นค่าความแตกต่างในการเจริญเติบโตระหว่างต้นที่เกิดจากการแตกหน่อและจากกล้าที่ได้จากการปักชำมีค่าลดลง

ในการศึกษาของ Thaiutsa *et.al.* (2001) เรื่องความสามารถในการแตกหน่อของไม้สักอายุ 17 ปี หลังการตัดขยายระยะในสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ พบว่าวิธีการตัดขยายระยะไม่ส่งผลต่อความหนาแน่นของไม้สักแต่ส่งผลต่อค่าความโตและความสูงของหน่อ เมื่อหน่อไม้สักมีอายุ 1 ปี ในแปลงทดลองที่มีการตัดหมดความโตและความสูงของหน่อไม้สักจะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ วิธีการตัดขยายระยะแบบ 2:2 mechanical thinning 1:1 mechanical thinning และ low thinning ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การตัดขยายระยะแบบ 2:2 mechanical thinning เป็นวิธีการที่ควรนำมาใช้หากในพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถใช้วิธีการตัดหมดได้

ในประเทศไนจีเรีย โดย Verinumbe and Okali (1985) มีความพยายามที่จะทำการปลูกพืชเกษตรแทรกในสวนป่าไม้สัก โดยการทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้เรือนยอดของไม้สักที่เกิดจากการแตกหน่อ แต่เนื่องจากการศึกษาทำการปลูกไม้สักในระยะปลูกที่แคบเกินไป (1.8×1.8 เมตร) ทำให้เกิดการแก่งแย่งแสงสว่างทำให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณลดลง ส่วนการแข่งขันในส่วนราก ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามยังต้องทำการศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมต่อไป เพื่อให้ได้ผลผลิตทั้งเนื้อไม้สักและผลผลิตพืชเกษตร

ผลผลิตของโครงการวิจัยนี้จะได้นำไปจัดทำแผนการปฏิบัติงาน ประยุกต์ใช้ในการปลูกบำรุง และจัดการสวนป่าไม้สัก เพื่อเพิ่มผลผลิตของสวนป่าไม้สัก โดยกิจกรรมต่างๆ ประกอบด้วย การทดสอบแม่ไม้ (clonal test) จะช่วยในการปรับปรุงพันธุ์กรรมของกล้าไม้สักที่ปลูก วิธีการ และความหนักเบาที่เหมาะสมของการตัดขยายระยะ จะทำให้ได้ต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่และคุณภาพดีขึ้น ผลจากการทดลองการแตกหน่อจะช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการปลูกในรอบหมุนเวียนถัดไป ผลจากการปรับปรุงตารางผลผลิตของไม้สักจะช่วยให้การวางแผนการจัดการสวนป่าได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งจะทำให้อัตราการผลิตและคุณภาพของสวนป่าไม้สักเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ ดังแผนภูมิ (flow chart) แสดงห่วงโซ่มูลค่าที่ได้จากผลผลิตของโครงการวิจัย Figure 2



Figure 2 Value chain from the research project

โครงการวิจัยนี้ จุดมุ่งหมายในการจัดการสวนป่าสักที่มีการส่งเสริมให้ปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 ซึ่งเจ้าของสวนป่าส่วนใหญ่ปลูกแล้วแต่ไม่ได้ดำเนินการจัดการสวนป่า ดังนั้นการจัดการสวนป่าสักให้ได้ผลผลิตตามวัตถุประสงค์ คือจะต้องมีการตัดขยายระยะเมื่อต้นสักเติบโตและมีแนวโน้มจะแก่งแย่งกันทำให้การเติบโตลดลง และได้ต้นสักที่มีรูปทรงหรือคุณภาพไม่ดี ในขณะที่บางสวนป่าเริ่มมีการตัดฟันหมด (clear cut) การสืบต่อพันธุ์แบบการแตกหน่อจะเป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อการลดค่าใช้จ่ายในการปลูกใหม่รวมทั้งค่ากล้าไม้ ดังนั้นข้อมูลการเติบโตของสักที่แตกหน่อจะใช้สำหรับการประกอบการตัดสินใจของเจ้าของสวนป่าสัก

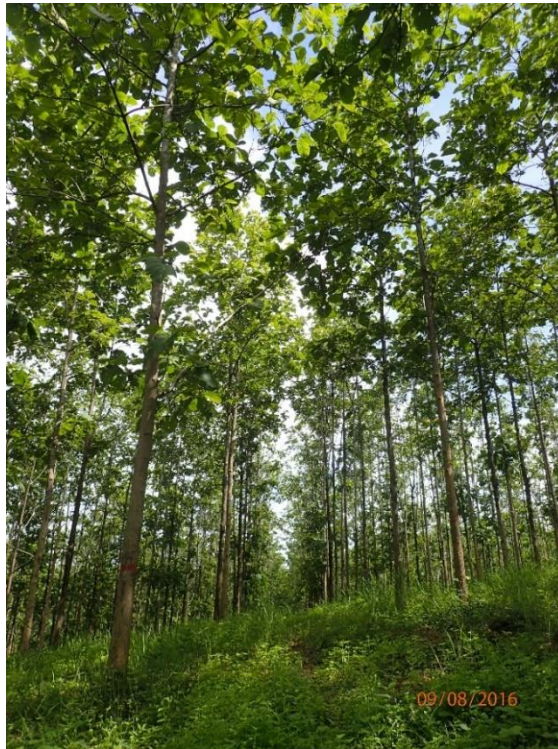
ส่วนในการส่งเสริมการปลูกสวนป่าสักโดยการปลูกใหม่เพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มพื้นที่สวนป่าสักและให้ผลผลิตสักได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้ปลูก โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งไม่ได้เป็นพื้นที่กระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของสัก แต่ยังมีความต้องการในการปลูกสร้างสวนป่าสักเพื่อวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจ การปลูกใหม่จะต้องคำนึงถึงพันธุ์กรรมหรือสายพันธุ์ที่เหมาะสม รวมถึงการจัดการดินเพื่อให้เหมาะสมต่อการเติบโตของสักเพื่อให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่าต่อการลงทุนต่อไป

เพื่อให้เกิดความรู้และวิธีการที่เหมาะสมต่อการจัดการสวนป่าสัก โดยเน้นเทคนิคการเพิ่มผลผลิตสวนป่าสัก โครงการวิจัยนี้จึงประกอบด้วย 4 กิจกรรม ได้แก่

- 1) กิจกรรมการทดลองตัดขยายระยะและปรับปรุงตารางคาดคะเนผลผลิตของสวนป่าไม้สัก
- 2) กิจกรรมการศึกษาการเติบโตของไม้สักแตกหน่อ
- 3) กิจกรรมการปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตสวนป่าไม้สัก
- 4) กิจกรรมการทดสอบแม่ไม้สัก

แต่ละกิจกรรมมีผลการศึกษา ดังนี้

การทดลองตัดขยายระยะในสวนป่าสัก



จัดทำโดย

นายทศพร วัชรานุกร	ข้าราชการบำนาญ	ที่ปรึกษาโครงการวิจัย
นางวรรณพร หิมพานต์	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ	หัวหน้าโครงการวิจัย
นางสัจจาพร หงส์ทอง	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นายธีรยุทธ วงสอน	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นางสาวภรณ์นภัส ภัคคกาญจน์พัฒน์	นักวิชาการป่าไม้	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นางสาวปิยนุช รับพร	เจ้าพนักงานธุรการ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นางสาวจารุณี โนรีเวช	เจ้าหน้าที่ธุรการ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นางสาวสุพัตรา กล่อมอิม	คนงาน	ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ฝ่ายวิจัยการปลูกสร้างสวนป่า ส่วนงานวิจัย

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

2560

บทคัดย่อ

ผลของการตัดขยายระยะครั้งแรกต่อการเติบโตและรูปทรงของหมูไม้สักได้ดำเนินการโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ และใช้วิธีการตัดขยายระยะไม้ชั้นล่าง (low thinning) สำหรับการตัดขยายระยะครั้งแรก หน่วยทดลอง ได้แก่ ตัดไม้ออกร้อยละ 0 ของพื้นที่หน้าตัด (แปลงควบคุม) ร้อยละ 30 ของพื้นที่หน้าตัด (ตัดขยายระยะแบบปานกลาง) และร้อยละ 50 ของพื้นที่หน้าตัด (ตัดขยายระยะแบบหนัก) สำหรับแปลงทดลองที่สวนป่าของโรงเรียนจักรท่าเสา จังหวัดอุตรดิตถ์ และตัดไม้ออกร้อยละ 0 และ 40–50 ในแปลงทดลองในสวนป่าของเกษตรกรจังหวัดลพบุรีและหนองบัวลำภู เก็บข้อมูลภายหลังการตัดขยายระยะเป็นเวลา 4–5 ปี ผลของการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การตัดขยายระยะในสวนป่าทั้ง 3 แห่งมีผลต่อการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นไม้ โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกในแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่ามากกว่าในแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อความสูงของต้นไม้ ความเพิ่มพูนทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยของต้นไม้ทั้งหมดและของต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด (dominant trees) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความหนักเบาของการตัดขยายระยะเพิ่มขึ้น แต่ความแตกต่างของความเพิ่มพูนด้านความสูงระหว่างแปลงที่ตัดขยายระยะและไม่ได้ตัดขยายระยะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ การตัดขยายระยะที่กระทำต่อหมูไม้ในระยะเวลาที่เหมาะสมเมื่อหมูไม้เริ่มมีการแก่งแย่งกัน (early thinning) ทำให้ความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยทางด้านปริมาตรของต้นไม้ในแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่ามากกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ แต่การตัดขยายระยะที่กระทำต่อหมูไม้ล่าช้าเกินไป (late thinning) ไม่ทำให้ค่าดังกล่าวในแปลงที่ตัดขยายระยะและไม่ได้ตัดขยายระยะแตกต่างกัน ความเพิ่มพูนทางด้านปริมาตรทั้งหมดของหมูไม้ต่อไร่ในแปลงที่ตัดขยายระยะแตกต่างจากแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การตัดขยายระยะที่สวนป่าเด่นด้านทำให้ความเพิ่มพูนทางปริมาตรทั้งหมดของหมูไม้ภายหลังการตัดขยายระยะ 5 ปี ในแปลงที่ตัดขยายระยะแบบปานกลางและตัดขยายระยะแบบหนักมีค่าลดลงประมาณร้อยละ 23 และร้อยละ 64 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาตรรวมของหมูไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะสูญเสียไปจากการตายตามธรรมชาติ ซึ่งมีมากกว่าแปลงที่ทำการตัดขยายระยะมาก การตัดขยายระยะที่กระทำเมื่อหมูไม้เริ่มมีการแก่งแย่งกัน ทำให้อัตราส่วนความสูงของเรือนยอดต้นไม้ต่อความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (live-crown ratio) มีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อความหนักเบาของการตัดขยายระยะเพิ่มมากขึ้น แต่การตัดขยายระยะที่กระทำต่อหมูไม้ล่าช้าเกินไป (late thinning) ไม่ทำให้ค่าดังกล่าวแตกต่างกัน ในทางตรงกันข้ามอัตราส่วนระหว่างความสูงทั้งหมดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ (slenderness ratio) มีค่าลดลงในแปลงที่ความหนักเบาของการตัดขยายระยะมีค่ามากกว่าในแปลงที่ไม่ได้ทำการตัด

ขยายระยะจะมีค่าอัตราส่วนของปริมาตรจริงของต้นไม้ต่อปริมาตรของรูปทรงกระบอก (form factor) น้อยที่สุด และมีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อความหนาแน่นของการตัดขยายระยะแตกต่างกัน ดังนั้นความหนาแน่นหรือความเข้มข้นของการตัดขยายระยะมีผลต่อการปรับปรุงการเติบโตและผลผลิตของหมู่ไม้ โดยเฉพาะต่อหมู่ไม้ที่ได้ทำการตัดขยายระยะเมื่อหมู่ไม้เริ่มมีการแก่งแย่งกัน เช่นเดียวกันกับการมีผลต่อการเพิ่มขนาดของต้นไม้รายต้นและมีแนวโน้มที่จะให้ผลดีต่อการปรับปรุงรูปทรงของต้นไม้อีกด้วย

คำสำคัญ : สัก (teak) ความหนาแน่นหรือความเข้มข้นของการตัดขยายระยะ (Thinning intensity) ความเพิ่มพูนทางปริมาตรเฉลี่ย (Mean volume increment) ความเพิ่มพูนทางปริมาตรของหมู่ไม้ (Stand volume increment) อัตราส่วนของเรือนยอดของต้นไม้ (Live-crown ratio), อัตราส่วนของความสูงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Slenderness ratio), อัตราส่วนของปริมาตรของต้นไม้กับปริมาตรทรงกระบอก (form factor)

บทนำ

สักเป็นไม้พื้นเมืองที่มีค่าสำคัญในประเทศไทย รวมทั้งยังนับว่าเป็นไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงในวงการด้านป่าไม้อีกด้วย การเติบโตของสักจะดีมากเมื่อสักเติบโตในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนรายปีประมาณ 1,250–3,750 มิลลิเมตร และมีช่วงแล้งประมาณ 3–5 เดือน อุณหภูมิต่ำสุด 13–17 °C และสูงสุด 39–43°C (Pandey *et al.*, 2000)

การตัดขยายระยะเป็นเครื่องมือหลักในการควบคุมความหนาแน่นของหมู่ไม้เพื่อที่จะช่วยเพิ่มการเติบโตและปรับปรุงคุณภาพของไม้ท่อน แม้ว่าการตัดขยายระยะจะเพิ่มปริมาตรส่วนที่เป็นสินค้าของหมู่ไม้ได้แต่โดยทั่วไปจะไม่เพิ่มปริมาตรทั้งหมดต่อหน่วยพื้นที่ (Hasenauer *et al.*, 1997; Zeide, 2001) มีการศึกษาจำนวนมากพบว่า การเพิ่มปริมาตรของหมู่ไม้ในต้นไม้หลายชนิดไม่เกี่ยวข้องกับการลดความหนาแน่นของหมู่ไม้ (Hamilton, 1981; Horne *et al.*, 1986) แสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะไม้ชั้นล่างจะทำให้ต้นไม้แต่ละต้นที่เหลืออยู่ภายหลังการตัดขยายระยะมีขนาดใหญ่ขึ้น และจำนวนต้นไม้ที่มีขนาดเล็กสามารถเพิ่มปริมาตรต่อหน่วยพื้นที่ได้

การตัดขยายระยะจะมีผลต่อคุณภาพของเนื้อไม้ เช่น การเพิ่มสัดส่วนของแก่นไม้ ความหนาแน่นของเนื้อไม้ และรูปทรงของลำต้นในด้านความเร็ว ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของต้นไม้ที่เกิดขึ้นจากการตัดขยายระยะจะมีความสำคัญต่อปริมาตรและการคาดการณ์การฟื้นกลับคืน รูปทรงของลำต้นส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงขนาดและการกระจายของเรือนยอดและความยาวของลำต้นส่วนที่ไม่มีกิ่ง (branch-free bole) (Larson, 1963)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มของการตัดขยายระยะครั้งแรกที่กระทำต่อหมู่ไม้โดยวิธีการตัดไม้ชั้นล่าง (low thinning) ที่มีต่อขนาดของต้นไม้ ความเพิ่มพูนทางด้านปริมาตรรายต้น ปริมาตรรวมของหมู่ไม้ อัตราการตาย ตลอดจนจนวนรูปทรงของต้นไม้ ภายหลังการตัดขยายระยะเพื่อที่จะได้ทราบถึงความหนักเบา (ความเข้ม) ของการตัดขยายระยะที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการสวนป่าสักในประเทศไทย

วิธีการศึกษา

1. แปลงตัวอย่าง

แปลงตัวอย่างเพื่อศึกษาการตัดขยายระยะครั้งแรก (first thinning) ประกอบด้วย 3 แปลง ได้แก่ สวนสักเด่นด่าน จังหวัดอุตรดิตถ์ สวนสักเทิดดำริ จังหวัดลพบุรี ซึ่งเป็นสวนป่าที่ตัดขยายระยะในเวลาที่เหมาะสมเมื่อหมูไม้เริ่มมีการแก่งแย่ง (early thinning) และสวนสักสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู ซึ่งเป็นสวนป่าที่ตัดขยายระยะเมื่อหมูไม้เริ่มมีการแก่งแย่งมานานพอสมควรแล้ว (late thinning) สวนป่าทั้ง 3 แห่ง ยังไม่ได้มีการดำเนินการด้านวนวัฒนวิธ เช่น การลิดกิ่ง ก่อนการทดลองตัดขยายระยะ สถานที่ อายุเมื่อทำการทดลอง ระยะปลูกเริ่มต้น และหน่วยทดลองปรากฏตาม Table 1-1

Table 1-1 Details of experimental plots of thinning project

No.	Location	Age (year)	Initial spacing (mxm)	Treatment
1	Den Dan Plantation, Mueang District, Uttaradit Province (Tha Sao Co.,Ltd.)	6	2x4	3 treatments : – Unthinned – Moderate thinning (~30 %) – Heavy Thinning (~50 %)
2	Terd Damri Plantation, Chai Badan District, Lopburi Province (Mr.Boonpen Nuanchawee)	10	2.7x2.7	2 treatments : – Unthinned – Thinned (~50 %)
3	Suwan Khuha Plantation, Suwan Khuha District, Nong Bua Lam Phu Province (Mr.Sonthaya Wannakul)	15	2x3	2 treatments : – Unthinned – Thinned (~40 %)

2. การวางแผนการทดลอง

แผนการทดลองใช้แบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ โดยในแปลงทดลองที่จังหวัดอุดรดิตถ์มีหน่วยทดลอง 3 หน่วย ได้แก่ ตัดขยายระยะร้อยละ 30 และ ร้อยละ 50 ของพื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้และแปลงควบคุม ส่วนแปลงทดลองอีก 2 แห่ง ได้แก่ที่จังหวัดลพบุรีและจังหวัดหนองบัวลำภู มีหน่วยทดลองจำนวน 2 หน่วย ได้แก่ ตัดขยายระยะประมาณ ร้อยละ 50 และร้อยละ 40 ของพื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้และแปลงควบคุม ตามลำดับ เนื่องจากมีพื้นที่จำกัด

3. การตัดขยายระยะและการเก็บข้อมูล

1) วัดขนาดต้นไม้ในแปลงทุกต้น บันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด ความสูงถึงฐานเรือนยอด และให้คะแนนคุณภาพของเรือนยอดของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง นำมาคำนวณหาปริมาตรและพื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้เพื่อคัดเลือกต้นไม้ที่จะดำเนินการตัดขยายระยะ

2) ดำเนินการตัดขยายระยะแบบ low thinning คือการเลือกตัดต้นไม้ที่มีเรือนยอดระดับล่างออกจากแปลง โดยกำหนดความเข้มหรือใช้ความหนักเบาของการตัดขยายระยะตามแผนการทดลอง การคัดเลือกต้นไม้ได้พิจารณาถึงลักษณะรูปทรงและคุณภาพของต้นไม้ โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

ชั้นคุณภาพที่ 1 ต้นไม้ที่ไม่มีลักษณะไม่ดี หรือข้อตำหนิแต่อย่างใด

ชั้นคุณภาพที่ 2 ต้นไม้มีข้อตำหนิบางประการ ได้แก่

ชั้นคุณภาพที่ 2a มีเรือนยอดขนาดใหญ่ 2 เรือนยอดขึ้นไป

ชั้นคุณภาพที่ 2b มีขนาดความโตของลำต้นเล็กมาก

ชั้นคุณภาพที่ 2c มีเรือนยอดไม่สมบูรณ์หรือมีลักษณะไม่สมดุล

ชั้นคุณภาพที่ 2d มีลำต้นแตกเป็น 2 นาง หรือมีลักษณะโค้งเอียง

ชั้นคุณภาพที่ 2e มีลักษณะการถูกทำลายหรือมีโรคแมลง

ชั้นคุณภาพที่ 3 ต้นไม้มีการเติบโตช้า แตกต่างจากภาพรวมของต้นไม้ในพื้นที่ โดยที่ไม่ได้อยู่ใต้หรือถูกบดบังโดยต้นไม้อื่นอย่างชัดเจน

ชั้นคุณภาพที่ 4 ต้นไม้ที่อยู่ภายใต้เรือนยอดต้นอื่น หรือถูกบดบังโดยต้นไม้อื่นอย่างชัดเจน

ชั้นคุณภาพที่ 5 ต้นไม้ที่มีลักษณะอ่อนแอ

การพิจารณาคัดเลือกต้นไม้จะพิจารณาความสูงของชั้นเรือนยอดควบคู่ไปกับ ลักษณะรูปทรงและคุณภาพของต้นไม้ โดยชั้นคุณภาพที่ 5 จะถูกเลือกออกก่อนเป็นลำดับแรก จนได้ปริมาณต้นไม้ที่จะตัดขยายระยะออกตามเป้าหมาย

3) วัดขนาดต้นไม้โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูงทั้งหมด (H) และความสูงถึงฐานเรือนยอด (Hb) โดยวัดหลังการตัดขยายระยะทันที (just after thinning) และ หลังการตัดทุกปี เป็นเวลา 5 ปี (4 ปีในแปลงทดลองที่จังหวัดหนองบัวลำภู)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) คำนวณค่าพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรทั้งรายต้นและทั้งหมู่ไม้ การประมาณปริมาตร รายต้น (tree volume estimation) ใช้สมการรีเกรสชันที่มีอยู่แล้วและที่สร้างขึ้นใหม่ประมาณ ปริมาตรรายต้นของไม้สักในแปลงตัวอย่าง สำหรับการหาปริมาตรรายต้นก่อนตัด หลังตัด ทันที และหลังตัด 1 ปี (รวมเปลือก) ใช้สมการของ Vacharangkula (2010)

$$V = 0.00009734 \text{ DBH}^{1.99583} H^{0.64695}$$

เมื่อ V = ปริมาตรไม้ (m^3)

DBH = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (cm)

H = ความสูงทั้งหมด (m)

2) เนื่องจากการตัดขยายระยะและไม่มีการตัดขยายระยะจะมีผลต่อรูปทรงของต้นไม้ เมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้น จึงต้องมีการหาสมการสำหรับประมาณปริมาตรภายหลังการตัดขยาย ระยะ โดยการตัดตัวอย่างต้นไม้ในแต่ละ treatment โดยใช้ nonlinear regression (allometric equation)

$$V = a (\text{DBH}^2 \cdot H)^b$$

เมื่อ a และ b คือค่าคงที่

3) คำนวณหาความเพิ่มพูนรายปีของทั้งภาพรวมของหมู่ไม้ (Total stand volume production) และรายต้น (Average stem volume) คำนวณต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดเด่น (Dominant tree height : DTH) โดยความเพิ่มพูนทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกลำต้น (DBH) ใช้ต้นไม้ที่มีความ

โตสูงสุด จำนวน 32 ต้นต่อไร่ (200 ต้นต่อเฮกแตร์) ส่วนความเพิ่มพูนทางด้านความสูงใช้ต้นที่มีความโตสูงสุดจำนวน 16 ต้นต่อไร่ (100 ต้นต่อเฮกแตร์)

4) เพื่อศึกษาผลของการตัดขยายระยะต่อรูปทรงของต้นไม้ ทำการคำนวณค่า 3 ค่า ได้แก่

4.1) Live-crown ratio (อัตราส่วนของความสูงของเรือนยอดและความสูงทั้งหมด)

4.2) Slenderness ratio (อัตราส่วนของความสูงต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก)

4.3) Artificial form factor (อัตราส่วนของปริมาตรจริงของต้นไม้ต่อปริมาตรรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัดเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้และมีความสูงเท่ากับความสูงของต้นไม้ของต้นไม้นั้น)

5) วิเคราะห์สถิติเพื่อเปรียบเทียบผลของความหนักเบาของการตัดขยายระยะต่อการเติบโตและรูปทรงของต้นสักโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษา

1. ผลของการตัดขยายระยะต่อขนาดของต้นสัก

ความหนาแน่นของต้นสักในแปลงและการเติบโตก่อนและหลังการทดลองตัดขยายระยะ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางที่เพียออก (DBH) ความสูงทั้งหมด (H) พื้นที่หน้าตัด (BA) และปริมาตร (Vol) ของหมู่ไม้ ปรากฏดังนี้

1) แปลงทดลองที่สวนป่าเด่นด่าน จังหวัดอุดรธานี มีการวางแผนการทดลองประกอบด้วย แปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ แปลงที่ตัดขยายระยะปานกลาง (Moderate thinning : ร้อยละ 30 ของพื้นที่หน้าตัด) และแปลงที่ตัดขยายระยะแบบหนัก (Heavy thinning : ร้อยละ 50 ของพื้นที่หน้าตัด) ผลการศึกษาพบว่า หลังทำการตัดขยายระยะทันที แปลงที่ตัดขยายระยะจะมีจำนวนต้นไม้มลดลงทำให้ค่าความหนาแน่นของหมู่ไม้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะ ในขณะที่ค่าการเติบโต ได้แก่ DBH และความสูงยังไม่แสดงค่าความแตกต่างกันระหว่าง 3 แผนการทดลอง ส่วนค่าปริมาตรของหมู่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าแปลงที่ทำการตัดขยายระยะทั้งสองระดับ

หลังการตัดขยายระยะ 4 ปี พบว่าค่าการเติบโตทางด้านความสูงในแปลงตัดขยายระยะแบบหนัก มีค่าสูงกว่าในแปลงอื่นๆ ถึงแม้ว่าจะไม่แสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ DBH แสดงค่าสูงกว่าแปลงอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแปลงที่ตัดขยายระยะแบบปานกลาง มีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะเช่นกัน จากการคำนวณพื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้และปริมาตรของหมู่ไม้พบว่าในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักจะมีค่าต่ำกว่าในแปลงอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนต้นไม้ในแปลงมีน้อยกว่า แต่ในแปลงตัดขยายระยะปานกลางแม้ว่าจะมีจำนวนต้นไม้น้อยกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะแต่ปริมาตรของหมู่ไม้มีค่าสูงที่สุด

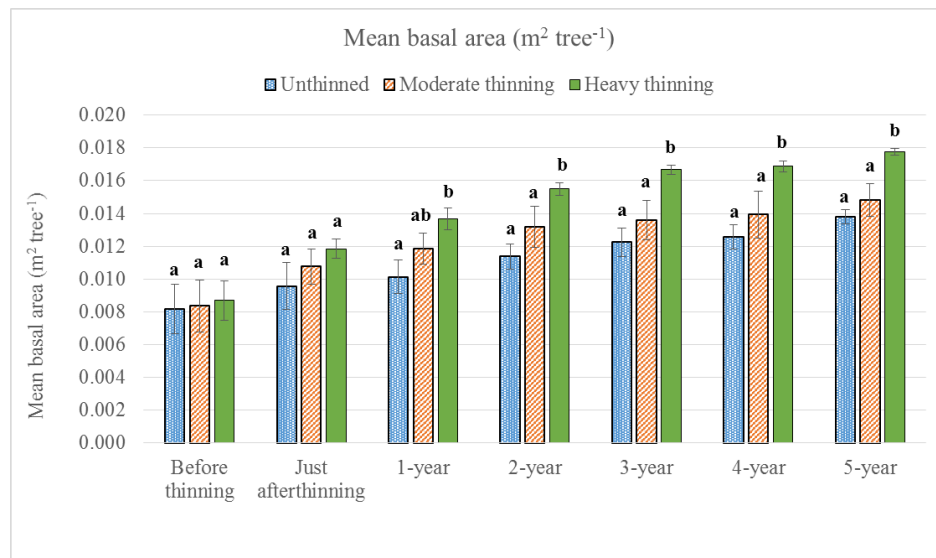
ในปี พ.ศ.2558-2559 มีสภาพอากาศที่แห้งแล้งยาวนาน ทำให้ต้นไม้ในแปลงทดลองตายลงจำนวนมาก เมื่อทำการตรวจวัดข้อมูลในปีที่ 5 หลังการตัดขยายระยะพบว่า ในแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะมีจำนวนต้นไม้มตายสูงที่สุดคือ 58 ต้นต่อไร่ ในขณะที่แปลงตัดขยายระยะแบบปานกลางและแบบหนักมีจำนวนต้นไม้มที่ตายเฉลี่ยในพื้นที่ 1 ไร่ เท่ากับ 27 และ 8 ต้น ตามลำดับ จากการตายของต้นไม้ในแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นต้นที่มีขนาดเล็กและอ่อนแอ ทำให้ค่าการเติบโตของต้นสักในแปลงทดลองทั้ง 3 แผนการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่า DBH ที่พบว่าในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักยังคงมีค่า DBH สูงกว่าในแปลงทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1-2)

ค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัดรายต้นในแปลงตัดขยายระยะหนักรจะมีค่าสูงที่สุดตั้งแต่ 1 ปี หลังการตัดขยายระยะ และแสดงค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อหลังการตัดขยายระยะ 2 ปี พบว่าค่าพื้นที่หน้าตัดรายต้นในแปลงที่ตัดขยายระยะปานกลางแม้ว่าจะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะแต่ไม่แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1-1) ส่วนค่าเฉลี่ยปริมาตรรายต้นพบว่าแสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังตัดขยายระยะ 1 ปี และเด่นชัดมากขึ้นในปีที่ 2 หลังการตัดขยายระยะ โดยในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะจะมีค่าต่ำที่สุด ส่วนในแปลงทดลองตัดขยายระยะปานกลางและแบบหนักรมีค่าใกล้เคียงกัน และไม่แสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในปีที่ 5 หรือปีสุดท้ายของการศึกษาพบว่าในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะแบบหนักรมีแนวโน้มที่จะมีค่าปริมาตรเฉลี่ยรายต้นสูงกว่าในแปลงตัดขยายระยะปานกลาง (Figure 1-2) จากผลการศึกษาทำให้สรุปได้ว่าการตัดขยายระยะทำให้ต้นไม้มีขนาดความโตเพิ่มมากขึ้น การตัดขยายระยะด้วยความหนักรเบาที่สูงกว่าจะส่งเสริมให้ต้นไม้มีขนาดความโตเพิ่มมากขึ้นมากกว่าด้วย

Table 1–2 Stand characteristics of Den Dan plantation before, just after 4–year and 5–year after thinning (mean $\pm$ S.D.)

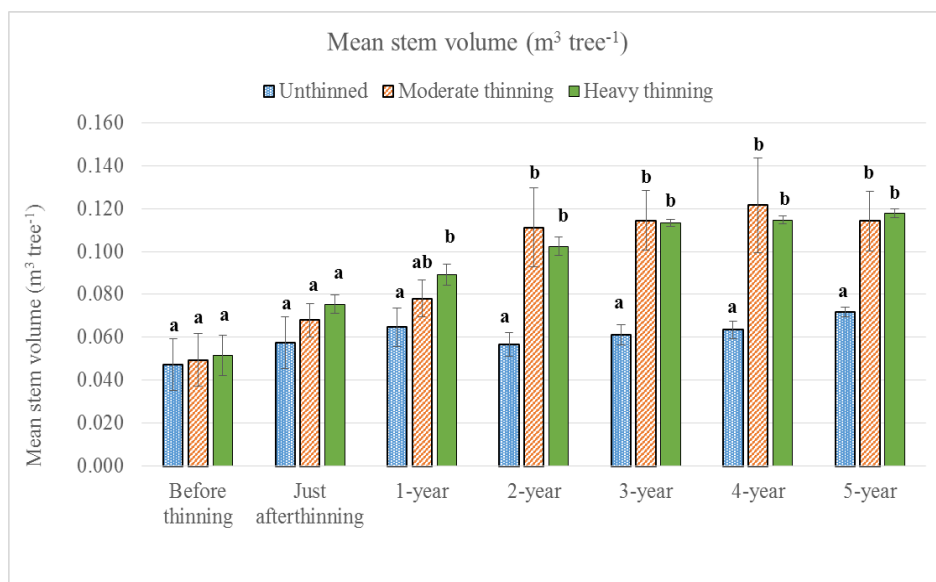
Treatment												
Before thinning				Unthinned				Moderate				Heavy
Stand density (tree rai ⁻¹)	196	±	0.58	b	195	±	1.00	ab	193	±	1.00	a
Mean DBH (cm)	9.99	±	1.00	a	10.15	±	1.06	a	10.33	±	0.81	a
Mean Height (m)	10.44	±	1.44	a	10.94	±	1.31	a	11.01	±	1.00	a
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	1.60	±	0.30	a	1.63	±	0.30	a	1.68	±	0.23	a
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	9.25	±	2.35	a	9.64	±	2.38	a	9.94	±	1.79	a
Just after thinning												
Stand density (tree rai ⁻¹)	196	±	0.58	c	123	±	8.98	b	81	±	4.04	a
Mean DBH (cm)	10.82	±	0.87	a	11.58	±	0.58	a	12.17	±	0.34	a
Mean Height (m)	11.17	±	1.32	a	12.45	±	0.48	a	12.54	±	0.24	a
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	1.88	±	0.28	b	1.33	±	0.21	a	0.93	±	0.12	a
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	11.30	±	2.40	b	8.40	±	1.49	ab	5.95	±	0.78	a
4-year after thinning												
Stand density (tree ha ⁻¹)	174	±	5.86	c	120	±	11.01	b	79	±	6.11	a
Mean DBH (cm)	12.49	±	0.45	a	13.16	±	0.70	a	14.50	±	0.18	b
Mean Height (m)	12.83	±	0.37	a	13.42	±	0.89	a	13.95	±	0.11	a
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	2.02	±	0.17	b	1.62	±	0.26	ab	1.31	±	0.11	a
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	10.15	±	1.01	ab	14.19	±	3.28	b	8.91	±	0.72	a
5-year after thinning												
Stand density (tree rai ⁻¹)	116	±	21.20	b	93	±	19.60	ab	71	±	3.61	a
Mean DBH (cm)	13.09	±	0.22	a	13.60	±	0.46	a	14.88	±	0.12	b
Mean Height (m)	13.39	±	0.15	a	13.58	±	0.83	a	14.32	±	0.17	a
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	1.61	±	0.35	a	1.40	±	0.38	a	1.26	±	0.08	a
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	8.39	±	1.80	a	10.8	±	3.42	a	8.37	±	0.48	a
Thinning ratio	No. of tree (%)		0.00				36.91				58.20	
	Basal area (%)		0.00				30.18				51.73	

Remarks : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different ($p < 0.05$)



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-1 Mean basal area of Den Dan plantation before, just after and since 5-year after thinning



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-2 Mean stem volume of Den Dan plantation before, just after and since 5-year after thinning

2) แปลงทดลองที่สวนป่าเทิดดำริ จังหวัดลพบุรี วางแผนการทดลองโดยมีแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะ และแปลงที่ทำการตัดขยายระยะ (ประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่หน้าตัดหมู่ไม้) ก่อนทำการตัดขยายระยะ ความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่ของต้นไม้ในแปลงที่ตัดขยายระยะมีมากกว่าแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ แต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หลังทำการตัดขยายระยะทันที พบว่า แปลงที่ตัดขยายระยะจะมีจำนวนต้นไม้ลดลงทำให้ความหนาแน่นของหมู่ไม้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะ ค่าการเติบโต ได้แก่ DBH ความสูง พื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้ และปริมาตรของหมู่ไม้ แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแปลงตัดขยายระยะและแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ โดยค่า DBH และความสูง ในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ แต่เนื่องจากจำนวนต้นไม้ในพื้นที่มีน้อยกว่าทำให้ค่าพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรของหมู่ไม้มีค่าต่ำกว่า หลังการตัดขยายระยะ 5 ปี พบว่าค่าต่างๆ ยังแสดงแนวโน้มเช่นเดียวกับข้อมูลหลังการตัดขยายระยะทันที คือค่า DBH และความสูงเฉลี่ยของต้นไม้ในแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรของหมู่ไม้มีค่าน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ แต่จะพบว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะจะมีจำนวนต้นไม้ในแปลงตายเฉลี่ย 17 ต้นต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าในแปลงตัดขยายระยะที่มีการตายของต้นไม้เฉลี่ยเพียง 2 ต้นต่อไร่ (Table 1-3)

ค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัดรายต้นในแปลงตัดขยายระยะจะมีค่าสูงกว่าแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะตั้งแต่หลังการตัดขยายระยะทันที และมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจนถึง 5 ปี หลังการตัดขยายระยะ (Figure 1-3) เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยปริมาตรรายต้นพบว่าแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะตั้งแต่ตัดขยายระยะทันทีจนถึงปีที่ 5 หลังการตัดขยายระยะ (Figure 1-4) แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการตัดขยายระยะทำให้ต้นไม้มีขนาดความโตเพิ่มมากขึ้น

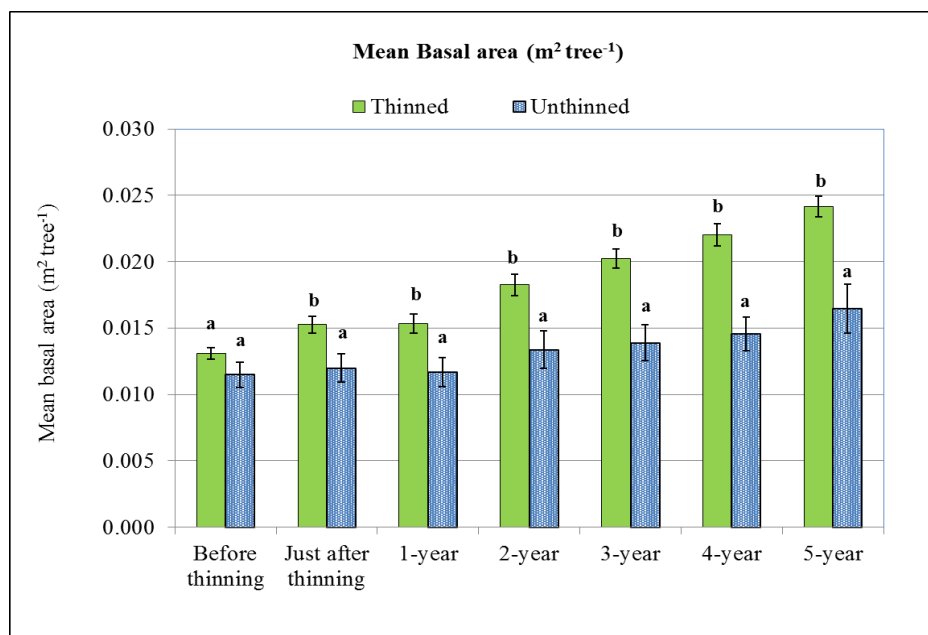
Table 1–3 Stand characteristics of Terd Damri plantation before, just after and 5–year after thinning (mean $\pm$ S.D.)

	Treatment						
	Thinned			Unthinned			
Before thinning							
Stand density (tree rai ⁻¹)	187	$\pm$	2.65	180	$\pm$	14.85	ns
Mean DBH (cm)	12.81	$\pm$	0.20	11.88	$\pm$	0.52	ns
Mean Height (m)	13.47	$\pm$	0.19	12.56	$\pm$	0.35	ns
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	2.45	$\pm$	0.07	2.07	$\pm$	0.53	*
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	16.31	$\pm$	0.21	13.25	$\pm$	1.37	*
Just after thinning							
Stand density (tree rai ⁻¹)	83	$\pm$	3.61	180	$\pm$	15.13	*
Mean DBH (cm)	13.24	$\pm$	0.33	12.14	$\pm$	0.55	*
Mean Height (m)	13.90	$\pm$	0.42	11.71	$\pm$	0.94	*
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	1.27	$\pm$	0.05	2.15	$\pm$	0.22	*
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	8.56	$\pm$	0.38	14.09	$\pm$	1.54	*
5–year after thinning							
Stand density (tree rai ⁻¹)	81	$\pm$	2.00	163	$\pm$	24.75	*
Mean DBH (cm)	17.42	$\pm$	0.30	14.30	$\pm$	0.08	*
Mean Height (m)	15.97	$\pm$	0.37	14.44	$\pm$	0.35	*
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	1.96	$\pm$	0.07	2.66	$\pm$	0.37	*
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	14.44	$\pm$	1.07	20.99	$\pm$	4.10	*
Thinning ratio							
No. of tree (%)			0.00			55.62	
Basal area (%)			0.00			48.39	

Remarks : BA = Basal area

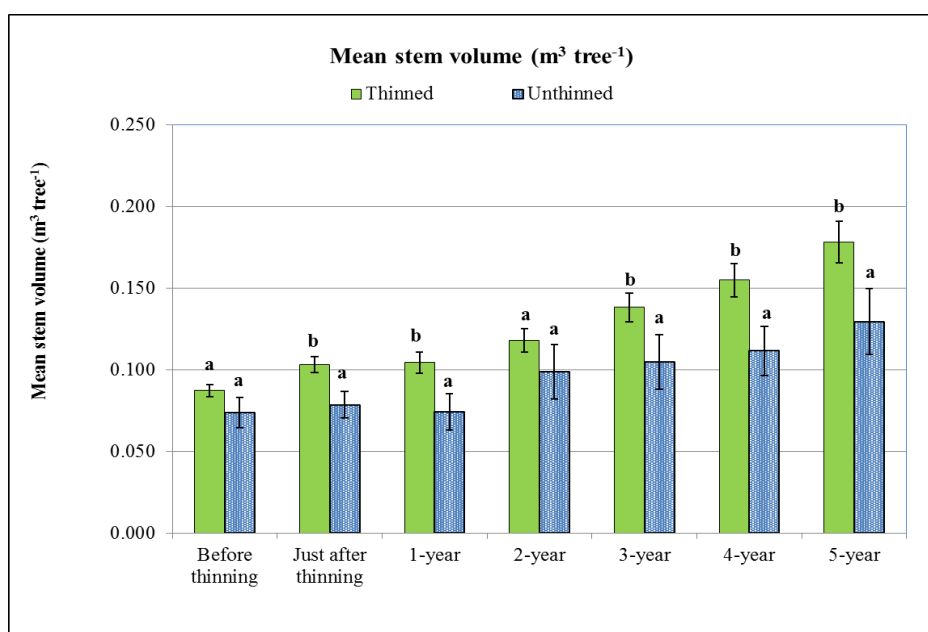
ns = non-significantly different

* = significantly different at $p < 0.05$



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1–3 Mean basal area of Terd Damri plantation before, just after since 5–year after thinning



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1–4 Mean stem volume of Terd Damri plantation before, just after since 5–year after thinning

3) แปลงทดลองที่สวนป่าสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู วางแผนการทดลองโดยมีแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะ และแปลงที่ทำการตัดขยายระยะ (ประมาณร้อยละ 40 ของพื้นที่หน้าตัดหมู่ไม้) หลังทำการตัดขยายระยะทันที พบว่า แปลงที่ตัดขยายระยะจะมีจำนวนต้นไม้ลดลงทำให้ความหนาแน่นของหมู่ไม้แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะ ส่วนค่าการเติบโต ได้แก่ DBH ความสูง พื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้ และปริมาตรของหมู่ไม้ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแปลงตัดขยายระยะและแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ โดยค่า DBH และความสูง ในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ค่า DBH และค่าความสูงในแปลงตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ เนื่องจากเป็นการตัดขยายระยะแบบ low thinning เนื่องจากจำนวนต้นไม้ในพื้นที่มีน้อยกว่าทำให้ค่าพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรของหมู่ไม้ในแปลงตัดขยายระยะมีค่าต่ำกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะ หลังการตัดขยายระยะ 4 ปี พบว่าค่า DBH และความสูงในแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าแปลงไม่ตัดขยายระยะ แต่มีเพียง DBH เท่านั้นที่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรของหมู่ไม้ในแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่าน้อยกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ แต่ไม่แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวนต้นไม้ที่ตายในแปลงไม่ตัดขยายระยะมีเฉลี่ย ต้นต่อไร่ ในขณะที่แปลงตัดขยายระยะมีการตายของต้นไม้เฉลี่ยเพียง 2 ต้นต่อไร่ (Table 1-4)

ค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัดรายต้นในแปลงตัดขยายระยะจะมีค่าสูงกว่าแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะตั้งแต่หลังการตัดขยายระยะทันทีจนถึงเมื่ออายุ 4 ปี หลังการตัดขยายระยะ แต่แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปีที่ 3 และ 4 หลังการตัดขยายระยะ (Figure 1-5) เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยปริมาตรรายต้นพบว่าแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะตั้งแต่ตัดขยายระยะทันทีจนถึงปีที่ 4 หลังการตัดขยายระยะ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปีที่ 4 หลังการตัดขยายระยะ (Figure 1-6) แสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะทำให้ต้นไม้มีขนาดความโตเพิ่มมากขึ้นแม้ว่าจะทำการตัดขยายระยะในแปลงที่ล็กมีอายุมากแล้ว (อายุ 15 ปี เมื่อทำการทดลอง)

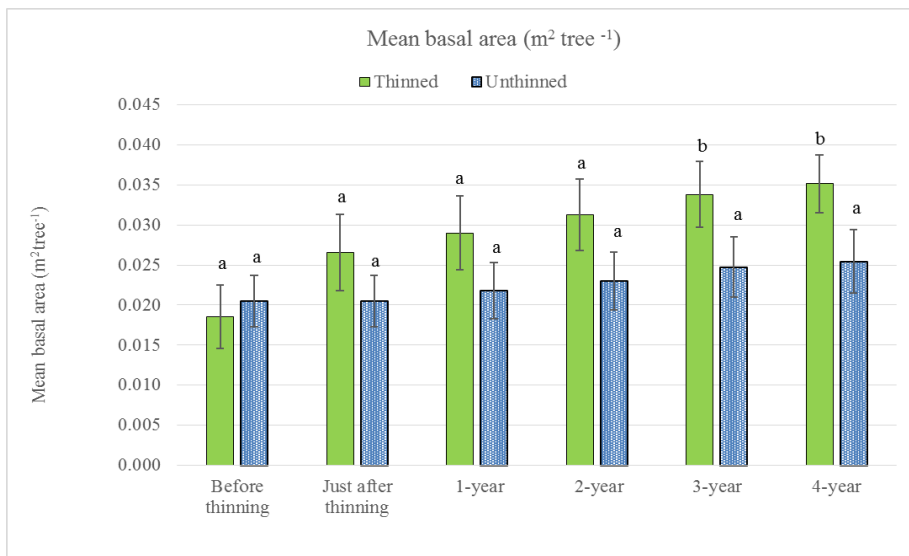
Table 1–4 Stand characteristics of Suwan Khuha plantation before, just after and 4–year after thinning (mean $\pm$ S.D.)

	Treatment					
	Thinned			Unthinned		
Before thinning						
Stand density (tree rai ⁻¹)	144.89	$\pm$	8.15	142.22	$\pm$	37.37 ns
Mean DBH (cm)	14.52	$\pm$	1.83	15.36	$\pm$	0.96 ns
Mean Height (m)	15.31	$\pm$	1.96	16.06	$\pm$	1.35 ns
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	2.67	$\pm$	0.47	2.99	$\pm$	1.21 ns
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	20.49	$\pm$	4.86	23.91	$\pm$	11.47 ns
Just after thinning						
Stand density (tree rai ⁻¹)	64.89	$\pm$	6.71	142.22	$\pm$	37.37 *
Mean DBH (cm)	18.12	$\pm$	1.76	15.36	$\pm$	0.96 ns
Mean Height (m)	17.51	$\pm$	2.00	16.06	$\pm$	1.35 ns
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	1.69	$\pm$	0.25	2.99	$\pm$	1.21 ns
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	13.84	$\pm$	3.16	23.91	$\pm$	11.47 ns
4–year after thinning						
Stand density (tree ha ⁻¹)	63.11	$\pm$	8.15	136.00	$\pm$	31.44 *
Mean DBH (cm)	20.84	$\pm$	1.21	17.08	$\pm$	0.96 *
Mean Height (m)	21.07	$\pm$	1.50	18.53	$\pm$	0.64 ns
Stand Basal Area (m ² rai ⁻¹)	2.22	$\pm$	0.35	3.54	$\pm$	1.34 ns
Stand Volume (m ³ rai ⁻¹)	21.43	$\pm$	4.81	30.43	$\pm$	12.53 ns
Thinning ratio						
No. of tree (%)			0.00			55.22
Basal area (%)			0.00			36.55

Remarks : BA = Basal area

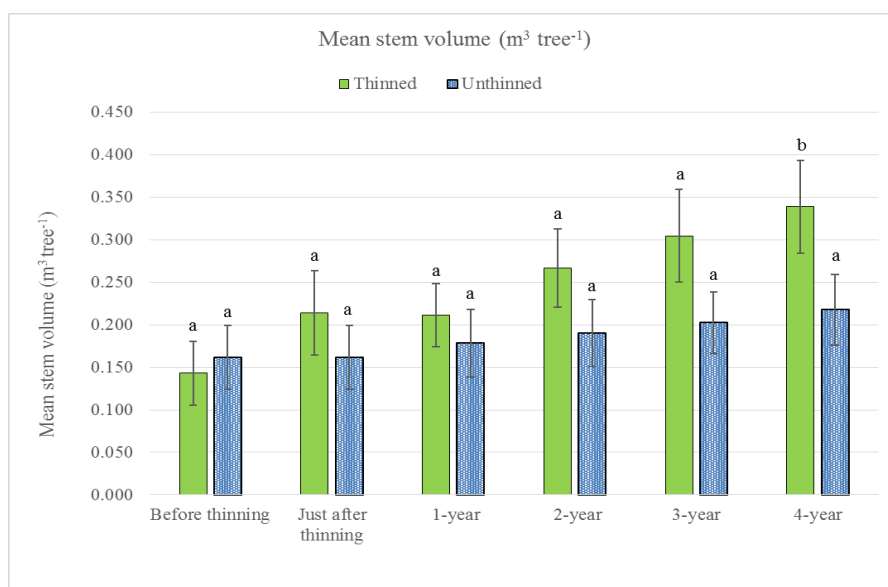
ns = non-significantly different

* = significantly different at $p < 0.05$



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1–5 Mean basal area of Suwan Khuha plantation before, just after and since 4– year after thinning



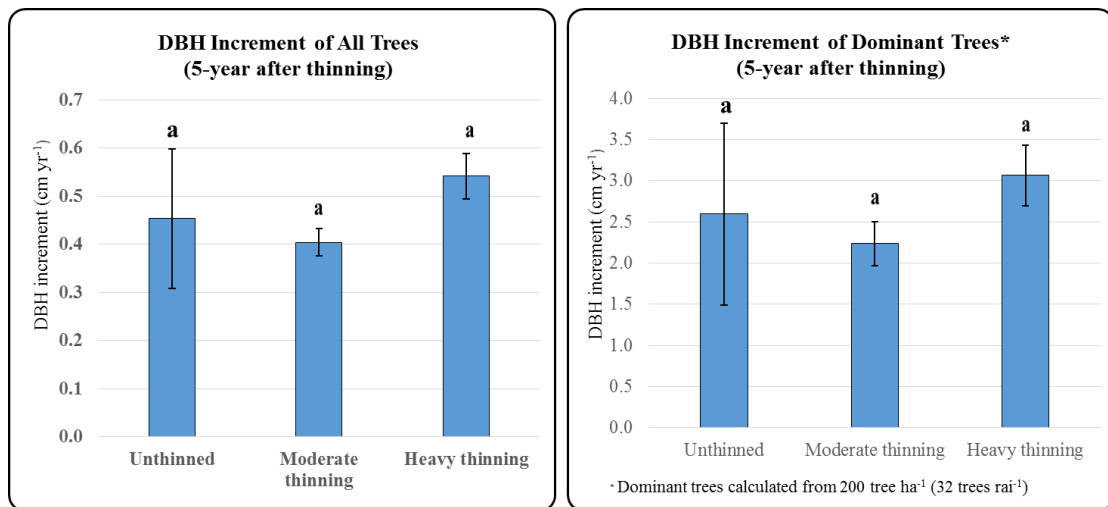
Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1–6 Mean stem volume of Suwan Khuha plantation before, just after and since 4– year after thinning

2. ผลของการตัดขยายระยะต่อการเติบโตของต้นสัก

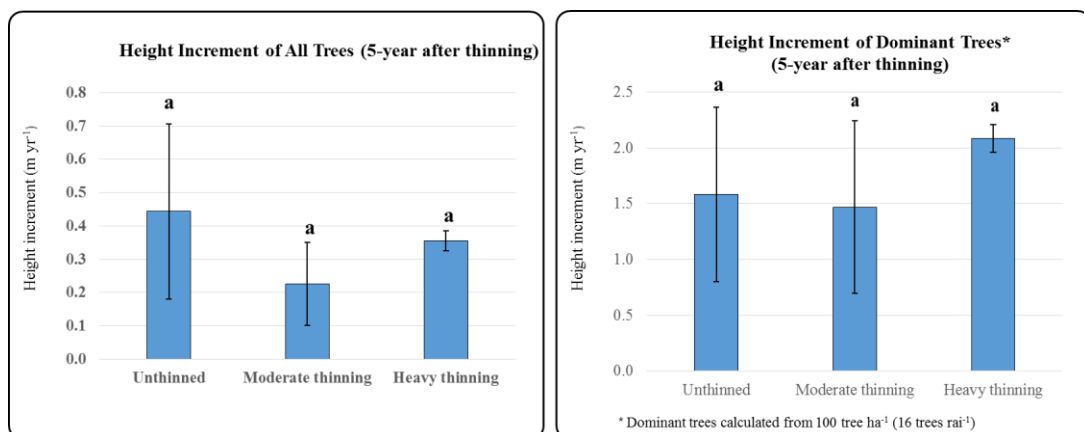
1) แปลงทดลองที่สวนป่าเด่นด่าน จังหวัดอุตรดิตถ์

จากการคำนวณความเพิ่มพูนรายปีด้าน DBH เฉลี่ยต่อต้นของต้นสักทั้งหมดในพื้นที่หลังตัดขยายระยะ 5 ปี พบว่าสักในแปลงที่ตัดขยายระยะแบบหนักมีความเพิ่มพูนสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะและแปลงตัดขยายระยะปานกลาง แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยของ DBH เฉพาะในต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่นในพื้นที่ พบว่าในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักยังมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะและแปลงตัดขยายระยะแบบปานกลาง ตามลำดับ และไม่พบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับความเพิ่มพูนรายปีในต้นไม้ทั้งหมด ผลการศึกษานี้แสดงว่าการตัดขยายระยะและความหนักเบาของการตัดขยายระยะยังไม่ได้มีผลต่อความเพิ่มพูนรายปีในด้าน DBH อย่างชัดเจน (Figure 1-7) และเมื่อพิจารณาความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงเฉลี่ยต่อต้นในต้นสักทั้งหมดในพื้นที่พบว่าในแปลงไม่ตัดขยายระยะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แปลงตัดขยายระยะแบบหนัก และแปลงตัดขยายระยะแบบปานกลาง ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่นพบว่าความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยด้านความสูงมีค่ามากกว่าในแปลงตัดขยายระยะแบบหนัก แปลงไม่ตัดขยายระยะ และแปลงที่ตัดขยายระยะแบบปานกลาง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยของสักทั้งหมดและเฉพาะในต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่นในแปลงทดลองทั้งสาม ไม่พบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าความเพิ่มพูนรายปีทั้งด้าน DBH และความสูงในต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่นในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มสูงกว่าในแปลงอื่นก็ตาม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะและระดับความหนักเบาของการตัดขยายระยะยังไม่มีผลกระทบที่ชัดเจนต่อความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยทางด้าน DBH และความสูงของหมู่ไม้ (Figure 1-8)



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-7 Mean annual DBH increment of all trees and dominant trees of Den Dan plantation

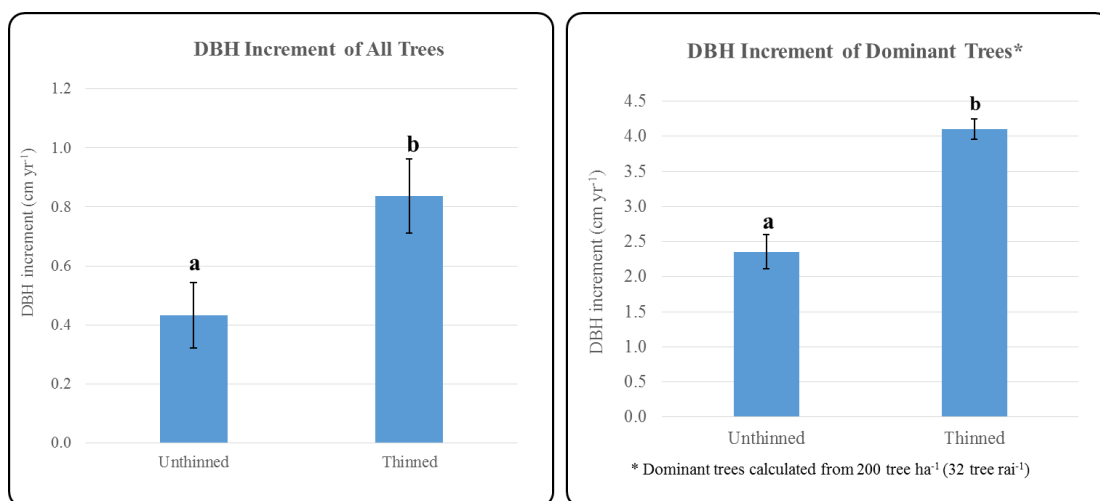


Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-8 Mean annual height increment of all trees and dominant trees of Den Dan plantation

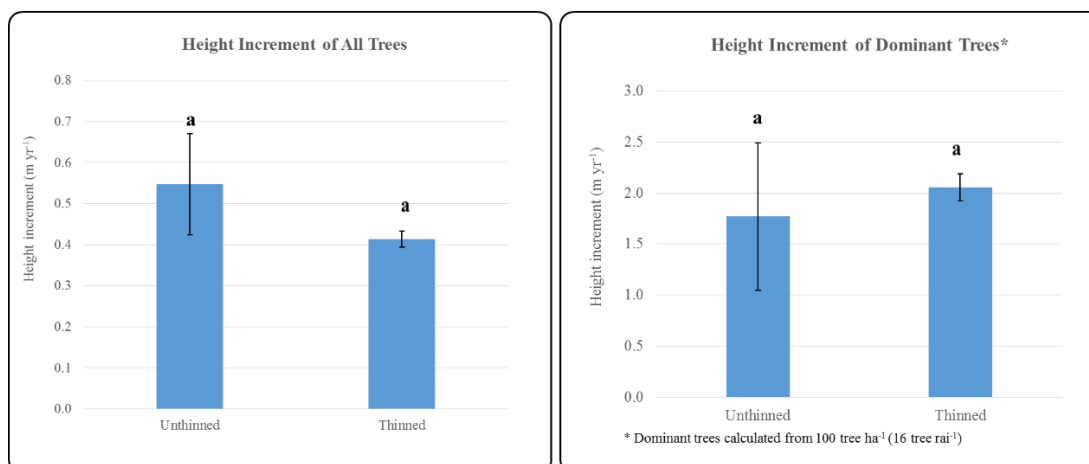
2) แปลงทดลองที่สวนป่าเทิดดำริ จังหวัดลพบุรี

จากการคำนวณความเพิ่มพูนรายปีด้าน DBH เฉลี่ยต่อต้นของต้นสักทั้งหมดในพื้นที่หลังตัดขยายระยะ 5 ปี พบว่าสักในแปลงที่ตัดขยายระยะมีความเพิ่มพูนเฉลี่ยสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับเมื่อพิจารณาความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยของ DBH เฉพาะในต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่นในพื้นที่ ผลการศึกษานี้แสดงว่าการตัดขยายระยะทำให้ความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยในด้าน DBH เพิ่มมากขึ้น (Figure 1-9) และเมื่อพิจารณาความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงเฉลี่ยต่อต้นในต้นสักทั้งหมดในพื้นที่พบว่าในแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าแปลงตัดขยายระยะ ในทางตรงกันข้ามเมื่อพิจารณาเฉพาะต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่นพบว่าความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยด้านความสูงในแปลงตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะ แต่ความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงเฉลี่ยในต้นไม้ทั้งหมดและต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดเด่นในแปลงที่ตัดขยายระยะและไม่ตัดขยายระยะไม่พบค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาดังนี้แสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะมีผลไม่ชัดเจนต่อความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูง นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะแบบหนักที่กระทำต่อสวนป่าในเวลาที่หมู่ไม้เริ่มมีการแก่งแย่งดังเช่นที่สวนป่าเด่นดำนและสวนป่าเทิดดำรินั้น จะทำให้ความเพิ่มพูนรายปีทางด้าน DBH ของหมู่ไม้มากกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ (Figure 1-10)



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-9 Mean annual DBH increment of all trees and dominant trees of Terd Damri plantation

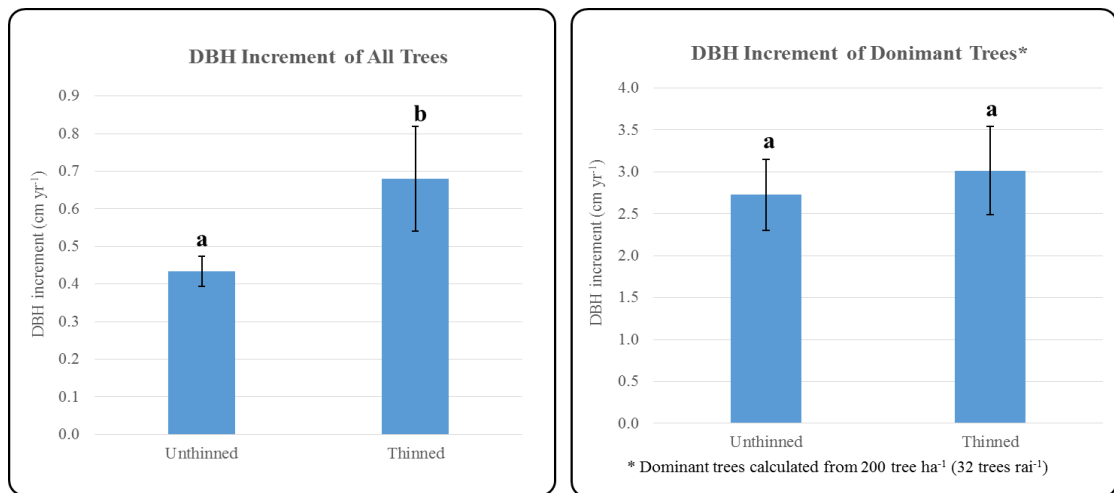


Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1– 10 Mean annual height increment of all trees and dominant trees of Terd Damri plantation

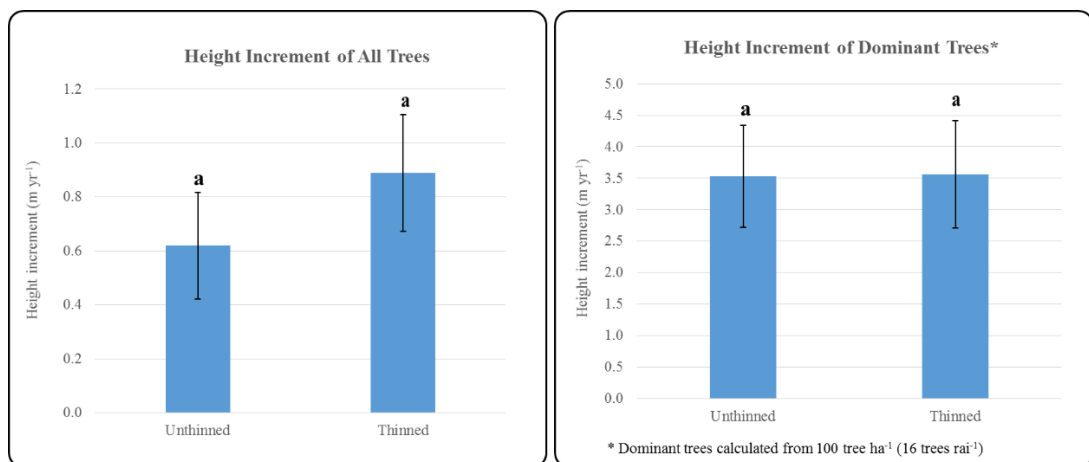
3) แปลงทดลองที่สวนป่าสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู

จากการคำนวณความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยด้าน DBH ของต้นสักทั้งหมดในพื้นที่หลังตัดขยายระยะ 4 ปี มีผลการศึกษาใกล้เคียงกับการศึกษาที่แปลงทดลองที่สวนป่าเทิดดำริ โดยพบว่าสักในแปลงที่ตัดขยายระยะมีความเพิ่มพูนสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยเฉพาะในต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่นในพื้นที่พบว่าสักในแปลงที่ตัดขยายระยะมีความเพิ่มพูนสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (Figure 1–11) และเมื่อพิจารณาความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงเฉลี่ยต่อต้นในต้นสักทั้งหมดในพื้นที่พบว่าในแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ในทางตรงกันข้ามเมื่อพิจารณาเฉพาะต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่นพบว่าความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงเฉลี่ยในแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะ แต่ความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงเฉลี่ยต่อต้นในต้นไม้ทั้งหมดและต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดเด่นในแปลงที่ตัดขยายระยะและไม่ตัดขยายระยะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1–12) ผลการศึกษานี้แสดงว่าการตัดขยายระยะมีผลต่อความโตของสัก โดยทำให้ความเพิ่มพูนรายปีในด้าน DBH เฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น แต่ส่งผลกระทบต่อความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงเฉลี่ย และแสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะแบบหนักที่กระทำต่อหมู่ไม้เข้าเกินไป ช่วยทำให้ความเพิ่มพูนรายปีทั้งทางด้าน DBH และความสูงเฉลี่ยของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นในแปลงที่ตัดขยายระยะมากกว่าแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะอย่างชัดเจน



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1– 11 Mean annual DBH increment of all trees and dominant trees of Suwan Khuha plantation



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1– 12 Mean annual height increment of all trees and dominant trees of Suwan Khuha plantation

3. ผลของการตัดขยายระยะต่อการเติบโตของหมูไม้สัก

1) แปลงทดลองที่สวนป่าเด่นดำน จังหวัดอุดรธานี

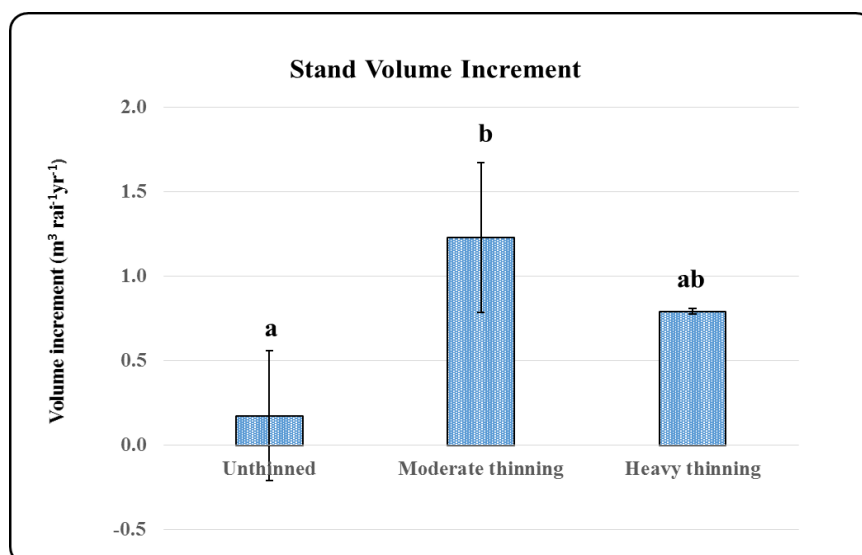
ผลผลิตด้านปริมาตรของสักทั้งหมดในแปลง ประกอบด้วย ปริมาตรของสักที่ถูกตัดขยายระยะออกจากพื้นที่ ปริมาตรของต้นสักที่ตาย และปริมาตรที่มีอยู่ในปัจจุบัน ใน Table 1-5 แสดงผลผลิตด้านปริมาตรของสักเมื่ออายุ 5 ปี หลังการตัดขยายระยะ การศึกษาพบว่า ปริมาตรทั้งหมดมีค่าสูงที่สุดในแปลงตัดขยายระยะแบบปานกลาง รองลงมาได้แก่ แปลงตัดขยายระยะแบบหนักและแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะ ตามลำดับ ในช่วงระยะเวลาระหว่างปีที่ 4-5 มีสภาพอากาศที่แห้งแล้งรุนแรงและมีระยะเวลายาวนาน ทำให้มีต้นไม้ในแปลงทดลองตายจำนวนมาก โดยจำนวนต้นไม้ที่ตายมากที่สุดพบในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ คือ 87 ต้น เนื่องมาจากการแก่งแย่งอย่างรุนแรง ซึ่งตรงกันข้ามกับในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักซึ่งมีจำนวนต้นไม้ที่ตายน้อยที่สุด คือ 11 ต้น จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาตรรวมในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักมีค่าแตกต่างจากแปลงตัดขยายระยะปานกลางเล็กน้อย และแปลงตัดขยายระยะทั้งสองแบบมีปริมาตรรวมมากกว่าแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะ สรุปได้ว่าการตัดขยายระยะเป็นการป้องกันการตายของต้นไม้จากการแก่งแย่งเมื่อหมูไม้มีอายุมากขึ้น

Table 1-5 Stand volume production (m^3) in stands with different thinning intensities of Den Dan plantation

Treatment	Volume of thinned trees	Volume of dead trees	Current volume production	Total volume production	No. of dead trees (tree)
Unthinned	0.00	3.61	8.39	12.00	87
Moderate	3.41	2.49	10.83	16.73	33
Heavy	6.43	0.74	8.37	15.55	11

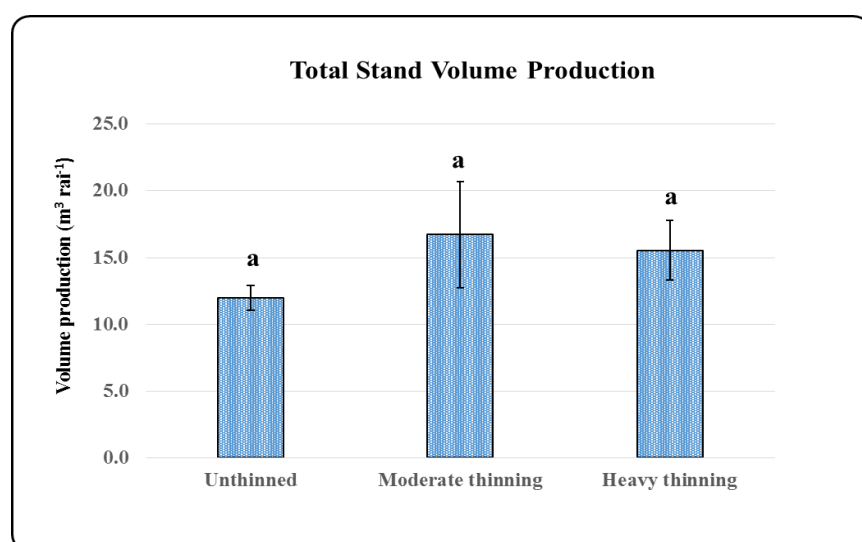
การเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมูไม้พบมากที่สุดในการแปลงตัดขยายระยะแบบปานกลาง รองลงมาคือ แปลงตัดขยายระยะแบบหนัก และแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะตามลำดับ โดยในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะทั้งสองระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแปลงตัดขยายระยะแบบปานกลางกับแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะเท่านั้น (Figure 1-13) ส่วนความเพิ่มพูนของปริมาตรรวมของหมูไม้พบสูงที่สุดในแปลงตัดขยายระยะแบบปานกลาง รองลงมาได้แก่ แปลงที่ทำการตัดขยายระยะแบบหนัก และแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ตามลำดับ แต่ไม่พบความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องมาจากต้นไม้ในแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะและแปลงที่ตัดขยายระยะปานกลางมีการตายมาก ทำให้ค่ารวมของปริมาตรลดลง (Figure 1-14)



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-13 Mean stand volume increment of Den Dan plantation



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-14 Total stand volume production of Den Dan plantation

ความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมุ่ไม้ในแปลงตัดขยายระยะและแปลงไม่ตัดขยายระยะในเวลา 5 ปี หลังการตัดขยายระยะได้ถูกคำนวณโดยใช้ฐานของความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรของหมุ่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ โดยคาดว่าความเพิ่มพูนรายปีจะมีค่าลดลงเมื่อความหนาแน่นของการตัดขยายระยะเพิ่มขึ้น ซึ่งผลปรากฏว่าเมื่อเปรียบเทียบกับความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมุ่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะแล้ว การตัดขยายระยะแบบหนัก การตัดขยายระยะแบบปานกลางจะทำให้ความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมุ่ไม้ลดลงร้อยละ 67.48 และร้อยละ 39.15 ตามลำดับ และการไม่ตัดขยายระยะเลยจะทำให้ความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมุ่ไม้ลดลงร้อยละ 90.66 (Table 1-6)

Table 1-6 Decrease of annual stand volume increment of Den Dan plantation

Treatment	Annual stand volume increment (m ³ rai ⁻¹ year ⁻¹)		
	Just after thinning	5-year after thinning	Decrease of volume increment (%)
Unthinned	1.883	0.176	-90.656
Moderate thinning	1.968	1.231	-39.145
Heavy thinning	2.063	0.793	-67.476

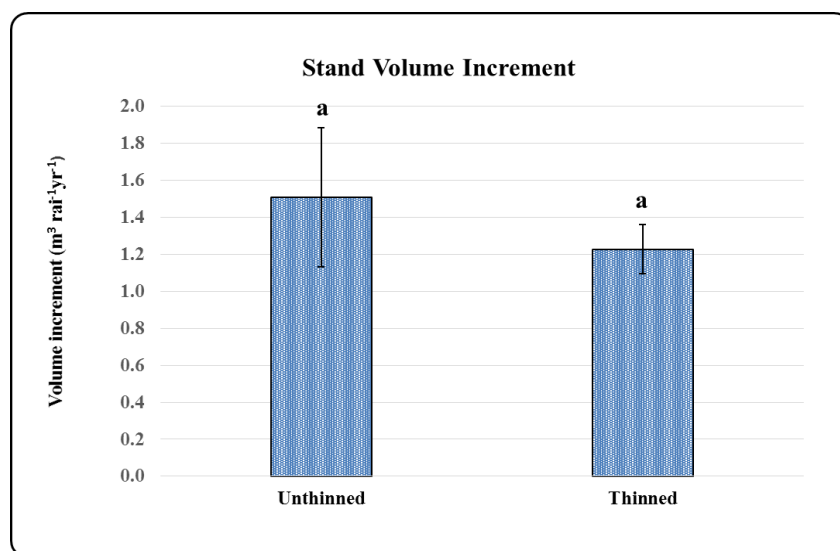
2) แปลงทดลองที่สวนป่าเทิดดำริ จังหวัดลพบุรี

Table 1-7 แสดงจำนวนต้นไม้ที่ตายในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ คือ 18 ต้น เนื่องมาจากการแก่งแย่ง ในขณะที่ในแปลงตัดขยายระยะมีจำนวนต้นไม้ที่ตายเพียง 2 ต้น ผลการศึกษาครั้งนี้อาจสรุปได้ว่าการตัดขยายระยะเป็นการลดการตายของต้นไม้ แต่เนื่องจากการตัดขยายระยะพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรของหมุ่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะแตกต่างกัน (น้อยกว่า) แปลงตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1-3) จึงทำให้ภายหลังการตัดขยายระยะเป็นเวลา 5 ปี ปริมาตรรวมของหมุ่ไม้ในแปลงที่ตัดขยายระยะมีค่ามากกว่าแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะไม่มากนัก

Table 1–7 Stand volume production (m^3) in stands with different thinning intensities of Terd Damri plantation

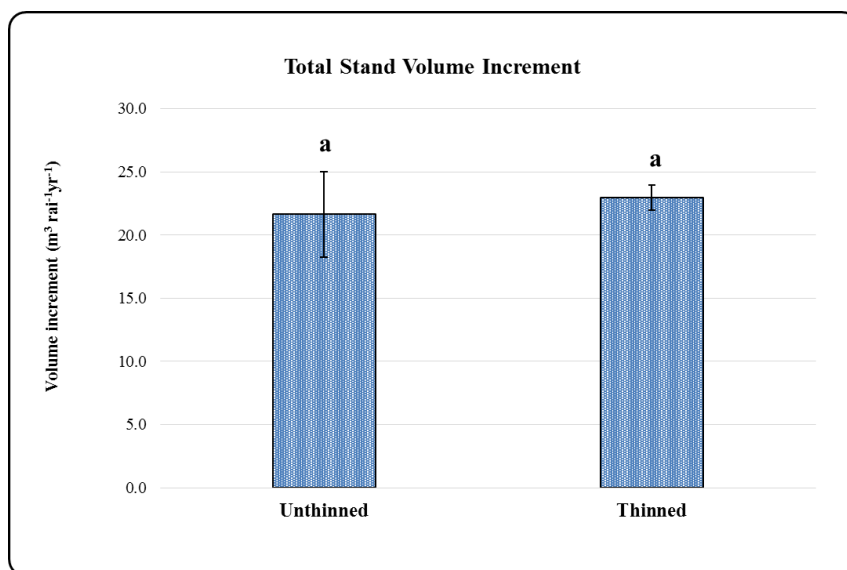
Treatment	Volume of thinned trees	Volume of dead trees	Current volume production	Total volume production	No. of dead trees (tree)
Unthinned	0.000	0.786	20.847	21.633	18
Thinned	8.252	0.256	14.439	22.947	2

ความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมู่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงตัดขยายระยะอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นผลมาจากการแก่งแย่งในแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะยังมีไม่มาก (Figure 1–15) ทำให้ความเพิ่มพูนของปริมาตรรวมของหมู่ไม้ในแปลงตัดขยายระยะแม้ว่าจะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะแต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (Figure 1–16) เมื่อทำการคำนวณความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมู่ไม้โดยใช้ฐานของความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรของหมู่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ผลการศึกษาปรากฏว่า การตัดขยายระยะทำให้ความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมู่ไม้ลดลงร้อยละ 32.23 ในขณะที่การไม่ตัดขยายระยะเลยทำให้ความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมู่ไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.96 (Table 1–8)



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1–15 Mean stand volume increment of Terd Damri plantation



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-16 Total stand volume production of Terd Damri plantation

Table 1-8 Change of annual stand volume increment of Terd Damri plantation

Treatment	Annual stand volume increment (m³rai⁻¹year⁻¹)		
	Just after thinning	5-year after thinning	Increase/Decrease of volume increment (%)
Unthinned	1.409	1.508	6.964
Thinned	1.681	1.227	-32.231

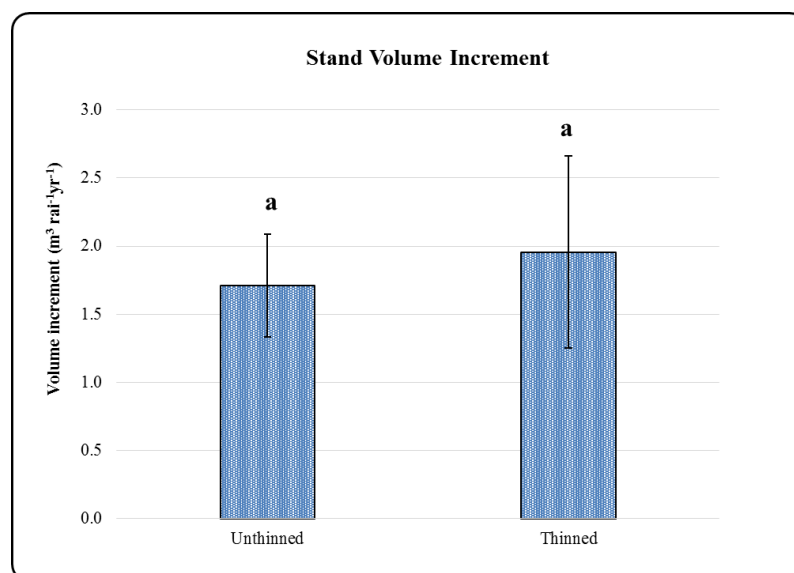
3) แปลงทดลองที่สวนป่าสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู

Table 1-9 แสดงผลผลิตด้านปริมาตรของสักเมื่ออายุ 4 ปี หลังการตัดขยายระยะการศึกษาพบว่าปริมาตรทั้งหมดในแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงตัดขยายระยะ แม้ว่าจำนวนต้นไม้ที่ตายในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ คือ 8 ต้น ซึ่งมากกว่าในแปลงตัดขยายระยะมีจำนวนต้นไม้ที่ตายเพียง 1 ต้น การเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมุ่ไม้ในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1-17) ซึ่งตรงกันข้ามกับความเพิ่มพูนของปริมาตรรวมของหมุ่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ตัดขยายระยะ แต่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มี

นัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (Figure 1-18) ความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมู่ไม้คำนวณโดยใช้ฐานของความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรของหมู่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ผลการศึกษาปรากฏว่า การตัดขยายระยะทำให้ความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมู่ไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 37.81 ในขณะที่การไม่ตัดขยายระยะทำให้ความเพิ่มพูนรายปีของปริมาตรหมู่ไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 7.02 (Table 1-10) เนื่องจากความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยก่อนการตัดขยายระยะของหมู่ไม้ที่มีอายุมาก (15 ปี) มีค่าน้อยกว่าหมู่ไม้ที่มีอายุน้อยกว่า ดังนั้นภายหลังการตัดขยายระยะเป็นเวลา 4-5 ปี ความเพิ่มพูนรายปีทางด้านปริมาตรอาจมีค่ามากกว่าความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยทางด้านปริมาตรของหมู่ไม้ก่อนการตัดขยายระยะได้

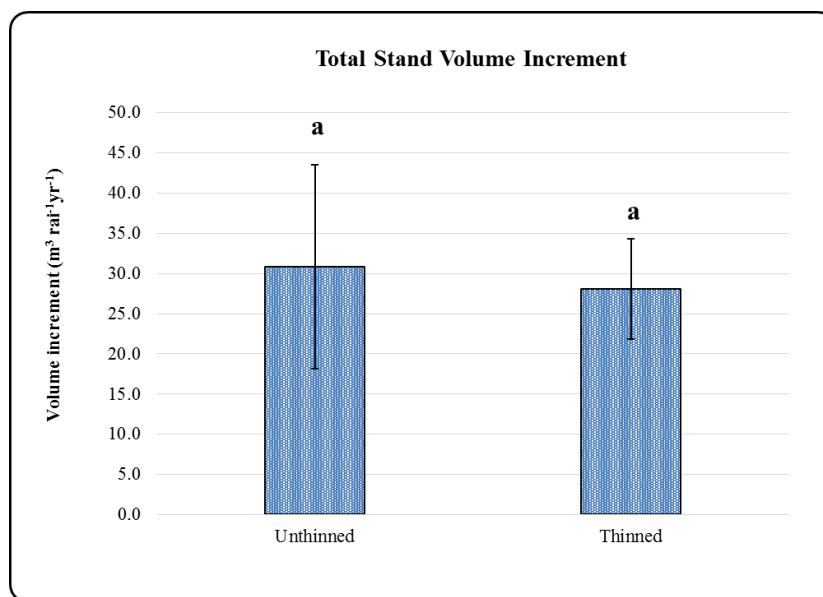
Table 1-9 Stand volume production (m^3) in stands with different thinning intensities of Suwan Khuha plantation

Treatment	Volume of thinned trees	Volume of dead trees	Current volume production	Total volume production	No. of dead trees (tree)
Unthinned	0.000	0.403	30.425	30.828	8
Thinned	6.422	0.237	21.431	28.090	1



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-17 Mean stand volume increment of Suwan Khuha plantation



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

Figure 1-18 Total stand volume production of Suwan Khuha plantation

Table 1-10 Increase of annual stand volume increment of Suwan Khuha plantation

Treatment	Annual stand volume increment (m³rai⁻¹year⁻¹)		
	Just after thinning	4-year after thinning	Increase of volume increment (%)
Unthinned	1.599	1.711	7.016
Thinned	1.351	1.956	37.808

4. ผลของการตัดขยายระยะต่อรูปทรงลำต้นของสัก

รูปทรงของลำต้นที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่า Live crown ratio และ ค่า Slenderness ratio ซึ่งแสดงถึงเสถียรภาพ (stability) ของต้นไม้ ค่า Slenderness สูง หมายความว่าต้นไม้มีความไถ่น้อยแต่มีความสูงมาก ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการโค่นล้มหรือถูกทำลายได้ง่าย โดยเฉพาะในบริเวณที่มีพายุโดยทั่วไปในไม้ใบแคบ พวกสน มีการศึกษาพบว่าหากค่า Slenderness สูงเกินกว่า ร้อยละ 100 ต้นไม้จะมีอัตราความเสี่ยงสูง ในสักยังไม่มีการศึกษาค่า Slenderness ที่เหมาะสม แต่กรณีที่มีค่า Slenderness ร้อยละ 100 หรือมากกว่าจะมีความเสี่ยงสูงในการโค่นล้มเช่นกัน ค่าอัตราส่วนระหว่างความสูงของเรือนยอดกับความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Live crown ratio) เป็นค่าที่แสดงถึงลักษณะของต้นไม้ โดยทั่วไปเรือนยอดของต้นไม้ใบแคบจะมีค่าไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 40 เพื่อให้ต้นไม้มีเรือนยอดที่แข็งแรงและสามารถผลิตอาหารและเติบโตได้เต็มที่ และค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาตรที่แท้จริงของต้นไม้กับปริมาตรของรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัดเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับความสูงเพียงอก หรือ ที่ระดับความสูง 1.30 เมตรของต้นไม้ (Artificial form factor) ผลการศึกษาพบว่า

1) แปลงทดลองที่สวนป่าเด่นด่าน จังหวัดอุดรธานี

การศึกษาพบว่าหลังการตัดขยายระยะ ค่า Live crown ratio ในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักมีค่าสูงกว่าในแปลงตัดขยายระยะปานกลางและแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ และพบว่ามีค่าสูงกว่าอย่างเด่นชัดในปีที่ 2 หลังการตัดขยายระยะ แปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะแสดงค่าต่ำสุดซึ่งจะมีผลต่อการเติบโตของต้นไม้ต่อไป ในปีที่ 5 หลังการตัดขยายระยะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะระหว่างแปลงตัดขยายระยะแบบหนักกับแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ในทางกลับกันจะพบว่าค่า Slenderness ในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักจะมีค่าต่ำกว่าในแปลงอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่ปีที่ 1 หลังจากการตัดขยายระยะ และในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะจะมีค่าสูงกว่าในแปลงอื่นๆ เนื่องจากในแปลงที่ไม่มีการจัดการต้นไม้ที่ขึ้นกันอย่างหนาแน่นจะมีความสามารถในการเติบโตทางด้านความโตได้น้อยลง แต่อย่างไรก็ตามในปีที่ 5 หลังการตัดขยายระยะ แม้ว่าค่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะจะมีค่ามากกว่าร้อยละ 100 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทุกการทดลอง (Figure 1–19 และ Table 1–11) ส่วนผลของการตัดขยายระยะต่อค่า Artificial form factor พบว่าหลังการตัดขยายระยะปีที่ 3 ค่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะจะมีค่าลดลงและมีค่าต่ำกว่าแปลงที่ตัดขยายระยะ และในแปลงที่ตัดขยายระยะปานกลางมีค่าสูงสุดและสูงกว่าแปลงที่ตัดขยายระยะแบบหนัก ค่าความแตกต่าง

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปีที่ 5 แสดงได้ว่าการตัดขยายระยะและความหนักเบาของการตัดขยายระยะมีผลต่อค่า Artificial form factor (Figure 1-20 และ Table 1-11)

2) แปลงทดลองที่สวนป่าเทิดดำริ จังหวัดลพบุรี

การศึกษาพบว่าหลังการตัดขยายระยะ ค่า Live crown ratio ในแปลงตัดขยายระยะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ โดยเริ่มในปีที่ 2 หลังการตัดขยายระยะ ในปีที่ 5 หลังการตัดขยายระยะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแปลงตัดขยายระยะกับแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะ ในทางกลับกันจะพบว่าค่า Slenderness ในแปลงตัดขยายระยะจะมีค่าต่ำกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่หลังการตัดขยายระยะทันทีจนไปถึงเมื่อ 5 ปี หลังการตัดขยายระยะ (Figure 1-21 และ Table 1-12) ส่วนผลของการตัดขยายระยะต่อค่า Artificial form factor พบว่าหลังการตัดขยายระยะ ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะจะมีค่าสูงขึ้นและสูงกว่าในแปลงตัดขยายระยะ และในปีที่ 5 หลังการตัดขยายระยะพบว่าค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยทางด้านความสูงของหมู่ไม้ทุกต้นในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะมีค่ามากกว่าแปลงที่ตัดขยายระยะดังแสดงใน Figure 1-10 (Figure 1-22 และ Table 1-12)

3) แปลงทดลองที่สวนป่าสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู

การศึกษาพบว่าหลังการตัดขยายระยะ ค่า Live crown ratio ในแปลงตัดขยายระยะและในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ มีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยในปีที่ 3-4 ค่าแปลงตัดขยายระยะเริ่มมีค่าสูงกว่าแปลงที่ไม่ตัดขยายระยะ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า Slenderness ในแปลงตัดขยายระยะจะมีค่าต่ำกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ตั้งแต่หลังการตัดขยายระยะทันทีจนไปถึงเมื่อ 5 ปีหลังการตัดขยายระยะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1-23 และ Table 1-13) ส่วนผลของการตัดขยายระยะต่อค่า Artificial form factor พบว่าหลังการตัดขยายระยะ ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะจะมีแนวโน้มค่าลดลง ส่วนในแปลงตัดขยายระยะมีแนวโน้มที่มีค่าเพิ่มมากขึ้น ในปีที่ 5 หลังการตัดขยายระยะพบว่าค่า Artificial form factor ของแปลงทั้งสองไม่มีความแตกต่างกัน (Figure 1-24 และ Table 1-13) เนื่องจากความเพิ่มพูนรายปีเฉลี่ยทางด้านความสูงของไม้เรือนยอดเด่นของหมู่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะมีค่ามากกว่าแปลงที่ตัดขยายระยะ ดังแสดงใน Figure 1-12

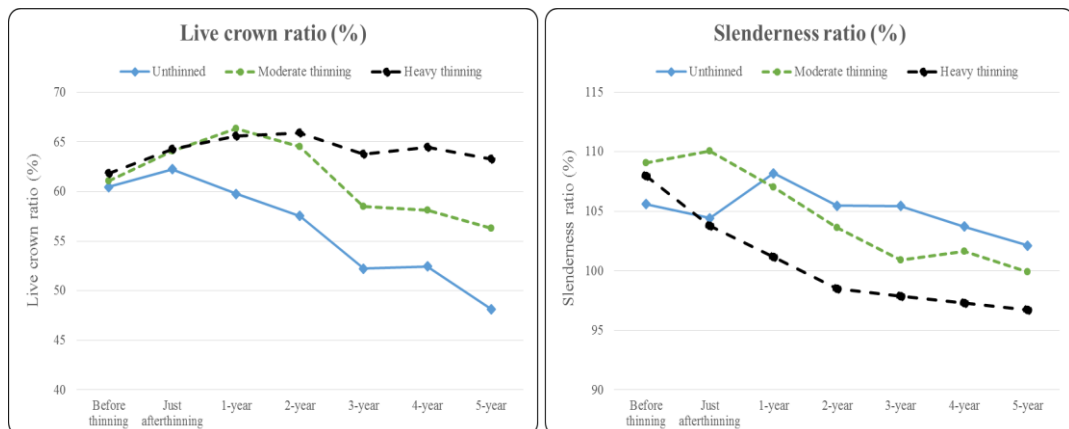


Figure 1-19 Live-crown ratio and slenderness before and after thinning of Den Dan plantation

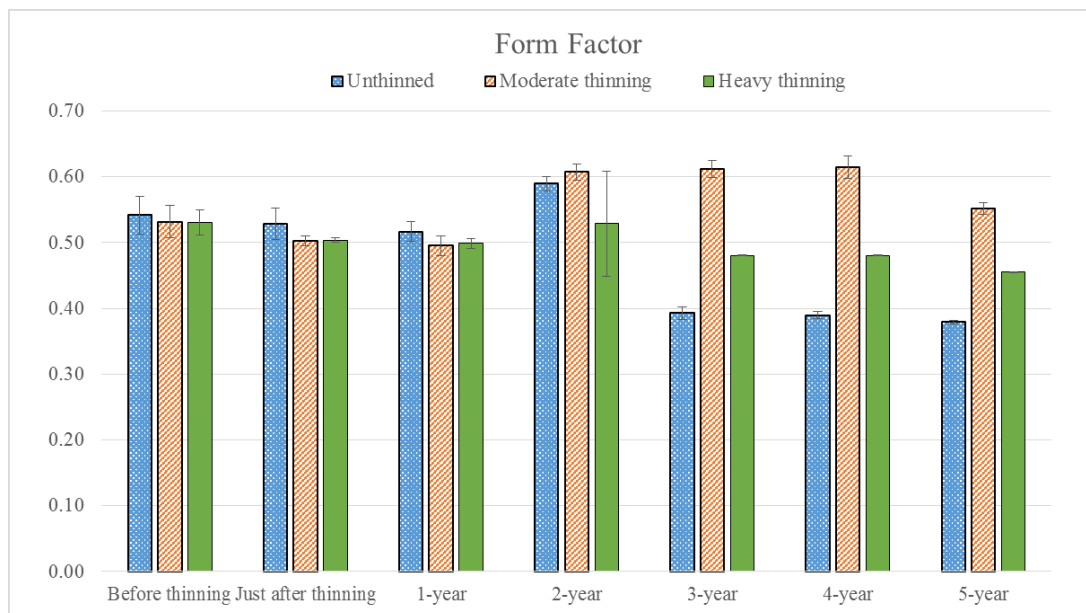


Figure 1-20 Artificial form factor before and after thinning of Den Dan plantation

Table 1– 11 Parameters of tree attributes associated with quality of stem form of Den Dan plantation

Treatment	Live-crown ratio (%)			Slenderness ratio (%)			Artificial form factor		
Unthinned	48.15	± 3.95	a	102.13	± 0.85	a	0.38	± 0.002	a
Moderate thinning	56.28	± 2.56	ab	99.90	± 2.60	a	0.55	± 0.009	c
Heavy thinning	63.23	± 4.93	b	96.74	± 1.69	a	0.46	± 0.001	b

Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. The treatments marked with the different letters are significantly different.

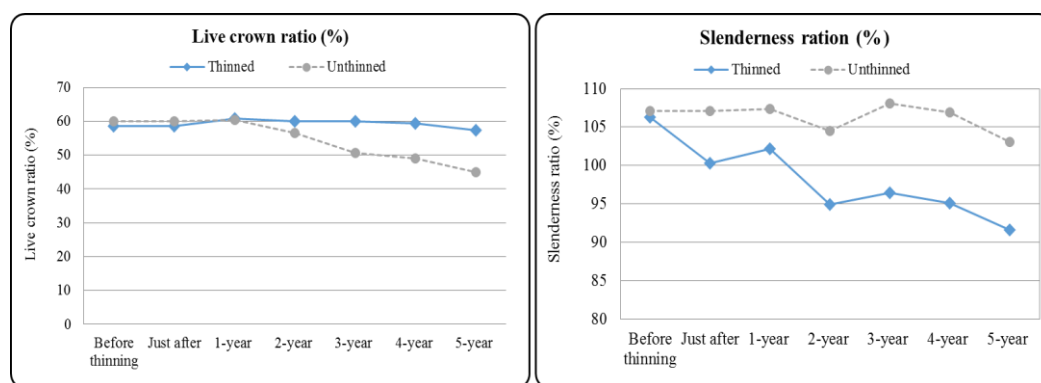


Figure 1–21 Live-crown ratio and slenderness before and after thinning of Terd Damri plantation

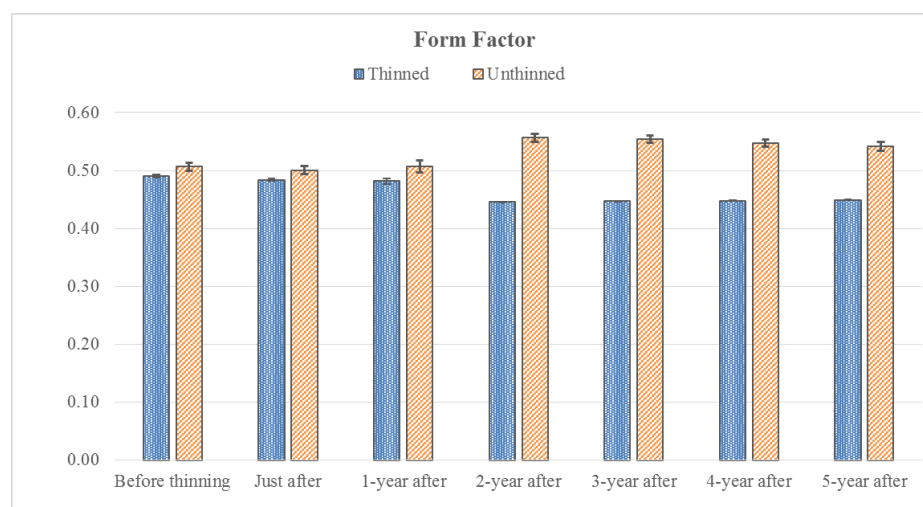


Figure 1–22 Artificial form factor before and after thinning of Terd Damri plantation

Table 1–12 Parameters of tree attributes associated with quality of stem form of Terd Damri plantation

Treatment	Live–crown ratio (%)			Slenderness ratio (%)			Artificial form factor		
Thinned	57.417	± 1.376	*	91.621	± 0.653	**	0.449	± 0.001	*
Unthinned	44.894	± 5.945		103.106	± 0.262		0.542	± 0.008	

Remarks : * – significantly different at $p < 0.05$ ** – significantly different at $p < 0.01$

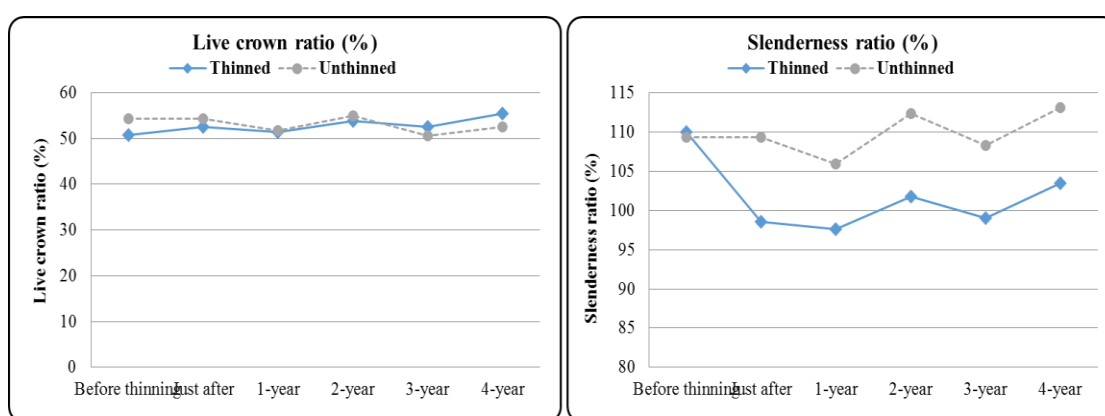


Figure 1–23 Live–crown ratio and slenderness before and after thinning of Suwan Khuha plantation

Table 1–13 Parameters of tree attributes associated with quality of stem form of Suwan Khuha plantation

Treatment	Live–crown ratio (%)			Slenderness ratio (%)			Artificial form factor		
Thinned	55.427	± 5.253	ns	103.484	± 4.217	*	0.440	± 0.007	ns
Unthinned	52.546	± 2.459		113.114	± 1.131		0.450	± 0.006	

Remarks : ns – non–significantly different * – significantly different at $p < 0.05$

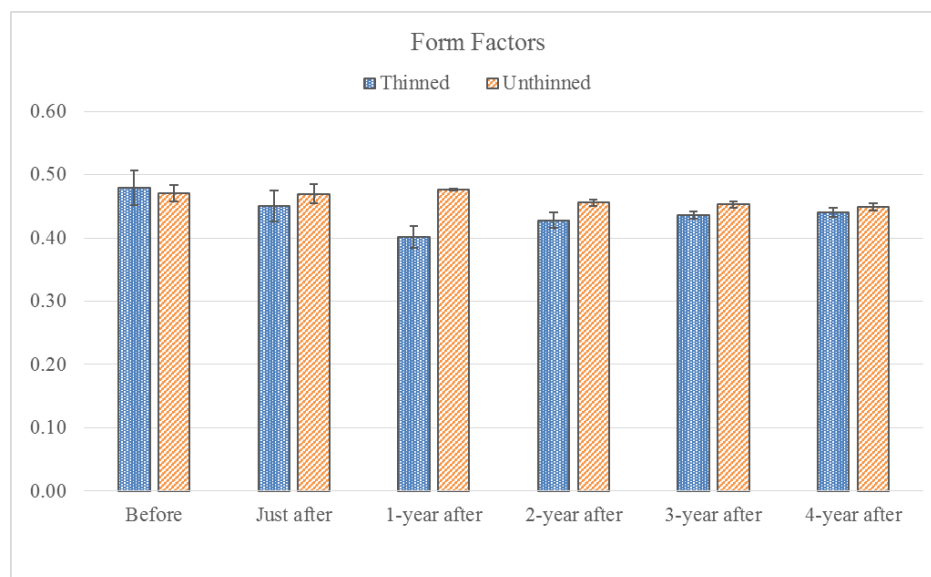


Figure 1–24 Artificial form factor before and after thinning of Suwan Khuha plantation

วิจารณ์ผล

จากการทดลองตัดขยายระยะครั้งแรกส่งผลต่อไม้สักในสวนป่า โดยต้นไม้ในแปลงที่ตัดขยายระยะจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเพิ่มมากที่สุด โดยเฉพาะในแปลงตัดขยายระยะแบบหนัก ไม่ว่าจะเป็นกรณีการตัดขยายระยะที่กระทำตั้งแต่หมู่ไม้เริ่มมีการแก่งแย่ง (early thinning) ดังเช่นในสวนป่าเด่นดำนและสวนป่าเทิดดำริ หรือกรณีตัดขยายระยะที่กระทำต่อหมู่ไม้เข้าเกินไป (late thinning) ดังเช่นสวนป่าสุวรรณคูหา ก็ตาม ผลจากการศึกษาครั้งนี้คล้ายกับอีกหลายการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาในสวนป่าไม้เบญจพรรณ (ตัวอย่างเช่น Hibbs *et al.*, 1995; Rytter, 1995; Kerr, 1996; Clatterbuck, 2002; Meadows and Goelz, 2002) การเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ตอบสนองต่อการตัดขยายระยะเกี่ยวเนื่องกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการสังเคราะห์แสงและประสิทธิภาพการใช้น้ำและไนโตรเจน (Wang *et al.*, 1995)

การเพิ่มพูนทางด้านความสูงไม่ได้รับผลกระทบจากการตัดขยายระยะทั้งแบบหนักหรือปานกลาง ความเพิ่มพูนรายปีทางด้านความสูงในแปลงที่ตัดขยายระยะอาจมากหรือน้อยกว่าแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะก็ได้ ผลการศึกษาครั้งนี้ปรากฏเช่นเดียวกับการศึกษาผลของการตัดขยายระยะครั้งแรกในหมู่ไม้สักอายุสั้นใน Costa Rica หลังตัดขยายระยะ 4 ปี (Kanninen *et al.*, 2004) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าความหนาแน่นของหมู่ไม้จะมีผลชัดเจนต่อการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง แต่จะไม่ส่งผลต่อการเติบโตด้านความสูง ยกเว้นในหมู่ไม้ที่มีความหนาแน่นสูงมากหรือต่ำมาก

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงผลอย่างชัดเจนว่าต้นไม้ที่เหลืออยู่สามารถครอบครองพื้นที่ การเติบโตแทนต้นไม้ที่ถูกตัดขยายระยะออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแปลงตัดขยายระยะแบบ ปานกลาง ที่กระทำต่อหมู่ไม้ที่เริ่มมีการแก่งแย่ง การเพิ่มพูนของค่า DBH และความสูงของ ต้นไม้ทั้งหมดและต้นไม้ที่มีชั้นเรือนยอดเด่นจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน (Hamilton, 1976) แต่ยังไม่พบ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ผลของการตัดขยาย ระยะต่อค่าความแตกต่างของการเพิ่มพูนด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พื้นที่หน้าตัด และ ปริมาตร ขึ้นกับชนิดต้นไม้ พื้นที่ อายุหมู่ไม้ การจัดการสวนป่า รวมทั้งชนิดและความหนักเบา ของการตัดขยายระยะ ผลการศึกษาครั้งนี้สนับสนุนข้อมูลในเรื่องผลของการตัดขยายระยะต่อ ผลผลิตของหมู่ไม้ที่มีอยู่แล้ว

การเพิ่มพูนของปริมาตรหมู่ไม้รวมต่อหน่วยพื้นที่ (ต่อไร่) ไม่แตกต่างกันมากนักระหว่าง การตัดขยายระยะแบบหนักกับแบบปานกลาง แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างหมู่ไม้ที่มีการตัดขยายระยะกับหมู่ไม้ที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ สาเหตุหลักคือความ หนาแน่นของหมู่ไม้ที่ไม่มีการตัดขยายระยะจะทำให้หมู่ไม้มีการใช้ปริมาณคาร์บอนสำหรับการ หายใจมากกว่าในหมู่ไม้ที่มีการตัดขยายระยะ ดังนั้นผลผลิตสุทธิจะลดลงในหมู่ไม้ที่ความ หนาแน่นสูง (Savill *et al.*, 1997) อย่างไรก็ตามความเพิ่มพูนปริมาตรในหมู่ไม้ที่มีการตัดขยาย ระยะแบบหนักจะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากหมู่ไม้ที่ไม่มีการตัดขยายระยะ เนื่องจากจำนวนต้นไม้จำนวนมากถูกตัดออกจากพื้นที่ ปริมาตรรวมของหมู่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ ทำการตัดขยายระยะจะมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ทำการตัดขยายระยะเนื่องจาก ต้นไม้มีการแก่งแย่งแข่งขันกันอย่างรุนแรง ดังนั้นการตัดขยายระยะจะเป็นการลดการตายตาม ธรรมชาติของหมู่ไม้ ผลจากการศึกษาที่สวนป่าเด่นด้านยังแสดงว่าการตัดขยายระยะที่มีความ หนักเบามากกว่าจะลดปริมาตรรวมของหมู่ไม้ลงเล็กน้อย จาก 16.73 m^3 ในแปลงตัดขยาย ระยะปานกลาง เป็น 15.55 m^3 ในแปลงตัดขยายระยะแบบหนัก อย่างไรก็ตาม ค่า DBH ใน แปลงที่ทำการตัดขยายระยะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะ

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะมีผลทางบวกต่อรูปร่างของต้นไม้ โดยเฉพาะการตัดขยายระยะที่กระทำต่อหมู่ไม้ที่เริ่มมีการแก่งแย่ง ค่า Live crown ratio ใน แปลงที่ตัดขยายระยะจะมีค่าสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ในขณะที่แปลงที่ทำการตัด ขยายระยะแบบหนักมีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการตัดขยายระยะแบบ หนักช่วยเพิ่มขนาดของเรือนยอดของต้นไม้ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าเรือนยอดเป็นแหล่ง ของใบซึ่งทำหน้าที่สังเคราะห์แสงและผลิตคาร์โบไฮเดรตสำหรับการเติบโตและการพัฒนาทุก ส่วนของต้นไม้ (Larson, 1963; Leites and Robinson, 2004) ลำต้นของต้นไม้ได้รับอิทธิพลอย่าง

มากจากขนาดและตำแหน่งของเรือนยอด (ความยาวของเรือนยอด อัตราส่วนของเรือนยอด และความสูงของเรือนยอด) ผลของการศึกษาครั้งนี้ยืนยันข้อมูลดังกล่าวเนื่องจากปริมาตรลำต้นเฉลี่ยรายต้นในแปลงที่ไม่ได้ทำการตัดขยายระยะมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ทำการตัดขยายระยะ แต่ในกรณีของการตัดขยายระยะที่กระทำต่อหมู่ไม้ซ้ำเกินไป ดังเช่นที่สวนป่าสุวรรณคูหา การตัดขยายระยะอาจไม่ทำให้ค่า Live crown ratio แตกต่างจากการไม่ตัดขยายระยะ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือการตัดขยายระยะไม่ได้ช่วยปรับปรุงรูปทรงของต้นไม้ โดยเฉพาะการขยายตัวของเรือนยอดมากนัก

ค่า Slenderness ratio ของต้นไม้ในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะมีค่าต่ำกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ โดยแปลงที่ตัดขยายระยะแบบหนักมีค่าสูงที่สุด แม้ว่าจะไม่แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม ค่า Slenderness ratio ใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับเป็นตัวชี้วัดเสถียรภาพของต้นไม้ โดยเฉพาะความทนทานต่อลมพายุ ค่า Slenderness ratio ที่เหมาะสมควรมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 100 ในการศึกษาครั้งนี้ในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะจะมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 100 ยกเว้นในแปลงตัดขยายระยะที่สวนป่าสุวรรณคูหา ที่เป็นการตัดขยายระยะที่ซ้ำเกินไป ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการตัดขยายระยะจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการโค่นล้มจากลมได้ดีกว่าแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ Pérez and Kanninan (2005) รายงานว่าการศึกษาสวนป่าสักอายุน้อยพบว่าความหนักเบาของการตัดขยายระยะมีผลทางบวกต่อรูปทรงของต้นไม้ รวมทั้งการพัฒนาของต้นไม้ในด้านสัดส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงที่เหมาะสม ต้นไม้ที่มีการแก่งแย่งกันสูงในแปลงที่ตัดขยายระยะแบบปานกลางและแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะทำให้ค่าอัตราส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงมากกว่า 1:1 อย่างไรก็ตามไม่มีการศึกษาที่คล้ายคลึงกันนี้ในสวนป่าสักเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาครั้งนี้

ค่า Artificial form factor ที่สูงแสดงว่าต้นไม้มีปริมาตรลำต้นใกล้เคียงกับรูปทรงกระบอกมาก ผลจากการศึกษาในแปลงทดลองที่สวนป่าเด่นด่านยืนยันกับข้อมูลดังกล่าว โดยในแปลงตัดขยายระยะปานกลางมีค่าสูงสุดและมีค่าแตกต่างจากแปลงอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่แปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะมีค่าต่ำที่สุด Pérez and Kanninen (2005) รายงานว่าสวนป่าสักอายุน้อยใน Costa Rica ว่าการตัดขยายระยะช่วงเวลาที่เหมาะสมจะให้ผลผลิตที่มีรูปทรงใกล้เคียงกับทรงกระบอกมาก (โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.46) ในขณะที่การตัดขยายระยะช่วงเวลาที่ล่าช้าและไม่ตัดขยายระยะจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 และ 0.44 ตามลำดับ ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักที่สวนป่าเด่นด่านมีค่าอยู่ในระดับเดียวกับการตัดขยายระยะในเวลาที่เหมาะสม (0.46) ส่วนในแปลงตัดขยายระยะในสวนป่าเทิดคำริและสวนป่าสุวรรณคูหามีค่าเท่ากับแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ (0.44)

สรุปผล

การตัดขยายระยะมีผลทำให้ DBH ความสูงเฉลี่ย พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย และปริมาตรรายต้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่า โดยในแปลงตัดขยายระยะแบบหนักจะมีค่าสูงที่สุด และในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะมีค่าต่ำสุด ความเพิ่มพูนของค่าเฉลี่ย DBH ของต้นไม้ทั้งหมดและในต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่นในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะสูงกว่าในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างแปลงที่ทำการตัดขยายระยะแบบหนักและแบบปานกลาง แต่การตัดขยายระยะและความหนักเบาของการตัดขยายระยะไม่ส่งผลต่อความเพิ่มพูนด้านความสูงเฉลี่ยทั้งของต้นไม้ทั้งหมดและต้นที่มีชั้นเรือนยอดเด่น ความเพิ่มพูนของปริมาตรรายต้นเฉลี่ยในสวนป่าเด่นด้าน ซึ่งเป็นสวนป่าอายุน้อยและทำการตัดขยายระยะเมื่อหมู่ไม้เริ่มมีการแก่งแย่งพบว่าในแปลงที่ทำการตัดขยายระยะแบบปานกลางมีค่าสูงที่สุด ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ทำการตัดขยายระยะแบบหนักแต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ในขณะที่ความเพิ่มพูนปริมาตรรวมของหมู่ไม้ในแปลงที่ตัดขยายระยะแบบปานกลางมีค่าสูงกว่าแปลงที่ตัดขยายระยะแบบหนักและแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในสวนป่าเต็งดำริ และสวนป่าสุวรรณคูหาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านความเพิ่มพูนของปริมาตรรายต้นเฉลี่ยและความเพิ่มพูนปริมาตรรวมของหมู่ไม้ระหว่างแปลงที่ตัดขยายระยะกับแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ

การตัดขยายระยะทำให้ความเพิ่มพูนปริมาตรรวมของหมู่ไม้ภายหลังการตัดขยายระยะเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับความเพิ่มพูนปริมาตรหมู่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ความเพิ่มพูนปริมาตรรวมของหมู่ไม้ในแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะมีค่าน้อยกว่าเนื่องมาจากการแก่งแย่งในหมู่ไม้ที่มีความหนาแน่นสูงมีมากกว่า ทำให้ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีน้อยกว่าในแปลงที่มีการตัดขยายระยะ

การตัดขยายระยะและความหนักเบาของการตัดขยายระยะส่งผลต่อรูปร่างทรงของต้นไม้ โดยทำให้ต้นไม้มีค่า Live crown ratio เพิ่มขึ้น แต่การตัดขยายระยะที่กระทำต่อหมู่ไม้ซ้ำเกินไปจะไม่ทำให้ค่า Live crown ratio ภายหลังการตัดขยายระยะแตกต่างจากหมู่ไม้ที่ไม่ได้ตัดขยายระยะ ในทางตรงกันข้ามทำให้ค่า Slenderness ratio เพิ่มขึ้น ผลของค่า Form factor ในแปลงทดลองที่สวนป่าเด่นด้านแสดงผลของการตัดขยายระยะอย่างชัดเจน โดยแปลงที่ไม่ได้ตัดขยายระยะให้ค่าต่ำที่สุด แต่ไม่แสดงผลที่ชัดเจนในแปลงทดลองที่สวนป่าเต็งดำริและสวนป่าสุวรรณคูหา อย่างไรก็ตามกล่าวได้ว่าการตัดขยายระยะส่งผลทางบวกต่อรูปร่างทรงของต้นไม้ โดยเฉพาะการตัดขยายระยะที่กระทำต่อหมู่ไม้เมื่อเริ่มมีการแก่งแย่งกัน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลของการตัดขยายระยะในสวนป่าสักมีการศึกษากันไม่มากนัก การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการตัดขยายระยะมีแนวโน้มจะทำให้ต้นไม้มิมีการเติบโตที่ดีขึ้น และมีรูปทรงที่ดีขึ้น ซึ่งส่งผลต่อมูลค่าของต้นไม้ในอนาคต การตัดขยายระยะควรกระทำเมื่อหมู่ไม้เริ่มมีการแก่งแย่ง ในการศึกษาการตัดขยายระยะแบบปานกลางทำให้การเติบโตของต้นไม้อย่างดีและของหมู่ไม้ รวมถึงรูปทรงของต้นไม้ดีกว่าการตัดขยายระยะแบบหนัก ดังนั้นการวางแผนตัดขยายระยะหมู่ไม้โดยมีความถี่ (จำนวนครั้ง) ของการตัดขยายระยะมากกว่าแต่มีความหนักเบาของการตัดขยายระยะปานกลาง น่าจะให้ผลดีต่ออัตราการเติบโตของต้นไม้มากกว่าการตัดขยายระยะแบบหนักแต่กระทำน้อยครั้งกว่า อย่างไรก็ตามคงต้องพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในการตัดขยายระยะและรายได้จากการขายไม้จากการตัดขยายระยะประกอบด้วย

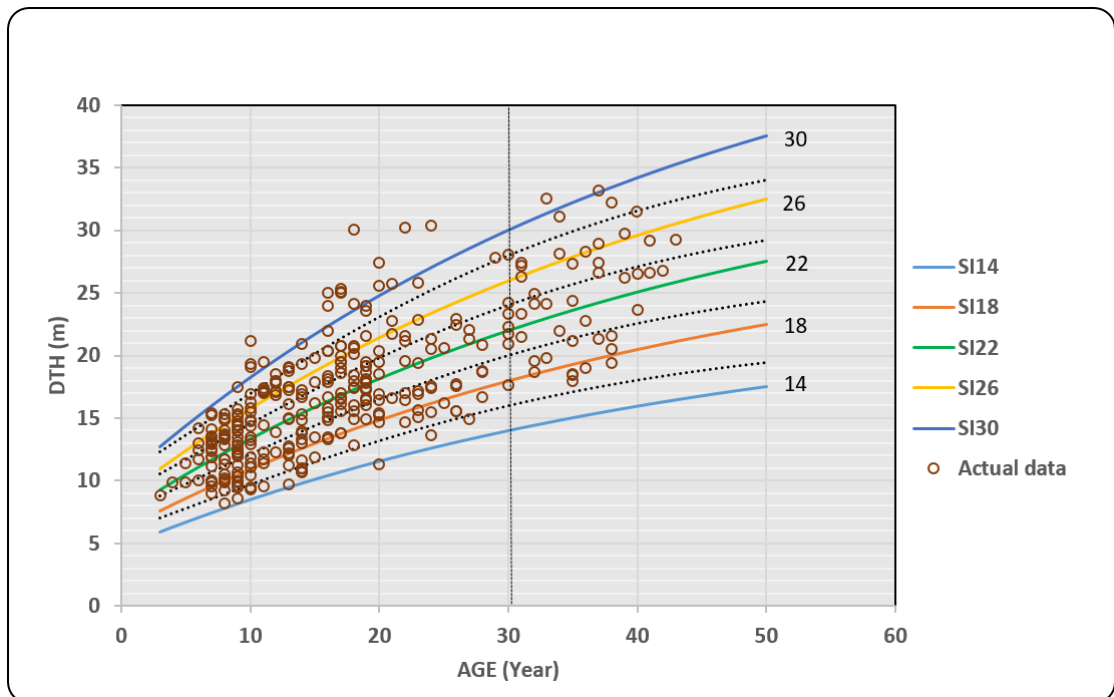
จากการที่รอบตัดฟันปัจจุบันของสักคือที่อายุ 30 ปี ดังนั้นการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องในระยะยาวจึงมีความจำเป็น รวมทั้งควรเพิ่มการศึกษาเรื่องการตัดขยายระยะครั้งที่สอง และครั้งต่อไป เพื่อให้ทราบถึงผลของการตัดขยายระยะ รวมทั้งผลตอบแทนที่เจ้าของสวนป่าจะได้รับ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการสนับสนุนการใช้วนวัฒนวิธในการจัดการสวนป่าเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของสวนป่าสักให้แก่เจ้าของสวนป่าสักต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบพระคุณคุณบุญเพ็ญ นวลฉวี คุณสนธยา วรรณกุล เจ้าของสวนป่าในท้องที่จังหวัดลพบุรีและจังหวัดหนองบัวลำภู และห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงเลื่อยจักรท่าเสา จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่สวนป่าสักสำหรับวางแผนการศึกษา รวมทั้งให้การสนับสนุนการเก็บข้อมูลในพื้นที่

การดำเนินการศึกษาครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยร่วมระหว่างกรมป่าไม้และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศไทยญี่ปุ่น (Japan International Research Center for Agricultural Sciences : JIRCAS) ภายใต้แผนงานเทคนิคการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้เพื่อส่งเสริมการป่าไม้อย่างยั่งยืน ผลของการศึกษาส่วนหนึ่งได้นำเสนอใน JIRCAS Working Report no.85

การปรับปรุงตารางคาดคะเนผลผลิตสวนป่าสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



จัดทำโดย

นายทศพร วัชรางกูร

ข้าราชการบำนาญ

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

นางวรพรรณ หิมพานต์

นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายวิโรจน์ ครองกิจศิริ

นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ฝ่ายวิจัยการปลูกสร้างสวนป่า ส่วนงานวัฒนวิจัย

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

กรมป่าไม้

2560

บทคัดย่อ

ในการศึกษาได้พัฒนาแบบจำลองชั้นคุณภาพพื้นที่ขึ้นใหม่จากแบบจำลองเดิมที่มีอยู่สำหรับการคาดคะเนความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นในหมู่ไม้สัก โดยการใช้แบบจำลองการเติบโตของ Gompertz เพื่อคาดคะเนผลผลิตของไม้สักจากสวนป่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในแต่ละชั้นคุณภาพพื้นที่ จากนั้นทำการคำนวณปริมาตรรายต้น พื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้ ปริมาตรหมู่ไม้และความหนาแน่นของหมู่ไม้ และนำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ได้พัฒนาก่อนหน้านี้ ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่ในการศึกษาครั้งนี้ให้ผลที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงกว่าแบบจำลองที่พัฒนาก่อนหน้านี้ ดังนั้นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้สามารถนำไปใช้ในการประมาณผลผลิตของสวนป่าสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้

คำสำคัญ : แบบจำลองการถดถอยที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง ความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่น ชั้นคุณภาพพื้นที่ ปริมาตรหมู่ไม้ ปริมาตรรายต้น ความหนาแน่นของหมู่ไม้ อายุหมู่ไม้

บทนำ

กรมป่าไม้ได้มีโครงการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจเพื่อส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจในปี พ.ศ.2537 โดยมีเป้าหมาย 800,000 เฮกตาร์ (5 ล้านไร่) โดยส่งเสริมให้มีการปลูกต้นไม้บนที่ดินของชาวบ้าน ผู้ปลูกจะได้รับเงินสนับสนุน 3,000 บาทต่อไร่ ในระยะเวลา 5 ปีที่จะปลูกต้นไม้ โครงการนี้มุ่งเน้นการปลูกป่าพันธุ์ไม้พื้นเมือง ลักเป็นชนิดไม้ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดและเพราะมีความทนทานสูง มีรูปทรงที่ดีและสวยงาม และคุณภาพเนื้อไม้ที่ดีทำให้เป็นสายพันธุ์ที่มีคุณค่ามากสำหรับสวนป่า นอกจากนี้ไม้ลักมีราคาค่อนข้างสูง เนื่องจากความต้องการที่เพิ่มขึ้น ลักปลูกทั่วประเทศไทยภายใต้โครงการนี้ในช่วงปี พ.ศ.2537-2539 มีประมาณ 88,000 ไร่ แม้แต่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งไม่พบการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ ทั้งนี้เพื่อให้สวนป่าลักได้บรรลุเป้าหมายในการที่จะได้ไม้ที่มีคุณค่าสูงแก่เจ้าของสวนลัก การทำความเข้าใจในเรื่องการเติบโตและผลผลิตเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการพัฒนาแผนการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนในระยะยาว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างมากในการให้ข้อมูลแก่เกษตรกรเจ้าของสวนป่าลักเกี่ยวกับการเติบโตและผลผลิต

โดยปกติแล้วดัชนีชี้คุณภาพของพื้นที่ที่จะใช้ในการวัดผลผลิตของหรือคุณภาพของพื้นที่ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความหนาแน่นของหมู่ไม้ (Vanclay, 1994; West, 2004) และถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในด้านป่าไม้ (West, 2004). ชี้นคุณภาพของพื้นที่มักจะใช้ในรูปแบบที่สัมพันธ์กับพื้นที่และลักษณะของดินเพื่อคาดคะเนการเติบโตและผลผลิต (Mailly *et.al.*, 2004; West 2004)

ปัญหาของการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากชุดข้อมูลสำหรับนำไปทดสอบแบบจำลองมีขนาดเล็ก คือมีเพียง 35 ค่าสังเกตจาก 35 แปลงตัวอย่าง ถ้าเกิดเหตุการณ์ไม่ปกติในบางแปลงจะทำให้ค่าคาดคะเนมีความถูกต้องชัดเจนน้อยลง ตัวอย่างเช่น ในการคาดคะเนปริมาตรหมู่ไม้พบว่า มีค่าคาดคะเน 2 ค่าที่มี residual สูงกว่าค่า residual ของค่าคาดคะเนอื่นมาก (Figure 2-6) เนื่องจากจำนวนต้นไม้ในแปลงตัวอย่างในขณะที่ทำการวัดข้อมูลมีน้อยผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดจากการลักลอบตัดต้นไม้ออกจากแปลง หรือเจ้าของสวนเป็นผู้ตัดต้นไม้ออกไปใช้ประโยชน์หรือขาดการจัดการสวนป่าที่ดี ถ้ามีขนาดของตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การคาดคะเนมีผลลัพธ์ที่มีเสถียรภาพมากกว่าเดิมและมีความแม่นยำสูงขึ้น

เส้นกราฟแสดงการเติบโตของหมู่ไม้สามารถเปลี่ยนแปลงรูปทรงอย่างมีนัยสำคัญได้ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของวงจรชีวิตของป่า เมื่อปัจจัยกำหนด (limiting factors) มีผลต่อการเติบโตของต้นไม้ (Fisher and Binkley, 2000) นอกเหนือจากนี้ พื้นที่ที่ให้อัตราการเติบโตที่สูง

กว่า ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งในวงจรชีวิตของสวนป่า เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นๆ ไม่ได้หมายความว่าพื้นที่นั้นจะให้ผลเช่นเดียวกันในอนาคตข้างหน้า

ในเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2535 ภายใต้โครงการส่งเสริมและเพาะชำกล้าไม้ให้แก่เกษตรกรปลูกสร้างสวนป่า ระยะที่สอง (REX II) ซึ่งเป็นโครงการความร่วมมือระหว่างกรมป่าไม้ และองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งญี่ปุ่น (The Japan International Cooperation Agency, JICA) ได้มีการพัฒนาตารางผลผลิตขึ้นเพื่อใช้คาดคะเนผลผลิตของสวนป่าสักที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และต่อมาได้รับการปรับปรุงตารางผลผลิตดังกล่าว ภายใต้โครงการความร่วมมือระหว่างกรมป่าไม้กับศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติ แห่งประเทศญี่ปุ่น (Japan International Research Center for Agricultural Sciences, JIRCAS) ในช่วงปี พ.ศ. 2552-2553 หลังจากที่มีข้อมูลของสวนสักในภูมิภาคนี้เพิ่มมากขึ้น ตารางผลผลิตที่ถูกพัฒนาขึ้นในครั้งนั้นแสดงในรูปแบบ Empirical yield table ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของการเติบโตและผลผลิตของหมู่ไม้จากการเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่าง ตารางผลผลิตได้ถูกปรับปรุงขึ้นใหม่ในปี พ.ศ. 2554 ในรูปแบบของ Variable density yield table ซึ่งแสดงผลผลิตในแต่ละระดับความหนาแน่นของหมู่ไม้เพื่อให้ได้ค่าที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

สำหรับ Variable density yield table จากการศึกษาค้างนี้ได้ทำการพัฒนาขึ้นจากตารางผลผลิตเดิมเนื่องจากมีข้อมูลของสวนสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีหลากหลายเพิ่มมากขึ้น จากการเก็บข้อมูลในระหว่างปี พ.ศ. 2555-2559 สมการสำหรับการประมาณชั้นคุณภาพของพื้นที่ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ได้จากการรวบรวมความสัมพันธ์ของอายุและความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นของหมู่ไม้สักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีขอบเขตครอบคลุมกว้างมากขึ้น โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษาค้างนี้คือการปรับปรุงประสิทธิภาพรูปแบบของตารางผลผลิตที่จำแนกตามอายุและระดับความหนาแน่นของหมู่ไม้ เพื่อให้สามารถคาดคะเนการเติบโตและผลผลิตของสวนป่าไม้สักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

วิธีการศึกษา

1. สมการชั้นคุณภาพของพื้นที่ (Site index equation)

ข้อมูลในการศึกษาค้างนี้ได้มาจากการวัดต้นไม้ในแปลงตัวอย่างจำนวน 279 แปลง ซึ่งปลูกในระหว่างปี พ.ศ. 2515-2540 ส่วนใหญ่เป็นแปลงในสวนป่าสักของภาคเอกชนที่มีเจ้าของเป็นเกษตรกร นอกจากนั้นเป็นสวนป่าของกรมป่าไม้และองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ แปลงตัวอย่างอยู่ใน 10 จังหวัด ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น สกลนคร เลย ศรีสะเกษ อุบลราชธานี

ยโสธร ชัยภูมิ อุตรธานี และหนองบัวลำภู แปลงส่วนใหญ่เป็นแปลงตัวอย่างชั่วคราวและมีบางแปลงที่เป็นแปลงตัวอย่างกึ่งถาวร ทำการวัดในช่วง 2-3 ปี เพื่อประเมินการเติบโตของหมู่ไม้ การวัดครั้งสุดท้ายดำเนินการในปี 2558-2559 และวัดแปลงละ 2 ครั้ง ในการวัดข้อมูลแต่ละครั้ง ดำเนินการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ รวมทั้งบันทึกจำนวนต้นไม้ที่เหลือในแปลง ปริมาตรไม้รายต้นทำการคำนวณโดยใช้สมการที่พัฒนาโดย Ishibashi *et.al.* (2002) คือ

$$V = 0.00100712 \text{ DBH}^{1.89445042} H^{0.7163796917} \quad (R^2 = 0.98) \quad (1)$$

โดย V คือ ปริมาตรไม้รายต้น (m^3) DBH คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก หรือเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.3 เมตร เหนือพื้นดิน (m) และ H คือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (m)

ทำการคำนวณค่าการเติบโตของต้นไม้ ได้แก่ จำนวนต้นไม้ ความสูงเฉลี่ย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย ความสูงไม้เด่น (dominant tree height, DTH) ปริมาตรรายต้นและจำนวนต้นไม้ต่อหน่วยพื้นที่ (เฮกแตร์) ของแต่ละแปลงตัวอย่าง

ต้นไม้ในแปลงตัวอย่างที่ทำการวัดและนำมาคำนวณความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นและอายุของหมู่ไม้ จำนวนทั้งสิ้น 357 ตัวอย่าง ทำการแยกข้อมูลออกเป็น 2 ชุด โดยการสุ่มตัวอย่าง ให้ทั้งสองชุดมีค่าครอบคลุมค่าความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นและอายุของหมู่ไม้เหมือนกัน ข้อมูลชุดแรกจำนวน 322 ค่า นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองชั้นคุณภาพพื้นที่ หรือสร้างสมการ ส่วนชุดที่สองจำนวน 35 ค่า (ประมาณ ร้อยละ 10 ของข้อมูลชุดแรก) นำมาใช้ในการทดสอบแบบจำลอง (Figure 2-1)

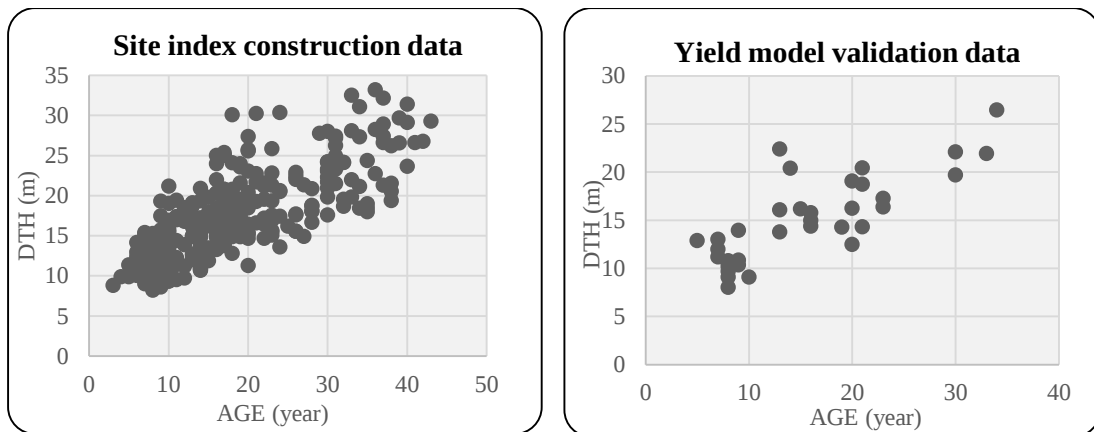


Figure 2-1 Scatter plot of dominant tree height (DTH) against stand age for the two data sets used in the study.

แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นหลายรูปแบบที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองชั้นคุณภาพพื้นที่ ตัวอย่างเช่น Philip (1994), Draper & Smith (1981), Phillips & Campbell (1968), Nelder (1961), Oliver (1964) ใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบความสอดคล้อง (fit the model) คัดเลือกแบบจำลองที่ค่าตัวแปรทั้งหมดให้ค่าทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูงกว่า และคัดเลือกสมการหรือแบบจำลองที่ดีที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจที่ปรับแก้แล้ว (adjusted coefficient of determination, $\bar{R}^2$) ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (root mean square error, RMSE) เกณฑ์ข้อสนเทศของอาไค (akaike information criterion, AIC) mean residuals (MRES) absolute mean residual (AMRES) และค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (mean square error, MSE) คำนวณจากสมการดังนี้

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{[n-1]}{[n-p-1]} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \hat{H}_i)^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

$$AIC = n \cdot \ln(RMSE) + 2p \quad (4)$$

$$MRES = \frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \hat{H}_i)}{n} \quad (5)$$

$$AMRES = \frac{\sum_{i=1}^n |H_i - \bar{H}|}{n} \quad (6)$$

$$MSE = MRES^2 + v \quad (7)$$

โดย H_i , $\bar{H}$ และ $\hat{H}$ คือค่าสังเกตความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่น (observed DTH), ค่าคาดคะเน (predicted DTH) และค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตของความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่น (mean of the observed DTH), p คือ จำนวนของตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง, n คือ จำนวนของค่าสังเกต, v คือ ความแปรปรวนของค่าเหลือ (variance of the residuals), R คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination) และ R^2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับแก้แล้ว (adjusted coefficient of determination)

2. สมการทำนายผลผลิต

ค่าเฉลี่ยของความสูงในแต่ละแปลงตัวอย่าง (H_m) ประมาณจากค่าความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นในการวัดแต่ละครั้งและจะมีความสัมพันธ์แบบถดถอยที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง ค่าเฉลี่ย DBH ของแต่ละแปลงตัวอย่างประมาณโดยการใช้แบบจำลองถดถอยเชิงพหุเส้นตรง ซึ่งใช้ค่าความหนาแน่นเริ่มต้น ค่าผกผันของอายุ และค่าเฉลี่ยของความสูง เป็นตัวแปรอิสระ

ในการศึกษาครั้งนี้ แบบจำลองย่อยสำหรับการคาดคะเนผลผลิตจะใช้รูปแบบเดียวกับที่ใช้ในการศึกษาครั้งก่อน (Vacharangkura, 2012) คือ ลอการิทึมธรรมชาติของค่าความหนาแน่นเริ่มต้น ค่าผกผันของอายุ และชั้นคุณภาพของพื้นที่ และตัวแปรตามคือค่าลอการิทึมธรรมชาติของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของหมู่ไม้

$$\ln Y = \alpha + \beta_0 \ln I + \beta_1 \ln 1/A + \beta_2 \ln SI \quad (8)$$

โดย

Y = ปริมาตรรายต้น (m^3/tree) หรือปริมาตรต่อพื้นที่ (m^3/ha) หรือพื้นที่หน้าตัดต่อพื้นที่ (m^2/ha) หรือ จำนวนต้นต่อพื้นที่ ณ เวลาที่ทำการวัดข้อมูล (no. of trees /ha)

I = ความหนาแน่นของหมู่ไม้เมื่อเริ่มต้น (no. of trees/ha)

$1/A$ = ค่าผกผันของอายุ (inverse age, 1/ปี)

SI = ค่าชั้นคุณภาพของพื้นที่ (site index value, m)

Ln = ลอการิทึมธรรมชาติ (natural logarithm)

สมการด้านล่างต่อไปนี้ได้มาจากแบบจำลองการถดถอยเชิงพหุเส้นตรงที่คำนวณจากตัวอย่างจำนวน 157 ตัวอย่าง คือ

$$\begin{aligned} V_t &= -11.1761 - 0.4421 \ln I - 1.3977 \ln 1/A + 2.7502 \ln SI & (9) \\ \text{(volume per tree)} & \quad (R^2 = 0.96) \\ V &= -7.3040 + 0.3123 \ln I + 0.9543 \ln 1/A + 2.2898 \ln SI & (10) \\ \text{(volume per hectare)} & \quad (R^2 = 0.85) \\ Ba &= -6.4560 + 0.3353 \ln I - 0.6860 \ln 1/A + 1.5440 \ln SI & (11) \\ \text{(basal area per hectare)} & \quad (R^2 = 0.72) \\ N &= 3.8722 + 0.7544 \ln I + 0.4434 \ln 1/A - 0.4603 \ln SI & (12) \\ \text{(number of tree per hectare)} & \quad (R^2 = 0.81) \end{aligned}$$

เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของหมุ่ไม้ของแปลงตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่จะสร้างจากสมการชั้นคุณภาพพื้นที่ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ แทนที่จะใช้สมการดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่ที่สร้างโดย Ishibashi *et.al.* (2010) ดังนั้นสมการนี้จะพัฒนาขึ้นเพื่อให้ค่าคาดคะเนมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

3. การตรวจสอบและเปรียบเทียบแบบจำลอง

ใช้ชุดข้อมูลจำนวน 35 ค่า จากชุดข้อมูลที่เตรียมไว้ทดสอบ เพื่อทดสอบสมรูปของตัวแบบ (goodness-of-fit) ของแบบจำลองย่อยโดยใช้วิธีทดสอบความแตกต่างแบบ bilateral paired t-test ระหว่างค่าสังเกตกับค่าคาดคะเนที่ได้จากแบบจำลองย่อย สมมติฐานหลัก (null hypothesis) คือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าจริง (ค่าสังเกต) กับค่าคาดคะเน ความแตกต่างระหว่างค่าทั้งสองจะถูกประเมินเพื่อแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่

แบบจำลองที่สร้างจากการศึกษาครั้งนี้ จะนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่นำเสนอโดย Vacharangkura (2012) โดยการประเมินเชิงปริมาณของความคลาดเคลื่อน (อคติ) และความแม่นยำ (precision) ของแบบจำลอง รวมทั้งตรวจสอบค่า residuals เพื่อตรวจหารูปแบบที่เห็นได้ชัดและความแตกต่างอย่างเป็นระบบของค่า residuals การหาค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงของแบบจำลองโดยการหาค่า MRES, RMSE, AMRES และ MSE แสดงในสมการ (3), (5) – (7) ทั้งนี้ค่า MRES, RMSE และ AMRES ยังแสดงเป็นค่าสัมพัทธ์โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยที่คาดการณ์ไว้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ตามสมการที่ (13)–(15) ดังนี้

$$\text{MRES\%} = 100 \frac{[\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)/n]}{\sum_{i=1}^n \hat{y}_i/n} \quad (13)$$

$$\text{RMSE\%} = 100 \sqrt{\frac{[\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n-1)]}{(n-1)}} \quad (14)$$

$$\text{AMRES\%} = 100 \frac{[\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|/n]}{(\sum_{i=1}^n \hat{y}_i/n)} \quad (15)$$

เมื่อ n คือ จำนวนค่าสังเกต, y และ $\hat{y}$ คือ ค่าสังเกตและค่าคาดคะเนตามลำดับ
ดังนั้นจะได้ข้อสรุปของค่าความเที่ยงตรงและความแม่นยำของแบบจำลองทั้งสองแบบ

ผลการศึกษา

1. ลักษณะของหมูไม้

ลักษณะของค่าสังเกตจำนวน 322 ค่า ที่ได้จากการตรวจวัดในแปลงตัวอย่างเพื่อสร้าง
สมการดัชนีชั้นคุณภาพของพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ แสดงใน Table 2-1

ค่าสังเกตทั้งหมดครอบคลุมความหนาแน่นเริ่มต้นที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่
จะเป็นความหนาแน่นที่ 1,250 ต้น/เฮกเตอร์ หรือใช้ระยะปลูกเริ่มต้นที่ 2x4 เมตร และ 625 ต้น/
เฮกเตอร์ หรือ ระยะปลูก 4x4 เมตร หมูไม้มีอายุอยู่ระหว่าง 6-20 ปี และหมูไม้อายุมากคิดเป็น
ร้อยละ 69 ของชุดข้อมูลทั้งหมด (Figure 2) ข้อจำกัดของข้อมูลคือหมูไม้ที่มีอายุมากกว่า 40 ปี
และ น้อยกว่า 5 ปี มีจำนวนน้อย และแปลงตัวอย่างที่มีความหนาแน่นเริ่มต้นที่ไม่ใช่ 625, 1111,
1250 หรือ 2500 ต้น/เฮกเตอร์มีจำนวนน้อยมากคิดเป็นร้อยละ 3.4 ของข้อมูลทั้งหมด

Table 2-1 Summary of the characteristics of the sample plots, as computed from 322 observations used for constructing site index function in this study.

Variable	Average (min, max)		S.D.
Stand age (year)	17.69	(3.00, 43.00)	9.29
Stand basal area (m ² /ha)	12.94	(3.02, 43.00)	7.87
Stand density (tree/ha)	797.67	(118.75, 2380.95)	420.62
Mean diameter (DBH, cm)	16.46	(5.95, 39.11)	7.61
Mean total height (m)	14.45	(5.13, 29.84)	5.33
Dominant tree height (m)	33.21	(8.21, 17.34)	5.31
Stand volume (m ³ /ha)	124.51	(16.85, 483.28)	83.44

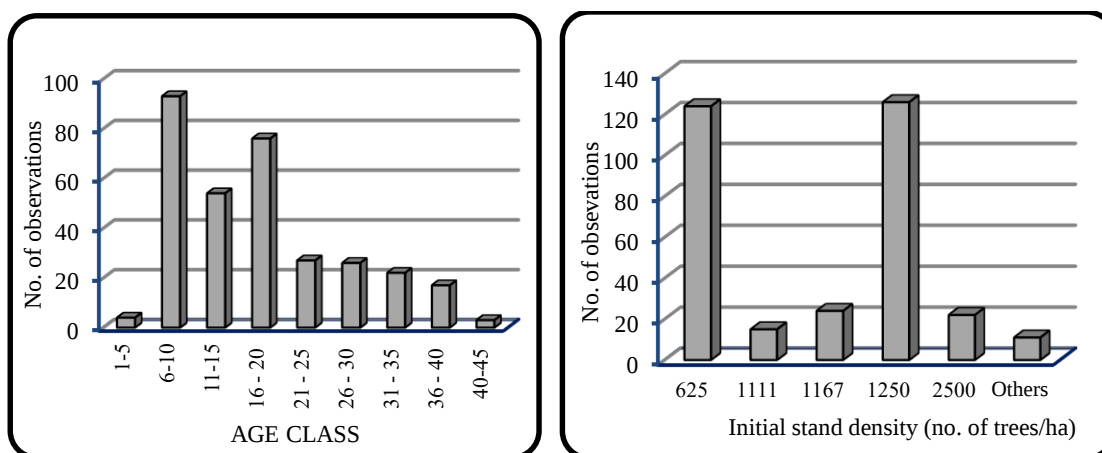


Figure 2-2 The characteristics of the measurement plots.

2. การสร้างสมการดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่

แบบจำลองการถดถอยที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความสูงของไม้เรือนยอดเด่นของหมู่ไม้สักมีอย่างหลากหลาย การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเติบโตทางความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นและอายุของหมู่ไม้ จำนวน 4 สมการ ที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการสร้างแบบจำลองดัชนีชั้นคุณภาพของพื้นที่ โดยใช้ชุดข้อมูลจำนวน 322 ค่า ตามที่แสดงใน Table 2-2 และผลจากการใช้สมการหาค่าความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรงสำหรับสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปรากฏตาม Table 2-3

Table 2–2 Non–linear mathematical models considered the candidate models.

Model	Standard form	Sources
Gompertz	$DTH=a \exp(-b_1 \exp(-b_2 AGE))$	Draper&Smith (1981)
Hossfeld	$DTH= (aAGE^{-b_1})/(b_2+AGE^{-b_1})$	Kimberly&Ledgard (1998)
Logistic	$DTH=a/(1+ b_1 \exp(-b_2 AGE))$	Nelder (1961), Oliver (1964)
Negative exponential	$DTH=a(1-\exp(-b AGE))$	Phillip (1994)

Remark: DTH stands for dominant tree height, defined as the average height of 100 largest tree per hectare.

Table 2–3 Parameter estimates for the non–linear dominant height–age model.

Model	Parameter	Estimate	S.E.	R ²
Gompertz	a	31.4788	3.8654	0.5877
	b	1.3173	0.0685	
	c	0.0471	0.0118	
Hossfeld	a	0.1568	0.0101	0.5872
	b	–0.0039	0.0003	
	c	–0.9800	0.0010	
Logistic	a	29.1193	2.3333	0.5859
	b	2.5703	0.1725	
	c	0.0703	0.0128	
Negative exponential	a	24.9841	0.7463	0.5572
	b	0.0785	0.0053	

Remark: S.E. = Standard error of estimate.

ค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$ ค่า R^2 ระหว่างแบบจำลอง Gompertz, Hossfeld และ Logistic มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่แบบจำลองทั้งสามมี ค่า R^2 สูงกว่า แบบจำลอง Negative exponential

Table 2-4 แสดงค่าการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้ง 4 ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยแบบจำลองที่มีค่า RMSE และ AIC ต่ำที่สุด และมีค่า R^2 และ adjusted R^2 ใกล้เคียงกันที่สุด จะเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุด (Aertsen *et al.*, 2010) ค่า adjusted R^2 แสดงให้เห็นว่าทุกแบบจำลองยกเว้น Negative exponential ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจที่ปรับแก้แล้วใกล้เคียงกันคือประมาณร้อยละ 34 ของค่าความสูงของไม้เรือนยอดเด่นทั้งหมด ค่า MRESs อยู่ระหว่าง -0.0019 ถึง 0.0810 ในขณะที่ AMRESs อยู่ระหว่าง 1.9606 ถึง 2.875 นอกจากนี้ ค่า mean residuals ในแบบจำลองทั้ง 4 แบบ มีค่าน้อยมาก

Table 2-4 Performance criteria of the four non-linear dominant height-age model for constructing site index equation.

Model	Adj. R^2	RMSE	AMRES	MRES	AIC	$\sqrt{v}$	MSE
Gompertz	0.3393	3.4098	1.9606	-0.0019	796.96	3.4098	11.6264
Hossfeld	0.3387	3.4118	2.6751	0.0415	797.35	3.4119	11.6430
Logistic	0.3371	3.4173	2.7009	-0.0043	798.38	3.4173	11.6780
Negative exponential	0.3062	3.5338	2.8752	0.0810	817.96	3.5326	12.4874

Figure 2-3 แสดงเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความสูงของไม้เรือนยอดเด่นที่ได้จากแบบจำลองทั้ง 4 แบบ แบบจำลอง Gompertz และ Logistic ให้ค่าคาดคะเนค่าความสูงของไม้เรือนยอดเด่นที่คล้ายคลึงกัน แต่ในหมู่ไม้ที่มีอายุมาก แบบจำลอง Gompertz มีแนวโน้มจะให้ค่าสูงกว่าแบบจำลอง Logistic ซึ่งยืนยันได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง Gompertz ที่กว้างกว่า (Table 3) แบบจำลอง Negative exponential ให้ค่าคาดคะเนที่น้อยกว่าในหมู่ไม้ที่อายุน้อย (ไม่เกิน 10 ปี) และหมู่ไม้ที่มีอายุมาก (มากกว่า 30 ปี) ส่วนแบบจำลอง Hossfeld ให้ค่าคาดคะเนความสูงสูงกว่าแบบจำลองอื่นๆ เมื่อหมู่ไม้มีอายุมากที่ประมาณ 35 ปี

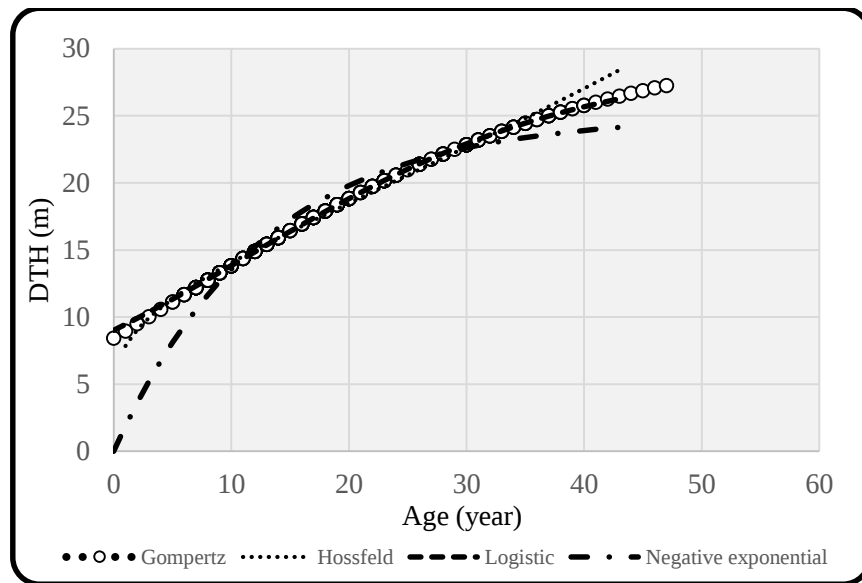


Figure 2-3 Dominant height-growth curves derived from the four candidate non-linear model.

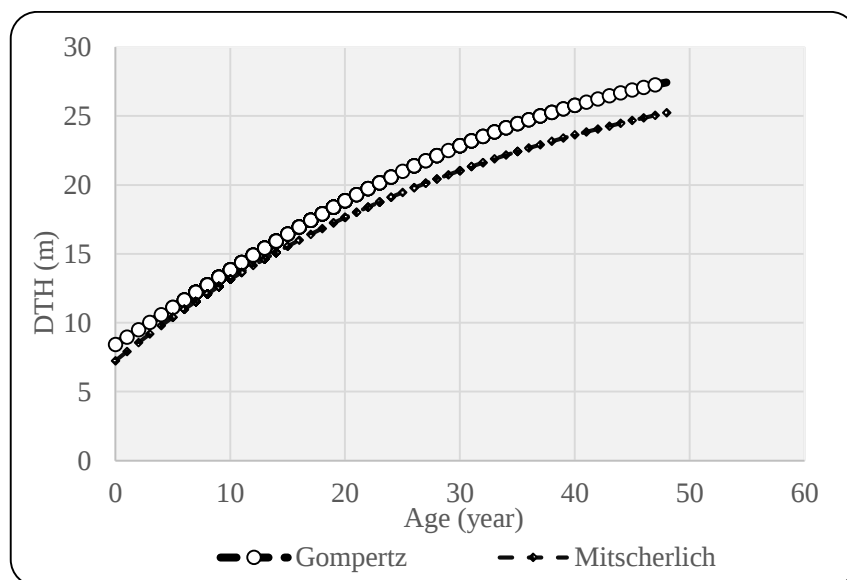


Figure 2-4 SI curve (Gompertz model) constructed in this study versus SI curve (Mitscherlich model) in the previous study

จาก Table 2-4 แสดงว่าแบบจำลอง Negative exponential ให้ค่าของเกณฑ์วัดต่างๆ ต่ำกว่าแบบจำลองอื่น ดังนั้นจึงไม่นำมาพิจารณา ความแตกต่างของค่าดังกล่าวระหว่างแบบจำลอง 3 แบบที่เหลือมีขนาดเล็กมาก อย่างไรก็ตามแบบจำลอง Gompertz ให้ค่าที่เล็กที่สุด โดยเฉพาะค่า AIC ซึ่งเป็นหนึ่งในเกณฑ์วัดที่น่าเชื่อถือที่สุดในการเปรียบเทียบแบบจำลองกับช่วงของตัวแปร (Burnham *et al.* 2002; Sharma 2009) แบบจำลองที่ให้ค่า AIC เล็กที่สุดจะเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นแบบจำลอง Gompertz เป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับการสร้างเส้นกราฟแสดงดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่ (site index)

Figure 2-4 แสดงการเปรียบเทียบเส้นกราฟดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่ระหว่างการใช้แบบจำลองของ Gompertz จากการศึกษาครั้งนี้และการใช้แบบจำลอง Mitschlich ที่ใช้ในการศึกษาครั้งก่อน โดย Ishibashi *et al.* (2010) รูปร่างของเส้นกราฟทั้งสองคล้ายคลึงกัน ให้ค่าการคาดคะเนที่ใกล้เคียงกัน และมีความแตกต่างกันน้อยมากในหมู่ไม้อายุน้อยและจะชัดเจนมากเมื่ออายุประมาณ 15 ปี เส้นกราฟที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ให้ค่าคาดคะเนความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นมากกว่าค่าในการศึกษาครั้งก่อน สมการที่พัฒนาขึ้นเพื่อสร้างเส้นกราฟดัชนีชั้นคุณภาพของพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ คือ

$$DTH_{gt} = 31.4788 [\exp (-1.3728 (\exp (-0.047126t)))] \quad (16)$$

เมื่อ t คือ อายุของหมู่ไม้ (ปี) และ DTH_{gt} คือค่าความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่น ที่อายุ t บนเส้นกราฟ (เมตร)

ค่าดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่จะถูกกำหนดโดยค่าความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นในฐานะอายุที่เป็นอายุรอบตัดฟันของสวนป่าสัก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ฐานอายุที่ 30 ปี ในการประมาณค่าความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นในแต่ละแปลงในเวลาทำการวัดค่าใช้สมการดังนี้

$$DTH_t = SI \frac{DTH_{gt}}{DTH_{g30}} \quad (17)$$

เมื่อ SI = ค่าดัชนีคุณภาพพื้นที่ (เมตร)

DTH_t = ค่าประมาณความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นที่อายุ t (เมตร)

DTH_{gt} = ค่าความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นที่อายุ t บนเส้นกราฟ (เมตร)

DTH_{30} = ค่าความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นที่อายุ 30 ปี บนเส้นกราฟ (เมตร)

เมื่อนำค่า DTH_{gt} และ DTH_{30} แทนลงในสมการ (17) จะสามารถคำนวณค่า DTH_t ได้จากสมการ (18) ดังนี้

$$DTH_t = SI \frac{31.4788 [\exp(-1.3728(\exp(-0.047126Xt)))]}{31.4788 [\exp(-1.3728(\exp(-0.047126X30)))]} \quad (18)$$

กราฟแสดงดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่ที่ถูกสร้างในชั้นคุณภาพที่ 14 ถึง 30 ตามที่แสดงใน Figure 2-5 ตัวแปรของการเติบโตของหมูไม้และผลผลิต ประกอบด้วย ความหนาแน่นของหมูไม้ พื้นที่หน้าตัดของหมูไม้ ปริมาตรรายต้นและปริมาตรของหมูไม้ ถูกคำนวณในแต่ละแปลง ตัวอย่างโดยใช้ค่า SI ที่ได้จากสมการดัชนีชั้นคุณภาพของพื้นที่ที่สร้างขึ้นในการศึกษาครั้งนี้

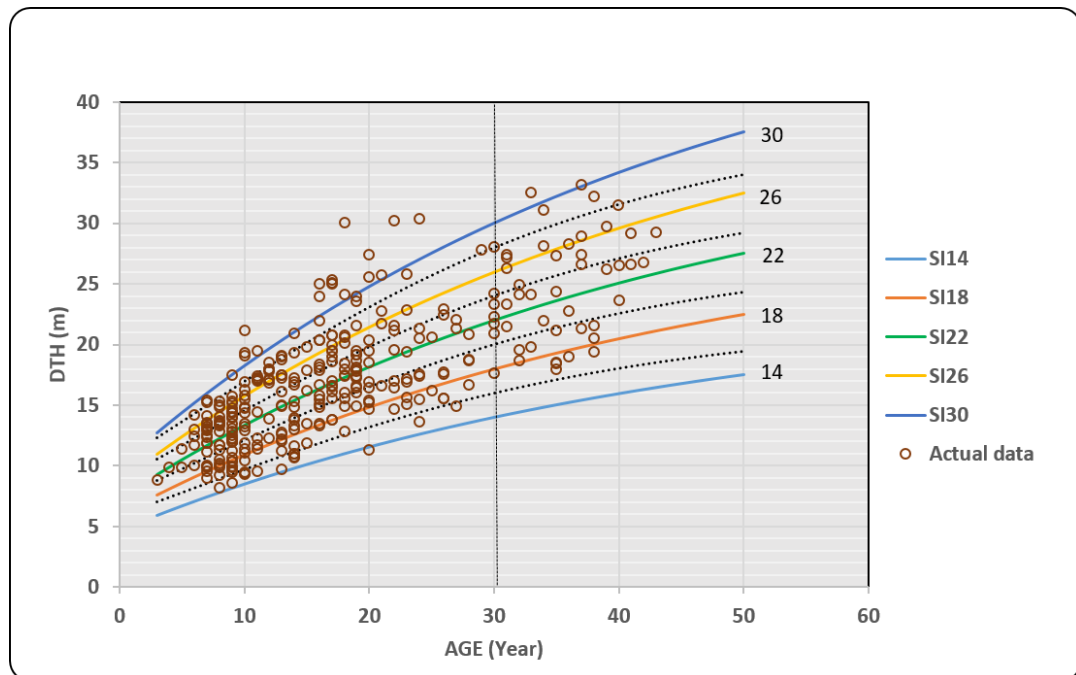


Figure 2-5 Site index curve constructed in this study.

3. การประมาณค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมด

ค่าเฉลี่ยของความสูงทั้งหมดของแต่ละแปลงตัวอย่างคำนวณด้วยการใช้แบบจำลองการถดถอยไม่เป็นเส้นตรงและใช้ชุดข้อมูลเดียวกับที่ใช้ในการสร้างสมการดัชนีชั้นคุณภาพของพื้นที่ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงทั้งหมดกับความสูงไม้เด่น คือ

$$Hm = 0.4776 DTH^{1.1922} \quad (R^2 = 0.9439) \quad (19)$$

โดย DTH คือ ความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่น (เมตร) Hm คือ ค่าเฉลี่ยความสูง (เมตร) ค่าเฉลี่ย DBH ของหมู่ไม้คำนวณโดยใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงพหุเส้นตรง

$$\ln DBH = 1.7718 - 0.2028 \ln I - 0.0753 \ln 1/A + 0.7879 \ln Hm \quad (R^2 = 0.9330) \quad (20)$$

โดย I คือความหนาแน่นเมื่อเริ่มปลูก (ต้น/เฮกเตอร์), $1/A$ คือ ค่าผกผันของอายุของหมู่ไม้ ($1/\text{year}$), Hm คือค่าเฉลี่ยความสูง (เมตร) และ $\ln$ คือลอการิทึมธรรมชาติ

4. การทดสอบทางสถิติ

ใช้ตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกันจำนวน 35 ตัวอย่าง เพื่อใช้คำนวณความหนาแน่นของหมู่ไม้ พื้นที่หน้าตัดของหมู่ไม้ ปริมาตรรายต้น และปริมาตรของหมู่ไม้ โดยตัวอย่างทั้ง 35 มีลักษณะตาม Table 2-5 คำนวณภาพรวมของหมู่ไม้โดยใช้สมการถดถอยเชิงพหุเส้นตรง (multiple linear regression equations) ตามสมการ (9)–(12) ค่าเฉลี่ยความสูงทั้งหมดและ DBH ของแปลงตัวอย่างเป็นตัวแปรอิสระในสมการ

เปรียบเทียบค่าสังเกตจากแปลงตัวอย่าง 35 แปลงกับค่าคาดคะเนที่ได้จากสมการ (19) และ (20) โดยใช้ paired sample t-test ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าสังเกตทุกค่า (ปริมาตรรายต้น (V_t) ปริมาตรหมู่ไม้ (V), พื้นที่หน้าตัดหมู่ไม้ (B_a) และความหนาแน่นของหมู่ไม้ (N) ไม่พบค่าความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญจากค่าคาดคะเนที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ดังแสดงใน Table 2-6 ดังนั้นแบบจำลองการคาดการณ์ผลผลิตเป็นที่น่าเชื่อถือได้ การใช้ graphical method ประมาณค่า residuals พบว่ามีการกระจายตามที่แสดงใน Figure 2-6

Table 2–5 Summary of the characteristics of 35 temporary plots used for model validation

Variable	Average (min, max)		S.D.
Stand age (year)	15.49	(5.00, 34.00)	8.02
Stand basal area (m ² /ha)	10.32	(2.35, 26.82)	5.07
Stand density (tree/ha)	828.77	(268.75, 2404.76)	422.06
Mean diameter (DBH, cm)	13.37	(7.25, 30.39)	5.56
Mean total height (m)	11.91	(6.19, 23.85)	4.22
Dominant tree height (m)	15.01	(8.03, 26.46)	4.52
Stand volume (m ³ /ha)	87.83	(10.48, 276.45)	58.10
Stand volume (m ³ /tree)	0.14	(0.0202, 0.7898)	0.166

Table 2–6 The results of paired sample t–test of the yield predictions

	t–value	p–value
V	1.80180	0.0760 ns
Vt	0.30840	0.7588 ns
Ba	1.28080	0.2046 ns
N	–1.20451	0.2326 ns

Remarks: Significant level ($p < 0.005$), ns : not statistically significant.

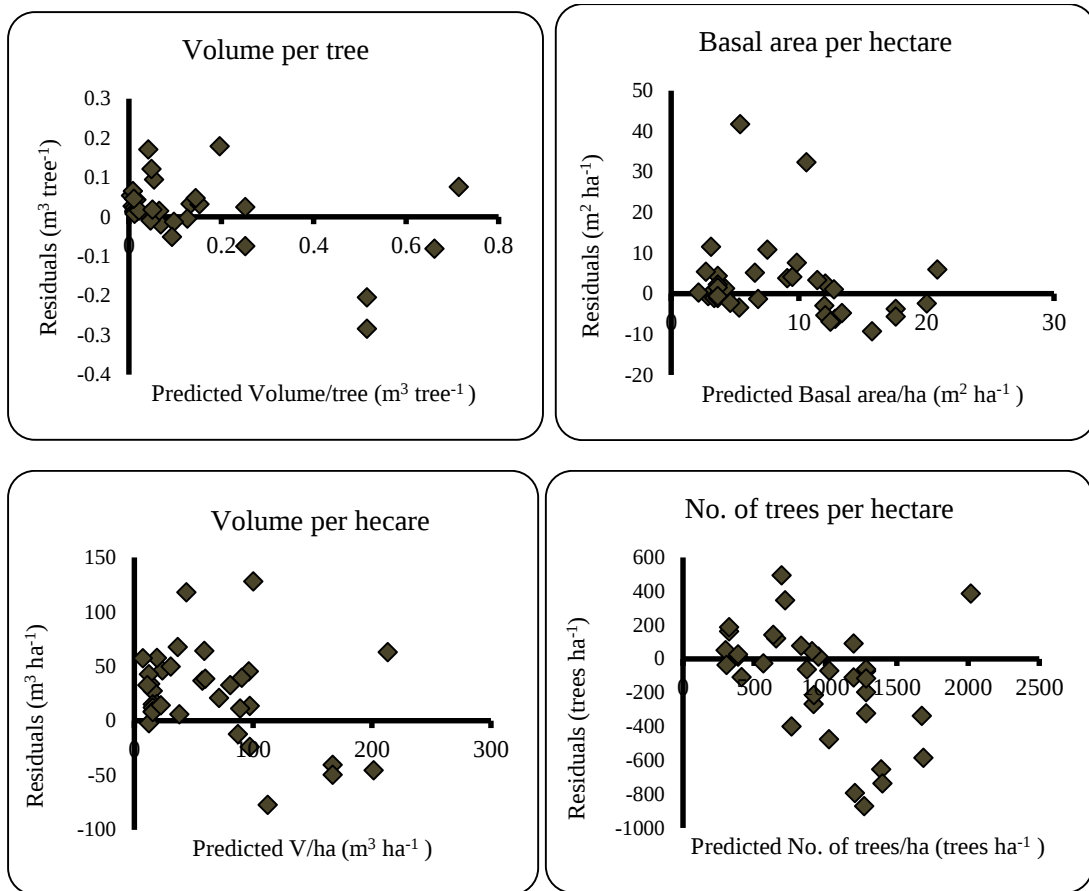


Fig. 2-6 Residuals versus predicted values for the sub-model of stem volume, stand volume, stand basal area and stand density.

5. การเปรียบเทียบแบบจำลองผลผลิต

แบบจำลองผลผลิตจากการศึกษาครั้งนี้สำหรับการคาดคะเนการเติบโตและผลผลิตของสวนปาล์มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และนำมาสร้างแบบจำลองย่อยของชั้นคุณภาพพื้นที่ ดังนั้นค่าปริมาตรรายต้น ปริมาตรหมุ่ไม้ พื้นที่หน้าตัดของหมุ่ไม้ และความหนาแน่นของหมุ่ไม้จะถูกกำหนดด้วยการใช้สมการถดถอยเชิงพหุเส้นตรง โดยคำนวณหาค่าความสูงของไม้ชั้นเรือนยอดเด่นของแต่ละหมุ่ไม้ เพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่มีความแม่นยำและเที่ยงตรงมากกว่าแบบจำลองเดิมจึงทำการประเมินเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนและความแม่นยำระหว่างแบบจำลองทั้งสอง ผลของการประเมินค่าต่างๆ ปรากฏตาม Table 2-7 โดยแสดงให้เห็นว่าค่า MRES, MRES%, RMSE, และ RMSE% ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าจากการศึกษาครั้งก่อน โดยค่า MRES% และ RMSE% ลดลงประมาณร้อยละ 2-25 และ ร้อยละ 0.5-11 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองจากการศึกษาครั้งนี้มีความแม่นยำและเที่ยงตรงสูงกว่าแบบจำลองเดิม

Table 2-7 Summary of the indicator values used to evaluate the performance of the yield prediction models.

Stand aggregates	Model	MRES	MRES%	RMSE	RMSE%	AMRES	AMRES%	MSE
V	previous	33.919	62.916	52.591	98.767	40.369	74.880	2731.925
(m ³ /ha)	present	24.631	38.973	48.929	87.989	38.905	61.559	2376.241
Vt	previous	0.037	35.514	0.083	89.714	0.057	55.030	0.007
(m ² /tree)	present	0.013	10.296	0.085	81.981	0.055	43.417	0.007
Ba	previous	3.367	42.566	10.389	114.600	5.687	71.896	107.588
(m ² /ha)	present	2.511	28.647	10.252	108.143	5.804	66.209	104.914
N	previous	-149.629	-15.293	363.945	60.990	257.214	26.289	131,797.29
(trees/ha)	present	-123.885	-13.004	349.111	60.536	247.609	25.992	121,426.77

สรุปและอภิปรายผล

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการของ guide curve method ในการสร้างเส้นกราฟ แสดงดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่จากค่าสังเกตจำนวน 322 ค่า โดยธรรมชาติแล้ว วิธีการนี้เมื่อใช้กับค่าสังเกตทั้งหมดดังกล่าว จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) ต่ำ และ RMSE มีค่าสูง (ค่าเฉลี่ยของค่า Residuals ของแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 11.6 เมตร) เหตุผลที่เป็นเช่นนั้น ก็เนื่องจากผลของการคำนวณซ้ำ (repeat run) ที่ใช้ในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ในแบบจำลอง (สมการดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่) นั่นคือ ค่าสังเกต (DTH) ที่แตกต่างกันเมื่อหุ้ไม่มีชั้นอายุเดียวกัน ทำให้เกิด repeat run ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่ความสัมพันธ์ในกรณีเช่นนี้จะทำให้ค่า R^2 สูง ไม่ว่าแบบจำลองที่ใช้จะมีความเหมาะสมเพียงใดก็ตาม เพราะว่าไม่ว่าแบบจำลองแบบใดก็ตาม สามารถอธิบายความแปรผันที่เกิดจากการขาดความสมบูรณ์ (lack of fit) ของแบบจำลองเท่านั้น และไม่สามารถอธิบายความแปรผันของความคลาดเคลื่อนอื่นๆ ที่เป็นผลจาก repeat runs ได้ (Draper and Smith, 1981) ในการศึกษาภาคหน้า วิธี difference equation method (อธิบายโดย Draper and Smith (1981)) ควรนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างสมการดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่และจะทำให้สามารถตรวจสอบขนาดของความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลจาก repeat runs และการขาดความสมบูรณ์ของค่าสังเกตทั้งหมดที่ได้จากแปลงตัวอย่างที่มีความหลากหลายได้

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลจากหุ้ไม้สักที่หลากหลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อพัฒนาการกำหนดดัชนีชั้นคุณภาพของพื้นที่ เลือกแบบจำลองถดถอยที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง 4 แบบ ได้แก่ Gompertz, Hossfeld, Logistic และ Negative exponential เพื่อนำมาสร้างกราฟดัชนีชั้นคุณภาพของพื้นที่ แบบจำลอง Gompertz เป็นแบบที่ดีที่สุดในการทำนายความสูงไม้ชั้นเรือนยอดเด่นของหุ้ไม้สักเนื่องจากให้ค่าที่แม่นยำและเที่ยงตรงสูงกว่าแบบจำลองอื่นๆ ดังนั้นจึงใช้แบบจำลอง Gompertz ในการปรับปรุงเส้นกราฟดัชนีชั้นคุณภาพพื้นที่สำหรับหุ้ไม้สัก แบบจำลองการคาดคะเนผลผลิตได้ถูกพัฒนาขึ้นจากการศึกษาครั้งนี้โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุเส้นตรง โดยใช้ค่าดัชนีชั้นคุณภาพของพื้นที่ในการคาดคะเนปริมาตรรายต้น พื้นที่หน้าตัด ปริมาตรหุ้ไม้และความหนาแน่นของหุ้ไม้สัก เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองเดิมพบว่าแบบจำลองใหม่ที่พัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ให้ค่าความแม่นยำและเที่ยงตรงมากกว่า ผลจากการศึกษาครั้งนี้จะสามารถนำไปใช้สร้างตารางผลผลิตสำหรับสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบพระคุณเจ้าของสวนป่าในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย หัวหน้าและเจ้าหน้าที่ของสวนป่าสักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ในท้องที่จังหวัดเลย ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่สำหรับวางแผนศึกษา รวมทั้งให้การสนับสนุนการเก็บข้อมูลในพื้นที่ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นี้ ส่วนหนึ่งได้มาจากโครงการส่งเสริมและเพาะชำกล้าไม้ให้เกษตรกรปลูกสร้างสวนป่า (REX project) และโครงการความร่วมมือระหว่างกรมป่าไม้กับ Japan International Forestry Promotion Organization (JIFPRO)

การดำเนินการศึกษาครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยร่วมระหว่างกรมป่าไม้และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น (Japan International Research Center for Agricultural Sciences : JIRCAS) ภายใต้แผนงานเทคนิคการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้เพื่อส่งเสริมการป่าไม้อย่างยั่งยืน ผลของการศึกษาได้นำเสนอใน JIRCAS Working Report no.85

การศึกษาการเติบโตของสักแตกหน่อ



จัดทำโดย

นางวรพรรณ หิมพานต์	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ	หัวหน้าโครงการวิจัย
นายณรินทร์ เทศสร	นักวิชาการป่าไม้ปฏิบัติการ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นายธีรยุทธ วงสอน	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นางสาวภรณ์นภัส ภัคคกาญจน์พัฒน์	นักวิชาการป่าไม้	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นางสาวปิยนุช รับพร	เจ้าพนักงานธุรการ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นางสาวจารุณี โนรีเวช	เจ้าหน้าที่ธุรการ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นางสาวสุพัตรา กล่อมอิม	คนงาน	ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ฝ่ายวิจัยการปลูกสร้างสวนป่า ส่วนงานพัฒนาวิจัย

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

2560

บทคัดย่อ

สักรามีศักยภาพในการแตกหน่อหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต การแตกหน่อเป็นแนวหนึ่งในการลดต้นทุนในการปลูกใหม่ การแตกหน่อของสักรในประเทศไทยยังไม่มีเป็นที่นิยมนักอย่างกว้างขวาง การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในสวนป่าสักรที่มีการจัดการให้แตกหน่อ ทั้งในสวนป่าสักรของเกษตรกร องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และบริษัทเอกชน เพื่อศึกษาการเติบโตของหน่อสักรเปรียบเทียบกับสักรที่ปลูกใหม่ เปรียบเทียบการเติบโตของสักรในสวนป่าที่มีการจัดการแตกต่างกัน ได้แก่ การแตกหน่อจากตอหลังการตัดขยายระยะหรือตอที่ตัดหมด การจัดการให้เหลือ 1 หน่อหรือ 2 หน่อ

ผลการศึกษาพบว่า หน่อสักรจะมีการเติบโตดีกว่าการปลูกใหม่ โดยเฉพาะเมื่อมีการจัดการให้แตกหน่อและปลูกใหม่ในพื้นที่เดียวกัน โดยความแตกต่างจะลดลงเมื่อสักรอายุมากขึ้น ส่วนเมื่อเปรียบเทียบหน่อสักรกับสักรที่ปลูกใหม่ที่ดำเนินการคนละพื้นที่จะพบว่ามีความแตกต่างเฉพาะในด้านความสูงเท่านั้น การจัดการให้เหลือเพียงหน่อเดียวจะให้ค่าการเติบโตที่สูงกว่าการเหลือ 2 หน่อ หน่อสักรที่เกิดจากตอหลังการตัดหมดจะให้ค่าการเติบโตสูงกว่าหน่อสักรที่เกิดจากตอหลังการตัดขยายระยะ เนื่องจากขนาดของตอมีผลต่อค่าการเติบโต การแตกหน่อสามารถลดค่าใช้จ่ายในการปลูกและการดูแลรักษาโดยเฉพาะในปีที่ 1-2 การสืบต่อพันธุ์หลังการตัดสักรออกจากพื้นที่ทั้งหมดจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถแนะนำให้เกษตรกรหรือเจ้าของสวนป่าสักร เพื่อลดต้นทุนและยังเป็นการคงไว้ซึ่งสวนป่าสักรอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ การเติบโต การแตกหน่อ สักร

บทนำ

สัก เป็นไม้พื้นเมืองที่มีความสำคัญและเป็นที่ต้องการปลูกในรูปแบบสวนป่ามากที่สุดชนิดหนึ่งของประเทศไทย สวนป่าสักแห่งแรกของประเทศไทยมีขึ้นที่จังหวัดแพร่ โดยเริ่มปลูกในปี พ.ศ. 2449 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการตอบสนองต่อความต้องการใช้ไม้สัก ในปัจจุบันมีการปลูกสักกันอย่างกว้างขวาง โดยในอดีตหน่วยงานที่ปลูกสักจะเป็นภาครัฐ ได้แก่ กรมป่าไม้และองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ต่อมาได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรหรือประชาชนทั่วไปปลูกสร้างสวนป่าสักกันในหลายจังหวัดทั่วประเทศ ในรูปแบบการปลูกเป็นสวนป่า การปลูกผสมกับพืชเกษตร การปลูกหัวไร่ปลายนา และการปลูกเป็นแนวขอบเขตพื้นที่ สักจึงยังคงเป็นไม้สำคัญที่เป็นที่นิยมปลูกกันมากในปัจจุบัน

สัก เป็นต้นไม้ที่มีศักยภาพในการแตกหน่อหลังจากตัด โดยความสามารถในการแตกหน่อจะดีมากหลังจากการตัดสักออกจากพื้นที่ทั้งหมดหรือการตัดหมด (clear cut) และการเติบโตของหน่อสักจะมีค่าสูงกว่าการแตกหน่อในสวนป่าที่ทำการตัดขยายระยะ (thinning) ด้วยเช่นกัน เนื่องจากอาหารที่สะสมอยู่ในรากเดิม ความสามารถในการแตกหน่อจะแตกต่างกันตามอายุ สภาพแวดล้อม และฤดูกาลในการตัดฟัน การสืบพันธุ์ด้วยการแตกหน่อนอกจากจะทำให้สักโตเร็วแล้ว ยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายในเรื่อง ค่ากล้าไม้ การเตรียมพื้นที่ รวมถึงการกำจัดวัชพืชในระยะแรกอีกด้วย ลักษณะการเติบโตของสักที่แตกหน่อยังไม่มีการศึกษามากนักในประเทศไทย และในหลายพื้นที่ได้เริ่มใช้วิธีการนี้หลังการตัดหมด การศึกษาเรื่องการแตกหน่อของสักจะเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับเจ้าของสวนป่าในการดำรงไว้ซึ่งสวนป่าไม้สักให้ได้ผลผลิตคุ้มค่ากับการลงทุน

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

แปลงตัวอย่างเพื่อศึกษาสักแตกหน่อ ประกอบด้วย แปลงทดลองในสวนสักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ สวนสักของบริษัทเอกชน และสวนสักของเกษตรกร จำนวน 5 พื้นที่ ซึ่งมีลักษณะการจัดการแตกต่างกัน (Table 3-1)

Table 3-1 Details of experimental plots of the growth of coppiced teak

No.	Teak Plantations	Coppiced year	Treatments
1	Thong Pha Phoom Plantation, FIO Kanchanaburi Province	2009	comparison coppice and replanting
2	Tha Pla Plantation, FIO Uttaradit Province	2007	compare coppice and replanting
3	Den Kratai, Tha Sao Limited Partnership, Uttaradit Province	2006	compare coppice and replanting
4	Farmer Plantation (Mr.Loet Bunkwang) Nong Bua Lam Phu Province	2007	coppice growing
5	Farmer Plantation (Mr.Praphian Phakhot) Nong Bua Lam Phu Province	2010	compare coppice growth : 1 sprout and 2 sprouts

1. สวนป่าทองผาภูมิ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จังหวัดกาญจนบุรี ทำการศึกษาในแปลงสักที่ปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2523 ด้วยระยะปลูก 4 x 4 เมตร ทำการตัดขยายระยะครั้งที่ 1 เมื่อไม้สักอายุ 15 ปี ตัดขยายระยะครั้งที่ 2 เมื่อไม้สักอายุ 22 ปี หลังจากการตัดครั้งสุดท้ายเมื่อปี พ.ศ. 2552 (ไม้สักมีอายุ 29 ปี) ได้จัดการให้มีการสืบพันธุ์โดยการแตกหน่อเมื่อปี พ.ศ.2553 โดยมีหน่อที่แตกออกจากตอที่ทำการตัดขยายระยะครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และที่ตัดครั้งสุดท้าย ส่วนในบริเวณที่ไม่สามารถแตกหน่อได้มีการปลูกเสริมจากกล้า การศึกษาครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบระหว่างไม้สักแตกหน่อที่แตกจากตอที่ตัดขยายระยะกับตอที่ทำการตัดครั้งสุดท้าย และต้นสักที่ปลูกใหม่

2. สวนป่าท่าปลา องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จังหวัดอุตรดิตถ์ ทำการศึกษาในแปลงสักที่ปลูกเมื่อปี 2524 ด้วยระยะปลูก 2 x 8 เมตร และทำการตัดครั้งสุดท้ายเมื่อปี พ.ศ. 2550 เมื่อไม้สักมีอายุ 26 ปี หลังจากการตัดครั้งสุดท้าย จัดการให้มีการสืบพันธุ์โดยการแตกหน่อ และทำการปลูกเสริมในช่วงระหว่างแถว (ระยะ 8 เมตร) ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบไม้สักที่แตกหน่อกับไม้สักที่ปลูกเสริม

3. สวนป่าเด่นกระต่าย ห้างหุ้นส่วนจำกัดท่าเสา จังหวัดอุตรดิตถ์ ทำการศึกษาในแปลงสักที่ทำการตัดหมดเมื่ออายุประมาณ 10 ปี เนื่องจากมีสภาพการเจริญเติบโตที่ไม่ดีนักและเปลี่ยนเจ้าของใหม่ จัดการให้มีการสืบพันธุ์แบบแตกหน่อทั้งแปลงในปี พ.ศ. 2549 ศึกษา

เปรียบเทียบกับสวนป่าไม้สักที่ปลูกในปีเดียวกัน และปลูกในปี พ.ศ.2548 ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน

4. สวนป่าของเกษตรกร (นายเลิศ บุญกว้าง) จังหวัดหนองบัวลำภู ทำการศึกษาในแปลงที่ปลูกเมื่อปี พ.ศ.2539 ระยะปลูก 2 x 4 เมตร และตัดหมดในปี พ.ศ.2550 จัดการโดยการสลับพันธุ์แบบแตกหน่อ ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับไม้สักที่ปลูกในปีเดียวกัน และยังไม่ได้ดำเนินการตัดฟันแต่อย่างใด

5. สวนป่าของเกษตรกร (นายประเพียร ผาโคตร) จังหวัดหนองบัวลำภู ทำการศึกษาในแปลงปลูกปี 2538 ระยะปลูก 2 x 4 เมตร ทำการตัดหมดเมื่อปี พ.ศ. 2553 และจัดการให้สลับพันธุ์แบบแตกหน่อ โดยเปรียบเทียบระหว่างที่แตก 1 หน่อ และแตก 2 หน่อ

วิธีการศึกษา

1. สำรวจสวนป่าไม้สักของเกษตรกรและสวนป่าไม้สักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เพื่อคัดเลือกเป็นแปลงตัวอย่าง

2. คัดเลือกพื้นที่ในสวนป่าไม้สักที่มีการทำไม้แบบตัดหมด และปล่อยให้แตกหน่อ เพื่อทำการวางแผนตัวอย่างสำหรับการเก็บข้อมูลในการศึกษา

3. วางแผนตัวอย่างในสวนป่าไม้สักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้หรือของเกษตรกร ขนาด 0.5-1 ไร่ (20x40 เมตร และ 40x40 เมตร) จำนวน 3 ซ้ำ ในพื้นที่อย่างน้อย 3 พื้นที่ ซึ่งอาจมี 2 ลักษณะ คือ

3.1. แปลงตัวอย่างที่มีสักแตกหน่อทั้งแปลง โดยมีแปลงตัวอย่างที่มีการปลูกใหม่อายุเท่ากัน เป็นแปลงสำหรับเปรียบเทียบ

3.2. แปลงตัวอย่างที่มีไม้สักทั้งที่แตกหน่อและปลูกใหม่ในพื้นที่เดียวกัน ในแปลงตัวอย่างดังกล่าวเป็นแปลงที่มีการดำเนินการโดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้และเกษตรกรเองทั้งหมด โดยในส่วนขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้การปลูกใหม่จะใช้กล้าที่ผลิตเอง

4. การเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่าง โดยวัดการเติบโตของสักทั้งที่ใช้วิธีการแตกหน่อและที่ใช้กล้าไม้ปลูกใหม่ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (total height) ทำการวัดหนึ่งครั้งในแต่ละปี

5. การวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบการเติบโตของสักที่แตกหน่อและสักที่ใช้กล้าปลูกใหม่

6. ทำการศึกษามวลชีวภาพและการเก็บกักคาร์บอนส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดินของสวนป่าสักที่แตกหน่อและปลูกใหม่

7. วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายจากการใช้วิธีการแตกหน่อ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการจัดการโดยระบบแตกหน่อนั้นสามารถลดค่าใช้จ่ายและให้ผลผลิตคู้มค่าต่อการดำเนินการของเกษตรกรหรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับ การปลูกใหม่ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเป็นแนวทางเลือกให้แก่เกษตรกรที่ปลูกสักต่อไป

ผลการศึกษา

1. การเติบโตของสัก

4.1 สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

เมื่อวัดการเติบโตเมื่อต้นสักมีอายุ 1-7 ปี พบว่าสักที่แตกหน่อจะมีการเติบโตทั้งทางความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 30 เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร มีค่าสูงกว่าสักที่ปลูกใหม่จากกล้า โดยหน่อที่เกิดจากตอที่ทำการตัดฟันครั้งสุดท้าย (final cut) จะมีการเติบโตสูงมากกว่าหน่อจากตอที่ทำการตัดขยายระยะ (thinned) และต้นที่ปลูกขึ้นใหม่ (new planting) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการปลูกใหม่ในพื้นที่ร่วมกับการให้สืบพันธุ์แบบแตกหน่อนั้น เมื่อต้นสักอายุ 7 ปี การเติบโตของต้นจากการปลูกยังคงต่ำกว่าหน่อที่เกิดขึ้นจากตอ (Table 3-2)

หน่อสักที่เกิดจากตอหลังการตัดฟันครั้งสุดท้ายที่สวนป่าทองผาภูมิเมื่ออายุ 6 ปี มี DBH เท่ากับ 10.92 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 9.39 เมตร นับว่ามีการเติบโตที่ดี โดยเมื่อเปรียบเทียบกับหน่อสักที่สวนป่าขุนแม่คำมี อำเภอร่องขวาง จังหวัดแพร่ พบว่าเมื่ออายุเท่ากัน (6 ปี) มีความโตเฉลี่ยเท่ากับ 29.99 เซนติเมตร (DBH เท่ากับ 9.55 เซนติเมตร) และมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 7.74 เมตร (ประพงษ์, 2550) และหน่อหลังการตัดฟันครั้งสุดท้ายเติบโตดีกว่าหน่อที่เกิดจากการตัดขยายระยะเช่นเดียวกับการศึกษาของ Thaiutsa *et.al.* (1999)

Table 3-2 Mean values with standard deviation of growth performance and comparison between teak from thinned stump, final cut stump and new planted at Thong Pha Phoom Plantation, FIO, Kanchanaburi Province

Age	Treatment	DBH (cm)		Ht (m)	
1-year	Final cut stump	3.10		2.09	
	Thinned stump	3.40		1.72	
	New planted	–		0.22	
2-year	Final cut stump	4.56	a	3.84	a
	Thinned stump	4.04	b	3.15	b
	New planted	2.05	c	0.62	c
3-year	Final cut stump	6.41	a	5.83	a
	Thinned stump	5.38	b	5.00	b
	New planted	2.32	c	2.15	c
4-year	Final cut stump	7.33	a	6.50	a
	Thinned stump	6.11	b	5.56	b
	New planted	3.30	c	2.82	c
5-year	Final cut stump	9.19	a	7.69	a
	Thinned stump	7.79	b	6.85	b
	New planted	4.86	c	4.08	c
6-year	Final cut stump	10.92	a	9.39	a
	Thinned stump	9.42	b	8.64	b
	New planted	6.22	c	6.24	c
7-year	Final cut stump	12.30	a	10.66	a
	Thinned stump	10.41	b	9.83	b
	New planted	7.19	c	7.22	c

Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. Significant differences ($p < 0.05$) are indicated by different letters

ความสามารถในการแตกหน่อขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ควบคุมหลายปัจจัย เช่น ฤดูกาลที่ตัด ขนาดของตอ และความสูงของตอ จากผลการศึกษานี้ ขนาดของตอเป็นปัจจัยควบคุมเนื่องจากตอจากการตัดขยายระยะจะมีขนาดเล็กกว่าตอจากการตัดหมด นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากความแข็งแรงของตอโดยตอหลังการตัดขยายระยะจะมีอายุที่นานกว่า บางตอมีการผุกร่อน ทำให้ความสามารถในการดูดอาหารของรากลดน้อยลงเมื่อเทียบกับตอหลังการตัดฟื้นครั้งสุดท้าย และจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ ตอหลังการตัดขยายระยะจะมีหน่อแตกขึ้นมาเป็นระยะ และถูกตัดออกหมดเมื่อทำการตัดฟื้นครั้งสุดท้าย ซึ่งหมายความว่าอาหารที่สะสมจากตอได้ถูกหน่อที่เกิดขึ้นมาแต่แรกใช้ไปบางส่วนแล้วด้วย อย่างไรก็ตามหน่อสักจะเติบโตได้ดีกว่าตามตอที่เหลืออยู่จะมีระบบรากที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ปลูกขึ้นใหม่ที่ต้องการเวลาในการพัฒนาระบบรากและการหาอาหารของราก ในขณะที่เติบโตต่างกันในช่วงแรก สักที่ปลูกใหม่ก็ได้รับผลกระทบในเรื่องแสงจากหน่อสักที่เติบโตเร็วกว่าทำให้ส่งผลต่อการเติบโตที่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 สวนป่าท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์

ทำการตัดครั้งสุดท้ายเมื่อปี พ.ศ. 2550 ซึ่งนอกจากจะปลูกในตำแหน่งที่ต้นสักไม่สามารถแตกหน่อได้แล้ว ยังมีการปลูกสักขึ้นใหม่ระหว่างแถวระยะ 8 เมตร (เดิมปลูก 2 x 8 เมตร) เพื่อระบบวนเกษตร การเติบโตเมื่อต้นสักมีอายุ 4-9 ปี พบว่าสักที่แตกหน่อเมื่ออายุ 9 ปี มี DBH เฉลี่ย และความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 15.35 เซนติเมตร และ 13.74 เมตร ตามลำดับ ในขณะที่สักที่ปลูกขึ้นใหม่มี DBH เฉลี่ย และความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 11.93 เซนติเมตร และ 11.98 เมตร ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงว่าสักที่แตกหน่อจะมีการเติบโตทั้งทางความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร สูงกว่าสักที่ปลูกใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3-3) อย่างไรก็ตามความแตกต่างของความสูงเริ่มมีความต่างที่ลดลง ซึ่งในอนาคตความสูงของสักที่ปลูกมีแนวโน้มจะมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติได้

เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตที่อายุ 6 ปี กับหน่อสักที่สวนป่าทองพางุมิ จังหวัดกาญจนบุรีและสวนป่าขุนแม่คำมี จังหวัดแพร่ ที่อายุเดียวกัน พบว่ามี DBH (13.22 เซนติเมตร) และความสูง (11.48 เมตร) สูงกว่าหน่อสักจาก 2 พื้นที่ดังกล่าว แต่จากการสังเกตพบว่าสักมีรูปทรงไม่เปลาตรง เนื่องจากการดูแลรักษาไม่ทั่วถึง รวมทั้งพื้นที่มีวัชพืชขึ้นหนาแน่น มีการดูแลรักษาอย่างดีเฉพาะในแปลงทดลอง การเติบโตของสักในพื้นที่นอกแปลงทดลองอาจมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการศึกษา นอกจากนี้ผลการศึกษาเมื่อหน่อสักมีอายุ 9 ปี ยังคงแสดงว่าสักที่แตกหน่อมีการเติบโตที่ดีกว่าสักที่ปลูกใหม่ที่เกิดขึ้นในพื้นที่เดียวกัน

Table 3-3 Mean values with standard deviation of growth performance and comparison between teak from coppicing and planting at Tha Pla Plantation, Uttaradit Province.

Age	Treatment	DBH (cm)			Height (m)		
		Mean	Std.	t-test	Mean	Std.	t-test
4-year	Coppicing	9.10	2.62	**	7.90	1.82	**
	Planting	5.79	2.69		5.32	2.31	
5-year	Coppicing	11.45	3.03	*	9.84	1.80	*
	Planting	7.87	3.14		7.26	2.58	
6-year	Coppicing	13.22	3.36	*	11.48	1.75	*
	Planting	9.70	3.45		8.97	2.75	
7-year	Coppicing	14.80	3.71	*	12.44	1.85	*
	Planting	11.22	3.65		10.31	2.82	
8-year	Coppicing	15.45	4.10	*	13.21	2.20	*
	Planting	12.08	3.82		11.43	2.97	
9-year	Coppicing	15.35	3.95	*	13.74	2.31	ns
	Planting	11.93	3.74		11.98	3.31	

Remark : n.s. – non-significant, * – significant at $p < 0.05$, ** – significant at $p < 0.01$

1.3 สวนป่าของห้างหุ้นส่วนจำกัดท่าเสา จังหวัดอุตรดิตถ์

สักที่แตกหน่อและสักที่ปลูกใหม่ในปีเดียวกัน (ปี 2549) ไม่ได้อยู่ในแปลงเดียวกัน จากการตรวจวัดพบว่า DBH ของสักที่แตกหน่อมีค่าสูงกว่าสักที่ปลูกใหม่ตั้งแต่เมื่อสักมีอายุ 5 ปี ถึง 10 ปี แต่ในส่วนของความสูงสักที่แตกหน่อมีค่าสูงกว่าสักปลูกใหม่จนถึงเมื่ออายุ 6 ปี และหลังจากนั้นความสูงของไม้สักปลูกจะมีค่าสูงกว่าสักที่แตกหน่อ (Table 3-4) อาจกล่าวได้ว่าเมื่อสักมีอายุมากขึ้นความแตกต่างของการเติบโตจะลดลงหรือไม่แตกต่างกันเลย โดยในกรณีนี้คือเมื่อสักมีอายุ 7 ปี รวมทั้งสักเริ่มมีอายุมากขึ้น ซึ่งตรงกับการศึกษาของ Supattra (2006)

Table 3-4 Growth of teaks from planted and coppiced at Den Kratai plantation, Uttaradit Province

		5-year	6-year	7-year	8-year	9-year	10-year
DBH (cm)	Coppiced	9.61	10.81	11.34	11.82	12.14	12.00
	Planted	9.19	10.30	11.08	11.42	11.38	11.13
Height (m)	Coppiced	10.57	11.50	11.84	12.36	12.71	12.98
	Planted	9.96	11.30	11.95	12.45	12.83	13.40

เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นเนินเขาและมีการแยกพื้นที่กันระหว่างสักที่แตกหน่อกับสักที่ปลูกใหม่ การวิเคราะห์จึงใช้ค่า Relative growth rate แทน โดยผลการศึกษพบว่า Relative DBH ของไม้สักที่ปลูกมีค่าสูงกว่าหน่อสัก แต่ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเติบโตในระยะแรก (ซึ่งยังไม่ได้เข้าทำการศึกษา) หน่อสักจะมีการเติบโตเร็วกว่าจากการที่มีตอและรากเดิมและเมื่ออายุมากกว่า 6 ปี การเพิ่มพูนรายปีทางด้านความโตจึงลดลง ในขณะที่ Relative height สักที่ปลูกขึ้นใหม่มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการศึกษาปีที่ 6-10 เนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับการเติบโตด้านความสูง และเมื่ออายุ 10 ปี ผลการศึกษามีแนวโน้มว่าความแตกต่างของสักที่แตกหน่อกับสักที่ปลูกใหม่จะมีค่าลดลง (Table 3-5) จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาของแปลงทดลองนี้แตกต่างจากการศึกษาโดยทั่วไปที่สักแตกหน่อเติบโตดีกว่าสักที่ปลูกใหม่ ทั้งนี้เนื่องจากต้นที่เกิดจากหน่อกับต้นที่ปลูกไม่ได้อยู่ในแปลงเดียวกัน การเติบโตจึงมีอิสระมากกว่าการเติบโตใกล้กับต้นที่แตกหน่อ ทำให้การเติบโตมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

1.4 สวนป่าของเกษตรกร (นายเลิศ บุญกว้าง) จังหวัดหนองบัวลำภู

ซึ่งปลูกเมื่อปี 2539 และทำการตัดหมดเมื่อปี พ.ศ. 2550 การไว้หน่อหลังตัดในแปลงพบมีทั้ง 1 หน่อ (1 sprout) และ 2 หน่อ ซึ่งประกอบด้วยหน่อที่ 1 ที่มีขนาด DBH สูงกว่า (first sprout) และหน่อที่ 2 ที่มีขนาด DBH น้อยกว่า (second sprout) ทำการวัดการเติบโตเมื่อหน่อสักมีอายุ 4-9 ปี พบว่าสักที่แตก 1 หน่อ มี DBH สูงที่สุด และพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสักที่แตก 2 หน่อ โดยที่หน่อที่หนึ่ง มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากหน่อที่ 2 ด้วยเช่นกัน ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบความสูง พบว่าสักที่แตก 1 หน่อ มีความสูงมากที่สุดเช่นเดียวกัน เนื่องจากความต้องการแก่งแย่งธาตุอาหารและแสงสว่าง

ของสักที่แตก 2 หน่อทำให้มีค่าการเติบโตต่ำกว่าสักที่แตกเพียง 1 หน่อ ดังแสดงใน Table 3-6 ในแปลงทดลองนี้มีสักบางต้นที่แตกหน่อ 3 หน่อ จำนวน 5 ต้น พบว่าเมื่ออายุ 6 ปี เหลือรอดตายเพียง 1 ต้นเท่านั้น

Table 3-5 Mean values with standard deviation of the relative growth rate of DBH and height, and comparison between teak from coppicing and planting at Den Kratai plantation, Uttaradit Province.

Age	Treatment	RGR DBH (cm cm ⁻¹ year ⁻¹)			RGR Height (m m ⁻¹ year ⁻¹)		
		Mean	Std.	t-test	Mean	Std.	t-test
6-year	Coppicing	0.118	0.019	ns	0.087	0.022	*
	Planting	0.114	0.016		0.127	0.017	
7-year	Coppicing	0.082	0.005	ns	0.058	0.015	*
	Planting	0.093	0.010		0.092	0.007	
8-year	Coppicing	0.069	0.001	ns	0.053	0.008	*
	Planting	0.072	0.009		0.075	0.011	
9-year	Coppicing	0.058	0.006	ns	0.047	0.008	*
	Planting	0.053	0.007		0.064	0.010	
10-year	Coppicing	0.044	0.012	ns	0.042	0.005	*
	Planting	0.038	0.011		0.060	0.010	

Remark: ns – non-significant, * – significant at $p < 0.05$

Table 3-6 Mean values with standard deviation of growth performance and comparison between teak from coppicing at Mr. Mr.Loet Bunkwang's plantation, Nong Bua Lam Phu Province.

Age	Treatment	DBH (cm)		Height (m)	
4-year	1 sprout	11.13	a	11.89	a
	first sprout	7.15	b	10.03	b
	second sprout	5.86	c	8.68	c
5-year	1 sprout	12.08	a	12.46	a
	first sprout	7.85	b	10.66	b
	second sprout	6.32	c	9.07	c
6-year	1 sprout	12.21	a	13.00	a
	first sprout	8.15	b	11.43	b
	second sprout	6.50	c	9.50	c
7-year	1 sprout	12.70	a	13.23	a
	first sprout	8.54	b	11.60	b
	second sprout	6.73	c	9.67	c
8-year	1 sprout	12.95	a	12.56	a
	first sprout	8.86	b	10.80	b
	second sprout	6.92	c	9.27	c
9-year	1 sprout	13.38	a	13.23	a
	first sprout	9.07	b	11.57	b
	second sprout	7.09	c	9.60	c

Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. Significant differences ($p < 0.05$) are indicated by different letters

นอกจากการที่สักที่จัดการให้เหลือ 2 หน่อ จะมีการเติบโตที่ต่ำกว่าที่เหลือไว้ 1 หน่อแล้ว ยังพบว่าเมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้น รูปทรงของลำต้นไม้สวยงามโดยเฉพาะส่วนยอดที่คดงเพื่อพยายามชูขึ้นหาแสงแดด ทำให้ยอดพันเกี่ยวกัน ซึ่งนับเป็นข้อด้อยของการจัดการให้เหลือหน่อไว้มากกว่า 1 หน่อ

เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตของสักที่ปลูกเมื่อปีเดียวกัน แต่ยังไม่ได้ดำเนินการตัดต้นไม้ออกแต่อย่างใด พบว่าต้นไม้มีอัตราการรอดตายเมื่อครั้งแรกที่ทำการวัด (ปี 2554) ร้อยละ 96.04 และเหลือ ร้อยละ 83.17 เมื่อทำการวัดที่ปี 2558 สำหรับการเติบโตในปี 2558 หรือเมื่อสักมีอายุ 19 ปี พบว่ามีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร เท่ากับ 14.55 เซนติเมตร และ ความสูงเท่ากับ 14.98 เมตร แม้ว่าจะมีค่าสูงกว่าไม้สักแตกหน่อที่อายุ 8 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร และความสูงมากกว่าสักที่แตกหน่อ 1 หน่อ เพียง 1.60 เซนติเมตร และ 2.42 เมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้ในแปลงไม่ได้รับการจัดการให้มีการเติบโตที่ดีขึ้น ทำให้แตกต่างจากต้นที่แตกหน่อเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในปี 2559 ไม่สามารถวัดการเติบโตของสักในแปลงนี้ได้ เนื่องจากเจ้าของสวนสักได้ดำเนินการตัดฟันเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทั้งหมดพื้นที่

1.5 สวนป่าของเกษตรกร (นายประเพียร ฝาโคตร) จังหวัดหนองบัวลำภู

เมื่อวัดการเติบโตของสักเมื่ออายุ 6 เดือน ถึง 4.5 ปี พบว่า ในปีแรกหน่อสักที่จัดการให้เหลือเพียง 1 หน่อ จะมีขนาด DBH และความสูงใกล้เคียงกับหน่อที่ถูกจัดการให้เหลือ 2 หน่อ แต่เมื่ออายุ 1.5 ปี เป็นต้นไป หน่อสักที่เหลือเพียงหน่อเดียวจะมีขนาด DBH แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับหน่อที่ 1 และหน่อที่ 2 ของต้นที่ถูกจัดการให้เหลือ 2 หน่อ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างหน่อที่ 1 กับ หน่อที่ 2 พบว่า หน่อที่ 1 จะมี DBH สูงกว่าหน่อที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่เมื่อสักอายุ 2.5 ปี เป็นต้นไป เช่นเดียวกับการเติบโตด้านความสูง ต้นที่มีหน่อเดียวกับหน่อที่ 1 มีค่าความสูงแตกต่างกันเล็กน้อย แต่สูงกว่าหน่อที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทั้งสามแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสูงเมื่อหน่อมีอายุ 3.5 ปี (Table 3-7) เป็นต้นไป และเมื่อพิจารณาถึงการรอดตายของหน่อสัก พบว่า ในแปลงที่จัดการให้เหลือ 1 หน่อ จะมีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 94.29 เมื่ออายุ 0.5 ปี และคงที่จนเมื่ออายุ 4.5 ปี มีอัตราการรอดตายต่ำลงเหลือ ร้อยละ 88.57 ในขณะที่หน่อสักที่เหลือ 2 หน่อ มีอัตราการรอดตายเริ่มต้นเมื่ออายุ 0.5 ปี ที่ ร้อยละ 98.95 และ ร้อยละ 97.89 ในหน่อที่ 1 และหน่อที่ 2 ตามลำดับ แต่เมื่ออายุ 4.5 ปี อัตราการรอดตายลดลงเป็น ร้อยละ 95.79 และ ร้อยละ 72.63 ตามลำดับ หรือกล่าวได้ว่าหน่อที่เหลือไว้ 2 หน่อนั้น เมื่อเวลาผ่านไปจะมีหน่อตายไป

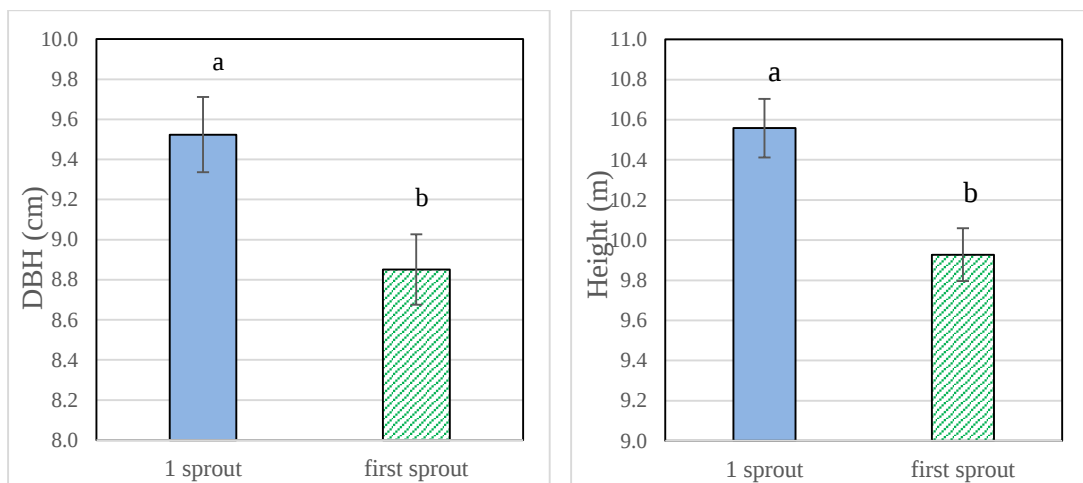
เหลือเพียงหน่อเดียวจำนวน 24 ต้น (ร้อยละ 25.81) จากการศึกษาทำให้ทราบว่า หากเกษตรกรต้องการที่จะเหลือหน่อไว้ 2 หน่อ ในระยะแรก ควรทำการจัดการให้เหลือหน่อเดียว ก่อนที่หน่อสักจะมีอายุ 2.5 ปี หรือ 2 ปี เพื่อให้หน่อที่เหลือได้มีการเติบโตที่ดีขึ้น

Table 3-7 Mean values with standard deviation of growth performance and comparison between teak from coppicing at Mr. Praphian Phakhrot's plantation, Nong Bua Lam Phu Province.

Age	Treatment	DBH (cm)		Height (m)	
6-month	1 sprout	2.34	a b	1.97	b
	first sprout	2.50	a	2.21	a
	second sprout	2.18	b	2.09	a b
18-month	1 sprout	5.02	a	4.95	a
	first sprout	4.87	a	4.94	a
	second sprout	4.17	b	4.39	b
30-month	1 sprout	6.49	a	6.71	a
	first sprout	6.00	b	6.46	a
	second sprout	4.99	c	5.52	b
42-month	1 sprout	8.34	a	8.56	a
	first sprout	7.63	b	8.00	b
	second sprout	6.06	c	6.62	c
64-month	1 sprout	9.28	a	10.23	a
	first sprout	8.47	b	9.33	b
	second sprout	6.85	c	7.90	c

Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. Significant differences ($p < 0.05$) are indicated by different letters

จากลักษณะการเติบโตของสักที่จัดการให้เหลือ 2 หน่อ และแสดงว่ามีการเติบโตที่ต่ำกว่าหน่อเดียว จึงทำการคัดเลือกต้นที่เหลือ 2 หน่อ ให้เหลือเพียง 1 หน่อ ในปี พ.ศ.2558 โดยเลือกหน่อที่มีความแข็งแรง เติบโต และมีรูปทรงที่ดีกว่าให้คงไว้ หลังการตัด 1 ปี หรือเมื่อหน่อสักมีอายุ 5.5 ปี พบว่า สักที่จัดการให้เหลือ 1 หน่อตั้งแต่เริ่มต้น ยังคงมีค่าการเติบโตทั้ง DBH และความสูง มากกว่าหน่อที่เลือกตัดให้เหลือ 1 หน่อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3-3)



Remark : Letters signify individual statistical differences among treatments in each measurement time, based on the ANOVA test. Significant differences ($p < 0.05$) are indicated by different letters

Figure 3-1 Growth performances of 5.5-year-old teaks from 1 sprout and first sprout coppicing at Farmer's plantation (Mr. Praphian Phakhrot), Nong Bua Lam Phu Province

5. มวลชีวภาพและการเก็บกักคาร์บอน

การศึกษาเพื่อหามวลชีวภาพและการเก็บกักคาร์บอน รวมทั้งเปรียบเทียบมวลชีวภาพของสักที่แตกหน่อ เพื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพและการเก็บกักคาร์บอนระหว่างสักที่ปลูกใหม่กับสักที่แตกหน่อ เมื่อมีอายุเท่ากัน ในสวนสักของโรงเลื่อยจักรท่าเสา จังหวัดอุตรดิตถ์ อายุ 10 ปี เนื่องจากในทั้งสองแปลงได้มีการตัดขยายระยะไปแล้ว ทำให้ขนาดของต้นไม้ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างต้นที่ปลูกกับต้นที่แตกหน่อ (Table 3-8) เมื่อทำการตัดต้นไม้ตัวอย่างอย่างละ 5 ต้น จากการคัดเลือกต้นไม้ในแปลงให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกขนาดต่างๆ ที่เป็นตัวแทนของสวนป่าทั้งพื้นที่ ทำการศึกษามวลชีวภาพและนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์แอลโลเมตริก ระหว่างมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของสัก (ใบ กิ่ง ลำต้น และราก) กับตัวแปรค่าการเติบโต ในที่นี้ใช้ 2 ค่า ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกกับความสูง ($DBH^2 \cdot H$) และใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เพียงค่าเดียว สมการความสัมพันธ์ของไม้สักแตกหน่อแสดงตาม Figure 3-4 และ 3-5 สำหรับไม้สักปลูกแสดงตาม Figure 3-6 และ 3-7

Table 3-8 Growth of 10-year of planted and coppiced teaks at Den Kratai plantation, Uttaradit Province

Treatment	DBH (cm)			H (m)		
	Mean	Std.	t-test	Mean	Std.	t-test
Coppiced	13.39	2.27	ns	13.37	1.34	ns
Planted	13.25	1.60		13.63	0.94	

Remark: ns – non-significant

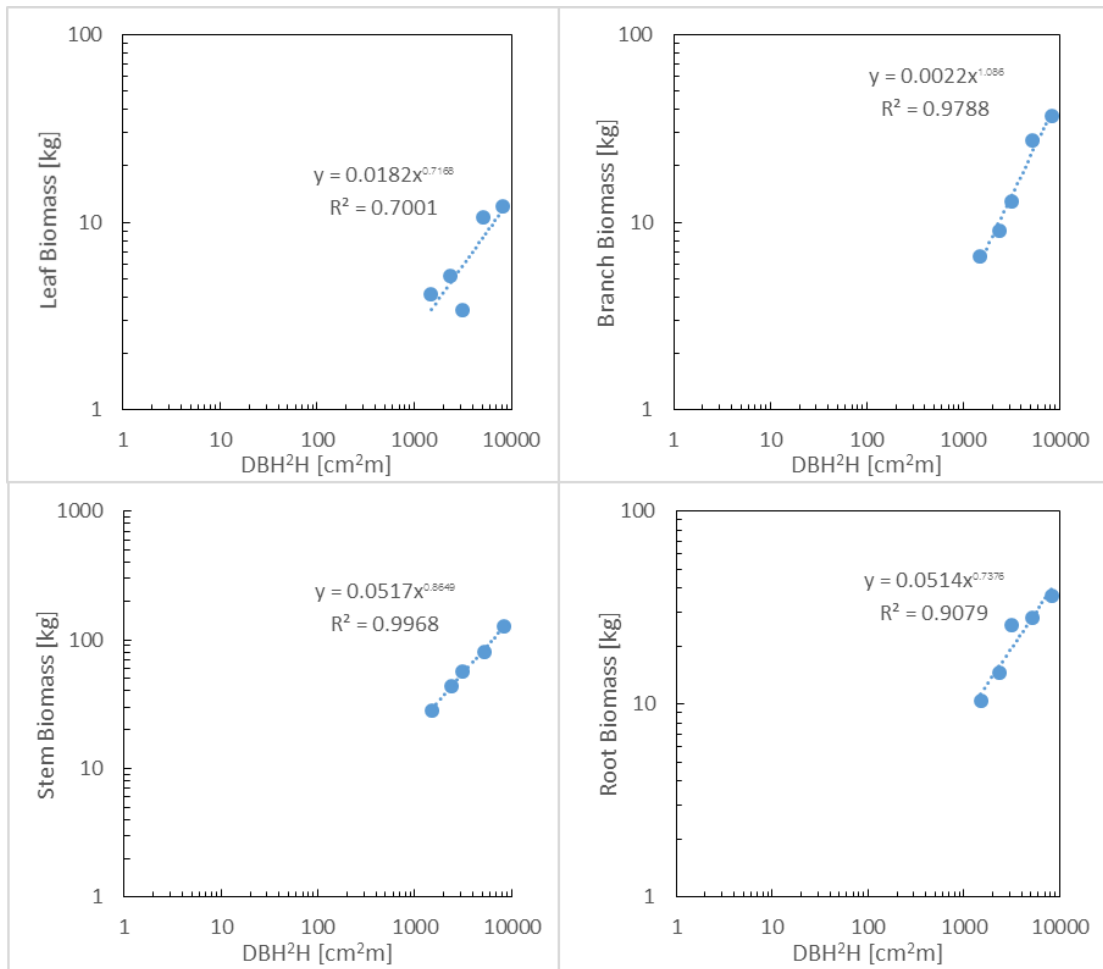


Figure 3-2 Relationship between DBH²H with biomass of 10-year coppiced teak at Den Kratai plantation, Uttaradit Province

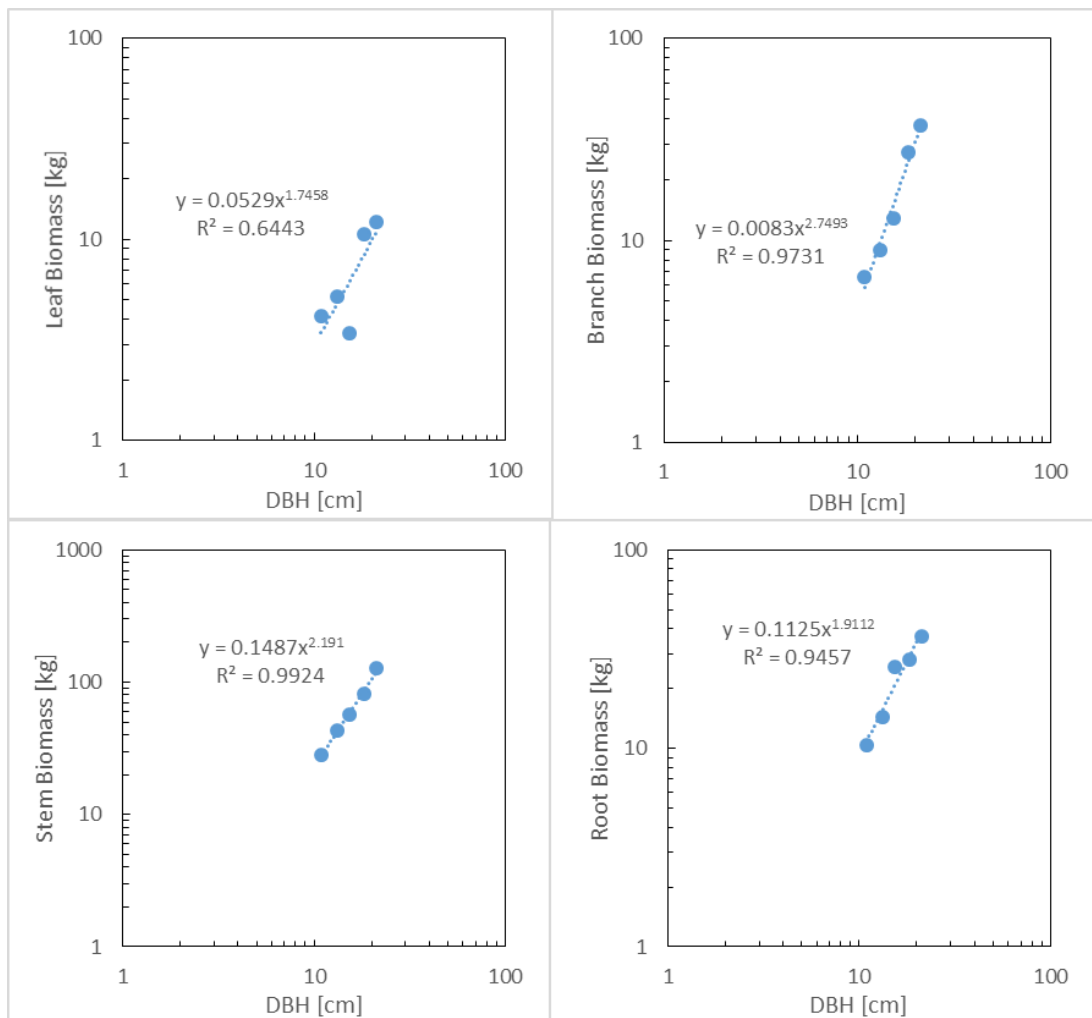


Figure 3–3 Relationship between DBH with biomass of 10–year coppiced teak at Den Kratai plantation, Uttaradit Province

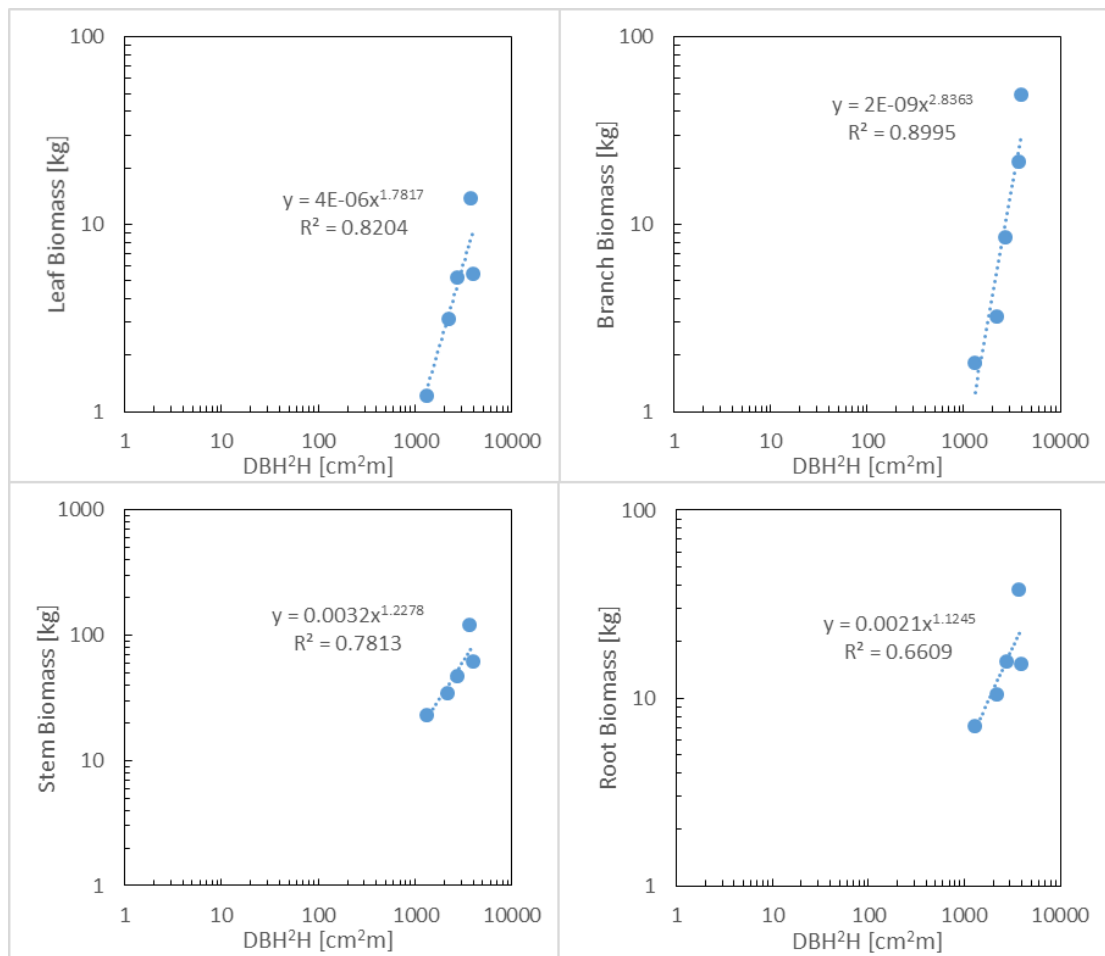


Figure 3-4 Relationship between DBH²H with biomass of 10-year planted teak at Den Kratai plantation, Uttaradit Province

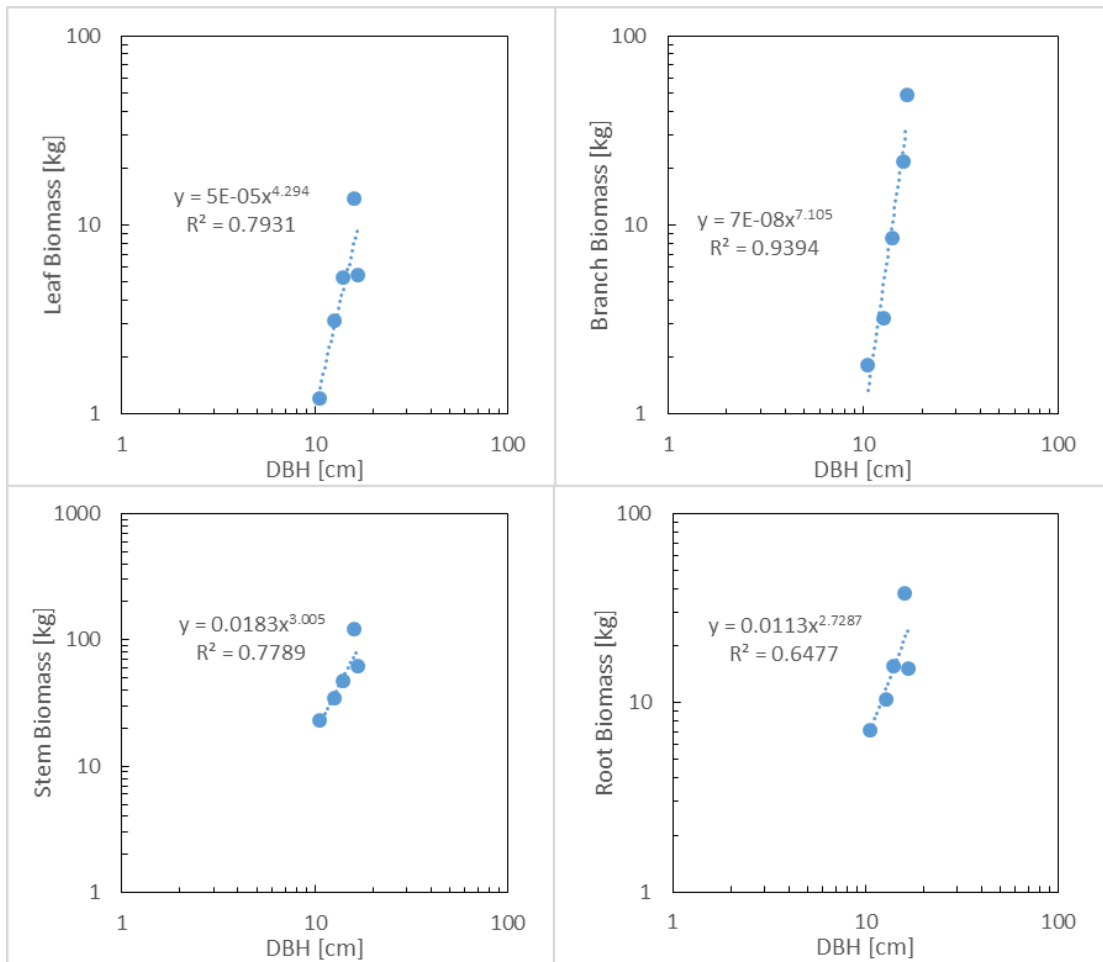


Figure 3-5 Relationship between DBH with biomass of 10-year planted teak at Den Kratai plantation, Uttaradit Province

จากสมการที่ได้ พบว่า ความสัมพันธ์การตัดสินใจ (R^2) ของการใช้ตัวแปรเดียว (DBH) หรือสองตัวแปร (DBH².H) มีค่าไม่แตกต่างกันและยอมรับได้ ซึ่งโดยทั่วไปการวัดความสูง มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือและค่าที่ได้อาจมีความถูกต้องไม่มาก ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้สมการที่ใช้ตัวแปรเพียงตัวเดียวเพื่อให้เกษตรกรหรือเจ้าของสวนป่าสักทั่วไปสามารถนำสมการที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้ด้วยการวัดเพียงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก

เมื่อนำสมการที่ได้มาคำนวณหามวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของสัก มวลชีวภาพส่วนใหญ่คือส่วนลำต้น โดยสักที่แตกหน่อ คิดเป็นร้อยละ 58.25 ส่วนสักที่ปลูกใหม่คิดเป็นร้อยละ 63.26 แต่ในส่วนที่เป็นรากสักที่แตกหน่อมีมากกว่าสักที่ปลูกใหม่ คือ ร้อยละ 21.06 และร้อยละ 18.95 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดินของต้นสักในแปลงสักแตกหน่อ กับสักปลูกใหม่ พบว่ามวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินของสักที่แตกหน่อกับสักที่ปลูกใหม่มีค่าเท่ากับ 61.55 กิโลกรัม/ต้น และ 57.73 กิโลกรัม/ต้น ตามลำดับ ส่วนมวลชีวภาพส่วนใต้ดินหรือรากของสักที่แตกหน่อกับสักที่ปลูกใหม่มีค่าเท่ากับ พบว่า 16.42 กิโลกรัม/ต้น และ 13.50 กิโลกรัม/ต้น ตามลำดับ (Table 3-9) ส่วนรากของสักแตกหน่อจะมีปริมาณสูงกว่าสักที่ปลูกใหม่ ทั้งนี้เนื่องจากจะมีรากเดิมเหลืออยู่ ซึ่งช่วยให้ต้นสักในระยะแรกเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามจะพบว่ารากเดิมนั้นก็จะมีการผุสลายไปตามเวลา ต้นสักที่ทำการศึกษามีอายุ 10 ปี รากเดิมจะคงเหลือไม่มาก ในขณะที่รากของต้นที่ปลูกใหม่ก็มีการพัฒนาด้วยเช่นกัน ทำให้มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้ส่วนใต้ดินของสักแตกหน่อกับสักที่ปลูกใหม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3-9 Above-ground biomass and below-ground biomass of 10-year coppiced and planted teaks at Den Kratai plantation, Uttaradit Province.

Treatment	Above-ground biomass (kg/tree)			Under-ground biomass (kg/tree)		
	Mean	Std.	t-test	Mean	Std.	t-test
Coppiced	61.55	24.82	n.s.	16.42	5.52	***
Planted	57.73	27.80		13.50	4.58	

Remark: ns – non-significant, *** – significant at $p < 0.001$

จากการคำนวณความสามารถในการเก็บกักคาร์บอนของสักแตกหน่อและสักปลูกใหม่ โดยใช้ค่า default value ของ IPCC (2006) ซึ่งกำหนดให้ปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพมีค่าร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง (คณะวนศาสตร์, 2554) พบว่าการเก็บกักคาร์บอนในสวนป่าทั้งสองแห่งที่มีสักแตกหน่อและสักที่ปลูกใหม่มีการเก็บกักคาร์บอนในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ 3.19 ตัน/เฮกแตร์ และ 3.18 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ (Table 3-10)

Table 3-10 Carbon amount of 10-year coppiced and planted teaks at Den Kratai plantation, Uttaradit Province.

Treatment	Carbon Amount (ton/rai)					
	Stem	Leaf	Branch	Above-ground	Root	Total
Coppiced	1.86	0.20	0.46	2.52	0.67	3.19
Planted	2.01	0.16	0.40	2.58	0.60	3.18

6. การเติบโตของสักจากตอหลังตัดขยายระยะและตอหลังการตัดหมด

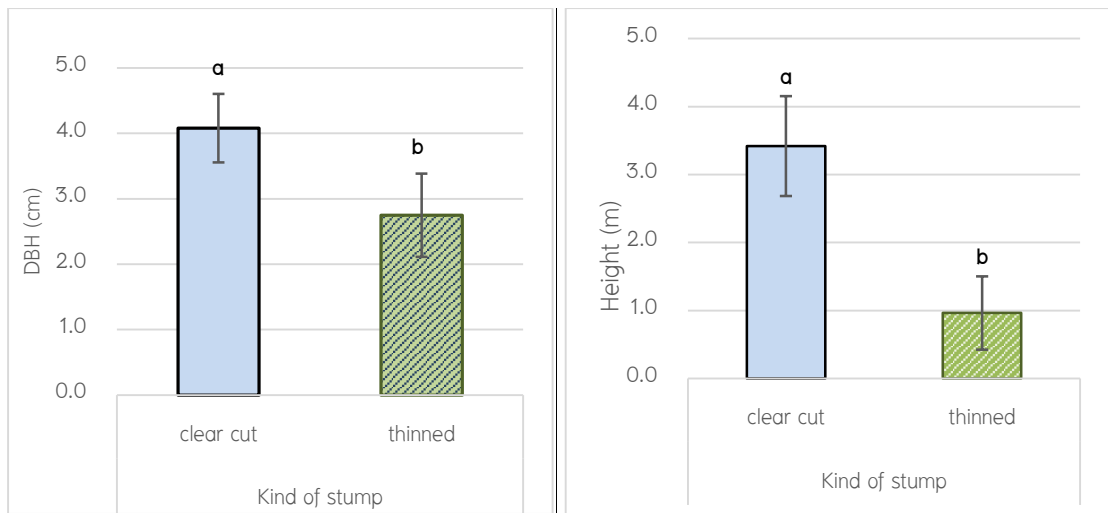
การศึกษาการเติบโตของหน่อสักที่เกิดจากตอหลังการตัดขยายระยะและตอหลังการตัดหมด ได้ทำการศึกษาที่สวนป่าน้ำอ่าง จังหวัดอุตรดิตถ์ ในแปลงที่ปลูกสักเมื่อปี พ.ศ. 2532 และดำเนินการตัดขยายระยะแบบต้นเว้นต้น (thinned) เมื่อปี พ.ศ. 2547 และตัดหมด (clear cut) เมื่อปี พ.ศ. 2554 และเกิดหน่อขึ้นมาพร้อมกันเมื่อปี พ.ศ. 2555 ตอจากการตัดขยายระยะและตอที่เกิดจากการตัดหมดที่มีสักแตกหน่อเกิดขึ้นเท่ากับร้อยละ 45.24 และ ร้อยละ 54.73 ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี ทำการวัดข้อมูลพบว่า ตอที่เกิดจากการตัดขยายระยะ (ตออายุ 7 ปี) และตอที่เกิดจากการตัดหมด (ตออายุ 22 ปี) มีขนาดต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 22.26 เซนติเมตร และ 15.36 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 3-11) เมื่อวัดการเติบโตของสักแตกหน่อเมื่ออายุ 1 ปี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของหน่อสักที่เกิดจากตอตัดขยายระยะเท่ากับ 2.75 เซนติเมตร และ 0.96 เมตร ตามลำดับ ส่วนการเติบโตของหน่อสักที่เกิดจากตอตัดหมดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 4.08 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 3.42 เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเติบโตทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของหน่อสักที่เกิดจากตอหลังการตัดหมด มีค่าสูงกว่าหน่อที่เกิดจากตอหลังการตัดขยายระยะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3-8) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Thaiutsa *et al.*

(2001) ที่ได้กล่าวว่าหน่อสักจะเติบโตหลังการตัดหมด รวมทั้งการศึกษาของ Himmapan and Noda (2010) ที่พบว่า การเติบโตของหน่อสักที่เกิดจากตอหลังการตัดหมดจะเติบโตดีกว่าที่เติบโตจากตอหลังการตัดขยายระยะและปลูกใหม่ ทั้งนี้เนื่องจากตอหลังการตัดหมดมีอายุมากกว่าและมีขนาดใหญ่กว่าซึ่งรวมไปถึงการเติบโต ขนาด และความแข็งแรงของรากด้วย อีกเหตุผลหนึ่งคือตอหลังการตัดขยายระยะมีหน่อเกิดขึ้นมาหลายครั้งแล้วทำให้อาหารที่สะสมอยู่ที่ตอได้ถูกใช้ไปแล้ว นอกจากนี้การจากศึกษา ยังพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงมีความสัมพันธ์ทางบวกกับขนาดของตอหลังการตัดหมด ($r = 0.4393$, $p < 0.0001$ และ $r = 0.5848$, $p < 0.0001$ ตามลำดับ) (Figure 3–9) แต่การเติบโตของหน่อหลังการตัดขยายระยะมีเพียงความสูงเท่านั้นที่แสดงความสัมพันธ์ทางบวกกับขนาดของตอ ($r = 0.2144$, $p = 0.0024$) (Figure 3–10) ซึ่งมีผลคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Kwame *et.al.* (2014) ที่พบว่าขนาดของตอมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสูงและจำนวนของหน่อ แต่ไม่ตรงกับการศึกษาของ Akkhaseeworn (2007) ที่พบว่าขนาดของตอไม่มีผลต่อการเติบโตของหน่อ

Table 3–11 Comparison diameter of stump from thinning and clear cutting.

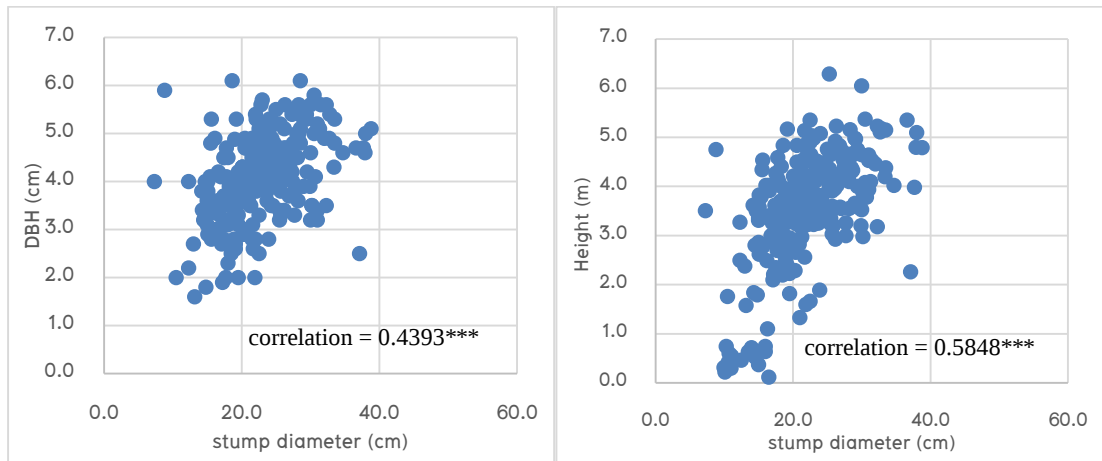
Treatment	Stump age (year)	Stump diameter (cm)		t–test
		Mean	Std.	
Clear cut	22	22.26 (7.30–38.80)	5.90	***
Thinned	7	15.36 (4.35–5.00)	4.35	

Remark: *** – significant at $p < 0.001$



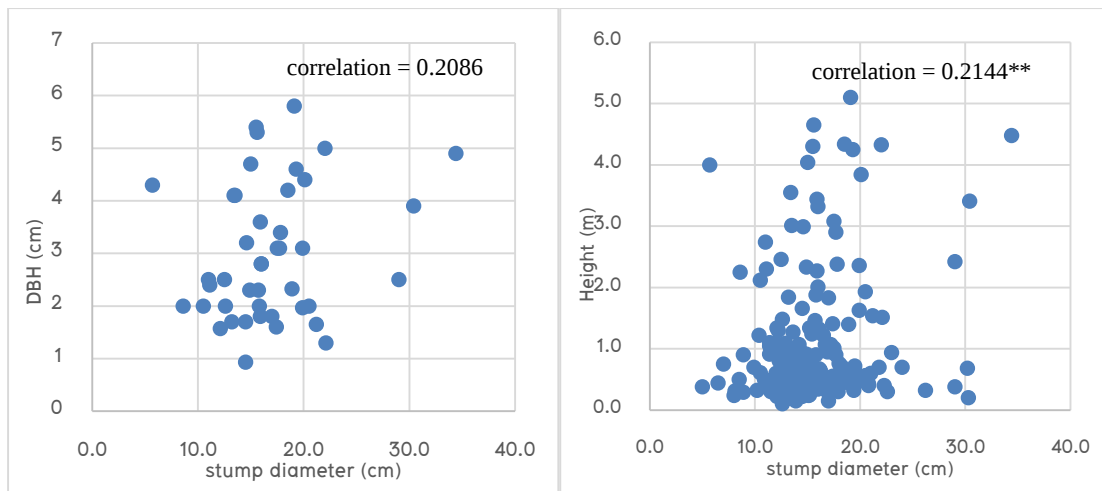
Remark : Different letters denoted significant differences at $p < 0.05$; vertical bars indicated standard error.

Figure 3-6 Average DBH and height of coppiced teak from thinned stump and clear cut stump at Nam Ang Plantation, Uttaradit Province.



Remark : The correlation with *** are significant at $p < 0.001$

Figure 3-7 Relationship between diameter of clear cut stump and DBH and height of sprout at Nam Ang Plantation, Uttaradit Province;



Remark : The correlation with ** are significant at $p < 0.01$ and *** are significant at $p < 0.001$

Figure 3-8 Relationship between diameter of thinned stump and DBH and height of sprout at Nam Ang Plantation, Uttaradit Province

7. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของการแตกหน่อของสัก

การจัดการสวนสักโดยให้มีการแตกหน่อหลังการตัดฟันครั้งสุดท้ายนั้น เป็นวิธีการเติบโตทดแทนที่จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในช่วงแรก เมื่อนำค่ามาตรฐานค่าใช้จ่ายในการปลูกสร้างสวนป่าสักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ต่อไร่ มาวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่ลดลงเนื่องจากการแตกหน่อแทนการปลูกด้วยกล้าไม้ใหม่ พบว่าค่าใช้จ่ายต่อไร่ในปีที่ 1 ตามปกติเท่ากับ 3,960 บาท/ไร่ เมื่อมีการจัดการแบบให้แตกหน่อ ค่าใช้จ่ายในกรณีที่ไม้สักสามารถแตกหน่อได้ ร้อยละ 50 จะสามารถลดลงได้ 2,028 บาท (ร้อยละ 51.20) หากไม้สักสามารถแตกหน่อได้มากถึงร้อยละ 70 จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มากถึง 2,203 บาท (ร้อยละ 55.62) จากค่าใช้จ่ายในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมพื้นที่ การปลูก การกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ย และค่ากล้าไม้ ในขณะที่ข้อมูลที่ได้จากการสอบถามค่าใช้จ่ายในการจัดการสวนป่าไม้สักแบบตัดให้แตกหน่อ ณ สวนป่าแม่ทรายคำ จังหวัดลำปาง ซึ่งไม้สักมีความสามารถในการแตกหน่อหลังการตัดหมดประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ พบว่าค่าใช้จ่ายในปีแรกลดลงจาก 2,500 บาท เหลือเพียง 1,600 บาท หรือค่าใช้จ่ายที่ลดลงประมาณ 36 เปอร์เซ็นต์ (วรพรรณ และคณะ, 2555) ในการศึกษาของ Noda and Himmapan (2012) พบว่าหากจัดการแบบให้ไม้สักแตกหน่อในรอบที่ 2 หลังจากการตัดหมดเมื่อสวนป่าไม้สักอายุ 15 ปี จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในระยะเริ่มต้นลงได้อย่างน้อย 50

เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกใหม่ ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ใช้ข้อมูลการเจริญเติบโตของไม้สักจากกล้าไม้ทั่วไปที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงพันธุ์

Noda and Himmaman (2017) ทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินโดยสร้างแบบจำลองกระแสเงินสด (discounted cash flow models) วิเคราะห์การจัดการสวนป่าสักโดยใช้รอบตัดฟัน 15 ปี และ 20 ปี โดยรอบแรกเป็นการปลูกใหม่ และรอบที่สองทำการเปรียบเทียบความสามารถในการทำกำไรระหว่างการปลูกใหม่กับการแตกหน่อ โดยใช้ NPV ที่เพิ่มขึ้น โดยตั้งสมมติฐานว่าผลผลิตมีค่าเท่ากัน ผลการศึกษาพบว่า การแตกหน่อทำให้ลดค่าลงทุนลงประมาณร้อยละ 60 เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกใหม่โดยใช้กล้าไม้

จากการสอบถามค่าใช้จ่ายในการปลูกและดูแลรักษาสวนป่าที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร หรือ 200 ต้น/ไร่ ของห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงเลื่อยจักรท่าเสา พบว่าแปลงที่สืบทอดพันธุ์แบบแตกหน่อมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการปลูกใหม่ด้วยกล้า ในปีที่ 1-3 เท่ากับ ร้อยละ 86.67 ร้อยละ 80 และร้อยละ 50 ตามลำดับ โดยในปีที่ 1 ค่าใช้จ่ายที่ลดลง ประกอบด้วย ค่าปรับพื้นที่ก่อนปลูก กล้าไม้ ปลูก ปุ๋ย และการกำจัดวัชพืชหลังการปลูก ในปีที่ 2 เป็นค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเรื่องการใส่ปุ๋ยและการกำจัดวัชพืช และในปีที่ 3 เป็นค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืช (Table 3-12) ในปีต่อไปค่าใช้จ่ายจะใกล้เคียงกัน

Table 3-12 Comparison cost of planting and coppicing system in 2x4 m teak plantation

	1 st year	2 nd year	3 rd year
Planting (Baht/rai)	3000	1000	400
Coppicing (Baht/rai)	400	200	200
% reduction	86.67	80.00	50.00

สรุปและอภิปรายผล

การสืบต่อพันธุ์ไม้สักโดยการแตกหน่อ เป็นทางเลือกหนึ่งในการจัดการสวนป่าสักที่ทำให้ต้นสักสามารถเติบโตได้สูงกว่าการปลูกใหม่ สักที่แตกหน่อจะเติบโตได้ดีในกรณีที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันกับการปลูกใหม่เสริมในพื้นที่ ส่วนการแตกหน่อที่แยกพื้นที่ออกจากการปลูกใหม่ทั้งแปลงการเติบโตจะไม่แตกต่างกันมากนัก การจัดการหน่อที่เกิดขึ้นโดยให้มีจำนวน 1 หน่อ จะมีการเติบโตที่ดีกว่าการให้มีจำนวน 2 หน่อ ซึ่งเมื่อสักโตมากขึ้นการมี 2 หน่อ นอกจากจะเติบโตน้อยกว่าแล้ว อาจทำให้รูปทรงของต้นสักไม่ดี เนื่องจากการแย่งแสงสว่างกัน หน่อสักที่เกิดขึ้นหลังการตัดหมดจะมีการเติบโตดีกว่าหลังการตัดขยายระยะ เนื่องจากตอสักหลังการตัดหมดจะมีอายุมากกว่า มีขนาดตอที่ใหญ่กว่า และระบบรากได้มีการพัฒนาและสะสมอาหารไว้แล้ว โดยขนาดของตอจะมีผลต่อการเติบโตของสักทั้งด้านความโตและความสูง เมื่ออายุ 10 ปี สักที่แตกหน่อจะมีมวลชีวภาพและการเก็บกักคาร์บอนได้สูงกว่าสักที่ปลูกใหม่อีกด้วย แม้ว่าจะมีขนาดความโตและความสูงไม่แตกต่างกัน แต่จะมีส่วนรากที่แตกต่างกันเนื่องจากมีระบบรากจากตอเดิมอยู่ด้วย

การแตกหน่อจะเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมพื้นที่ การปลูก ค่ากล้าไม้และค่าปุ๋ยในปีแรก และการเติบโตที่เร็วกว่าทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชด้วย จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน การแตกหน่อสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง ร้อยละ 60 ในขณะที่จากการดำเนินการโดยบริษัทเอกชน ค่าใช้จ่ายในปีที่ 1 ลดลงถึง ร้อยละ 87 การแตกหน่อจึงเป็นแนวทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรในการลดต้นทุนการปลูก

อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเพื่อให้มีการสืบต่อพันธุ์โดยการแตกหน่อ จะต้องพิจารณาถึงต้นเดิม หากต้นเดิม มีพันธุ์กรรมที่ไม่ดี มีรูปทรงและการเติบโตที่ไม่ดี การปลูกใหม่โดยการใช้กล้าจากสักจากแหล่งที่คัดเลือกพันธุ์ดีหรือกล้าที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์จะให้ผลผลิตที่ดีกว่าและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากกว่า ซึ่งหลังจากรอบตัดฟันสักพันธุ์ดีแล้ว การสืบต่อพันธุ์โดยวิธีการแตกหน่อจะเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมให้แก่เกษตรกรเพื่อลดต้นทุน ให้ผลผลิตที่ดี คุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจแล้ว ยังจะทำให้สวนป่าสักมีความยั่งยืนตลอดไป

การศึกษาเรื่องการแตกหน่อของสักยังมีไม่กว้างขวางมากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย ซึ่งนิยมการปลูกใหม่มากกว่า ทำให้ในปัจจุบันสวนสักที่ใช้ระบบการแตกหน่อยังมีอายุไม่ถึงรอบตัดฟัน (30-40 ปี) จึงควรมีการศึกษาต่อเนื่องเพื่อให้ทราบว่าแนวทางการจัดการสวนป่าสักที่แตกหน่อโดยการตัดขยายระยะ การศึกษาปริมาณและผลผลิตตามชั้นคุณภาพของพื้นที่รวมทั้งคุณภาพของเนื้อไม้ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบพระคุณคุณเลิศ บุญกว้าง คุณประเพียร ผาโคตร เจ้าของสวนป่าในท้องที่จังหวัดหนองบัวลำภู หัวหน้าและเจ้าหน้าที่สวนป่าสักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ได้แก่ สวนป่าทองพูนภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และสวนป่าท่าปลา จังหวัดอุดรดิตถ์ และห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงเลื่อยจักรท่าเสา จังหวัดอุดรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่สวนป่าสักสำหรับวางแผนปลูก ศึกษา รวมทั้งให้การสนับสนุนการเก็บข้อมูลในพื้นที่

การดำเนินการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยร่วมระหว่างกรมป่าไม้และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศไทยญี่ปุ่น (Japan International Research Center for Agricultural Sciences : JIRCAS) ภายใต้แผนงานเทคนิคการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้เพื่อส่งเสริมการป่าไม้อย่างยั่งยืน ผลของการศึกษาส่วนหนึ่งได้นำเสนอใน JIRCAS Working Report no.85

ผลการทดสอบสายพันธุ์ของสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย



จัดทำโดย

นายสุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ

นายสุชาติ นิ่มพิลา

นางณิชา แข่งขัน

นายสุรินทร์ แข่งขัน

นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ

นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการ

นักวิชาการป่าไม้

ผู้ช่วยนักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

กรมป่าไม้

2560

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อประเมินความแตกต่างของลักษณะของสักรั้วในระหว่างสายพันธุ์ เพื่อผลิตวัสดุพันธุ์กรรมสักรั้วที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทำวางแผนทดลองที่จังหวัดขอนแก่น โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ด้วย 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำปลูกสักรั้วสายพันธุ์ละ 3 ต้น ใน 1 แถว เลือกสักรั้วจำนวน 25 สายพันธุ์ จากผลการทดลองในครั้งแรก จากแปลงทดลองปรับปรุงพันธุ์สักรั้ว แบบ full-sib progeny จากแปลงทดลองในโครงการปรับปรุงพันธุ์ และแม่ไม้ใหม่จากป่าสักกวนมินทรราชินี จังหวัดแม่ฮ่องสอน รวมทั้งสิ้น 300 กกล้า (25 สายพันธุ์ x 3 ต้น/แปลง x 4 ซ้ำ)

ผลการศึกษาในเบื้องต้น เมื่อสักรั้วมีอายุ 1 ปี ทำการตรวจวัดความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดิน และรูปทรงลำต้น พบว่า ในแปลงทดลองพบว่ามีความแตกต่างในด้านรูปทรงของลำต้น โดยสามารถจำแนกลักษณะรูปทรงของลำต้นออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ ลำต้นตรง รูปตัววี ลำต้นที่แตกกิ่งมาก และมีหลายลำต้น ในด้านการเติบโตผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงค่าความเพิ่มพูนรายปีทั้งด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดินของแต่ละสายพันธุ์มีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากจำนวน 244 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยของความเพิ่มพูนรายปีด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดิน มีค่าเท่ากับ 9.62 เมตร (0.56–1.45 เมตร) และ 1.30 เซนติเมตร (0.76–1.69 เซนติเมตร) ตามลำดับ จากการวิเคราะห์โดย Duncan multiple range test สายพันธุ์ 219, 8c20, MH7 3bb/38, 119, 302 และ 300 มีการเติบโตด้านความสูงมากที่สุด และในระหว่าง 25 สายพันธุ์ สายพันธุ์ 3bb/38 มีลักษณะการเติบโตทั้งด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดิน รวมทั้งรูปทรงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือมีความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.25 เมตร และ 1.69 เซนติเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: *Tectona grandis* L.f., Clonal test, clone, Northeast Thailand, Khon Kaen

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2543 ได้มีการทดสอบนำกล้าสักสายพันธุ์ต่าง ๆ จากการปักชำราก ไปปลูกทดสอบใน 3 พื้นที่ ได้แก่ จังหวัดสงขลา กาญจนบุรี และกำแพงเพชร เพื่อคัดเลือกแม่ไม้และสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการนำไปปลูกพื้นที่ต่าง ๆ จากรายงานของพรเทพ และคณะ (2559) เมื่อสักมีอายุ 16 ปี พบว่าพื้นที่ที่มีผลต่อการเติบโตของสัก และสายพันธุ์สักที่ปลูกที่จังหวัดกำแพงเพชรและสงขลา ยังแสดงว่ามีผลต่อการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก การจัดลำดับในจังหวัดกำแพงเพชร พบว่าสายพันธุ์ที่เด่นในด้านการเติบโตตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ได้แก่ 120, 245, 282, 116, 327, 83, 129, 290, 146, และ 158 ซึ่งแตกต่างอย่างมากกับสายพันธุ์เด่นที่จังหวัดกาญจนบุรี ได้แก่ 336, 335, 265, 324, 273, 160, 271, 267, 89, และ 333 ในขณะที่ปลูกทดสอบที่จังหวัดสงขลา พบสายพันธุ์เด่น ได้แก่ 246, 36, 119, 336, 292, 345, 91, 159, 27, และ 130 มีเพียง 336 สายพันธุ์เดียวที่เหมือนกันในกาญจนบุรีและสงขลา ซึ่งผลจากการศึกษาทำให้ทราบว่า การปลูกสร้างสวนป่าสักควรพิจารณาทั้งในเรื่องพื้นที่และสายพันธุ์ที่เหมาะสมประกอบกัน

ในช่วงปี พ.ศ. 2551 – 2555 ได้ทำการทดสอบสายพันธุ์ของสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี และจังหวัดขอนแก่น เป็นการศึกษาครั้งแรก (Tangmitcharoe *et al.*, 2012) แต่การทดลองไม่สามารถให้ข้อสรุปที่ชัดเจน เนื่องจากมีอัตราการเติบโตไม่ดีนัก และมีความผันแปรมากในแต่ละสายพันธุ์ การศึกษาพบว่าความสูงและความโตมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญสถิติทั้งในแต่ละสายพันธุ์และในทั้งสองพื้นที่ และไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับสายพันธุ์ในด้านการเติบโตทางความสูงและความโต ทั้งนี้สาเหตุหลักได้แก่ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งหลังการปลูกมีภาวะฝนแล้งเป็นระยะเวลานาน และต่อมาเกิดภาวะน้ำท่วมในพื้นที่ ปัจจัยด้านคุณสมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ค่า pH โครงสร้าง การระบายน้ำ และการเก็บกักความชื้นในดิน รวมถึงการรบกวนจากปัจจัยภายนอก กล่าวคือในบริเวณรอบพื้นที่ทดลองมีต้นยูคาลิปตัสขนาดใหญ่ ที่ระบบรากและร่มเงาของต้นยูคาลิปตัสส่งผลกระทบทางลบต่อการเติบโตของกล้าสัก นอกจากนี้ยังมีสาเหตุรองได้แก่ ความหลากหลายของลักษณะพื้นที่ ที่เป็นสาเหตุให้การศึกษาไม่ได้ผลที่สามารถสรุปได้ชัดเจน

จากการศึกษาของ Somsak and Noda (2012) ได้ทำการแบ่งชั้นความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกสัก ออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่ 1 ดินที่มีความเหมาะสมมากที่สุด 2 ดินที่มีความเหมาะสมดี 3 ดินที่มีความเหมาะสมปานกลาง 4 ดินที่มีความเหมาะสมน้อย และ 5 ดินที่ไม่มีความเหมาะสม โดยในดินชั้นที่ 2–5 จะมีข้อจำกัดของชั้นดิน ปรับตามคำจำกัดความของกรม

พัฒนาที่ดิน (2533) เช่น a เป็นกรดเล็กน้อยสำหรับสัปดาห์ d มีปัญหาเรื่องการระบายน้ำ f มีปัญหาน้ำท่วม g มีกรวดผสมหรือดินตื้น n มีธาตุอาหารหลักหรือธาตุอาหารรองมากหรือน้อยเกินไป ทำให้ดินมีความเป็นกรด-ด่างมากหรือน้อยเกินไป และ s มีเนื้อดินที่ไม่เหมาะสม เช่น ทรายจัดหรือ ความอุดมสมบูรณ์ของดินตามธรรมชาติต่ำ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเหมาะสมของดินกับระดับการเติบโตของสัปดาห์ มีดังนี้

ชั้นความเหมาะสมของดิน	ชั้นการเติบโตของสัปดาห์
1	1~2
2n	2~3
3d	3~4
3g	3~4
3s	3~4
4d	4~5
4g	4~5
5f	5

ในข้อมูลด้านต้น การศึกษาครั้งแรกได้ดำเนินการในพื้นที่ที่ชั้นความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกสัปดาห์อยู่ชั้น 3s คือ มีความเหมาะสมปานกลาง โดยมีข้อจำกัดคือการเป็นดินทราย ทำให้มีปัญหาในการระบายน้ำของพื้นที่ ดังนั้นในการศึกษาครั้งแรกไม่ประสบความสำเร็จอันเนื่องมาจากการปลูกในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่ำรวมถึงการประสบปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วมในพื้นที่

ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาคั้งที่สองที่มีวัตถุประสงค์เหมือนกับคั้งที่หนึ่ง คือ การทดสอบสายพันธุ์สัปดาห์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยได้พยายามลดปัญหาที่ประสบในการศึกษาในคั้งแรกด้วยการ เลือกพื้นที่ปลูกในพื้นที่ 2n (พื้นที่ที่มีความเหมาะสมดีสำหรับการปลูกสัปดาห์ โดยมีข้อจำกัดในเรื่องธาตุอาหารที่น้อยเกินไป) ดำเนินการกำจัดผลกระทบจากต้นยูคาลิปตัสรอบบริเวณพื้นที่ปลูกด้วยการทำคลองเพื่อตัดระบบรากที่จะขยายเข้ามาในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งการลิดกิ่งยูคาลิปตัสเพื่อให้สัปดาห์ได้รับแสงเหมาะสม และทำการปลูกทันทีเมื่อต้นฤดูฝน

วิธีการศึกษา

ทำการปลูกทดลองเมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม 2557 ที่ศูนย์เมล็ดไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ตั้งอยู่ที่ ตำบลหนองสมบูรณ์ อำเภอบ้านแซด จังหวัดขอนแก่น โดยทำการทดลองปลูกในพื้นที่ที่อยู่ชั้นความเหมาะสมสำหรับการปลูกสัก 2n

คัดเลือกกล้าสักจากสายพันธุ์จำนวนทั้งสิ้น 25 สายพันธุ์ ประกอบด้วย สายพันธุ์ที่เด่นสุด จากการศึกษากการทดสอบสายพันธุ์ในครั้งแรก จำนวน 7 สายพันธุ์ สายพันธุ์จาก full-sib progeny 4 สายพันธุ์ สายพันธุ์ที่คัดเลือกใหม่จากสายพันธุ์ที่ขึ้นในที่สูงจากจังหวัดแม่ฮ่องสอน จำนวน 3 สายพันธุ์รวมถึงคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะดีและจากแม่ไม้เพื่อเป็นสายพันธุ์ควบคุม

การออกแบบการทดลองเป็นแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำ ปลูกสายพันธุ์ละ 3 ต้น ใน 1 แถว (Figure 4-1) ทำการเก็บข้อมูลการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับพื้นดิน ความสูง และอัตราการรอดตาย เมื่อสักมีอายุ 1 ปี วิเคราะห์ค่าความแตกต่างของการเติบโต ได้แก่ ในแต่ละสายพันธุ์ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

245	219	28C28	302	37	MH7	271	245	3/27	38
5/79	Control	8C20	11C26	119	302	5C18	Control	119	331
271	V335	14/105	MH17	39	300	MH9	14/105	219	39
300	331	MH9	3/27	5C18	8C20	28C28	MH17	V335	22C50
2AA/15	22C50	38	3BB/38	MH7	37	11C26	3BB/38	5/79	2AA/15
271	Control	2AA/15	22C50	MH9	MH17	5C18	302	22C50	331
V335	8C20	5/79	245	39	V335	119	37	MH7	8C20
119	MH7	37	5C18	3/27	control	11C26	14/105	271	3BB/38
MH17	38	14/105	300	331	5/79	39	MH9	300	3/27
3BB/38	11C26	219	302	28C28	2AA/15	245	28C28	38	219

Remark:	Rep.4	Rep.3
	Rep.2	Rep.1

Figure 4-1 Planting design (latinized low-column design) of teak clonal test of 25 clones (4 replications x 3 tree plots)

ผลการศึกษา

จากการติดตามผลการศึกษาในส่วนแรกเมื่อครบอายุ 1 ปี นั้น ได้วัดอัตราการเพิ่มพูนรายปีของความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดิน และได้วิเคราะห์ทางสถิติซึ่งแสดงค่าที่สำคัญไว้ดังนี้

1. อัตราการรอดตายของกล้าไม้เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.33 แต่ละสายพันธุ์อยู่ในช่วงร้อยละ 50-100 โดยสายพันธุ์ที่มีอัตราการรอดตายสูงที่สุด (ร้อยละ 100) ได้แก่ 119, 14/105 2aa/15 302 V335 และ control ส่วนสายพันธุ์ที่มีอัตราการรอดตายต่ำสุด (ร้อยละ 50) ได้แก่ 11c26 และ 22c50

2. จากกล้าไม้จำนวนทั้งสิ้น 244 ตัวอย่าง พบว่า ความเพิ่มพูนรายปีของความสูงมีค่าเท่ากับ 9.62 เมตร อยู่ในช่วง 0.56-1.45 เมตร สายพันธุ์ที่สูงมากที่สุดคือ 219 และสายพันธุ์ที่มีความสูงต่ำที่สุด คือ 271 ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.30 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 0.76-1.69 เซนติเมตร สายพันธุ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดินมากที่สุด 3bb/38 คือ และสายพันธุ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดินต่ำที่สุด คือ 5c18 (Table 4-1)

3. จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าของความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดิน ในแต่ละสายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างยิ่ง ($p < 0.01$) (Table 4-2)

4. จากการวิเคราะห์โดย Duncan multiple range test พบว่ากลุ่มของสายพันธุ์ที่มีการเติบโตด้านความสูงอยู่ในระดับดี คือ สายพันธุ์หมายเลข 219, 8c20, MH7 3bb/38, 119, 302 และ 300

Table 4-1 Average of diameter at ground level (DGL) height (H) and current annual increment (CAI) of 1-year-old teak seedlings.

No.	Clone no.	DGL (cm)		H (m)		CAI		n	% survival
		mean	SD	mean	SD	Height (m)	DGL (cm)		
1	119	4.01	1.02	1.94	0.48	1.31	1.46	12	100.00
2	271	3.12	0.86	0.97	0.45	0.56	1.32	8	66.67
3	300	3.93	1.22	1.98	0.66	1.23	1.26	11	91.67
4	11C26	3.62	4.25	1.29	0.53	0.74	1.37	6	50.00
5	14/105	3.37	1.97	1.17	0.69	0.70	1.31	12	100.00
6	219	3.79	1.15	2.00	0.76	1.45	1.28	8	66.67
7	22C50	3.66	1.19	1.35	0.64	0.82	1.17	6	50.00
8	245	2.85	0.87	1.01	0.55	0.63	0.86	9	75.00
9	28C28	3.84	0.89	1.74	0.61	1.17	1.75	11	91.67
10	2AA/15	3.64	1.43	1.32	0.69	0.91	1.27	12	100.00
11	3/27	3.34	1.35	1.21	0.64	0.72	1.40	10	83.33
12	302	4.57	1.50	1.89	0.60	1.20	1.64	12	100.00
13	331	4.08	1.36	1.53	0.65	1.00	1.60	10	83.33
14	37	2.89	0.78	1.06	0.51	0.64	0.77	9	75.00
15	38	3.82	1.50	1.42	0.56	0.80	1.18	9	75.00
16	39	3.36	0.86	1.31	0.52	0.91	1.13	10	83.33
17	3BB/38	3.99	0.79	1.67	0.73	1.26	1.70	11	91.67
18	5/79	3.85	1.35	1.66	0.77	0.99	0.92	8	66.67
19	5C18	3.16	0.83	1.15	0.44	0.64	0.76	9	75.00
20	8C20	3.93	1.06	1.94	0.71	1.25	1.33	9	75.00
21	MH17	4.47	1.24	2.00	0.78	1.37	1.57	10	83.33
22	MH7	3.70	0.99	1.47	0.67	0.91	1.32	10	83.33
23	MH9	3.84	1.39	1.33	0.59	0.80	1.62	8	66.67
24	V335	3.74	0.77	1.66	0.53	1.15	1.19	12	100.00
25	Control	4.01	0.73	1.49	0.58	0.91	1.44	12	100.00
Average		3.70	1.25	1.50	0.61	0.96	1.30	9.8	81.33
SD		0.43	0.69	0.33	0.10	0.26	0.27		15.08

Table 4-2 Statistics for current annual increment (CAI) of height (H) and diameter at ground level (DGL) of 1-year-old teak seedlings.

CAI	Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr>F
H	Block	3	19875.005	6625.002	4.48	0.0047
	Clone	24	150412.998	6267.208	4.24	0.0001
DGL	Block	3	430.539	143.513	3.19	0.0251
	Clone		2243.623	93.484	2.08	0.0039

5. ลักษณะของลำต้นสามารถออกเป็น 4 ประเภท คือลำต้นตรง ลำต้นรูปตัววี ลำต้นที่แตกกิ่งมาก และมีลำต้นหลายลำต้น ทำให้ทราบว่ามีความแปรผันของลักษณะลำต้นทั้งในสายพันธุ์เดียวกันและระหว่างสายพันธุ์ (Figure 4-2)



Figure 4-2 Examples of stem characteristics categorized as straight stem, V-shape, branch and multi-stem (from left to right)

6. ในจำนวน 25 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ที่มีลักษณะการเติบโตทั้งด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดินและความสูงดีที่สุด ได้แก่ สายพันธุ์ หมายเลข 3bb/38 โดยมีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.69 เซนติเมตร และความสูงเท่ากับ 1.25 เมตร และเป็นสายพันธุ์มีลักษณะลำต้นตรง (Table 4-3 และ Figure 4-3)

Table 4-3 Average of diameter at ground level (DGL) height (H) and current annual increment (CAI) of 1-year-old teak seedlings clone no. 3bb/38.

H (m)	DGL (cm)	CAI of H (m)	CAI of DGL (cm)	No. of Ramet	% Survival
1.67 (73.1)	3.99 (0.79)	1.25	1.69	11	91.67



Figure 4-3 stem characteristics of clone no. 3bb/38

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษา สักจะเติบโตได้ดีเมื่อปลูกในดินลึก มีการระบายน้ำดี เป็นดินตะกอนที่มาจากหินปูน (limestone) หินเชลท์ (schist) หินไนส์ (gneiss) หินดินดาน (shale) และหินภูเขาไฟ (volcanic rock) นั้นดีกว่า ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.5-7.5 และในทางตรงกันข้าม สักที่ปลูกในดินทรายแห้ง ดินตื้น (มีชั้นหินแข็งหรือระดับน้ำอยู่ด้านใต้ดิน) สภาพดินเป็นกรด หรือมีค่า pH ต่ำกว่า 6.0 ดินเป็นลูกรังหรือดินพรุ และดินอัดตัวแน่นมีการระบายน้ำไม่ดี สักจะมีการาเติบโตและรูปร่างที่ไม่ดี (Kaosa-ard, 1981; Tewari 1992)

อัตราการเติบโตในด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเหนือพื้นดินของกล้าไม้ในการศึกษานี้ดีกว่าในการศึกษาในครั้งแรก (Tangmitcharoenet *al.*, 2012) อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่า ไม่มีปัญหาในเรื่องสภาพอากาศหลังปลูก และปลูกในสภาพดินที่เหมาะสม (ปลูกในดิน 2n แทน 3s) และจากผลการศึกษาพบว่าสายพันธุ์ ที่มีทั้งการเติบโตและลักษณะรูปร่างที่ดี คือสายพันธุ์หมายเลข 3bb/38 ที่ได้มาจากการแปลงทดสอบ

แบบ full-sib progeny ที่มาจากแม่ไม้ที่คัดทั้งพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ที่ดี อย่างไรก็ตามควรมีการติดตามผลของการเติบโตของสายพันธุ์นี้ต่อไป

จากลักษณะรูปทรงของลำต้นที่สามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท คือ ลำต้นตรง รูปตัววี ลำต้นที่แตกกิ่งมาก และมีหลายลำต้น ไม่ได้เป็นผลมาจากสายพันธุ์ของกล้าไม้แต่อาจเกิดจากผลของการดูแลรักษาจัดการหรือเป็นผลกระทบจากการเคลื่อนย้ายระหว่างการขนส่งเพื่อนำมาปลูก หลังจากการเก็บข้อมูลเพื่อจัดทำรายงานฉบับนี้ ได้มีการดำเนินการตัดกล้าไม้ระดับชิดดิน เพื่อปรับให้ต้นสักมีลักษณะเริ่มต้นที่เหมือนกัน สำหรับการติดตามตรวจวัดการเติบโตต่อไปในโครงการวิจัยระยะที่สอง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณคุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสงสำหรับคำแนะนำในการวิเคราะห์ด้านสถิติ และ ดร.วรพรรณ ทิมพานต์ ที่ช่วยสนับสนุนเอกสารการวิจัย การดำเนินการศึกษาค้นคว้านี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยร่วมระหว่างกรมป่าไม้และศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์การเกษตรนานาชาติแห่งประเทศญี่ปุ่น (Japan International Research Center for Agricultural Sciences : JIRCAS) ภายใต้แผนงานเทคนิคการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้เพื่อส่งเสริมการป่าไม้อย่างยั่งยืน

การปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตสวนป่าสักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย



จัดทำโดย

นางวิลาวัลย์ วิเชียรนพรัตน์	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ	หัวหน้าโครงการวิจัย
นางมยุรี วรรณพินิจ	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นายสุชาติ นิมพิลา	นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการ	ผู้ร่วมโครงการวิจัย
นายันทวุฒิ สุนทรวิทย์	นักวิชาการป่าไม้	ผู้ร่วมโครงการวิจัย

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

กรมป่าไม้

2560

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเป็นกรดปานกลางถึงสูงมาก และมีปริมาณธาตุอาหารและความสมบูรณ์ต่ำ การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อส่งเสริมการเติบโตของสวนป่าสัก ทำการศึกษาที่ศูนย์เมล็ดพันธุ์ไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรมป่าไม้ ท้องที่อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น แปลงทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีวิธีการปรับปรุงดินทั้งหมด 5 วิธีการ ประกอบด้วย 1) ไม่ได้ใช้วิธีการปรับปรุงดิน เป็นแปลงควบคุม 2) ใส่โดโลไมต์ 400 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ใส่โดโลไมต์ 400 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 กิโลกรัมต่อต้น 4) ใส่โดโลไมต์ 400 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมี (15:15:15) 200 กรัมต่อต้น และ 5) ใส่โดโลไมต์ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี (15:15:15) ผสมกัน 200 กรัมต่อต้น ระยะปลูกคือ 2 x 4 เมตร ทำการวัดความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และขุดดินเป็นหลุมเพื่อศึกษาลักษณะของหน้าตัดดิน พร้อมกับเก็บดินตัวอย่างมาวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพบางประการของดิน จากผลการศึกษาพบว่าในสวนป่าสักหลังปลูกได้ 6 ปี มีการเติบโตด้านความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสักต้นที่มีความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงที่สุดนั้น อยู่ในแปลงทดลองที่มีการใส่โดโลไมต์และปุ๋ยเคมี โดยค่าความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยคือ 12.3 เมตร และ 11.94 เซนติเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: สัก การปรับปรุงดิน การเติบโต คุณสมบัติของดิน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

บทนำ

สัก (*Tectona grandis* Linn.f.) เป็นไม้เศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งในประเทศไทย และเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายว่าเนื้อไม้เนื้อนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมาย หลายสิบปีมาแล้วสักเป็นไม้ที่มีการส่งออกจากประเทศไทยมากที่สุดจนกระทั่งในปี พ.ศ. 2532 ได้มีการยกเลิกสัมปทานการทำไม้ ความต้องการไม้สักทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศยังคงสูง แต่เนื่องจากการยกเลิกสัมปทานการทำไม้ และการลดลงของหมู่ไม้สักที่มีตามธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องมีการส่งเสริมการปลูกสวนป่าสักในประเทศไทย

การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติของสักในประเทศไทยมักพบอยู่ในภาคเหนือ และภาคตะวันตก ถึงแม้ว่าสักจะสามารถเติบโตได้ในหลายสภาพดินแต่คุณสมบัติและการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติยังคงมีความสัมพันธ์กับสภาพดินซึ่งมีผลต่อลักษณะของดิน สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดิน เช่น เนื้อดิน ความลึก ความพรุน การระบายน้ำ ค่า pH และปริมาณแคลเซียมในดินนั้นถือเป็นปัจจัยต่อการเติบโตของสัก โดยสักต้องการดินลึก มีความชื้น มีความอุดมสมบูรณ์ และเป็นดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำได้ดี (Kadambi 1951; Kaikini 1956) สักพบได้ในดินที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.5–7.5 และพบได้ยากในดินที่มีค่า pH ต่ำกว่า 6.0 และสักจะเติบโตได้ยาก ถ้าดินมีค่า pH เกินกว่า 8.5 อย่างไรก็ตามมีบางการศึกษาที่พบว่าสักสามารถเติบโตได้ดีแม้ในดินที่เป็นกรด (Puri, 1951; Pande & Sharma, 1986; Banerjee *et al.*, 1986) สักจะไม่ชอบขึ้นในพื้นที่ดินลูกรัง โดยจะมีลักษณะแคระแกรน สักเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่เป็นหินปูน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่หินได้สลายตัวไปเป็นชั้นดินร่วนลึก สักต้องการดินชั้นรองที่มีการระบายน้ำดี และไม่ชอบดินเหนียวที่แข็ง เนื่องจากระบบรากจะตอบสนองต่อการขาดออกซิเจนอย่างมาก (Beumea & Beckman, 1956; Kotwal, 1959; Yadav & Sharma, 1967) นอกจากนี้ลักษณะหลายประการของดินที่พบว่ามีผลต่อการเติบโตของสัก ได้แก่ ความชื้น ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความอึดตัวของประจุบวกที่เป็นด่าง ปริมาณฟอสฟอรัส และแคลเซียม (Jungsuksuntigool and Wichienopparat, 1994).

เนื่องจากยังมีความต้องการใช้ไม้สักสูงอย่างต่อเนื่องในขณะที่หาได้ยากตามธรรมชาติ สวนป่าสักจึงเป็นแหล่งสำคัญที่จะรองรับความต้องการ นอกจากนี้พื้นที่และสภาพดินที่เหมาะสมแก่การเติบโตของสักนั้นยังมีจำกัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งมีความนิยมปลูกสวนป่าสักเช่นเดียวกับภูมิภาคอื่น แต่เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่มีดินค่อนข้างเป็นกรด และเป็นดินทรายที่มีธาตุอาหารที่สักต้องการต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสและแคลเซียม (Keerati-Kasikorn, 1984) เมื่อเปรียบเทียบกับภาคอื่นของประเทศไทย ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์

การเกษตรนานาชาติ แห่งประเทศญี่ปุ่น (Japan International Research Center for Agricultural Science : JIRCAS) และกรมป่าไม้จึงได้ทำโครงการวิจัยร่วมกันภายใต้แผนงานวิจัยการพัฒนาเทคนิคในการส่งเสริมและบำรุงรักษาพันธุ์ไม้พื้นเมืองที่เป็นประโยชน์และการจัดการแบบบูรณาการด้านเกษตรและป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ งานวิจัยชิ้นนี้ได้เริ่มขึ้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อหาเทคนิคการปรับปรุงดินที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุนการเติบโตของสักที่ดีขึ้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งได้ทำการวิจัยต่อเนื่องจนถึงภายใต้แผนงานเทคนิคการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้เพื่อส่งเสริมการป่าไม้อย่างยั่งยืน เพื่อการพัฒนาเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุนไม้เศรษฐกิจในประเทศไทย วิธีการและเทคนิคที่ได้จากการศึกษาค้นคว้านี้จะถูกนำไปเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจในการปลูกสร้างสวนป่าสักในภูมิภาคนี้ต่อไป

วิธีการศึกษา

พื้นที่ที่ทำการศึกษาคือศูนย์เมล็ดพันธุ์ไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หมู่บ้านโนนสมบูรณ์ อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่นซึ่งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Figure 5-1) ก่อนการเตรียมพื้นที่เพื่อปลูกทดสอบ ทำการขุดดิน 3 จุดในพื้นที่ศึกษา เพื่อนำไปวิเคราะห์สภาพดิน คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการแสดงใน Table 5-1 (Wichiennopparat *et.al.*, 2012)



Figure 5-1 Location of the study site

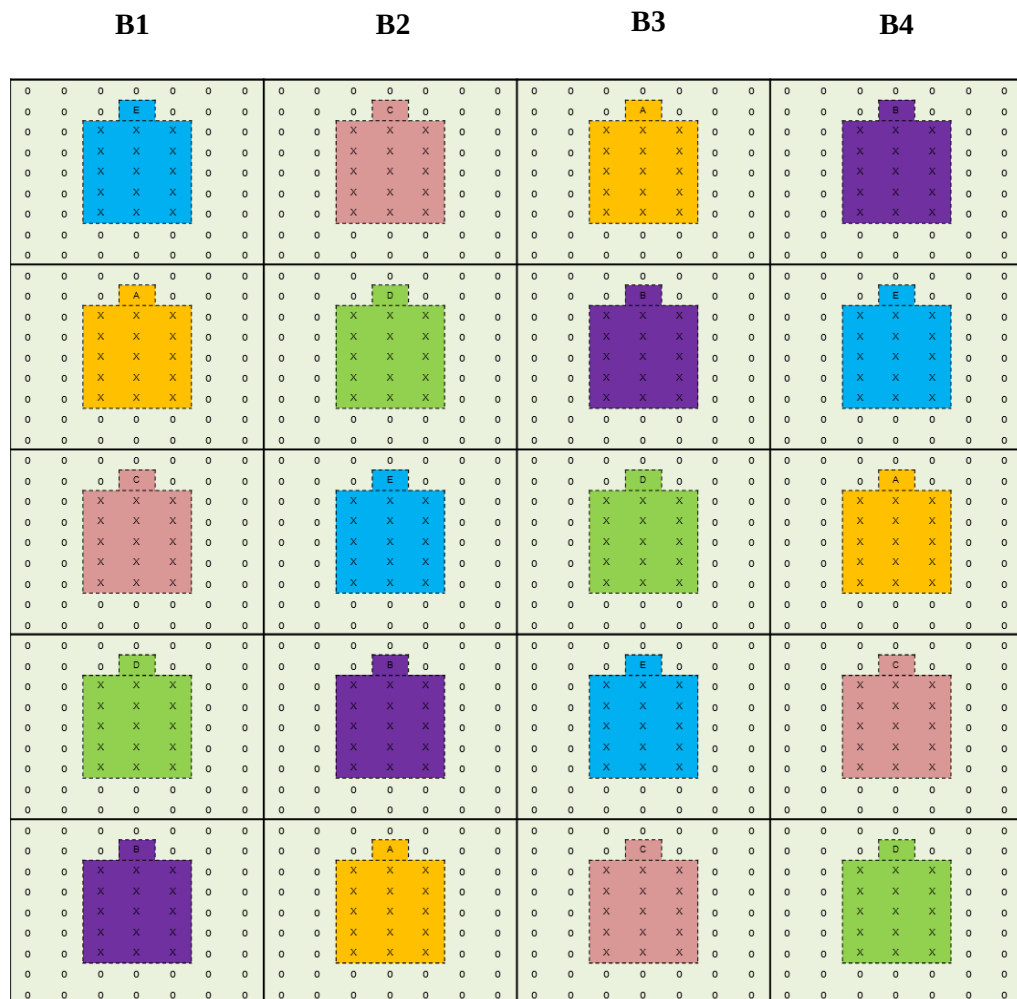
Table 5–1 Soil characteristics in the study area

Horizon	Depth (cm)	Organic matter (%)	pH	Avail. P (ppm)	
A	0 – 21/35	0.72 – 0.94	4.9 – 5.5	2 – 5	
B1	21/35 – 55/100	0.07 – 0.12	4.9 – 5.8	nil – 3	
B2	55/100 – 120+	0.04 – 0.28	4.9 – 5.1	nil – 3	
Exchangeable Cations (ppm)					
Horizon	K	Ca	Mg	Na	Texture
A	51 – 59	212 – 364	47 – 50	5 – 9	Sandy
B1	8 – 20	50 – 98	10 – 40	2 – 7	Sandy
B2	12 – 94	34 – 600	15 – 307	7 – 9	Sandy/ Sandy clay loam

Source : Wichennopparat *et.al.* (2012)

ทำการเตรียมพื้นที่ด้วยรถแทรกเตอร์ การทดลองออกแบบแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ด้วยวิธีการเดียวกันซ้ำ 3 ครั้ง (3 บล็อก) เพื่อเป็นการปรับปรุงสภาพดินสำหรับปลูกผักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือต้องใส่โดโลไมต์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) เพื่อปรับค่า pH และเพิ่มปริมาณแคลเซียมของดิน ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและปริมาณความชื้น ในขณะที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเสริมปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน การศึกษาครั้งนี้จึงได้ทดลองใช้วิธีการปรับปรุงดินทั้งหมด 5 วิธีการ ประกอบด้วย 1) ไม่ได้ใช้วิธีการปรับปรุงดิน เป็นแปลงควบคุม 2) ใส่โดโลไมต์ 400 กิโลกรัมต่อไร่ 3) ใส่โดโลไมต์ 400 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 กิโลกรัมต่อตัน 4) ใส่โดโลไมต์ 400 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยเคมี (15:15:15) 200 กรัมต่อตัน และ 5) ใส่โดโลไมต์ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี (15:15:15) ผสมกัน 200 กรัมต่อตัน วิธีการปรับปรุงดินแต่ละวิธีถูกสุ่มลงในแปลงย่อยขนาด 18x28 เมตร ใส่ treatment ลงในแปลงขนาด 10x12 เมตร และมี buffer ด้านละ 2 แถว (Figure 5–2) โดโลไมต์ถูกผสมลงในแปลงย่อยตามแผนการทดลองก่อนที่จะทำการปักหลักหมายแนวปลูก ส่วนปุ๋ยใส่ผสมกับดินปลูกและใส่ในหลุมปลูกที่ขุดไว้ขนาด 30x30x30 เซนติเมตร กล้าไม้สักเป็นสายพันธุ์ 38 มาจากอำเภอแม่เสด็จ จังหวัดแม่ฮ่องสอน ที่เตรียมโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ นำกล้าไม้ลงปลูกเมื่อเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2552 ด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร ใส่ปุ๋ยเคมีรอบต้นกล้าในแปลงย่อยตาม

แผนการทดลอง 1 เดือนหลังการปลูก ทำการวัดความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก
เมื่อลักรมีอายุ 2-6 ปี



Remarks : A = Control
 B = Dolomite (400 kg/rai)
 C = Dolomite (400 kg/rai) + Organic fertilizer (1 kg/tree)
 D = Dolomite (400 kg/rai) + Chemical fertilizer (15:15:15, 200 g/tree)
 E = Mixed Fertilizer (Dolomite + Organic fertilizer + Chemical fertilizer (200 g/tree)

Figure 5-2 Lay out of experimental plots

ผลการศึกษา

การเติบโตของสักที่อายุ 2, 3, 4, 5 และ 6 ปี ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา แสดงว่าในแปลงทดลองที่ใส่โดโลไมต์และปุ๋ยเคมี (วิธีการ D) ในแปลงทดลองที่ใส่โดโลไมต์ และปุ๋ยอินทรีย์ (วิธีการ C) และแปลงทดลองที่ใส่ปุ๋ยผสม (วิธีการ E) ทำให้การเติบโตของสักดีกว่าในแปลงที่ใส่เพียงโดโลไมต์ และแปลงที่ไม่ใส่สารปรับปรุงดินใด ๆ อย่างชัดเจน แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อสักมีอายุ 5-6 ปี พบว่ามีเฉพาะการเติบโตด้านความสูงเท่านั้นที่แสดงค่าความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวไม่แสดงค่าความต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสักที่มีค่าการเติบโตทั้งด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกมากที่สุดนั้นอยู่ในแปลงทดลองที่มีการใส่โดโลไมต์และปุ๋ยเคมี (วิธีการ D) ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.3 เมตร และ 11.94 เซนติเมตร ตามลำดับ การเติบโตด้านความสูงและความโตของสักสายพันธุ์หมายเลข 38 ในการปรับปรุงดินที่ต่างกัน ได้แสดงไว้ใน Table 5-2 และ Figures 5-3 และ 5-4

Table 5-2 Height (Ht) and diameter at breast height (DBH) of teak clone no. 38 under different soil treatments.

Treatment	Ht (m)					Diameter (cm)				
	2					3				
	Years	3 Years	4 Years	5 Years	6 Years	2 Years	Years	4 Years	5 Years	6 Years
A	4.1	4.8	7.2	8.3 ^b	9.6 ^{bc}	3.78	5.55	6.72	8.42	9.71
B	3.9	4.3	7.2	8.3 ^b	9.4 ^c	3.54	5.21	6.74	8.52	9.84
C	4.7	6.0	8.3	9.7 ^{ab}	11.1 ^{ab}	4.63	6.64	7.70	9.58	10.91
D	4.8	6.2	9.0	11.0 ^a	12.3 ^a	4.85	7.06	8.54	10.71	11.94
E	5.0	5.9	8.3	9.7 ^b	10.5 ^{bc}	4.91	7.19	8.09	9.76	10.75

Remark : Different letters indicate significant differences among the five treatments as calculated by Tukey's test ($p < 0.05$)

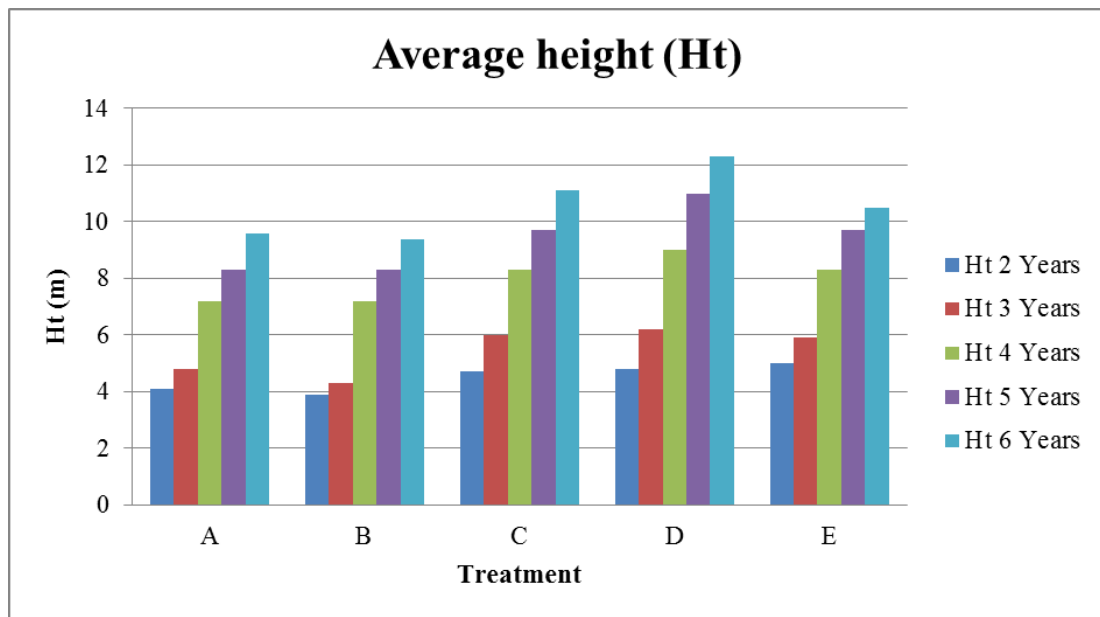


Figure 5–3 Height of teak clone no. 38 under different soil treatments.

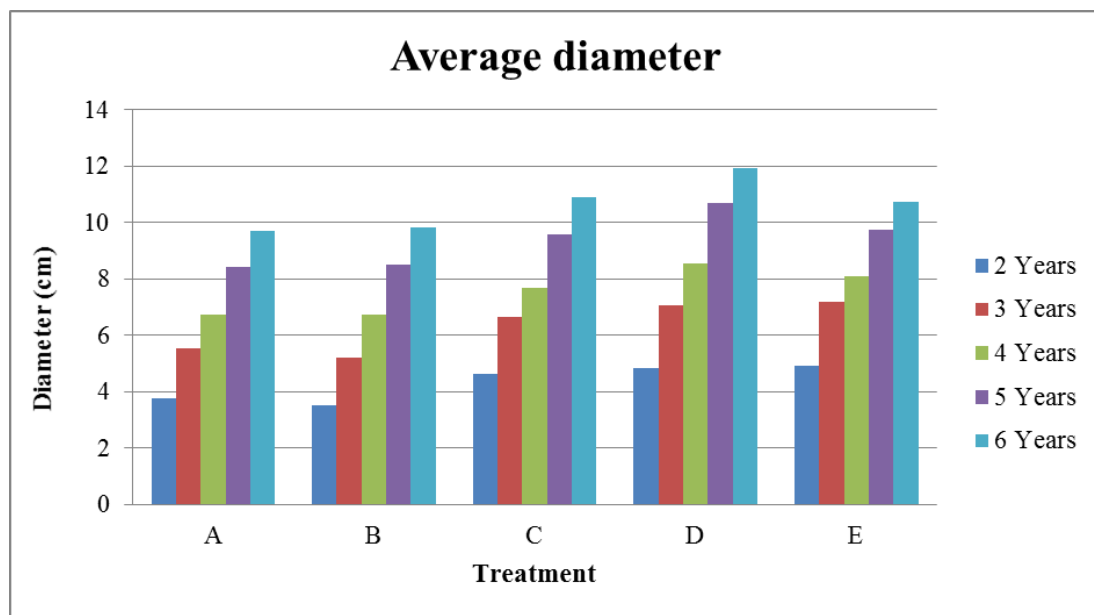


Figure 5–3 Diameter at breast height of teak clone no. 38 under different soil treatments.

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาที่ผ่านมาภายใต้โครงการวิจัยร่วมระหว่างกรมป่าไม้และ JIRCAS ซึ่งได้จัดทำแผนที่ความเหมาะสมต่อการปลูกสักในหลายจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดอุดรธานีและจังหวัดหนองบัวลำภู (โครงการความร่วมมือด้านการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และ JIRCAS, 2555) จังหวัดชัยภูมิและจังหวัดขอนแก่น (โครงการความร่วมมือด้านการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และ JIRCAS, 2558ก) จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดอุบลราชธานี (โครงการความร่วมมือด้านการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และ JIRCAS, 2558ข) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เกือบครึ่งของพื้นที่ทั้งหมดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีศักยภาพเพียงพอต่อการเติบโตของสัก แต่ยังคงมีปัจจัยที่จำกัดบางประการที่อาจทำให้การเติบโตนั้นไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องศึกษาเทคนิคการปรับปรุงดิน ผลจากการศึกษานี้พบว่า การปรับปรุงดินด้วยการใส่โดโลไมต์มีความจำเป็นสำหรับการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน และเพื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมในดินเพื่อให้เพิ่มผลผลิตของสัก อย่างไรก็ตามการใส่โดโลไมต์เพียงอย่างเดียวดังในการศึกษาครั้งนี้ไม่เพียงพอต่อการปรับปรุงการเติบโตของสัก ในแปลงทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับโดโลไมต์จะให้ค่าการเติบโตของสักสูงที่สุด นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าช่วยในการเพิ่มการเติบโตของสักด้วยเช่นกัน ผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงดินด้วยวิธีการต่างๆ ที่หลากหลายสามารถช่วยเพิ่มการเติบโตของสักที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยซึ่งดินมีสภาพเป็นกรด เป็นดินทราย และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

การศึกษาเพื่อทดสอบสายพันธุ์สักที่เหมาะสมต่อการปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การทดสอบการปลูกสวนป่าสักในสภาพดินและพื้นที่ที่ต่างกัน ควรมีการศึกษาเพิ่มเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในอนาคต รวมทั้งการปลูกด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร นั้นอาจทำให้การเติบโตลดลง การตัดขยายระยะจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการต่อไปเพื่อการพัฒนาการเติบโตของสักให้ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงการวิจัยร่วมระหว่างกรมป่าไม้กับ JIRCAS จึงขอแสดงความขอบคุณสำหรับการสนับสนุนและคำปรึกษาที่เอื้อประโยชน์ตลอดจนความช่วยเหลืออื่น ๆ และขอขอบคุณ คุณวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง ที่ช่วยแนะนำในการวิเคราะห์ด้านสถิติ

เอกสารอ้างอิง

- โครงการความร่วมมือด้านการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และ JIRCAS. 2555. แผนที่ความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกไม้สัก ในจังหวัดอุดรธานีและจังหวัดหนองบัวลำภู. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี้ พับบลิชซิ่ง, กรุงเทพมหานคร.
- โครงการความร่วมมือด้านการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และ JIRCAS. 2558ก. แผนที่ความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกไม้สัก ในจังหวัดชัยภูมิและจังหวัดขอนแก่น. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี้ พับบลิชซิ่ง, กรุงเทพมหานคร.
- โครงการความร่วมมือด้านการวิจัยระหว่างกรมป่าไม้และ JIRCAS. 2558ข. แผนที่ความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกไม้สัก ในจังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดอุบลราชธานี. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี้ พับบลิชซิ่ง, กรุงเทพมหานคร.
- เจริญ การกลิขวิธี, ชูบ เข้มนาถ, สนิท อักษรแก้ว, ปรีชา ธรรมานนท์, พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬ, สุริย์ ภูมิภมร และ วิสุทธิ์ สุวรรณภินันท์. 2522. การปลูกสวนพืชป่า ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กทม.
- ทศพร วัชรางกูร, จตุพร มังคลารัตน์, ประพาย แก่นนาถ, วิโรจน์ ครองกิจศิริ และ สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล. 2553. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย การคาดคะเนการเจริญเติบโต และผลผลิตของสวนป่าไม้เศรษฐกิจ, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ธงชัย เปาอินทร์. 2535. การลงทุนปลูกไม้สักเพื่อการค้า. บริษัทบพิตรการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- บุญวงศ์ ไทยอุดสาห์ ชูบ เข้มนาถ วิสุทธิ์ สุวรรณภินันท์ วสันต์ เกตุปราณีต และ สมพร ไชยจรัส 2518. คุณสมบัติของดินในสวนสักภายหลังการตัดขยายระยะ. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 37 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 26 หน้า
- บุญวงศ์ ไทยอุดสาห์, สุนันทา ขจรศรีชล และสิรินทร์ ดิยานนท์. 2535. งานวิจัยด้านการปลูกสร้างสวนสัก. ใน สัมมนา 50 ปี สวนสักห้วยทาก เฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษามหาราชนิ ระหว่างวันที่ 5-8 สิงหาคม 2535 ณ โรงแรมเวียงทอง จังหวัดลำปาง. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ
- ประพงษ์ อรรถสิริ. 2550. การศึกษาการเจริญเติบโตของไม้สักจากการแตกหน่อของสวนป่าขุนแม่คำมี อำเภอวังทอง จังหวัดแพร่. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ

- ประสิทธิ์ เพียรอรุณรักษ์. 2545. เทคนิคการปักชำเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก. ส่วนงานวิจัย
สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ
- พรเทพ เหมือนพงษ์, สาทิศ ดิลกสัมพันธ์ และ จงรัก วัชรินทร์รัตน์. 2559. การประเมินความ
เหมาะสมของพื้นที่ต่อการปลูกสักสายต้นต่างๆ ในประเทศไทย. รายงานเสนอสำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร
- พรพรรณ จงสุขสันติกุล และวิลาวัณย์ วิเชียรนพรัตน์. 2537. การศึกษาความสัมพันธ์
ระหว่างคุณสมบัติบางประการของดินและการเจริญเติบโตของไม้สัก. รายงาน
ผลการวิจัย ฉบับที่ 1 ปี พ.ศ. 2537 ส่วนงานวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
กรุงเทพฯ.
- พรพรรณ จงสุขสันติกุล. 2545(ก). ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการปลูกป่าไม้
ยูคาลิปตัส คามาลดูละเวนซิส เอกสารทางวิชาการ เล่มที่ 2. กลุ่มวิจัยปลูกพืชป่าไม้
ส่วนงานวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- พรพรรณ จงสุขสันติกุล. 2545(ข). ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของไม้
ตะเคียนทองในดินกรด เอกสารทางวิชาการ เล่มที่ 3. กลุ่มวิจัยปลูกพืชป่าไม้
ส่วนงานวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2529. นิเวศวิทยาป่าไม้กับการปลูกป่า เอกสารประกอบการอบรม
หลักสูตรการปลูกสร้างสวนป่า กองการเจ้าหน้าที่ กรมป่าไม้ น. 116 –120
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู วิชัย พรหมศิลป์ และสายัญห์ สุรภาพไมตรี. 2535. ดัชนีชั้นคุณภาพของ
พื้นที่และผลผลิตของสวนป่าไม้สัก ในจังหวัดลำปาง. น.209–227. ใน รายงานการ
สัมมนา 50 ปี สวนสักห้วยทาก เฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา มหาราชินี กรมป่าไม้
องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ บริษัทไม้อัดไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ คณะวน
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพรัช ปิยะพันธุ์. 2544. การปรับปรุงพันธุ์ไม้สักในประเทศไทย. ส่วนงานวิจัย สำนัก
วิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ
- ไพรัช ปิยะพันธุ์ และ จรัญ สวีคามิน. 2541. การทดลองระยะปลูกไม้สัก. ส่วนงานวิจัย
สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้
- ไพรัช ปิยะพันธุ์ และจำนรรจ์ เพียรอรุณรักษ์. 2539. สายพันธุ์และวิธีการติดต่อกับการเกิด
Incompatibility และเชื้อราของไม้สักในสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ 4 ชั้นอายุ. เอกสารวิชาการ
ประกอบคำขอให้ประเมินบุคคลเพื่อดำรงตำแหน่งนักวิชาการป่าไม้ 7ว. ส่วนงานวิจัย
สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

- ไพรัช ปิยะพันธุ์. และอภิชาติ ขาวสะอาด 2544. การทดสอบแม่ไม้สัก ท้องที่อำเภองาว จังหวัดลำปาง. เอกสารวิชาการประกอบคำขอให้ประเมินบุคคลเพื่อดำรงตำแหน่งนักวิชาการป่าไม้ 8ว. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- มยุรี ถิระวารินทรยุทธ์. 2530. ผลของการใช้ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส บริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ อำเภอสวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์, บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มยุรี วรรณพินิจ. 2539. ผลของการใส่ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 1 ปี บริเวณสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา. กลุ่มปฐพีวิทยาป่าไม้, ส่วนวนวัฒนวิจัย, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้.
- วรพรรณ หิมพานต์ ทศพร วัชรานุกร และ อิวาโอะ โนะตะ. 2555. ความสามารถและการเจริญเติบโตของไม้สักแดงหน่อ. น. 180-190. ใน สัมมนวนวัฒนวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิลาวุธย์ วิเชียรนพรัตน์. 2550. ผลการศึกษาเบื้องต้นการปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา. โปสเตอร์ประกอบการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 8 “เทคโนโลยีทางวนวัฒนเพื่อขจัดความยากจน” ระหว่างวันที่ 6 – 8 มิถุนายน 2550 ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศุภชัยวิจัยป่าไม้. 2539. การสำรวจและประเมินผลผลิตของสวนป่า องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. รายงานวิจัยแบบสมบูรณ์เสนอต่อองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ศุภชัยวิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 174 น.
- สมเกียรติ จันทรไฟแสง. 2535. ผลผลิตของสวนป่าไม้สัก. 375-403 ใน รายงานการสัมมนา 50 ปี สวนสักห้วยทาก เฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา มหาราชินี กรมป่าไม้ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ บริษัทไม้อัดไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมชาย ธรณิศร. 2528. ผลของระยะปลูกและอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส 3 ชนิด ที่ปลูกบนดินเหมืองเก่า. ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สมศักดิ์ สุขวงศ์ วิชิต เจริญไพบูลย์ บุญวงศ์ ไทยอุตสาหกรรม ทวี แก้วละเอียต และวิสุทธิ สุวรรณภินันท์. 2518. การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติในป่าสักแล้งภายหลังการตัดหมด. วนสารเกษตรศาสตร์ปีที่ (1): 55-67, กรุงเทพฯ.

- สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ ประเสริฐ สอนสถาพรกุล ประโชติ ชุ่นอื้อ สุดาร์ตน์ งามขจรวิวัฒน์ วิชัย อ่อนน้อม และ สมยศ กิจคำ. 2534. ปัจจัยการตัดขยายระยะ ระยะปลูก การให้ปุ๋ยและการถางวัชพืชที่มีผลผลิตเมล็ดและการเจริญเติบโตของไม้กระถินณรงค์ ในช่วงอายุ 5 ปี. น. 339-365. ใน การสัมมนาทางวิชาการวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 5, 27-29 มีนาคม 2534. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย, กองบำรุง, กรมป่าไม้.
- เสรี จาตุรงค์กุล สมนึก ศรีทองนิม และยุวดี บุตรามรา. 2542. อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและการปรับปรุงดินของกระถินเทพาในดินทรายชุดน้ำพอง. ใน รายงานบทคัดย่อผลงานวิจัยกองอนุรักษ์ดินและน้ำ พ.ศ. 2542. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, กรมพัฒนาที่ดิน.
- อภิชาติ ขาวสะอาด. 2528. คู่มือการปรับปรุงพันธุ์ไม้สัก (ตอนที่ 6) การทดสอบแม่ไม้สัก. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- อุทัยวุฒิ เสาร์ชัย. 2529. ผลของการเตรียมพื้นที่และการใส่ปุ๋ยที่มีต่อการให้ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อำนวย คอวนิช, 2535. อดีต ปัจจุบัน และอนาคตของไม้สักในประเทศไทย. น. 1-14 ใน รายงานการสัมมนา 50 ปี สวนสักห้วยทาก เฉลิมพระเกียรติ 60 พรรษา มหาราชินี กรมป่าไม้ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ บริษัทไม้อัดไทย กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Aerten, W., V. Kint, J.V. Orshoven, K. Özkan and B. Muys. 2010. Comparison and ranking of different modeling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecol Model* 221, 1119-1130.
- Banerjee S.K., S. Nath, and S.P. Banerjee. 1986. Characteristics of the soils under different vegetations in the Tarai region of Kurseong Forest Division, West Bengal. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 34: 343-349.
- Bermejo, Ivan Isabel Cañellas and Alfonso San Alfonso San Miguel. 2004 Growth and yield models for teak plantations in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*. 189, 97-110.
- Beumea J.G.B. and H. Beckman. 1956. Quoted from country reports on teak, Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), Rome, Italy.

- Binchao, K. and B. Jiayu. 1995. Sustainable Management of teak plantation on acidic soils in China. *In* Teak for the Future: Proceedings of the Second Regional Seminar on Teak. 29 May – 3 June 1995, Yangon, Myanmar.
- Burnham, K.P. and D.R. Anderson. 2002. Model selection and inference. A practical information-theoretic approach. New York USA: Springer-Verlag.
- Clatterbuck, W.K. 2002. Growth of a 30-year cherrybark oak plantation 6 years after thinning, *In* : Outcalt, K.W. (ed.), Proceedings of the Eleventh Biennial Southern Silvicultural Research Conference. USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep, SRS-48, Asheville, NC, USA, pp. 189–192.
- Clutter, J.L., J.C. Fortson and L.V. Pienaar. 1983. Timber management : a quantitative approach. New York. John Wiley. 333 pp.
- Draper, N.R. and H. Smith. 1981. Applied regression analysis 2nd edition John Wiley&Sons Inc. New York. 709p.
- Fisher, R.F. and D. Binkley. 2000. Ecology and Management of Forest Soils. John Wiley and Sons. New York.
- Hamilton G.J. 1981. The effects of high intensity thinning on yield. J. For. 54: 1–15.
- Hasenauer, H., H.E. Burkhart and R.L. Amateis. 1997. Basal area Development in thinned and unthinned loblolly pine plantation. Can. J. For. Res. 27: 265–271.
- Hibbs, D.E., W.H. Emmingham and M.C. Bondi. 1995. Response of red alder to thinning. West. J. Appl. For. 10:17–23.
- Himmaman, W. and I. Noda. 2012. A preliminary result of coppicing trials in teak plantations in Kanchanaburi, Thailand. pp. 13–18 *In* Noda I., T. Vacharangkura and W. Himmaman (eds.). Approach to Sustainable Forestry of Indigenous Tree Species in Northeast Thailand. JIRCAS Working Report No.74. Japan.
- Horne, R., G. Robinson and J. Gwalter. 1986. Response increment : a method to analyze thinning response in even-aged forest. For. Sci. 32: 243–253.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. International Panel on Climate Change. IGES, Japan. อ้างโดย คณะวนศาสตร์. 2554. คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริม ภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 88 หน้า

- Ishibashi, S., H. Ishida, M. Okabayashi, S. Sirilak, R. Wanussakul, N. Klaikaew, C. Intuman and C. Cha-umpol. 2002. Yield Prediction Table on *Tectona grandis* (Teak) in Northeast Thailand (Study Report) 11th July 2002. The Reforestation and Extension in the Northeast of Thailand Phase II (REX II). Japan iNternatiolan Cooperation Agency, Tokyo, Japan.
- Ishibashi, S., M. Sakai, I. Noda, T. Vacharangkura, V. Krongkitsiri, D. Kamolpanit and W. Himmapan. 2010. Yield Prediction Table on *Tectona grandis* (Teak) in Northeast Thailand (Revised edition) RFD–JIRCAS Joint Research Project Bangkok.
- Jungsuksuntigool P. and W. Wichienopparat. 1994. Study on relationship between some soil properties and growth of *Tectona grandis*. In: Research report No. 1 (1994). Silviculture research division, Forest research office, Royal forest department, Bangkok, Thailand.
- Kadambi K. 1951. Proceedings of 8th Silviculture Conference, India, Dehradun. Forest Research Institute, Dehradun, India.
- Kadeba, O. 1990. Fertilizer application in aid of plantation establishment in the savanna areas of Nigeria. Water, Air & Pollution: 54(1), March 1990. Springer Natherlands.
- Kaikini N.S. 1956. Proceedings of 9th Silviculture Conference, India, Dehradun. Forest Research Institute, Dehradun, India.
- Kanninen, M., D. Pérez, M. Montero and E. Viquez. 2004. Intensity and timing of the first thinning of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica: results of a thinning trial. Forest. Ecol. Manage. 203: 89–99.
- Kaosa-ard, A. 1981. Teak : Its natural distribution and related factors. Nat. His. Bull. Siam. Soc. 29: 55–74.
- Keerati-Kasikorn, P. 1984. Soils in the Northeast of Thailand. Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.
- Kerr, G. 1996. The effect of heavy on ‘free growth’ thinning on Oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*). Forestry 69: 303–317.

- Kimberley, M.O, and N.J. Ledgard. 1998. Site Index Curves for *Pinus nigra* Growth in the South Island High Country, New Zealand Journal of Forestry Science 28(3):389–399.
- Kotwal, E.K. 1959. Forest Research Institute and Colleges (ed.) Proceedings of All India teak study tour and symposium Dec. 1957 to Jan 1958. Forest Research Institute, Dehradun, India, pp. 157–158.
- Kwame O.B., L.E. Adjei and O. Richnond. 2014. Assessing the growth performance of teak (*Tectona grandis* Linn.f.) coppice two years after clearcut harvesting. International Journal of Agronomy and agricultural Research (IJAAR).
- Larson, P.R. 1963. Stem form development of forest trees. Forest Science Monograph 5. Society of American Foresters, Bethesda, MD, USA.
- Leites, L.P. and A.P. Robinson. 2004. Improving taper equations of loblolly pine with crown dimensions in mixed effects modelling framework. For. Sci. 50: 204–212.
- Mailly, D., S.Tubis, I. Auger, and D. Pothier. 2004. The influence of site tree selection method on site index determination and yield prediction in black spruce stands in northeastern Quebec. The Forestry Chronicle 80, 134–140.
- Meadow, J.S. and J.C.G. Goelz. 2002. Fourth years effects of thinning on growth and epicormics branching in a red oak–sweetgum stand on a minor stream bottom site in west–central Alabama. In: Outcalt, K.W. (ed.). Proceedings of the Eleventh Biennial Southern Silvicultural Research Conference. USDA Forest Service, Gen Tech SRS–48 Asheville NC, USA, pp. 201–208.
- Noda, I and W. Himmaman. 2017. Effects of coppicing and seedling options on financial evaluation of teak (*Tectona grandis* L.) farm plantation management in Thailand. pp. 87–98. In JIRCAS Working Report No. 85, JIRCAS, Tsukuba, Japan
- Oliver, F.R. 1964. Method of estimating the logistic function Applied statistics 13:57–66.
- Pandey, D. and C. Brown, 2000. Teak: a global overview in Unasylva 201(51), 5–17.
- Pande P.K., S.C. Shama. 1986. Seasonality and Pattern in Leaf–fall and Litter Accretion on the Forest Floor in Plantations of Demonstration Area, Forest Research Institute & colleges, Dehra Dun (India). Ind. For. 112: 328–341.

- Pérez, D. and M. Kanninen. 2005. Effect of thinning on stem form and wood characteristics of teak (*Tectona grandis*) in a humid tropical site in Costa Rica. *Silva Fenn.* 39: 217–225.
- Phillip, M.S. 1994. *Measuring trees and forests*. 2nd edition CAB International Wallingford UK. 310p.
- Phillip, B.F. and N.A. Campbell. 1968. A new method of fitting the von Bertalanffy growth curve using data on the whelk *Dicathais* *Growth* 32:317–329.
- Pianhanuruk P., P. Piyaphan and C. Pianhanuruk. 1996. A Preliminary Study of Rejuvenation of Teak by the Budding Technique. Information Note, ASEAN Forest Tree Seed Centre Project, Muak-Lek, Saraburi, Thailand.
- Puri G.S. 1951. Advances in the ecology of teak (*Tectona grandis* Linn. f.) in India. *In*: Kadambi K (ed.) *Proceedings of 8th Silviculture Conference*, India, Dehradun. Forest Research Institute, Dehradun, India, pp. 242–250.
- Rytter, L. 1995. Effects of thinning on the obtainable biomass, stand density, and tree diameters of intensity grown grey alder plantations *For. Ecol. Manage.* 73:135–143.
- Savill, P., J. Evans, D. Auclair and J. Falck. 1997. *Plantation Silviculture in Europe* Oxford University Press, New York, USA.
- Sharma, R.P. 2009. Modelling height–diameter relationship for Chir pine trees. *Banko Janakari*. 19, 3–9.
- Sukchan, S. and I. Noda. 2012. Improvement of soil suitability mapping for teak plantation in Northeast Thailand. *In*: Noda I, T. Vacharangkura, W. Himmaman (eds.). *Approach to sustainable forestry of indigenous tree species in northeast Thailand*. (JIRCAS Working report 74), JIRCAS, Tsukuba, Japan, pp 27–32.
- Tangmitcharoen, S., S. Nimpila, P. Phuangjumpee, P. Piananurak. 2012. Two–year results of a clonal test of teak (*Tectona grandis* L.f.) in the northeast Thailand. *In*: Noda I, T. Vacharangkura, W. Himmaman (eds.). *Approach to sustainable forestry of indigenous tree species in northeast Thailand*. (JIRCAS Working report 74), JIRCAS, Tsukuba, Japan, pp 19–22.
- Tewari, D.N., 1992. *A monograph on Teak (Tectona grandis L.f.)*. International Book Distributors, Dehra Dun, India.