ความผันแปรทางพันธุกรรมและประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนของกล้าไม้ประดู่

Genetic variation and efficiency in carbon sequestration in *Pterocarpus macrocarpus* seedlings at early age

ชัยสิทธิ์ เลี้ยงศิริ[1] (CHAIYASIT LIENGSIRI)

บทคัดย่อ

การศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมและประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนของกล้าไม้ประดู่ ดำเนินการโดยศึกษาการเติบโตและมวลชีวภาพของกล้าไม้ที่ปลูกในแปลงทดลองภาคสนามที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา เป็นเวลา 3 ปี โดยใช้กล้าไม้จากแม่ไม้ประดู่จำนวน 24 ต้น จากทั้งหมด 5 ประชากรหรือแหล่งเมล็ดไม้ ผลการศึกษาพบว่า การเติบโตของกล้าไม้มีความแตกต่างกันระหว่างประชากรและระหว่างแม่ไม้ทั้งความสูงและความโต (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับผิวดิน) กล้าไม้ประดู่อายุสามปีมีความสูงเฉลี่ย 2.02 เมตร และมีความโตเฉลี่ย 3.56 เซนติเมตร โดยกล้าไม้จากกำแพงเพชรมีความสูงเฉลี่ยมากสุด (2.34 เมตร) รองลงมาคือกล้าไม้จากสระบุรี นครราชสีมา ราชบุรี และขอนแก่นซึ่งโตน้อยสุด โดยมีความสูงเฉลี่ย 2.23 เมตร 2.15 เมตร 1.95 เมตร และ 1.68 เมตร ตามลำดับ สำหรับความโตของกล้าไม้นั้น กล้าไม้จากสระบุรีมีความโตเฉลี่ยมากสุด (3.98 เซนติเมตร) รองลงมาคือกล้าไม้จากนครราชสีมา กำแพงเพชร ขอนแก่น และราชบุรีซึ่งโตน้อยสุด โดยมีความโตเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 เซนติเมตร 3.71 เซนติเมตร 3.22 เซนติเมตร และ 3.03 เซนติเมตร ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน การเติบโตของกล้าไม้จากแม่ไม้ต่าง ๆ จำนวน 24 ต้น พบว่ากล้าไม้จากแม่ไม้ที่มีการเติบโตด้านความสูงมากสุดและน้อยสุด มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 เมตร และ 1.53 เมตร ตามลำดับ และมีความโตเฉลี่ยมากสุดและน้อยสุดเท่ากับ 4.37 เซนติเมตร และ 2.59 เซนติเมตร ตามลำดับ

[1] นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ e-mail: cliengsiri@gmail.com

สำหรับมวลชีวภาพซึ่งประเมินจากน้ำหนักอบแห้งของกล้าไม้พบว่า มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินซึ่งเป็นผลรวมของใบ กิ่ง และลำต้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 513.27 กรัม และมีมวลชีวภาพใต้ดิน (ส่วนของราก) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 159.38 กรัม โดยมีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 672.65 กรัม ซึ่งความแตกต่างของการเติบโตของกล้าไม้ระหว่างแม่ไม้ ย่อมมีผลต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนของกล้าไม้ประดู่ด้วย

คำหลัก: ประดู่// ความผันแปรทางพันธุกรรม// มวลชีวภาพ// การกักเก็บคาร์บอน

ABSTRACT

The study on genetic variation and efficiency in carbon sequestration in *Pterocarpus macrocarpus* seedlings at early age was conducted at Sakaerat Silvicultural Research Station, Nakhonratchasima province, by investigating growth and biomass of seedlings grown in the field for three years from which seedlings from 24 families from five populations were planted for the study. The results revealed that both height growth and above ground diameter growth varied among population and families. Three years old seedlings had the average height and diameter of 2.02 m and 3.56 cm, respectively. Among five populations, seedlings from Kamphaengphet out performed seedlings from other populations with the average height of 2.34 m. Seedlings from Saraburi, Nakhonratchasima, Ratchaburi and Khonkhaen had less growth with the average height of 2.23, 2.15, 1.95 and 1.68 m, respectively. Seedlings from Saraburi had the largest diameter growth (3.89 cm) whereas those from Nakhonratchasima, Kamphaengphet, Khonkhaen and Ratchaburi had smaller diameter growth with the average diameter of 3.79, 3.71, 3.22 and 3.03 cm, respectively. Among 24 families, seedlings from families with the maximal and minimal growth had the average height of 2.84 and 1.53 m, respectively, and the average diameter of 4.37 and 2.59 cm, respectively.

After three years of out planting, the average above ground biomass was 513.27 grams and the average root biomass was 159.38 grams with the total biomass of 672.65 grams. Differences in seedling growth among families, therefore, affected carbon sequestration efficiency in *P. macrocarpus* seedlings.

Keywords: *Pterocarpus macrocarpus*// genetic variation// biomass// carbon sequestration

คำนำ

การปลูกสร้างสวนป่าเป็นกิจกรรมที่ใช้เวลาที่ค่อนข้างยาวนานสำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิต แม้ในปัจจุบันจะมีไม้โตเร็ว เช่น ยูคาลิปตัส ซึ่งเกษตรกรนิยมปลูกเพราะให้ผลตอบแทนในระยะเวลาสั้นก็ตาม แต่ด้วยลักษณะของการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว ซึ่งมักจะใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อและกระดาษ ใช้เป็นเชื้อเพลิง (ถ่านไม้และฟืน) เป็นต้น จึงมีแนวโน้มที่จะปลอดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่ชั้นบรรยายกาศเร็วขึ้นด้วย ซึ่งต่างจากไม้โตช้าที่เนื้อไม้มีความทนทาน จึงมักจะใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ทำเครื่องเรือนต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งการใช้ประโยชน์ไม้ในลักษณะนี้ คาร์บอนจะถูกกักเก็บอยู่ในเนื้อไม้เป็นเวลานานตราบเท่าที่เนื้อไม้ยังไม่ผุสลายตัว จึงเป็นการกักเก็บคาร์บอนที่นับว่ามีประสิทธิภาพอย่างยิ่ง

ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) เป็นไม้มีค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญและเป็นพันธุ์ไม้ที่นิยมในการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประดู่เป็นพันธุ์ไม้ที่นิยมปลูกโดยเกษตรกร (Rathket 1989) ซึ่งกรมป่าไม้กำหนดให้ประดู่เป็นพันธุ์ไม้สำคัญสำหรับการปลูกป่าและวนเกษตร ดังนั้นจะพบสวนป่าประดู่ได้ทั่วไป เนื่องจากประดู่เป็นพันธุ์ไม้ที่โตช้า การส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกไม้ชนิดนี้ จึงควรมีกลไกสำหรับการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรในระหว่างรอการเก็บเกี่ยวผลผลิต การพัฒนาการปลูกสร้างสวนป่าไม้ประดู่ให้เป็นโครงการที่สามารถขายคาร์บอนเครดิตในช่วงเวลาที่รอให้ไม้โตมีขนาดที่จะตัดฟันมาใช้ประโยชน์ได้นั้น จึงเป็นการสร้างโอกาสให้แก่เกษตรกรในการได้รับผลตอบแทนเพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมและประสิทธิภาพของการกักเก็บคาร์บอนของไม้ประดู่ จึงมีความสำคัญต่อการกำหนดหรือคัดเลือกสายพันธุ์ที่โตเร็วและมีประสิทธิภาพสูงในการกักเก็บคาร์บอนสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจเพื่อลดภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นการสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มแหล่งดูดซับก๊าซบนพื้นฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2551-2555 ของประเทศ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมระหว่างสายพันธุ์ไม้ประดู่ทางด้านการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอน

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ดำเนินการที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช ตำบลอุดมทรัพย์ อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

1. การเก็บตัวอย่างเมล็ดไม้และการเตรียมกล้าไม้

เก็บผลประดู่จากแม่ไม้ประดู่ที่มีลักษณะรูปทรงดีจำนวน 24 ต้น จากประชากร (Population) หรือแหล่งเมล็ดไม้ (Seed source) จำนวน 5 แหล่ง ประกอบด้วยขอนแก่น (Khonkhaen) นครราชสีมา (Nakhonratchasima) สระบุรี (Saraburi) กำแพงเพชร (Kamphaengphet) และราชบุรี (Ratchaburi) โดยแต่ละแหล่งจะมีแม่ไม้ (Seed tree หรือ family) จำนวนแตกต่างกัน (Table 1) นำผลประดู่มาทำการแยกเมล็ดออกจากผล โดยเมล็ดที่ได้จะเก็บแยกไว้สำหรับแต่ละแม่ไม้ เพื่อใช้เพาะกล้าไม้สำหรับการทดลองต่อไป

นำเมล็ดมาเพาะเพื่อเตรียมกล้าไม้โดยแยกตามแม่ไม้ ในเรือนเพาะชำที่ใช้วัสดุพลางแสง 50% เพาะเลี้ยงกล้าไม้ในถุงเพาะชำพลาสติกขนาด 2x6 นิ้ว โดยใช้วัสดุเพาะชำที่ประกอบด้วย หน้าดิน : แกลบ : ปุ๋ยคอก ในสัดส่วน 2 : 1 : 1 โดยปริมาตร อนุบาลกล้าไม้ในเรือนเพาะชำเป็นเวลา 5 เดือน ก่อนสุ่มตัวอย่างกล้าไม้ที่มีความสมบูรณ์แข็งแรงไปใช้ในการทดลองต่อไป

Table 1. Populations and families in each population for seed collection of *P. macrocarpus* used in the experiment.

Population	Family	Population	Family
Khonkhan	KK01	Nakhonratchasima	NM02
	KK02		NM06
	KK03		NM09
	KK06		NM11
	KK07		NM18
	KK09		NM20
	KK10	Kamphaengphet	KP01
	KK17		KP02
Saraburi	SR01		KP09
	SR04		KP11
	SR06	Ratchaburi	RR04
	SR08		RR06

2. การทดลองในแปลงทดลองภาคสนาม

การทดลองดำเนินการโดยเลือกกล้าไม้ที่มีความสมบูรณ์แข็งแรงจำนวน 15 ต้นจากแต่ละแม่ไม้และนำไปปลูกในแปลงทดลองภาคสนาม การวางแผนการทดลองในภาคสนามเป็นแบบบล๊อกสมบูรณ์ โดยมีจำนวน 3 ซ้ำ ใช้กล้าไม้จากแม่ไม้ 24 ต้น และมีขนาดหน่วยทดลองของแต่ละแม่ไม้ในแต่ละซ้ำจำนวน 3 ต้น (3-tree plot) รวมจำนวนกล้าไม้ที่ใช้ในการทดลอง 216 ต้น การปลูกกล้าไม้ในแปลงทดลองภาคสนามใช้ระยะห่างระหว่างต้น 1.5x1.5 เมตร

การทดลองในแปลงทดลองภาคสนามดำเนินการเป็นเวลา 3 ปี โดยเก็บข้อมูลการเติบโตของกล้าไม้ทางด้านความสูง และความโตหรือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับเหนือดิน 5 เซนติเมตร การเก็บข้อมูลการเติบโตดำเนินการรวม 4 ครั้ง คือหลังจากการปลูกในแปลงทดลอง ซึ่งกำหนดให้มีอายุ 0 ปี และเมื่อกล้าไม้มีอายุ 1 ปี 2 ปี และ 3 ปี หลังจากการปลูกในแปลงทดลอง และเมื่อครบ 3 ปี ทำการสุ่มตัวอย่างกล้าไม้จำนวน 17 ต้น โดยมีความสูงน้อยกว่า 1 เมตร ถึงมากกว่า 4 เมตร และนำมาหามวลชีวภาพ (Biomass) หรือน้ำหนักอบแห้ง (Oven dry weight) ของส่วนที่อยู่เหนือดิน (Shoot dry weight: ShootDW) ซึ่งประกอบด้วยส่วนของใบ กิ่ง และลำต้นรวมกัน และส่วนของราก (Root dry weight: RootDW) รวมทั้งการหาผลรวมของ ShootDw และ RootDW เป็นค่ามวลชีวภาพรวมของทั้งต้น (Total dry weight: TotalDW) การหาน้ำหนักแห้งดำเนินการโดยนำส่วนต่าง ๆ ของกล้าไม้มาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปชั่งหาน้ำหนัก

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆ ของการทดลอง ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือวาเรียนซ์ (Analysis of variance) และกำหนดให้ปัจจัยต่าง ๆ เป็นแบบสุ่ม (Random effect) โดยมีแบบหุ่น (General linear model) คือ

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + P_j + RP_{ij} + F_k(P_j) + RF_{ik}(P_j) + E_{ijkl}$$

โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ในแบบหุ่นดังนี้

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

R_i = Replication ที่ i โดย i มีค่า 1 ถึง 3

P_j = Population ที่ j โดย j มีค่า 1 ถึง 5

RP_{ij} = Interaction ระหว่าง Replication และ Population

$F_k(P_j)$ = Family ที่ k โดย k มีค่า 1 ถึง 24

$RF_{ik}(P_j)$ = Interaction ระหว่าง Replication และ Family

E_{ijkl} = ค่าความคลาดเคลื่อน

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การเติบโตของกล้าไม้ประดู่ที่ปลูกในแปลงทดลอง มีความแตกต่างกันระหว่างประชากร และระหว่างแม่ไม้ทั้งความสูงและความโต (Table 2) กล้าไม้ที่มีอายุ 1 ปี 2 ปี และ 3 ปี หลังปลูกในแปลงทดลอง มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 0.66 เมตร 1.26 เมตร และ 2.02 เมตร ตามลำดับ และมีความโตเฉลี่ยเมื่ออายุ 3 ปี เท่ากับ 3.56 เซนติเมตร โดยการเติบโตของกล้าไม้ที่อายุ 3 ปี พบว่ากล้าไม้จากกำแพงเพชรมีความสูงเฉลี่ยมากสุด (2.34 เมตร) รองลงมาคือกล้าไม้จากสระบุรี นครราชสีมา ราชบุรี และขอนแก่น โดยมีความสูงเฉลี่ย 2.23 เมตร 2.15 เมตร 1.95 เมตร และ 1.68 เมตร ตามลำดับ สำหรับความโตของกล้าไม้นั้น พบว่ากล้าไม้จากสระบุรีมีความโตมากสุด (3.98 เซนติเมตร) รองลงมาคือกล้าไม้จากนครราชสีมา กำแพงเพชร ขอนแก่น และราชบุรี โดยมีความโตเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 เซนติเมตร 3.71 เซนติเมตร 3.22 เซนติเมตร และ 3.03 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2)

การเติบโตทั้งความสูงและความโตของกล้าไม้ระหว่างแม่ไม้ต่าง ๆ จากทั้ง 5 ประชากร พบว่ามีการเติบโตทั้งที่ใกล้เคียงกันและแตกต่างกัน โดยการเติบโตของกล้าไม้ที่อายุ 3 ปี พบว่ากล้าไม้ของแม่ไม้ KP11 จากกำแพงเพชร มีการเติบโตดีที่สุดทั้งความสูง (2.84 เมตร) และความโต (4.37 เซนติเมตร) ในขณะที่กล้าไม้ของแม่ไม้ KK10 จากขอนแก่น มีการเติบโตน้อยที่สุด โดยมีความสูง 1.53 เมตร และความโต 2.59 เซนติเมตร (Table 2)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า การเติบโตของกล้าไม้ประดู่ในแปลงทดลอง มีความแตกต่างกันระหว่างประชากรและระหว่างแม่ไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งความสูงและความโต (Table 3) โดยความผันแปรที่สืบเนื่องจากประชากรและแม่ไม้รวมกันที่สัดส่วนมากกว่า 78% ของความผันแปรทั้งหมด ซึ่งความผันแปรที่สืบเนื่องจากประชากรมีสัดส่วนมากกว่า 70% ของความผันแปรทั้งหมด และมีค่าระหว่าง 70.97% ที่ H3Y ถึง 85.80% ที่ H1Y ส่วนความผันแปรที่สืบเนื่องจากแม่ไม้มีไม่มากนัก แต่ก็มีนัยสำคัญทางสถิติ สัดส่วนของความผันแปรจากประชากรและแม่ไม้มีแนวโน้มลดลงเมื่อกล้าไม้มีอายุมากขึ้น (Table 3)

การเติบโตของต้นไม้ทั้งความสูงและความโตมีการเปลี่ยนแปลงหรือผันแปรตามอายุของต้นไม้ (Namkoong and Conkle, 1976; Foster, 1986) จาก Table 4 ซึ่งลำดับการเติบโตทั้งความสูงและความโตของกล้าไม้จากแม่ไม้ที่มีการเติบโตมากสุดลดหลั่นลงสู่แม่ไม้ที่การเติบโตน้อยสุด พบว่ามีทั้งการเติบโตที่อยู่ในอันดับคงที่และเปลี่ยนแปลงตามอายุในช่วงเวลา 3 ปี ของการทดลอง โดยกล้าไม้จากแม่ไม้ KP11 มีการเติบโตมากสุดและคงอันดับเดิมตลอดการทดลอง ในขณะที่กล้าไม้จากแม่ไม้อื่นมีการเปลี่ยนแปลงอันดับของการเติบโตทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงมากบ้างน้อยบ้าง เช่น กล้าไม้จากแม่ไม้ RR04 มีความสูงอยู่อันดับ 9 เมื่อเริ่มปลูก ลดลงมาอยู่อันดับ 17 ที่อายุ 3 ปี ในขณะที่กล้าไม้จากแม่ไม้ NM11 มีความสูงอยู่อันดับ 8 เมื่อเริ่มปลูก ขึ้นมาอยู่ที่อันดับ 3 ที่อายุ 3 ปี ในทำนองเดียวกัน กล้าไม้ของแม่ไม้ NM02 และ KK02 มีอันดับการเติบโตดีขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น (Table 4)

Table 2. Population means, family means, grand means and standard deviations (SD) for height growth (m) and diameter growth (cm) of *P. macrocarpus* seedlings grown in the field.

Population	Family	H0Y	H1Y	H2Y	H3Y	D0Y	D3Y
Khonkhaen	KK01	0.24±0.09	0.49±0.11	0.90±0.21	1.56±0.39	0.58±0.15	3.24±0.95
	KK02	0.25±0.04	0.49±0.10	1.01±0.31	1.98±0.42	0.82±0.22	4.07±0.86
	KK03	0.21±0.03	0.48±0.08	0.98±0.24	1.64±0.33	0.67±0.19	3.49±0.79
	KK06	0.26±0.03	0.55±0.09	0.96±0.20	1.60±0.41	0.69±0.13	3.29±0.90
	KK07	0.40±0.04	0.46±0.08	0.92±0.23	1.66±0.47	0.66±0.08	2.72±1.11
	KK09	0.41±0.07	0.48±0.07	0.98±0.25	1.77±0.39	0.76±0.07	3.20±1.03
	KK10	0.26±0.03	0.41±0.07	0.80±0.11	1.53±0.38	0.71±0.07	2.59±0.32
	KK17	0.30±0.04	0.54±0.15	0.98±0.32	1.66±0.42	0.66±0.12	3.10±0.77
Population mean ± SD		**0.29±0.08**	**0.49**±0.10	**0.94**±0.24	**1.68**±0.40	**0.69**±0.15	3.22±0.93
Nakhonrat-chasima	NM02	0.41±0.27	0.69±0.23	1.41±0.47	2.34±0.60	0.99±0.36	4.16±1.12
	NM06	0.43±0.12	0.72±0.19	1.43±0.54	2.15±0.68	0.91±0.18	3.22±1.35
	NM09	0.32±0.13	0.61±0.30	1.27±0.78	1.98±0.98	0.72±0.17	3.72±1.33
	NM11	0.45±0.15	0.83±0.25	1.55±0.55	2.35±0.73	0.89±0.20	4.36±1.58
	NM18	0.36±0.11	0.82±0.32	1.33±0.29	1.90±0.46	0.77±0.23	3.36±1.61
	NM20	0.49±0.12	0.69±0.08	1.40±0.46	2.16±0.50	1.00±0.18	3.91±1.16
Population mean ± SD		**0.41**±0.16	**0.73**±0.24	**1.40**±0.52	**2.15**±0.67	**0.88±0.24**	**3.79**±1.37
Saraburi	SR01	0.77±0.22	0.94±0.24	1.51±0.37	2.29±0.52	1.27±0.24	3.81±0.98
	SR04	0.73±0.13	0.93±0.16	1.64±0.53	2.51±0.55	1.22±0.13	4.35±1.21
	SR06	0.36±0.09	0.66±0.13	1.32±0.37	2.01±0.61	0.77±0.18	4.00±1.36
	SR08	0.37±0.11	0.68±0.18	1.26±0.35	2.09±0.46	0.82±0.15	3.75±1.17
Population mean ± SD		0.56±0.24	0.81±0.22	1.44±0.42	2.23±0.55	1.02±0.29	3.98±1.15
Kamphaeng-phet	KP01	0.51±0.16	0.71±0.14	1.34±0.35	2.08±0.40	0.94±0.18	3.29±0.59
	KP02	0.73±0.16	0.89±0.22	1.58±0.26	2.28±0.38	1.31±0.24	3.78±0.81
	KP09	0.62±0.17	0.79±0.15	1.35±0.38	2.13±0.54	1.17±0.34	3.61±0.83
	KP11	0.82±0.14	0.98±0.18	1.89±0.64	2.84±1.03	1.36±0.12	4.37±1.38
Population mean ± SD		0.67±0.19	0.85±0.20	1.54±0.47	2.34±0.69	1.19±0.28	3.71±0.97
Ratchaburi	RR04	0.43±0.05	0.53±0.15	1.18±0.47	1.87±0.60	0.80±0.10	3.06±1.37
	RR06	0.37±0.08	0.52±0.20	1.17±0.36	2.02±0.46	0.77±0.12	3.00±0.48
Population mean ± SD		0.40±0.07	0.52±0.17	1.18±0.40	1.95±0.52	0.78±0.11	3.03±0.97
Grand mean ± SD		0.44±0.21	0.66±0.24	1.26±0.47	2.02±0.62	0.89±0.28	3.56±1.14

Notes: H0Y: height at 0 year old; H1Y: height at 1 year old; H2Y: height at 2 years old; H3Y: height at 3 years old; D0Y: diameter at 0 year old; D3Y: diameter at 3 years old.

Table 3. Components of variance (percentage of total variance) and significant tests for height growth and diameter growth of *P. macrocarpus* seedlings grown in the field.

Source of variation	df	H0Y	H1Y	H2Y	H3Y	D0Y	D3Y
Replication	2	1.30ns	1.30ns	0.56ns	1.22ns	0.38ns	2.59ns
Population	4	84.40**	85.80**	79.93**	70.97**	85.13**	70.98**
Replication*Population	8	0.80ns	2.20ns	4.80ns	6.25ns	1.05ns	2.48ns
Family (Population)	19	10.40**	5.60**	4.60*	7.68*	9.62**	8.84*
Replication*Family (Population)	38	2.00**	2.90ns	6.04*	8.21ns	2.13ns	8.95ns
Residual	144	1.10	2.20	4.04	5.67	1.68	6.15

Notes: ns: not significant; *: significant at $P < 0.05$; **: significant at $P < 0.01$.

สำหรับมวลชีวภาพซึ่งประเมินจากน้ำหนักอบแห้งของกล้าไม้ พบว่ามีความผันแปรตามขนาดของกล้าไม้ กล้าไม้ที่มีการเติบโตมากกว่าจะมีมวลชีวภาพมากกว่ากล้าไม้ที่มีการเติบโตน้อยกว่า (Table 5) โดยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ซึ่งเป็นผลรวมของใบ กิ่ง และลำต้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 513.27 กรัม และมีมวลชีวภาพใต้ดิน (ส่วนของราก) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 159.38 กรัม โดยมีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 672.65 กรัม

การเติบโตทางด้านความสูงและความโตของต้นไม้ มีการผันแปรตามอายุของต้นไม้ (Foster, 1986; Paul *et al.*, 1997) ซึ่งการเติบโตของต้นไม้เมื่อมีอายุมากขึ้นและเรือนยอดเริ่มเบียดเสียดกัน มักจะแสดงถึงผลของความผันแปรทางพันธุกรรมที่เด่นชัดมากขึ้น (Namkoong and Conkle, 1976) โดยในขณะที่ต้นไม้มีอายุน้อยและมีช่องว่างระหว่างต้นมาก จะมีอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง (La Farge, 1975; Paul *et al.*, 1997) การเติบโตของกล้าประดู่ในการศึกษานี้ สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของพันธุกรรมที่มีต่อการเติบโตที่แตกต่างกันระหว่างประชากรหรือแหล่งเมล็ด และระหว่างสายพันธุ์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุของกล้าไม้ อีกทั้งกล้าไม้ที่มีการเติบโตมากกว่า ย่อมมีมวลชีวภาพมากกว่ากล้าไม้ที่มีการเติบโตช้ากว่า ดังนั้นความแตกต่างของการเติบโตของกล้าไม้ระหว่างแม่ไม้ ย่อมมีผลต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนของกล้าไม้ประดู่ด้วย อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ดำเนินการเพียง 3 ปี ผลการศึกษาที่ได้จึงเป็นเพียงผลการศึกษาในเบื้องต้น ซึ่งต้องมีการศึกษาและเก็บข้อมูลต่อเนื่องอีกหลายปี จึงจะนำผลไปประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ประดู่ที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนสูง สำหรับการปลูกป่าเพื่อลดภาวะโลกร้อน

Table 4. Ranks among families from the best to the poorest for height and diameter growth of *P. macrocarpus* seedlings grown in the field.

Rank	H0Y	H1Y	H2Y	H3Y	D0Y	D3Y
1	KP11	KP11	KP11	KP11	KP11	KP11
2	SR01	SR01	SR04	SR04	KP02	NM11
3	SR04	SR04	KP02	NM11	SR01	SR04
4	KP02	KP02	NM11	NM02	SR04	NM02
5	KP09	NM11	SR01	SR01	KP09	KK02
6	KP01	NM18	NM06	KP02	NM20	SR06
7	NM20	KP09	NM02	NM20	NM02	NM20
8	NM11	NM06	NM20	NM06	KP01	SR01
9	RR04	KP01	KP09	KP09	NM06	KP02
10	NM06	NM02	KP01	SR08	NM11	SR08
11	NM02	NM20	NM18	KP01	SR08	NM09
12	KK09	SR08	SR06	RR06	KK02	KP09
13	KK07	SR06	NM09	SR06	RR04	KK03
14	RR06	NM09	SR08	KK02	NM18	NM18
15	SR08	KK06	RR04	NM09	SR06	KK06
16	SR06	KK17	RR06	NM18	RR06	KP01
17	NM18	RR04	KK02	RR04	KK09	KK01
18	NM09	RR06	KK03	KK09	NM09	NM06
19	KK17	KK01	KK09	KK07	KK10	KK09
20	KK06	KK02	KK17	KK17	KK06	KK17
21	KK10	KK09	KK06	KK03	KK03	RR04
22	KK02	KK03	KK07	KK06	KK17	RR06
23	KK01	KK07	KK01	KK01	KK07	KK07
24	KK03	KK10	KK10	KK10	KK01	KK10

Table 5. Total height (HT, m), diameter at breast height (DBH, cm) and biomass (gram) of 17 sampled seedlings of *P. macrocarpus* seedlings grown in the field at three years old.

Sample No.	HT	DBH	ShootDW	RootDW	TotalDW
1	0.78	–	35.26	43.19	78.45
2	1.27	–	147.49	92.46	266.95
3	1.38	0.25	103.10	89.36	192.46
4	1.43	–	63.72	47.70	111.42
5	1.54	0.83	592.72	265.33	858.05
6	1.75	0.63	163.23	75.94	239.17
7	1.80	0.94	297.12	111.58	408.70
8	2.00	–	289.07	145.89	434.96
9	2.01	1.49	639.48	209.70	849.18
10	2.06	1.60	361.90	100.78	462.68
11	2.24	1.06	236.89	76.58	313.47
12	2.34	1.65	433.42	149.50	582.92
13	2.61	1.48	699.51	359.25	1,058.79
14	2.74	1.90	484.28	125.72	610.00
15	3.23	2.66	756.51	319.30	1,075.81
16	3.65	2.70	785.57	137.99	923.56
17	4.16	3.70	2,609.25	359.27	2,968.52

Notes: ShootDw: shoot dry weight; RootDW: root dry weight; TotalDW: total dry weight.

สรุปผล

การเติบโตของกล้าประดู่ในการศึกษานี้ มีความแตกต่างกันระหว่างประชากรและระหว่างแม่ไม้ และมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุ กล้าไม้ที่มีการเติบโตดีกว่ามีมวลชีวภาพมากกว่ากล้าไม้ที่มีการเติบโตช้ากว่า การคัดเลือกสายพันธุ์ประดู่ที่มีการเติบโตดีไปใช้ในการปลูกสร้างสวนป่า ย่อมเป็นการเพิ่มพูนผลผลิตของสวนป่าและเพิ่มพูนประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนและช่วยลดภาวะโลกร้อน

เอกสารอ้างอิง

Foster, G.S. 1986. Trends in genetic parameters with stand development and their influence on early selection for volume growth in loblolly pine. For. Sci. 32:944-959.

La Farge, I. 1975. Correlations between nursery and plantation growth in slash and loblolly pine. For. Sci. 21: 197-200.

Namkoong, G. and M.T. Conkle. 1976. Time trends in genetic control of height growth in ponderosa pine. For. Sci. 22:2-12.

Paul, A.D., G.S. Foster, T. Caldwell and J. McRae. 1997. Trends in genetic and environmental parameters for height, diameter and volume in a multilocation clonal study with loblolly pine. For. Sci. 43: 87-98.

Rathket, P. 1989. Role of farm planted, fast growing trees to support the Green Northeast Project. P. 17-29 *in* Proc. Forestry Conference. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand.