รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยที่ 3035-3883

เรื่อง การคัดเลือกแม่ไม้และสร้างฐานพันธุกรรมเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ไม้จันทร์ทองเทศที่ปลูกบนที่สูง (ระยะที่ 2)

Plus Tree Selection and Base Population Establishment for Improvement Program of *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke Planted on the Highland (Phase II)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ผศ.ดร. สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนจากมูลนิธิโครงการหลวง

เดือน ตุลาคม 2557 – กันยายน 2559

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย “การคัดเลือกแม่ไม้และสร้างฐานพันธุกรรมเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ไม้จันทร์ทองเทศ (*Fraxinus griffithii* C.B. Clarke) ที่ปลูกบนที่สูง” ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากมูลนิธิโครงการหลวง ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2557-2559 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ ที่ช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และดูแลแปลงทดลองเป็นอย่างดี ตลอดจนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์ และสถานีต่างๆ ของมูลนิธิโครงการหลวง ที่ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการสำรวจ คัดเลือกแม่ไม้ และการเก็บเมล็ดไม้จันทร์ทองเทศ เพื่อให้งานวิจัยดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานการวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่องานส่งเสริมการปลูกป่าบนพื้นที่สูงของมูลนิธิโครงการหลวงและหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2559

บทคัดย่อ

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์[1],วาทินี สวนผกา[1], กิตติศักดิ์ จินดาวงศ์[2] และ ขจร สุริยะ[2]

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2] มูลนิธิโครงการหลวง 65 หมู่ 1 ถนนสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

จันทร์ทองเทศ (*Fraxinus griffithii* C.B. Clarke) เป็นไม้พื้นเมืองไต้หวันที่มีการแปรผันของการเติบโตและรูปทรงลำต้นมากเมื่อนำมาปลูกบนพื้นที่สูง การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการแปรผันของการเติบโต รูปทรงลำต้น และลักษณะเชิงหน้าที่ของใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ 15 แหล่ง ในแปลงทดสอบแหล่งเมล็ด ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ความสูง 1,400 เมตร จากระดับน้ำทะเล) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (ระดับความสูง 720 เมตร จากระดับน้ำทะเล) จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Latinized Row-Column Design จำนวน 4 ซ้ำ

ผลการศึกษาอัตราการรอดตาย และการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงตั้งแต่อายุ 1-3 ปี มีความแตกต่างกันไปในแต่ละอายุ โดยเมื่ออายุ 3 ปี พบว่า อัตราการรอดตายมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ปลูก และปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูก ($p<0.05$) ในขณะที่เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแหล่งเมล็ด และพื้นที่ปลูก ($p<0.05$) ในขณะที่ลักษณะรูปทรงลำต้นที่สำคัญ ได้แก่ การแตกนาง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างแหล่งเมล็ด และระหว่างพื้นที่ปลูก ($p<0.05$) เช่นกัน แหล่งเมล็ดที่สามารถปรับตัวและเติบโตได้ดีในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 26 และ 27 ปี มีการเติบโตได้ดี ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ในขณะที่ แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 23 และ 24 ปี มีการเติบโตได้ดี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ และที่สำคัญยังพบว่า แหล่งเมล็ดต่างๆ เหล่านั้น มีลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทนทานต่อโรคและแมลงดีกว่าแหล่งเมล็ดอื่นๆ ทั้งนี้ การเติบโตของจันทร์ทองเทศจากทุกๆ แหล่งเมล็ดในแปลงทดสอบ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีค่าสูงกว่าในแปลงทดสอบลูกไม้ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ถึง 2 เท่า เนื่องมาจากความแตกต่างของปัจจัยภูมิอากาศและลักษณะดิน

นอกจากนี้ จากผลการศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่ของใบจันทร์ทองเทศพบว่า พื้นที่ใบจำเพาะ และปริมาณคลอโรฟิลล์ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพื้นที่ปลูก ($p<0.05$) เท่านั้น แต่ในทางตรงข้ามปริมาณฟอสฟอรัสในใบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างแหล่งเมล็ด ($p<0.05$) และระหว่างพื้นที่ปลูก ทั้งนี้ ลักษณะเชิงหน้าที่บางประการของใบจันทร์ทองเทศมีความสัมพันธ์กับการเติบโตของจันทร์ทองเทศ

คำสำคัญ: การเติบโต รูปทรงต้นไม้ ลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ แหล่งเมล็ด จันทร์ทองเทศ

Abstract

Sapit Diloksumpun[1*], Wathinee Suanpaga[1], Kittisak Jindawong[2] and Khajorn Suriya[2]

[1] Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand

[2] Royal Project Foundation 65 Moo 1 Suthep Rd., Muang District, Chiang Mai 50200 Thailand

Large variations in growth performance and tree form of *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke, native to Taiwan, have been observed when planted on the highland. This study aimed at determining the tree growth and form characteristics as well as leaf functional traits of *F. griffithii* of different 15 seed sources planted on two experimental sites with different altitudes: the Royal Agricultural Station Angkhang (1,400 m MSL) and the Royal Agricultural Station Pangda (720 m MSL), Chiang Mai province. Latinized Row-Column Design with four replications was applied.

The result shows variations in survival rate and growth parameters of *Fraxinus griffithii* in different ages up to three years olds. The 3-year-old trial indicated that differences in survival rate were statistically significant between the planting sites and the interaction between seed sources and sites ($p<0.05$), while differences in diameter at root collar, diameter at breast height and tree height were statistically significant among seed sources and between sites ($p<0.05$) as well as some tree form characterisitcs. Trees originated from 26- and 27-year-old stands at the Royal Agricultural Station Angkhang had better growth performance on the trial at the Royal Agricultural Station Angkhang, while those from 23- and 24-year-old stands at the Royal Agricultural Station Angkhang had better growth performance on the trial at the Royal Agricultural Station Pangda. These seed sources also had better tree form characteristics and disesease and insect tolerance. Overall, tree growth of all seed sources planted at the Royal Agricultural Station Pangda was considerably greater by two folds compared with those planted at the Royal Agricultural Station Angkhang due to differences in climatic factors and soil properties.

Furthermore, the analysis of leaf functional traits show significant differences in leaf specific area, chlorophyll, nitrogen, potassium, calcium and magnesium contents between the planting sites but only leaf phosphorus content was significant different among seed sources. Nevertheless, some leaf functional traits were significantly correlated with tree growth in this tree species.

Key words: growth performance, tree form characteristics, leaf functional trait, seed source, *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke

มูลนิธิโครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

สารบัญเนื้อหา

บทที่ 1 บทนำ	**หน้า**
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	
การแปรผันของต้นไม้	5
ลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ	8
การปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า	14
จันทร์ทองเทศ	18
บทที่ 3 กรรมวิธีทดลอง	
แหล่งเมล็ดจันทร์ทองเทศ	23
แปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ	23
การศึกษาสมบัติของดิน	28
การเก็บข้อมูลการรอดตายและการเติบโต	28
การประเมินลักษณะรูปทรงลำต้น	28
การศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ	30
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	30
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
การเปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ปลูก	31
อัตราการรอดตายของจันทร์ทอเงเทศ	36
การเติบโตของจันทร์ทองเทศ	40
ลักษณะรูปทรงของต้นไม้	60
ลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ	64
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย	75
ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการ	75
เอกสารอ้างอิง	77
ภาคผนวก ก.	85
ภาคผนวก ข.	87
ภาคผนวก ค.	90
ภาคผนวก ง.	102

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะพื้นที่ปลูก และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (MAI_{DBH}) ของจันทร์ทองเทศในพื้นที่สถานี และศูนย์ ของมูลนิธิโครงการหลวง	21
2	รายละเอียดของแหล่งเมล็ดจันทร์ทองเทศที่ปลูกทดสอบ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	24
3	สมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ระดับความลึกต่างๆ ณ แปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ	33
4	ปริมาณธาตุอาหารในดินที่ระดับความลึกต่างๆ ณ แปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ	35
5	อัตราการรอดตายของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 12 เดือน	37
6	อัตราการรอดตายของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 24 เดือน	38
7	อัตราการรอดตายของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 36 เดือน	39
8	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 12 เดือน	41
9	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 18 เดือน	42
10	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 24 เดือน	43
11	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 30 เดือน	44
12	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 36 เดือน	45
13	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 24 เดือน	48
14	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 30 เดือน	49
15	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 36 เดือน	50

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 12 เดือน	54
17	ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 18 เดือน	55
18	ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 24 เดือน	56
19	ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 30 เดือน	57
20	ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 36 เดือน	58
21	การประเมินการแตกนางและการตั้งตรงของลำต้นจันทร์ทองเทศ ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ	62
22	การประเมินลักษณะรูปทรงลำต้น และความทนทานต่อโรคและแมลง ของจันทร์ทองเทศ ที่ปลูก สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ	63
23	การประเมินลักษณะเรือนยอด และลักษณะกิ่ง ของจันทร์ทองเทศ ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	64
24	พื้นที่ใบจำเพาะ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่	66
25	ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่	68
26	ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของแม่จันทร์ทองเทศในพื้นที่ต่างๆ	87
2	ลักษณะรูปทรงของแม่จันทร์ทองเทศที่ใช้ในการคัดเลือกแม่ไม้โดยระบบการให้คะแนน	88
3	ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของจันทร์ทองเทศก่อนปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขางและสถานีเกษตรหลวงปางดะ	89

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการนำพันธุ์ไม้ป่ามาพัฒนาให้เป็นพันธุ์ไม้เพื่อการปลูกป่าและนำมาใช้ประโยชน์ (tree domestication)	16
2	แผนผังและลักษณะแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ (รายละเอียดแหล่งเมล็ดดังแสดงในตารางที่ 2)	26
3	แผนผังและลักษณะแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่ (รายละเอียดแหล่งเมล็ดดังแสดงในตารางที่ 2)	27
4	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของจันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ที่อายุต่างๆ	46
5	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของจันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุต่างๆ	51
6	ความสูงของจันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุต่างๆ	59

ภาพผนวกที่

1	ลักษณะลำต้น (บนซ้าย) ใบ (บนขวา) ดอก (ล่างซ้าย) และผล (ล่างขวา) ของจันทร์ทองเทศ	90
2	ลักษณะการทำแนวกันไฟรอบแปลงทดลองปลูกไม้จันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	91
3	การเกิดไฟป่าบริเวณรอบแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558	91
4	ลักษณะการทำแนวกันไฟรอบแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	92
5	การกำจัดวัชพืชและพรวนดินรอบโคนต้นไม้ในแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ซ้าย) และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (ขวา	92
6	การเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ	93
7	การเก็บข้อมูลการเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลองปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	93
8	การเก็บข้อมูลอัตราการรอดตาย และการเติบโต ในแปลงทดสอบจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ	94

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
9	การประเมินรูปทรงลำต้นของจันทร์ทองเทศ อายุ 3 ปี ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (บน) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (ล่าง)	95
10	การศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่ของใบของจันทร์ทองเทศ อายุ 3 ปี	96
11	การเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศอายุ 24 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี (ซ้าย) 26 ปี (กลาง) และแหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย (ซ้าย)	97
12	การเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศอายุ 24 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี (ซ้าย) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่น้อย แม่ไม้อายุ 16 ปี (กลาง) และแหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย (ขวา)	97
13	การเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศอายุ 36 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 26 ปี (AK8/3) และ 27 ปี (AK7/3) แหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย (ซ้ายล่าง) และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี (AK5/3)	98
14	การเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศอายุ 36 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี (AK9/3) แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 23 ปี (AK10/3) และแหล่งเมล็ดทั่วไป (AK14/3)	98
15	ลักษณะรูปทรงของจันทร์ทองเทศ รูปทรงลำต้นไม่แตกนาง ตั้งตรง และไม่โค้งงอ (บนซ้าย) การแตกนางที่ระดับสูงกว่า 1 ใน 4 ของความสูง (บนกลาง) การแตกนางที่ระดับต่ำกว่า 1 ใน 4 ของความสูง (บนขวา) ลำต้นมีความโค้งงอ (ล่างซ้าย) ขนาดของกิ่งมีขนาดเล็ก (ล่างกลาง) และขนาดใหญ่ (ล่างซ้าย) เทียบกับลำต้น	99
16	จันทร์ทองเทศในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ถูกหนอนกาแฟเจาะรากทำให้ต้นไม้ยืนต้นตาย	100
17	จันทน์ทองเทศในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะที่เคยมีแมลงเข้าทำลายตรงบริเวณยอด ทำให้ต้นไม้มีการแตกนาง ทำให้รูปทรงลำต้นเสีย	101

บทที่ 1 บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จันทร์ทองเทศ (*Fraxinusgriffithii* C.B. Clarke) เป็นไม้ต่างถิ่น (exotic tree) ซึ่งไม่ผลัดใบ (evergreen) จนถึงกึ่งผลัดใบ (nearly evergreen) มีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในทวีปเอเชียทั้งในเขตอบอุ่น ได้แก่ จีน ญี่ปุ่น และไต้หวัน และเขตร้อน ได้แก่ อินเดีย บังคลาเทศ พม่า เวียดนาม อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ พบกระจายทั่วไปอยู่ในเขตที่มีความสูง 100-2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง เติบโตได้ดีบริเวณที่มีฝนตกชุก และมีอุณหภูมิปานกลางตลอดปี (Wallander, 2008; Flora of China, 2010; USDA, ARS, National Genetic Resources Program, 2010) เนื้อไม้มีสีขาวเหลืองอมเทาเหมาะสำหรับใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ และนิยมนำเนื้อไม้ไปใช้ในงานแกะสลัก (Thaiutsa, 2003; USDA, ARS, National Genetic Resources Program, 2010) ในประเทศออสเตรเลียนิยมปลูกเป็นไม้ประดับอย่างแพร่หลายในหลายรัฐ เช่น New South Wales, Queensland, Northern Territory และ Western Australia และบางพื้นที่ของรัฐ South Australia และ Victoria เนื่องจากสามารถเติบโตได้ดีในดินหลายประเภท ประเทศไทยได้นำไม้ชนิดนี้มาจากประเทศไต้หวันมาทดลองปลูกในแปลงทดสอบชนิดไม้ (species trial) ร่วมกับไม้โตเร็วต่างถิ่นชนิดอื่นๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 และพบว่ามีการเติบโตที่ดีเช่นเดียวกับเพาโลว์เนีย (*Paulownia taiwaniana*) กระถินดอย (*Acacia confusa*) เมเปิลหอม (*Liquidambar formosana*) การบูร (*Cinnamomumcamphora*) และสนหนาม (*Cunninghamialanceolata*) (Thaiutsa, 2003) ทำให้มีการเริ่มนำจันทร์ทองเทศไปปลูกเพื่อใช้เป็นไม้ฟืน ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอีกจำนวน 27 แห่ง ที่มีความสูงตั้งแต่ 450-1,400 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง จากการศึกษาของ กิตติศักดิ์ และคณะ (2546) พบว่า อัตราการเติบโตมีการแปรผันสูงมาก โดยมีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (mean annual increment, MAI) ของเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกตั้งแต่ 0.7–3.01 เซนติเมตรต่อปี ทั้งนี้จันทร์ทองเทศที่ปลูกในหลายพื้นที่ที่มีความสูงตั้งแต่ 750-1,185 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตั้งแต่ 26-41 องศาเซลเซียส และมีบางพื้นที่ซึ่งมีอัตราการเติบโตดีกว่าที่ปลูกในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง นอกจากนี้ จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของจันทร์ทองเทศ โดยนิคมและอลงกรณ์ (2545) พบว่า จันทร์ทองเทศมีค่าความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) และค่าความหนาแน่น (density) ค่อนข้างสูง เท่ากับ 0.62 และ 0.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ และเนื้อไม้ละเอียดเสี้ยนตรง รับแรงได้ดี มีสีขาวเหลืองอมเทา เมื่ออายุมากขึ้นเห็นวงปีชัดเจน และสีของเนื้อไม้ระหว่างกระพี้และแก่น เป็นลักษณะที่มีความสำคัญในการใช้ประดับตกแต่งเพื่อความสวยงาม ดังนั้น จันทร์ทองเทศจึงเป็นไม้ที่มีคุณสมบัติที่มูลนิธิโครงการหลวงสนใจนำมาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมครัวเรือนหรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กและกลาง เช่น การแกะสลักไม้ ของประดับตกแต่ง ของที่ระลึก ของใช้สำนักงาน และของเล่น เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม การนำพันธุ์ไม้ต่างถิ่นมาปลูกนอกถิ่นกำเนิดเพื่อใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ หรือที่เรียกว่า tree domestication จำเป็นต้องมีการศึกษาการแปรผันของลักษณะต่างๆ อันเนื่องมาจากความแตกต่างของแหล่งพันธุกรรมของพันธุ์ไม้ เช่น ถิ่นกำเนิด (provenance) หรือ แหล่งเมล็ด (seed source) เป็นต้น เพื่อทำให้สามารถคัดเลือกแหล่งพันธุกรรมที่มีคุณภาพสำหรับเป็นฐานพันธุกรรม (genetic base) เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ไม้ (tree improvement) ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการต่อไป (Pinyopusarerk and Kalinganire, 2003) สำหรับการนำจันทร์ทองเทศซึ่งเป็นไม้ต่างถิ่นมาปลูกในพื้นที่ต่างๆ ของมูลนิธิโครงการหลวงมีแหล่งพันธุกรรมทั้งหมดมาจากประเทศไต้หวันทำให้มีฐานพันธุกรรมแคบ กอปรกับยังขาดข้อมูลลักษณะชีวภูมิศาสตร์ (biogeographic information) ของแหล่งพันธุกรรมที่นำเข้ามา ดังนั้น การคัดเลือกแม่ไม้จากแปลงทดลองต่างๆ ภายใต้การดำเนินงานของมูลนิธิโครงการร่วมกับการนำเข้าเมล็ดจากแหล่งพันธุกรรมหรือถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติ (provenance) จากประเทศต่างๆ สำหรับทดสอบการแปรผันทางพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ของจันทร์ทองเทศ การเติบโต รูปทรงของลำต้น และลักษณะเชิงหน้าที่ของใบซึ่งอาจเป็นลักษณะเฉพาะทางสัณฐานวิทยา (morphological trait) สรีรวิทยา (physiological trait) และชีพลักษณ์ (phenological trait) ที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการแปรผันของการเติบโต และการปรับตัว (Cornelissen *et al*., 2003) ของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะจึงเป็นสิ่งสำคัญในการเริ่มต้นงานปรับปรุงพันธุ์จันทร์ทองเทศ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการแปรผันการเติบโตและลักษณะรูปทรงของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงที่แตกต่างกัน
2. เพื่อคัดเลือกแม่ไม้จันทร์ทองเทศที่เหมาะสมสำหรับผลิตกล้าเพื่อปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงที่แตกต่างกัน

ขอบเขตการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ในระยะแรกเป็นการคัดเลือกแม่จันทร์ทองเทศที่ปลูกในปีต่างๆ ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และศูนย์/สถานีอื่นๆ (เช่น สถานีเกษตรหลวงปางดะ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง เป็นต้น) ที่จันทร์ทองเทศมีอัตราการเติบโตดี และนำเข้าเมล็ดจากแหล่งเมล็ดตามธรรมชาติ (เช่น ประเทศจีน ไต้หวัน เอเชียใต้ และตะวันออกเฉียงใต้) และระยะที่สองเป็นการทดสอบการแปรผันของการเติบโตลักษณะรูปทรงของต้นไม้และลักษณะเชิงหน้าที่ของใบของจันทร์ทองเทศ ที่ปลูกในพื้นที่โครงการหลวงที่มีระดับความสูงที่แตกต่าง

กัน โดยเลือกสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ (ระดับความสูง 1,400 เมตร จากระดับน้ำทะเล) เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากน้ำทะเลมากกว่า 1,000 เมตร และสถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่ (ระดับความสูง 720 เมตร จากระดับน้ำทะเล) เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากน้ำทะเลน้อยกว่า 1,000 เมตร โดยมีแหล่งเมล็ดจันทร์ทองเทศจากแม่ไม้ที่คัดเลือกจากพื้นที่ปลูกในประเทศไทยและออสเตรเลีย รวม 15 แหล่ง และสามารถพัฒนาแปลงทดลองให้เป็นแหล่งเมล็ดที่มีคุณภาพเพื่อส่งเสริมการปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 1,000 เมตร และน้อยกว่า 1,000 เมตร และเพื่อเป็นแหล่งพันธุกรรมเพื่อการปรับปรุงพันธุ์จันทร์ทองเทศต่อไปในอนาคต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถคัดเลือกจันทร์ทองเทศที่สามารถปรับตัวได้ดีในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากน้ำทะเลที่แตกต่างกันสำหรับนำไปปลูกในพื้นที่ต่างๆ ของมูลนิธิโครงการหลวง
2. มีแหล่งพันธุกรรมจันทร์ทองเทศเพื่อใช้เป็นฐานพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์จันทร์ทองเทศให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

มูลนิธิ
โครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

บทที่ 2 ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

การแปรผันของต้นไม้

การแปรผันของต้นไม้เป็นความรู้พื้นฐานที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานทางด้านการปรับปรุงพันธุ์ไม้ เนื่องจากการแปรผันนี้เป็นส่วนที่ถูกนำไปใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ตามวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปทำให้ประชากรพืชมีการปรับตัวผลของการปรับตัวทำให้เกิดการแปรผันทางพันธุกรรม (genetic variation) เมื่อพันธุกรรมแปรผันไปจะก่อให้เกิดลักษณะพันธุกรรมใหม่ๆ ซึ่งจะมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่พืชนั้นขึ้นอยู่และจะก่อให้เกิดการแปรผันของลักษณะภายนอกหรือสัณฐานวิทยาดังนั้นประชากรพืชที่มีการแปรผันน้อยหรือมีความหลากหลายทางพันธุกรรมน้อยจึงนับว่ามีความเสี่ยงต่อการลดจำนวนประชากรหากสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างฉับพลัน (ฉันทฬส, 2544) พันธุกรรมที่ผันแปรไปนั้นเราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ได้ โดยการคัดเลือกเอาพันธุ์ดีที่ต้องการมาขยายพันธุ์ และปรับปรุงพันธุ์ในขั้นต่อไป

โดยทั่วไปการแปรผันของการแสดงออกของลักษณะภายนอกของต้นไม้เกิดจากสาเหตุ 3 ประการ คือการแปรผันจากปัจจัยทางพันธุกรรม (genetic variation) การแปรผันจากสิ่งแวดล้อม (environmental variation) และการแปรผันจากอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างปัจจัยทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม (Zobel and Talbert, 1984)

1. ปัจจัยทางพันธุกรรม เป็นเรื่องที่ค่อนข้างซับซ้อน ส่วนใหญ่ใช้ตัวแปรทางพันธุศาสตร์ที่เรียกว่า genetic variance การแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมในทางทฤษฎีประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

additive variance คือ อิทธิพลทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมซึ่งเป็นอิทธิพลรวมของอัลลีล (allele) ในยีนทุกๆ ตำแหน่ง (gene loci) ที่มีอิทธิพลต่อลักษณะใดๆ ของต้นไม้

non-additive variance ประกอบด้วย 2 รูปแบบ ได้แก่ อิทธิพลทางพันธุกรรมเนื่องจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนในตำแหน่งเดียวกันที่มีอิทธิพลต่อลักษณะใดๆ ของต้นไม้และอิทธิพลทางพันธุกรรมเนื่องจากปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนต่างตำแหน่งที่มีอิทธิพลต่อลักษณะใดๆ ของต้นไม้

จะเห็นได้ว่า additive variance ใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ได้ ส่วน non-additive variance จะใช้ประโยชน์ได้เมื่อมีการผสมพันธุ์เฉพาะคู่ (specific crosses) หรือมีการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ เพื่อผลิตกล้าไม้สำหรับปลูกเป็นการค้าเท่านั้น ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่าเบื้องต้นจึงใช้ประโยชน์จาก additive variance มากกว่า non-additive variance

2. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่เป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตของต้นไม้ ทั้งปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ทิศทางด้านลาด ความลึกของดิน ความเร็วลม เป็นต้น และปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สามารถควบคุมและจัดการได้ เช่น ความหนาแน่นของต้นไม้ หรือการแก่งแย่งสารอาหารและแสงแดดของต้นไม้สามารถจัดการได้โดยการตัดขยายระยะ (thinning) หากดินขาดความสมบูรณ์สามารถจัดการโดยการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มสารอาหารที่ขาด หากดินอัดตัวแน่นสามารถใช้การไถพรวนหรือการเตรียมพื้นที่ที่ดีเพื่อปรับสมบัติทางกายภาพของดิน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของปัจจัยสิ่งแวดล้อมเหล่านี้มีอิทธิพลต่อการแปรผันของต้นไม้ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเติบโตของต้นไม้ซึ่งส่วนใหญ่ถูกควบคุมโดยปัจจัยสิ่งแวดล้อมมากกว่าปัจจัยทางพันธุกรรม

3. การแปรผันที่เกิดจากการกระทำต่อกันของพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม คือ การแปรผันของต้นไม้ที่มีพันธุกรรมเหมือนกัน เมื่อนำไปปลูกในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ลักษณะของต้นไม้ทั้งสองแหล่งมีความแตกต่างกัน ถือว่าเป็นผลมาจากการกระทำ (interaction) ของลักษณะทางพันธุกรรม (genotype) และสิ่งแวดล้อม (environment) เรียกโดยรวมว่า ลักษณะทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อกัน

โดยปกติแล้วการแปรผันที่เกิดจากการกระทำต่อกันของพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมจะปรากฏให้เห็นเด่นชัดถ้าสิ่งแวดล้อมมีความแตกต่างกันมาก ดังนั้น ในการทดลองจึงควรมีการทดสอบในหลายพื้นที่และให้มีสภาพแวดล้อมต่างกันใช้สายพันธุ์ที่หลากหลายในการตรวจสอบ ผลที่ได้ก็ย่อมจะแตกต่างกันไป เช่น บางสายพันธุ์สามารถขึ้นได้ดีในหลายพื้นที่ เรียกว่ามี stability ดี สามารถใช้ปลูกได้กว้างขวาง บางสายพันธุ์สามารถขึ้นได้ดีในบางพื้นที่เท่านั้น สิ่งเหล่านี้จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการใช้เมล็ดไม้น้อยที่สุด และยังมีผลต่อเนื่องไปยังการปรับปรุงพันธุ์ด้วย เพราะการปรับปรุงโดยใช้แม่ไม้ที่มี stability ที่ดีย่อมให้ผลคุ้มค่ากว่าการใช้ไม้ที่ไม่ค่อย stable เพราะจะนำไปปลูกไม่ได้กว้างขวาง (วิเชียร, 2542)

พรรณไม้ป่าที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาตินั้น มีวิวัฒนาการทำให้เกิดการแปรผันของลักษณะต่างๆ การแปรผันเหล่านี้สามารถนำมาใช้เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ การศึกษาถึงชนิดและปริมาณของการแปรผันที่มีอยู่ในชนิดไม้ต่างๆ เป็นงานที่ต้องมีความรอบคอบและรัดกุม ไม่มีวิธีการใดวิธีการหนึ่งที่มีความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่ารูปแบบต่างๆ ของการแปรผันของไม้ในป่าธรรมชาติได้ แต่ที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ Nested Sampling Procedure (Zobel and Talbert, 1984) โดยเริ่มพิจารณาจากการแปรผันในไม้ชนิดเดียวกันที่ขึ้นอยู่เป็นกลุ่มในที่ต่างกัน โดยดูจากกลุ่มใหญ่แล้วเล็กลงไปเรื่อยๆ จนถึงความแตกต่างระหว่างต้น และความแตกต่างภายในต้นเดียวกันในที่สุด สามารถเรียงลำดับได้ดังนี้

1. การแปรผันที่เกิดจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ หรือถิ่นกำเนิดส่วนใหญ่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมในปริมาณมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัว (adaptability) ของต้นไม้ (Zobel and Talbert, 1984) และความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ไม้นี้ขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจในการแปรผันที่เกิดจากลักษณะทางภูมิศาสตร์หรือถิ่นกำเนิด อย่างไรก็ตาม การอธิบายความแตกต่างทางภูมิศาสตร์

และการระบุขอบเขตที่แน่นอนทำได้ยาก นอกเสียจากการมีความแตกต่างทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเด่นชัด จากการศึกษาการแปรผันของการเติบโตของไม้กระถินณรงค์จากต่างถิ่นกำเนิด โดยทำการศึกษาในแปลงทดลองถิ่นกำเนิดของกระถินณรงค์ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ลำเภาทราย จังหวัดกาญจนบุรี และสวนอนุรักษ์พันธุ์ไม้ป่าสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พบว่า กระถินณรงค์ที่สวนอนุรักษ์พันธุ์ไม้ป่าสะแกราชมีการเติบโตดีกว่าสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ลำเภาทราย (ปาริชาต, 2541) ทั้งนี้เนื่องมาจากความแตกต่างของพื้นที่ที่ใช้ในการทำการศึกษา

2. การแปรผันที่เกิดจากพื้นที่ภายในถิ่นกำเนิด ในถิ่นกำเนิดหนึ่งๆ อาจมีความแตกต่างหรือการแปรผันของต้นไม้อันเกิดจากความแตกต่างของพื้นที่ (sites) ได้มาก แต่การแปรผันที่เกิดขึ้นนี้อาจไม่ได้ถูกควบคุมโดยพันธุกรรม เช่น ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ชายทะเล อาจจะมีลักษณะต้นเตี้ยหรือคล้ายไม้พุ่ม เนื่องจากอิทธิพลของลมทะเลที่พัดแรงอยู่ตลอดเวลา แต่เมื่อนำเข้าไปปลูกในพื้นที่ไกลจากฝั่งมากๆ การเติบโตอาจดีขึ้น รูปทรงก็ดีขึ้นได้ เช่น การศึกษาการแปรผันทางสัณฐานวิทยาของไม้เสม็ดขาวในพื้นที่ต่างกัน 2 แบบ คือ พื้นที่ดอน และพื้นที่มีน้ำท่วมขังปีละ 6-8 เดือน โดยดินชั้นบนมีชั้นดินพรุหนาประมาณ 15 เซนติเมตร พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไม้เสม็ดขาวมีการแปรผันระหว่างพื้นที่ โดยในพื้นที่ดอนมีลำต้นคดงอ เตี้ยแคระ เปลือกลำต้นบาง เรือนยอดกลม พื้นที่ใบมากจำนวนดอกย่อยและจำนวนผล/ช่อน้อย และไม่มีรากพิเศษ ส่วนในพื้นที่มีน้ำท่วมขัง มีลำต้นตรงต้นโตและสูง เปลือกหนา เรือนยอดรูปกรวยคว่ำ พื้นที่ใบน้อย จำนวนดอกย่อยและจำนวนผล/ช่อมาก และมีรากพิเศษเนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดิน ซึ่งดินชั้นบนของพื้นที่มีน้ำท่วมขังมีความเหมาะสมแก่การเติบโตของไม้เสม็ดมากกว่าพื้นที่ดอน (สิตา, 2544)

3. การแปรผันที่เกิดระหว่างหมู่ไม้ในพื้นที่หมู่ไม้ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่เดียวกันอาจมีความแตกต่างกัน เช่น รูปทรงของต้นไม้ (form) แต่โดยทั่วไปแล้วจะพบความแตกต่างทางด้านพันธุกรรมน้อยมาก อาจถือว่าไม่มีความสำคัญเลย อย่างไรก็ตามสมมติฐานนี้อาจไม่เป็นจริงเสมอไปหากมนุษย์เข้าไปเปลี่ยนแปลงสภาพของประชากรในหมู่ไม้นั้นๆ โดยการเลือกตัด การตัดขยายระยะ หรือนำวิธีการจัดการป่าไม้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การพบหมู่ไม้ที่มีรูปทรงดี เปลาตรง ขึ้นอยู่ใกล้ๆ กับหมู่ไม้ที่มีลำต้นคดงอ ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องจากการตัดไม้รูปทรงดีจากหมู่ไม้ออกไป เหลือต้นที่มีลักษณะไม่ดี ลำต้นคดงอ บิดเบี้ยว จนเกิดการขยายพันธุ์ต้นที่ไม่ดี

4. การแปรผันระหว่างต้นในหมู่ไม้ในธรรมชาตินั้นต้นไม้ชนิดเดียวกันแม้ขึ้นอยู่ในหมู่ไม้เดียวกัน ก็มีความแตกต่างกันอย่างมากและเห็นได้ชัด ความแตกต่างนี้ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากพันธุกรรม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้น โดยผ่านการคัดเลือก (selection) และผสมพันธุ์ (breeding) เป็นที่น่าสังเกตและน่าวิเคราะห์อย่างยิ่งที่คุณลักษณะต่างๆ ที่มีความสำคัญ เช่น รูปทรง (form) คุณสมบัติไม้ (wood qualities) ความต้านทานโรคและแมลง (resistance to pests and

diseases) รวมทั้งการเติบโต (growth) ของไม้สองต้นที่อายุเท่ากันขึ้นอยู่ใกล้ชิดติดกัน จนระบบรากเกยหรือพันกัน จะมีความแตกต่างกันอย่างมาก และเป็นการแปรผันระหว่างต้นไม้ที่อยู่ในป่าธรรมชาติหรือแม้แต่ในสวนป่าเองก็ตาม ความแตกต่างดังกล่าวจะพบอยู่อย่างเสมอ และถูกควบคุมโดยพันธุกรรม (genetically controlled) ในอัตราส่วนที่ค่อนข้างสูง (Zobel and Talbert, 1984)

5. การแปรผันภายในต้นไม้การแปรผันภายในต้นมักเกิดเฉพาะในบางลักษณะ (characteristics) เท่านั้น เนื่องจากต้นไม้มีความสูงและความโตเพียงอย่างเดียว ดังนั้นความสูงและความโตจึงไม่เกิดการแปรผันภายในต้นเดียวกัน ตัวอย่างการแปรผันที่เกิดขึ้นในต้นเดียวกันนั้น คือ ความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกันของไม้สนที่ขึ้นอยู่ทางตอนใต้ของของ สหรัฐอเมริกาซึ่งแตกต่างไปตามระดับความสูงของลำต้น (Zobeland Talbert, 1984) ใบของต้นไม้ใบกว้างบางชนิดแม้จะอยู่ต้นเดียวกันก็มีความแตกต่างกันระหว่างใบที่อยู่ในร่มกับใบที่อยู่กลางแดด (วิเชียร, 2542)

ลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ

ลักษณะเฉพาะเชิงหน้าที่ของพืช (plant functional trait) หมายถึง “ลักษณะใดๆ ของพืชทางสัณฐานวิทยา (morphological trait) สรีรวิทยา (physiological trait) และชีพลักษณ์ (phenological trait) ที่ซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงและสมรรถภาพของพืชอย่างมีนัยสำคัญได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการแสดงออกทางด้านการเติบโต การอยู่รอด และการสืบต่อพันธุ์ของพืช” (Cornelissen *et al*., 2003) ลักษณะเชิงหน้าที่ของพืชสามารถปรากฏให้เห็นได้ในหลายส่วนของพืช ทั้งส่วนลำต้น ยอด กิ่งก้าน และราก โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะเชิงหน้าที่ของใบซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเติบโตของพืช ใบพืชมีหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงสร้างอาหารให้กับพืช อีกทั้งยังมีส่วนช่วยลดมลพิษในอากาศได้ โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความสามารถในการรับแสงและสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งในการศึกษาหน้าที่ต่างๆ นั้นต้องอาศัยค่าจำนวนใบ พื้นที่ใบ และดัชนีพื้นที่ใบ โดยพื้นที่ใบนั้นสามารถบ่งบอกถึงการเติบโตและพัฒนาการของพืช ค่าพื้นที่ใบจึงเป็นส่วนสำคัญในการศึกษาทางสรีรวิทยา (physiology) นิเวศสรีรวิทยา (ecophysiology) และสถาปัตยลักษณ์ของพืช (plant architecture) (เชฏฐ์, 2543)

พื้นที่ใบ

ใบ คือ พื้นที่สำหรับการดูดซับพลังงานจากรังสีจากดวงอาทิตย์เพื่อนำมาใช้ในการสังเคราะห์แสงในสภาพที่ไม่มีปัจจัยอื่นใดเป็นขีดจำกัด อาทิเช่น น้ำ อุณหภูมิ และการขาดสารอาหารของพื้นที่ใบจัดเป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) ที่สำคัญที่สุดต่อการเติบโตของพืช

การวัดพื้นที่ใบนั้นมีหลายวิธีมีทั้งแบบทำลายใบ (destructive method) โดยการวัดใบพืชโดยตรง เช่น การปลิดใบจากลำต้นนำเข้าเครื่องวัดพื้นที่ใบ (leaf area meter) นั้นเป็นวิธีที่ง่ายและ

สะดวกรวดเร็ว แต่มีข้อจำกัดคือเครื่องมือมีราคาแพง (Gamiely *et al*., 1991) ส่วนในการวัดพื้นที่ใบทางอ้อมและไม่ทำลายใบ (Non-destructive method) นิยมใช้ในการศึกษาสรีรวิทยาทางการเกษตรที่ต้องการศึกษาการเติบโตและการพัฒนาของพืชต้นเดิมได้อย่างต่อเนื่อง (โสภิดา, 2546) ซึ่งการวัดพื้นที่ใบทางอ้อม ได้แก่ การใช้สมการเชิงเส้นเป็นเครื่องมือในการประเมินพื้นที่ใบโดยใช้ศึกษาการเติบโตและพัฒนาของพืช การสแกนใบ เป็นต้น (Wiersma and Bailey, 1975)

การวิเคราะห์การเติบโต (growth analysis) ในปัจจุบันมีค่าที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์คือ การเติบโตสัมพัทธิ์ (relative growth rate) การสังเคราะห์แสงสุทธิ (net assimilation rate) อัตราส่วนของใบ (leaf area ratio) น้ำหนักใบเฉพาะ (specific leaf weight, SLW) พื้นที่ผิวใบเฉพาะ (specific leaf area, SLA), และ ค่าสัดส่วนของน้ำหนักแห้งในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช เช่น shoot root ratio (S/R), leaf dry weight (LWR), stem dry weight (SWR), root dry weight (RWR) ค่า leaf area index (LAI) และค่า leaf area duration (LAD) เป็นต้น

พื้นที่ใบในทางสรีรวิทยาของพืช หมายถึงพื้นที่เพียงด้านเดียวของตัวใบหรือแผ่นในพืชและหมายถึงเฉพาะใบที่ยังมีสีเขียว ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการสังเคราะห์แสงยังคงมีอยู่ การวัดพื้นที่ใบอาจทำได้โดยวิธีการต่างๆ เช่น คำนวณจากความสัมพันธ์ของการวัดเส้นตรงความยาวหรือความกว้างของใบ การหาพื้นที่ด้วยเส้นรอบใบ สัดส่วนของน้ำหนักต่อพื้นที่ใบ เป็นต้น

พื้นที่ใบจำเพาะ

ใบ คือ พื้นที่สำหรับการดูดซับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงในสภาพที่ไม่มีปัจจัยอื่นใดเป็นขีดจำกัด อาทิเช่น น้ำ อุณหภูมิ และการขาดสารอาหารของพืช พื้นที่ใบจัดเป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) ที่สำคัญที่สุดต่อการเติบโตของพืช

พื้นที่ใบจำเพาะ specific leaf area (SLA) คือ อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อหน่วยน้ำหนักของใบ ซึ่งสามารถบอกค่าความหนาแน่นหรือความหนาของใบได้ พื้นที่ใบจำเพาะ มักจะถูกใช้วิเคราะห์ในการเติบโต ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (relative growth rate RGR) ดังสมการ

$$SLA = \frac{LA}{LW}$$

เมื่อ SLA คือ พื้นที่ใบจำเพาะ หน่วยเป็นพื้นที่ต่อน้ำหนัก
LA คือ พื้นที่ใบทั้งหมด
LW คือ น้ำหนักแห้งของใบ

น้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้ง (dry weight หรือ biomass) เป็นค่าที่นิยมใช้ในการวัดการเติบโต และพัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชปลูก การสะสมน้ำหนักแห้งของพืชเป็นผลมาจากการสังเคราะห์แสง (photosynthesis : Pn) การหายใจ (respiration : Res) การเคลื่อนย้าย (translocation : Tran) และการตาย (dead) ของต้นพืช หรือของอวัยวะที่สนใจศึกษา (Warren Wilson, 1967)

อย่างไรก็ตาม ในขณะที่มีแสงและในช่วงระยะเวลาที่พืชมีการเติบโตอย่างเต็มที่ มักจะพบว่าพืชมีอัตราการหายใจจะคงที่ประมาณร้อยละ 33 ของอัตราการสังเคราะห์แสง ค่าของน้ำหนักแห้ง (W) ก็คือปริมาณการสังเคราะห์แสงสุทธิ (net photosynthesis) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งของต้นพืชต่อเวลา ที่เรียกว่าอัตราการเติบโตของพืช (crop growth rate : CGR) สามารถใช้อธิบายกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้ โดยเทียบได้คือค่าแสดงถึงอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งทำให้สามารถเข้าใจกลไกทางสรีรวิทยาของพืชปลูกได้โดยวิธีการอย่างง่าย และไม่ต้องการเครื่องมือวัดการสังเคราะห์แสงของพืชที่เฉพาะอย่างและมีราคาแพง

สารอาหารในใบ

สารอาหารสำหรับพืช หมายถึง สารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเติบโตของพืช ซึ่งถ้าเกิดพืชขาดสารอาหารนี้แล้ว ทำให้พืชไม่สามารถวงจรชีวิตได้ตามปกติ หรือ สารนั้นเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช หรือส่วนประกอบของสารตัวกลางในกระบวนการสร้างและสลาย สารอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับพืชประกอบด้วย ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), และ โปแตสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) กำมะถัน (S) แมกนีเซียม (Mg), และ ซิลิคอน (Si)

<u>ไนโตรเจน</u>

ไนโตรเจน (N) มีผลต่อการเติบโตและผลผลิตของพืชในกระบวนการสรีระวิทยาและชีวเคมีของพืชมากกว่าธาตุชนิดอื่น ไนโตรเจนเป็นสารประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ โคเอนไซม์ ดังนั้นไนโตรเจนจึงมีบทบาทในกระบวนการเมตาบอลิซึมในหลายๆปฏิกิริยาด้วย นอกจากนี้ไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์ (Fageria, 2009) และสารประกอบที่สำคัญอื่นๆ อีกหลายชนิด โดยร้อยละ 70 ของไนโตรเจนในพืชจะอยู่ในคลอโรพลาสต์ รูปแบบของไนโตรเจนที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้มีอยู่ 3 อย่าง คือ ไนเทรตไอออน (NO^-_3) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และยูเรีย ($CO(NH_2)_2$) ในดินที่มีการระบายอากาศดี ไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปไนเตรท แม้พืชจะได้รับไนโตรเจนในรูปไนเทรตเพียงอย่างเดียวแต่พืชก็สามารถใช้ประโยชน์ในการเติบโตได้ดี เมื่อไนเตรทเข้าสู่พืชจะถูกรีดิวซ์จนได้แอมโมเนียมแล้วจึงเข้ารวมกับอินทรียสารบางชนิดสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน

และอะไมด์ หากพืชดูดแอมโมเนียมเข้าไปในเซลล์นำไปสังเคราะห์กรดอะมิโนและอะไมด์ได้ทันทีเช่นกัน โดยทั่วไปพืชมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระหว่างร้อยละ 2–5 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อพืชได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่ต่ำกว่าระดับปกติย่อมมีการเติบโตน้อยลง การขาดธาตุไนโตรเจนจะปรากฏอาการชัดเจนที่ใบแก่ก่อน เนื่องจากไนโตรเจนเคลื่อนย้ายจากใบแก่ไปเลี้ยงเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนา ทำให้ใบแก่ร่วงหล่น (ยงยุทธ, 2546) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบด้านเคมี หากเพิ่มไนโตรเจนถึงระดับเพียงพอ จะส่งผลกระทบต่อวิถีเมตาบอลิซึมหลายด้าน เช่น มีการเพิ่มปริมาณโปรตีนในใบ การเจริญของใบ และการสังเคราะห์แสงสุทธิ เป็นต้น หากพืชมีการขาดไนโตรเจนจะมีผลทำให้ดัชนีพื้นที่ใบลดลง ขนาดทรงพุ่มลดลง ประสิทธิภาพการใช้แสงลดลง ทำให้การสังเคราะห์แสงในพืชต่ำตามลงมา (Fageria, 2009)

ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส (P) ในดินน้อยกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียม โดยมีฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.005-0.15 เปอรเซ็นต์ (Havlin *et al*., 2005) ซึ่งพืชต้องการฟอสฟอรัสโดยน้ำหนักแห้ง เพื่อให้การเติบโตในระยะวัฒนภาค (vegetative stage) เป็นไปตามปกติ เนื่องจากฟอสฟอรัสเปฝ้นองค์ประกอบของอินทรียสารที่สำคัญในพืช เช่น น้ำตาลฟอสเฟต นิวคลีโอไทด์ กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟลิปิด สารพลังงานสูง (adenosine triphosphate, ATP) โคเอนไซม์ และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการแมทาบอลิซึมของพืช ฟอสฟอรัสในสารละลายดินเป็นแอนไอออนของกรดออร์โทฟอสฟอริก (H_3PO_4) โดยสวนใหญพืชจะดูดไปใช้ประโยชน์ในรูปโมโนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) มากกว่าไดฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) และไตรฟอสเฟตไอออน (PO_4^{3-}) (ยงยุทธ, 2546)

เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัสมักมีลักษณะแคระแกร็น การเติบโตของลำต้นหยุดชะงัก ใบจะมีสีเขียวเข้มหรือสีมวงคล้ำ แต่ถ้าพืชขาดฟอสฟอรัสในระดับที่รุนแรงใบจะมีสีเหลืองและเหี่ยวอย่างรวดเร็ว ออกดอกช้า ไมมีการสร้างตัวของเมล็ดและเมล็ดมีคุณภาพต่ำ (Brady and Weil, 2008) การขาดฟอสฟอรัสของพืชมีผลทำให้ใบขยายขนาดช้าและจำนวนใบน้อย สาเหตุที่แผ่นใบมีการขยายขนาดช้าก็เพราะเซลล์ชั้นผิวไม่ค่อยขยายตัว แต่ปริมาณโปรตีนและคลอโรฟลล์ต่อหน่วยพื้นที่ใบลดลงเพียงเล็กน้อยเนื่องจากขนาดใบลดมากแตคลอโรฟลล์ลดน้อยกวา ทำให้ใบพืชที่ขาดฟอสฟอรัสในระยะแรกมีสีเขียวเข้มขึ้นแตอัตราการสังเคราะห์แสงต่ออหน่วยของคลอโรฟลล์มีค่าลดลง ทำให้การเติบโตของส่วนเหนือดินและรากลดลง (ยงยุทธ, 2546)

โพแทสเซียม

โพแทสเซียม (K) รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ K^+ โพแทสเซียมมีบทบาทในการเติบโตของรากและช่วยปรับปรุงการดูดใช้ของน้ำและสารอาหาร โดยเฉพาะเพิ่มการดูดใช้และการขนส่งธาตุเหล็กในพืช ใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ เป็นตัวสร้างเซลลูโลส ควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ โพแทสเซียมทำให้การ

หายใจลดลงเพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงาน ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนให้กับพืชแม้โพแทสเซียมจะไม่ได้เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ หากแต่การขาดธาตุโพแทสเซียมมีผลทำให้คลอโรฟิลล์ถูกทำลาย (Fageria, 2009) นอกจากนี้โพแทสเซียมยังมีบทบาทเกี่ยวกับการขยายขนาดของเซลล์และปรับความเต่งภายในเซลล์ ควบคุมระดับ pH ของไซโทพลาสซึม ดังนั้นจึงมีส่วนในการควบคุมกลไก homeostasis ของสิ่งแวดล้อมภายในเซลล์ให้เหมาะสมสำหรับกิจกรรมต่างๆ นอกจากนี้บทบาทที่สำคัญอีกด้านหนึ่งคือช่วยกระตุ้น (activate) เอนไซม์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการขนส่งไอออนที่เยื่อและเอนไซม์อื่นๆอย่างน้อย 60 ชนิด ในช่วงที่พืชมีการเติบโต เป็นต้น

โพแทสเซียมยังมีบทบาทในการ activate เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแป้ง คือ เอนไซม์ starch syntheses ซึ่งเร่งปฏิกิริยาการถ่ายโอนกลูโคสไปยังโมเลกุลของแป้ง เอนไซม์จากพืชหลายชนิดและหลายอวัยวะต่างต้องการโพแทสเซียมทั้งสิ้น ความเข้มข้นของโพแทสเซียมภายในอวัยวะเหล่านี้ที่เหมาะสมอยู่ในช่วย 50–100 มิลลิโมลาร์ แต่ถ้าสูงกว่านี้มากเกินไปจะมีผลในเชิงยับยั้งและทำให้ปริมาณแป้งลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอวัยวะสะสมแป้ง (ยงยุทธ, 2546) แม้ว่าโพแทสเซียมจะไม่ใช่องค์ประกอบพื้นฐานของโปรตีน คาร์โบไฮเดรตหรือไขมัน แต่โพแทสเซียมกลับมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมทาบอลิซึมของสารเหล่านี้ โดยโพแทสเซียมจะกระตุ้นกิจกรรมการสังเคราะห์แสงโดยรวมของพื้นที่ใบและเพิ่มอัตราการขนย้ายสารที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Howeler, 1991)

<u>แคลเซียม</u>

แคลเซียม (Ca) เป็นสารอาหารที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการแบ่งเซลล์ การยืดยาวและมีความสำคัญในการรักษาความยืดหยุ่นของเยื่อหุ้มเซลล์ของพืช เนื่องจากมีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างเส้นใยระยะไมโตซิส และเป็นองค์ประกอบของ calcium pectate ใน middle lamella ของ cell plate ในช่วยของการแบ่งเซลล์ แคลเซียมจะรวมอยู่กับ calmodulin ซึ่งเป็นโปรตีนขนาดเล็กในไซโทซอลซึ่งสันนิษฐานว่าแคลเซียมและ calmodulin เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด นอกจากนี้แคลเซียมยังมีบทบาทในการรักษาโครงสร้างและการทำหน้าที่เป็น second messenger ที่ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเมทาบอลิซึมเพื่อตอบสนองต่อสัญญาณจากภายนอกเซลล์ เอนไซม์ของพืชที่ต้องการแคลเซียมเป็นโคแฟกเตอร์มีหลายชนิด โดยแคลเซียมความเข้มข้นต่ำสามารถ activate เอนไซม์ protein kinase และ ∂ - amylase

แคลเซียมมีความสำคัญในการรักษาความสมดุลของสารอาหารในเนื้อเยื่อพืชและช่วยบรรเทาความเป็นพิษของโลหะหนักในเนื้อเยื่อพืชและช่วยบรรเทาความเป็นพิษของโลหะหนักในเนื้อเยื่อพืช แคลเซียมจัดเป็นธาตุที่ไม่ค่อยเป็นพิษต่อพืชและพืชทั่วไปสามารถปรับตัวให้สอดคล้องกับปริมาณที่ได้รับ สาเหตุที่แคลเซียมไม่ค่อยเป็นพิษเนื่องจากพืชมีกลไกที่สามารถควบคุมให้มีแคลเซียมในไซโตพลาสซึมต่ำได้ (Hanson, 1984) หากขาดแคลเซียมจะทำให้ความสามารถของการเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์หายไปและ

ทำให้เซลล์ถูกทำลายได้ง่าย แคลเซียมป้องกันความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ที่สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจาก H^+ ion และภาวะความเป็นกรด นอกจากนี้แคลเซียมยังลดความรุนแรงที่เกิดขึ้นจากภาวะดินเค็มของพืชได้ (Epstein and Bloom, 2005) เมื่อพืชขาดแคลเซียมจะแสดงอาการที่ใบอ่อนโดยเฉพาะในส่วนของเนื้อเยื่อเจริญของรากต้นและใบ ซึ่งมีการแบ่งเซลล์เกิดขึ้น เนื่องจากเป็นธาตุที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ลักษณะอาการจะเกิดการบิดเบี้ยวของใบอ่อนที่เกิดใหม่ การเจริญของปลายยอดและรากหยุดชะงัก ดินโดยทั่วไปจะมีปริมาณแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการเติบโตของพืชอยู่แล้ว

แมกนีเซียม

แมกนีเซียม (Mg) มีบทบาทสำคัญยิ่งในพืชสีเขียวเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลคลอโรฟิลล์และจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง (ยงยุทธ, 2546) แมกนีเซียมมีส่วนช่วยในเมทาบอลิซึมของฟอสเฟต การหายใจของพืชและการกระตุ้นเอนไซม์ในการเมตาบอลิซึมพลังงาน นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการสร้างน้ำตาล น้ำมันและไขมันรวมถึงสายโพลิเปปไทด์จากกรดอะมิโนและกระตุ้นการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส รวมถึงการหายใจแบบใช้ออกซิเจนเพื่อให้ได้พลังงาน ATP ของเซลล์อ่อนด้วย (Jones and Huber, 2007) พืชปกติมีแมกนีเซียมอยู่ในช่วงร้อยละ 0.15 0.35 ของน้ำหนักแห้ง เมื่อพืชขาดธาตุแมกนีเซียมจะเกิดอาการใบเหลืองซีดในใบซึ่งขยายตัวเต็มที่แล้ว ใบพืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงสดลงจึงสร้าง ATP ได้น้อย ขาดพลังงานในการเคลื่อนย้ายผลผลิตของการสังเคราะห์แสงจากแหล่งจ่ายไปยังแหล่งรับ

ปริมาณคลอโรฟิลล์

คลอโรฟิลล์ (leaf chlorophyll content) เป็นรงควัตถุ (pigment) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์แสงโดยตรง คลอโรฟิลล์ที่พบมากมี 4 ชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ บี ซี และดี ซึ่งเป็นสารสีที่สำคัญทำหน้าที่ดูดกลืนแสง พืชแต่ละชนิดจะมีการสร้างคลอโรฟิลล์ในใบในปริมาณที่แตกต่างกันโดยจะสร้างปริมาณเท่าที่จำเป็นต้องใช้ (สุนทรี และคณะ, 2543) ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าปกติเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีถึงสภาวะการขาดสารไนโตรเจนและสารอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เช่น แมกนีเซียม (Mg)

การใช้เครื่องมือ Chlorophyll meter เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืชเปนวิธีที่ง่ายและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย (สุภาณี และสายัณห์, 2545) เป็นวิธีการวัดที่ได้ผลเร็วและไม่ต่องทำลายใบพืช หลักการทำงานของเครื่องจะมีหน่วยกำเนิดแสงส่องผานใบไปยังเครื่องวัดแสงภายในตัวเครื่อง และประมวลค่าที่ได้เปนตัวเลขโดยการทดสอบแหล่งกำเนิดแสง 2 ความยาวคลื่นในขณะที่ไม่มีตัวอยางใบอยู่เครื่องจะทำการวัดปริมาณ แสงที่ได้และเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟาเทียบอัตราส่วนของความเข้มแสงที่สองความยาวคลื่น จากนั้นเมื่อใส่ตัวอย่างใบ และทำการวัดส่วนประมวลผลจะรับสัญญาณเช่นเดียวกับวิธี

ข้างต้นและนำ ค่าที่มีตัวอย่างกับไม่มีตัวอยางมาวิเคราะห์และให้ค่าออกมาเป็น SPAD unit หรือค่าความเขียวใบ ซึ่งเป็นหน่วยสมมติและแปรผันตามปริมาณคลอโรฟลล์ที่ปรากฏในใบพืชโดยค่านี้คำนวณจากแสงที่ส่องผ่านของ 2 ความยาวคลื่นซึ่งมีผลต่อการดูดช่วงแสงของคลอโรฟลล์ต่างชนิดกัน มีตัวรับแสงคือ Silicon photodiode โดยแสง 2 ความยาวคลื่นนี้ คือ แสงเรด (red) มีคาความยาวคลื่นสูงสุดที่ 650 นาโนเมตร จะวัดการดูดกลืนแสงของคลอโรฟลล์ในใบพืชและแสงอินฟาเรด (infrareds) มีค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 940 นาโนเมตร จะวัดการดูดกลืนแสงของสวนที่ไม่ใช่คลอโรฟลล์ เช่น ส่วนของผนังเซลล์ (Chang and Robinson, 2003) อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากเครื่องมือ Chlorophyll meter และปริมาณไนโตรเจนในใบพืช มีความผันแปรไปในแต่ละชนิดพืช ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าที่วัดได้จากเครื่องมือ Chlorophyll meter มีอยู่หลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดพืช ตำแหน่งใบ อายุใบ ความหนาของใบพืช ช่วงเวลาการเติบโตของพืช เป็นต่น (สุภาณี และสายัณห์, 2545; Altland *et al*., 2003)

การปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า

หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช

การปรับปรุงพันธุ์พืช (plant breeding) หมายถึง การปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และ/หรือ เพิ่มลักษณะ หรือคุณสมบัติของพืชไปสู่ทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้โดยการใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ (science) และศิลปะ (art) เป็นเครื่องมือสำคัญในการดำเนินการ ขอบเขตหรือหลักการในการปรับปรุงพันธุ์พืช แบ่งได้ 5 ประการ คือ

1. การนำพันธุ์พืชเข้ามา (plant introduction) คือการนำเอาพันธุ์พืชที่ดีทั้งภายใน หรือภายนอก ประเทศ เข้ามาปลูกโดยไม่มีการคัดเลือก เช่น การนำพันธุ์ยางพารา GT1 จากประเทศอินโดนีเซียเข้ามาปลูกในไทย เป็นต้น

2. การคัดเลือกพันธุ์ (plant selection) คือการนำเอาพันธุ์พืชจากภายในหรือนอกประเทศมาปลูก แล้วคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะต่างๆ ดี หรือเหมาะสมต่อการปลูกในสภาพพื้นที่นั้นๆ

3. การผสมข้ามพันธุ์ (plant hybridization) คือ การนำเอาพันธุ์หรือสายพันธุ์ต่างๆ มาผสมเกสรข้ามกัน ในระหว่างพันธุ์หรือสายพันธุ์ เพื่อเพิ่มลักษณะที่ต้องการเข้าไปในพันธุ์ใหม่ หลังจากนั้นคัดเลือกต้นลูกที่มีลักษณะดีไว้เพื่อให้มีการพัฒนาเป็นพืชพันธุ์ดีต่อไป

4. การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ (induced mutation) โดยใช้รังสีหรือสารเคมีบางชนิด เช่น รังสีแกมมา หรือสารเคมีเอทิล มีเทน ซัลโฟเนต (ethyl methane sulfonate, EMS) เป็นต้น

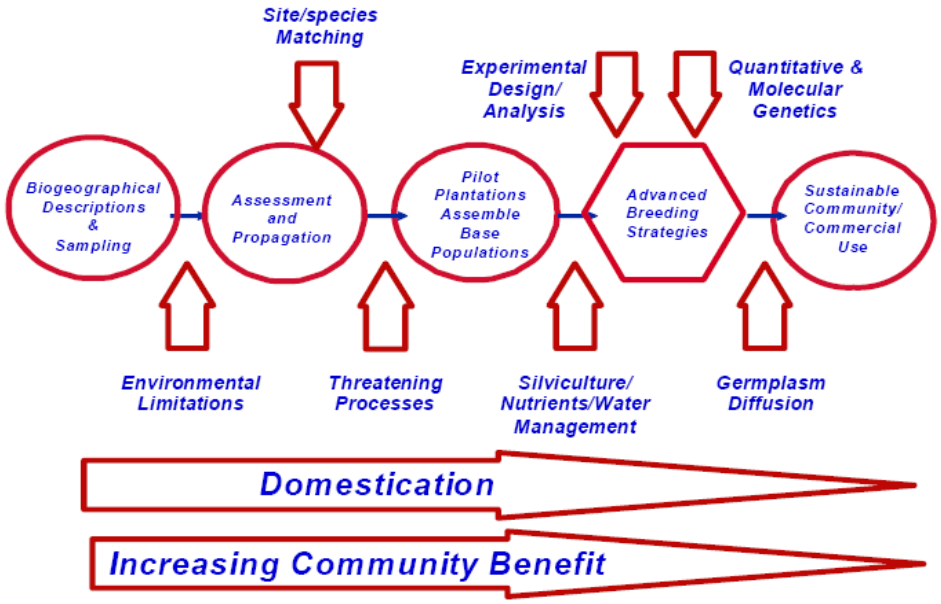
5. การใช้เทคโนโลยีชีวภาพในการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม (polyploid) และการใช้พันธุวิศวกรรม (genetic engineering) ในการตัดต่อยีน

อย่างไรก็ตามการผสมผสานระหว่างวิธีการทั้ง 5 วิธีนี้เข้าด้วยกันอย่างเหมาะสมย่อมก่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการปรับปรุงพันธุ์พืชอย่างแน่นอน (บุญหงส์, 2548)

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

การปลูกต้นไม้นอกถิ่นกำเนิด

แนวคิดในการนำพันธุ์ไม้ป่ามาปลูกนอกถิ่นกำเนิด (tree domestication) หรือพัฒนาให้เป็นพันธุ์ไม้เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อประโยชน์ต่างๆ จนเป็นไม้เชิงเศรษฐกิจได้นั้นต้องมีการผสมผสานทั้งความรู้ทางด้านต่างๆ เกี่ยวกับพรรณไม้ที่มีความต่อเนื่องและเชื่อมโยงเป็นกระบวนการ (process) ดังแสดงในภาพที่ 1 (Pinyopusarerk and Kalinganire, 2003) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการนำพันธุ์ไม้ป่ามาพัฒนาให้เป็นพันธุ์ไม้เพื่อการปลูกป่าและนำมาใช้ประโยชน์ (tree domestication)

ที่มา: ปรับปรุงจาก Pinyopusarerk and Kalinganire (2003)

1. การศึกษาชีวภูมิศาสตร์ (biogeographic description) เช่น การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ (natural distribution) ของไม้ชนิดนั้นๆ และการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการปลูกและการใช้ประโยชน์และการเก็บเมล็ดหรือกิ่งพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของแหล่งการกระจายพันธุ์ต่างๆ ทั้งแหล่งธรรมชาติ (provenance) และแหล่งที่นำพันธุ์ไปปลูกจนเป็นแหล่งพันธุกรรมขึ้นมาใหม่ (land race)

2. การศึกษาการแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรมจากแหล่งต่างๆ เช่น ลักษณะสัณฐานวิทยา (morphology) การเติบโตลักษณะทางสรีรวิทยา (physiology) เป็นต้น โดยเป็นการศึกษาทดลองลักษณะกล้าไม้ในเรือนเพาะชำหรือในแปลงทดลองถิ่นกำเนิด (provenance trial)

3. การจัดสร้างฐานพันธุกรรม (base population) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการปรับปรุงพันธุ์ไม้ (tree improvement) โดยควรมีความหลากหลายของฐานพันธุกรรมซึ่งคัดเลือกมาจากแหล่งพันธุกรรมที่ดีเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

4. การปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า (tree improvement) เป็นขั้นตอนการคัดเลือกพันธุ์ (selection) และผสมพันธุ์ (breeding) โดยมีลักษณะเป็นวงจร (cycle) เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีลักษณะดีตามความต้องการและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์เช่นเติบโตเร็วมีความหนาแน่นเนื้อไม้สูง ต้านทานโรคและแมลงปรับตัวได้ดีในสภาพพื้นที่แบบต่างๆ ทั้งนี้ จะทำให้ได้สายพันธุ์มีคุณภาพสูงขึ้นในแต่ละรุ่น (generation)

5. การนำมาใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน (sustainable use) ซึ่งจะมีการจัดการสวนป่าและการใช้วนวัฒนวิธีที่เหมาะสมเพื่อให้มีการปลูกสวนป่าไม้ชนิดนั้นได้อย่างยั่งยืนทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

หลักการปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า

โดยหลักการแล้วการปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่า หมายถึง การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพไม้ โดยการควบคุมการถ่ายทอดพันธุกรรมจากพ่อและแม่ ร่วมกับการจัดการป่าไม้ (Zobel and Talbert, 1984) โดยขั้นตอนการคัดเลือกพันธุ์และผสมพันธุ์ไม้ป่า (forest tree selection and breeding) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญยิ่งในการปรับปรุงพันธุ์ ลักษณะที่นำมาใช้ในการคัดเลือกขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ หากการปรับปรุงพันธุ์ไม้เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าเชิงเศรษฐกิจซึ่งมีเป้าหมายเพื่อพัฒนามูลค่าของไม้สวนป่าให้มากขึ้น ลักษณะที่นำมาใช้คัดเลือก (selection trait) ควรเป็นลักษณะที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (economic traits) เป็นลักษณะที่สามารถตรวจวัดได้ง่ายและเป็นลักษณะที่เกิดจากพันธุกรรมและสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ (วิฑูรย์, 2553)

นอกจากนี้ องค์ประกอบพื้นฐานที่ต้องพิจารณาในการดำเนินงานด้านการปรับปรุงพันธุ์ไม้เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ คือ การเลือกใช้ยุทธศาสตร์และแผนการดำเนินงานที่เหมาะสม (well defined strategy and plan) การกำหนดวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ไม้ที่ชัดเจน (clear objectives) มีแหล่งพันธุกรรมตามลำดับชั้นต่างๆ (hierarchy of populations) มีขบวนการคัดเลือกพันธุ์และการผสมพันธุ์ (selection and breeding) และมีผู้เชี่ยวชาญรวมทั้งงบประมาณสนับสนุนอย่างเพียงพอ (expertise and fund) (วิฑูรย์, 2553)

จันทร์ทองเทศ

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke. ชื่อสามัญ Griffith's Ash, Formosan ash เป็นไม้ในวงศ์ Oleaceae และมีชื่อพื้นเมืองคือ ไป๋จีหยิว และซันขู่เล่น

ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไปเป็นไม้โตเร็วกึ่งผลัดใบสูงประมาณ 20 เมตร มักกระจายอยู่ในเขตที่มีความสูง 400-750 เมตร จากระดับน้ำทะเลขึ้นได้ดีในบริเวณที่มีฝนตกชุกและอุณหภูมิปานกลางตลอดปีเป็นต้นไม้ที่ไม่ทนทานต่อแรงลมจึงไม่เหมาะที่จะปลูกในพื้นที่ที่ลมแรง ไม้ชนิดนี้มีถิ่นกำเนิดอยู่ในตอนใต้ของไต้หวัน บริเวณป่าทึบริมแม่น้ำ นอกจากนี้ยังพบในประเทศต่างๆ ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย เป็นต้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ใบมีสีเขียวตลอดปีลักษณะจะแตกออกเป็นส่วนๆ ใบออกเป็นคู่ๆ ต้นอ่อนออกเพียง 2-5 คู่ใบสั้นและแบนก้านใบเหนียวคล้ายหนังบางใบคล้ายรูปเข็มและบางใบกลมมีสีเขียวยาว 5-14 เซนติเมตร กว้าง 2.5-4 เซนติเมตร ด้านท้องใบมีสีขาวปนเขียวไม่มีขนแต่ตรงก้านใบจะมีขนอ่อน

ดอกออกเป็นพุ่มและติดกันเป็นรูปกลีบดอกบัว ตอนปลายดอกจะมีสีขาวมีขน กลีบดอกมี 4 กลีบ คล้ายรูปสี่เหลี่ยมยาว 2 เซนติเมตรมีช่องรังไข่ 2 รังในเกสรตัวเมีย

ผลมีลักษณะเป็นฝักบางๆ มีเมล็ดนูนปลายแบนยาวคล้ายปีกยาว 3 เซนติเมตร เรียบและลื่น

ลำต้นและเนื้อไม้เปลือกไม้มีสีแดงอมน้ำตาลเนื้อไม้เหนียวแข็งมีความทนทานต่อการขัดสีและแรงกระเทือนสูง บริเวณเนื้อไม้ด้านนอกและด้านในจะไม่ต่างกันคล้ายจะเป็นสีเดียวกันมีวงปีเห็นได้ชัด ไม้ที่ตัดใหม่ๆ จะมีสีเหลืองถ้าทิ้งไว้นานๆ จะเปลี่ยนเป็นสีดำ (กุลธิดา, 2546)

ลักษณะลำต้น ใบ ดอก และ ผล ของจันทร์ทองเทศ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1

ลักษณะเนื้อไม้

สมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของไม้จันทร์ทองนั้นประกอบไปด้วย ความถ่วงจำเพาะและค่าความหนาแน่น เท่ากับ 0.62 และ 0.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 16.15 ค่าความแข็ง 805 กิโลกรัม ความต้านแรงดัด 132.40 เมกะพาสคัล ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 12,634.94 เมกะพาสคัล (นิคม และอลงกรณ์, 2545)

สำหรับสมบัติทางเคมีของจันทร์ทองเทศ พบว่ามี สารสกัดที่อยู่ในเปลือกและใบจะมีคุณสมบัติคล้ายฝิ่น ซึ่งมีการผลิตและค้าขายกันอย่างผิดกฎหมายในบางพื้นที่ของอินโดนีเซีย ในเปลือกไม้จะมีส่วนประกอบของสาร glucoside, ligstroside, phenolic glucosides และ syringing sinapal dehydeglucoside (Khare, 2007)

การใช้ประโยชน์

เนื้อไม้สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมในครัวเรือน เพราะไม้มีเนื้อสวย ละเอียดสามารถนำมาทำเป็นของประดับตกแต่ง ของที่ระลึก เครื่องใช้ในสำนักงาน เฟอร์นิเจอร์ขนาดเล็ก พวงกุญแจ เป็นต้น ส่วนของลำต้นสามารถนำมาปลูกเป็นไม้ประดับเพราะให้ร่มเงาได้ดี และปลูกเพื่อการฟื้นฟู และอนุรักษ์ต้นน้ำบนพื้นที่สูง

การปลูกและการดูแลรักษา

ไม้ชนิดนี้เริ่มออกผลได้เมื่ออายุ 6 ปี แต่การเก็บเมล็ดจะดีที่สุดเมื่อไม้มีอายุ 20 ปี เมล็ดแก่ในช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน และจะมีอัตราการงอกได้ดีเมื่อทำการผึ่งลม 2-3 วันหลังจากทำการเก็บเมล็ด เมล็ดจันทร์ทองเทศมีการสูญเสียความสามารถในการงอกถ้าเก็บไว้นานกว่า 6 เดือน จำนวนเมล็ดที่ได้มีจำนวน 8,200 เมล็ดต่อลิตร มีอัตราการงอกร้อยละ 60 อัตราในการเพาะ 0.03 ลิตรต่อตารางเมตร ความหนาแน่นของกล้าไม้ในร่องเพาะ 150 ต้นต่อตารางเมตร ย้ายกล้าปลูกได้เมื่อกล้าไม้มีอายุ 10 เดือน และควรทำการตัดแต่งกล้าไม้ ก่อนนำไปปลูกในเดือน กุมภาพันธ์-มีนาคม ความหนาแน่นที่เหมาะสมในการปลูก 400 ต้นต่อไร่ จนกระทั่งมีอายุ 5 ปี จึงทำการลิดกิ่ง และเมื่อต้นไม้มีอายุ 9 ปี จึงทำการตัดขยายระยะ รอบตัดฟันของไม้ชนิดนี้อยู่ที่ 20-25 ปี (ศิริพรรณ, 2531)

การควบคุมวัชพืช ในปีแรกของการปลูกควรใช้การควบคุมวัชพืชโดยการใช้สารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen 0.5 kg (ai)/ha ในเดือนมิถุนายน และ oxyfluorfen 0.5 kg (ai)/ha + glyphosate 1.5 kg (ai)/ha ในเดือนตุลาคม ซึ่งจะทำให้ไม้จันทร์ทองมีความเพิ่มพูนการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความเพิ่มพูนทางด้านความสูง มากกว่าการใช้แรงงานคนในการกำจัดวัชพืช และต้องทำการกำจัดวัชพืชปีละ 2-3 ครั้ง (ศิริพรรณ, 2545)

การดูแลโรคและแมลง สำหรับโรคที่จะเกิดกับจันทร์ทองเทศนั้น จะพบว่าต้นจันทร์ทองในระยะกล้าไม้อายุ 1 ปี จะเป็นโรคใบจุดจำนวนร้อยละ 68.2 และใบไหม้ร้อยละ 44.8 ดังนั้นการเตรียมดินในถุงเพาะชำควรมีการใส่ปุ๋ยลงไปด้วยเพื่อให้มีสารอาหารเพียงพอแก่ต้นกล้า (สนธยา, 2534) ส่วนแมลงนั้นเข้าทำลายใบของจันทร์ทองเทศเมื่อจันทร์ทองเทศมีอายุ 9 ปี โดยจะเข้าทำลายใบในต้นไม้ที่อยู่บริเวณขอบแปลง แมลงป่าไม้ทำลายใบ ที่สำคัญได้แก่ *Parasa* sp.1 กับ *Parasa* sp.2 (Lepidoptera :

Limacodidae) *Elcysma* sp. (Lepidoptera : Zygaenidae) และ *Criculajordani* (Lepidoptera : Saturniidae) ซึ่งไม่ได้ทำให้ต้นไม้ตาย เพียงแต่ทำให้การเติบโตลดลงเท่านั้น ส่วนการทำลายลำต้นนั้นจะพบแมลงเพียง ชนิดเดียวเท่านั้นที่เข้าทำลายลำต้นคือ *Indarbela* sp. (Lepidoptera : Metarbelidae) สามารถสร้างความเสียหายได้ตลอดทั้งปีแต่อาจจะไม่มากนักเนื่องจากตัวหนอนจะเจาะทำลายเพียงเปลือกนอกเท่านั้น และมีการเจาะรูตามง่ามกิ่งที่ติดกับลำต้น เป็นรูตื้นๆ เพื่ออยู่อาศัยเท่านั้น (เดชา, 2542) ดังนั้นการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดแมลงจึงไม่จำเป็น แต่ถ้าจะใช้ก็ควรคำนึงถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง

การเติบโต

จันทร์ทองเทศจัดเป็นไม้โตเร็วต่างถิ่นชนิดหนึ่ง จากการศึกษาของจงรัก และคณะ (2546) อัตราการเติบโตของจันทร์ทองเทศ อายุ 19 ปี ที่ปลูกในสวนป่าไม้ต่างถิ่นบนพื้นที่โครงการหลวงดอยอ่างขาง พบว่า มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 0.042 เซนติเมตรต่อเซนติเมตรต่อปี อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงเฉลี่ย 0.014 เมตรต่อเมตรต่อปี อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของมวลชีวภาพของลำต้นเฉลี่ย 0.081 กรัมต่อกรัมต่อปี อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของมวลชีวภาพใบเฉลี่ย 0.106 กรัมต่อกรัมต่อปี อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของมวลชีวภาพกิ่งเฉลี่ย 0.127 กรัมต่อกรัมต่อปี อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดเฉลี่ย 0.101 กรัมต่อกรัมต่อปี จะพบว่าอัตราการเติบโตของจันทร์ทองเทศในแต่ละพื้นที่ มีความแตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะพื้นที่และการจัดการทางด้านวนวัฒน์ กิตติศักดิ์ และคณะ (2546) ศึกษาการเติบโตของจันทร์ทองเทศที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงจำนวน 27 แห่ง ที่มีความสูงตั้งแต่ 450-1,400 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีการแปรผันสูง โดยมีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (mean annual increment) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ตั้งแต่ 0.7–3.01 เซนติเมตรต่อปี พื้นที่ที่มีการเติบโตดีที่สุด คือ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 3.01 เซนติเมตรต่อปี รองลงมาคือ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย หนองหอย และหนองเขียว ซึ่งมีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เท่ากับ 2.74, 2.44, และ 2.43 เซนติเมตรต่อปี ตามลำดับ ซึ่งมีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงกว่าจันทร์ทองเทศที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และจากการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าจันทร์ทองเทศยังสามารถเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความสูงน้อยกว่า 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมากกว่า 35 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะพื้นที่ปลูก และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (MAI_{DBH}) ของจันทร์ทองเทศในพื้นที่สถานี และศูนย์ ของมูลนิธิโครงการหลวง

ลำดับที่	สถานี/ศูนย์	จังหวัด	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ปริมาณน้ำฝน	ความสูงจากระดับ	MAI_{DBH}
			สูงสุด	ต่ำสุด	(มิลลิเมตรต่อปี)	น้ำทะเล (เมตร)	(เซนติเมตรต่อปี)
1	อ่างขาง	เชียงใหม่	23.5	0	2,075	1,400	2.10
2	แม่ปูนหลวง	เชียงใหม่	23.0	16.0	1,400	1,360	1.99
3	ม่อนเงาะ	เชียงใหม่	30.0	9.0	-	1,300	1.67
4	อินทนนท์	เชียงใหม่	24.9	0	1,781	1,280	1.22
5	ขุนวาง	เชียงใหม่	33.0	1.0	1,900	1,280	1.78
6	แม่โถ	เชียงใหม่	21.1	19.7	1,572	1,200	1.45
7	แม่แฮ	เชียงใหม่	26.1	15.6	1,315	1,200	1.66
8	หนองหอย	เชียงใหม่	33.0	4.0	1,512	1,185	2.44
9	ห้วยน้ำขุ่น	เชียงใหม่	34.9	18.0	1,870	1,075	2.32
10	ขุนแปะ	เชียงใหม่	27.8	14.5	1,200	1,035	1.90
11	แม่ลาน้อย	เชียงใหม่	34.0	4.0	-	1,005	1.43
12	แกน้อย	แม่ฮ่องสอน	26.3	16.2	1,335	1,000	2.74
13	ห้วยน้ำริน	เชียงใหม่	38.0	9.5	1,860	995	1.67
14	แม่สาใหม่	เชียงใหม่	28.6	18.9	1,304	990	1.98
15	ทุ่งหลวง	เชียงใหม่	30.0	3.0	1,800	980	-
16	ป่าเมี่ยง	เชียงใหม่	30.0	8.0	-	915	1.45
17	วัดจันทร์	เชียงใหม่	37.4	15.1	1,223	900	0.70
18	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	34.0	4.0	1,383	895	1.83
19	ทุ่งเรา	เชียงใหม่	33.2	13.2	-	800	1.32
20	ห้วยโป่ง	เชียงใหม่	41.0	5.2	1,392	780	3.01
21	ตียตก	เชียงใหม่	35.0	10.0	-	755	-
22	หนองเขียว	เชียงใหม่	39.0	5.2	1,383	750	2.43
23	ปางดะ	เชียงใหม่	29.2	18.5	1,254	720	1.79
24	แม่หลอด	เชียงใหม่	44.0	9.0	1,390	680	1.58
25	ปังค่า	พะเยา	30.7	20.2	1,253	640	1.81
26	ทุ่งเริง	เชียงใหม่	29.2	18.2	1,390	620	1.21
27	ห้วยลึก	เชียงใหม่	40.0	15.0	-	520	1.54
28	แม่ทาเหนือ	เชียงใหม่	41.0	6.0	1,200	520	1.90
29	แม่สะป๊อก	เชียงใหม่	38.0	4.0	1,700	500	1.43
30	หมอกจ๋าม	เชียงใหม่	30.4	17.8	1,484	500	2.00
31	ห้วยเสี้ยว	เชียงใหม่	37.0	11.0	-	450	-
จำนวนพื้นที่ปลูก (แห่ง)							27.00
ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (เซนติเมตรต่อปี)							1.91
ต้นที่มีลักษณะดี (เซนติเมตรต่อปี)							>2.42
ต้นที่มีลักษณะไม่ดี (เซนติเมตรต่อปี)							<1.82

ที่มา: กิตติศักดิ์ และคณะ (2546)

แนวคิดการปรับปรุงพันธุ์เบื้องต้น

จันทร์ทองเทศมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในทวีปเอเชียทั้งในเขตอบอุ่น ได้แก่ จีน ญี่ปุ่น และไต้หวัน และเขตร้อน ได้แก่ อินเดีย บังคลาเทศ พม่า เวียดนาม อินโดนิเซีย และฟิลิปปินส์ (Wallander, 2008; Flora of China, 2010;USDA, ARS, National Genetic Resources Program, 2010) และมูลนิธิโครงการหลวงได้นำเมล็ดมาจากประเทศไต้หวันเพื่อปลูกในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 รวมพื้นที่มากกว่า 500 ไร่ และต่อมาได้นำไปปลูกในพื้นที่ต่างๆ ของโครงการหลวง แต่ยังไม่ได้มีการพัฒนาพันธุ์เพื่อนำมาใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้จันทร์ทองเทศที่นำมาปลูกมาจากแหล่งพันธุกรรมที่มีฐานพันธุกรรมแคบและยังขาดข้อมูลทางด้านชีวภูมิศาสตร์ที่ชัดเจน ดังนั้น แนวคิดในการปรับปรุงพันธุ์จันทร์ทองเทศเบื้องต้นจึงเป็นการคัดเลือกแม่ไม้โดยกำหนดการลักษณะในการคัดเลือกเพื่อให้สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ โดยเน้นการปรับปรุงการเติบโตและรูปทรงของลำต้น ซึ่งปกติมีการแตกนางในระดับต่ำ ดำเนินการโดยการคัดเลือกแม่ไม้จากแปลงทดลองปลูกในปีต่างๆ ภายใต้การดำเนินงานของมูลนิธิโครงการ (ทั้งในสถานีเกษตรหลวงอ่างขางและสถานีอื่นๆ) ร่วมกับการนำเข้าเมล็ดจากแหล่งพันธุกรรมหรือถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติ (provenance) สำหรับทดสอบการแปรผันทางพันธุกรรมของลักษณะต่างๆ ของจันทร์ทองเทศ เช่น สัณฐานวิทยา และการเติบโต เป็นต้น เพื่อการคัดเลือกและสร้างเป็นแหล่งพันธุกรรมที่มีความหลากหลายเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ของจันทร์ทองเทศเพื่อนำมาใช้ประโยชน์อย่างสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเกิดความยั่งยืน

บทที่ 3 กรรมวิธีทดลอง

แหล่งพันธุกรรมของจันทร์ทองเทศ

จันทร์ทองเทศมีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในทวีปเอเชียทั้งในเขตอบอุ่น ได้แก่ จีน ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน และในเขตร้อน ได้แก่ อินเดีย บังคลาเทศ พม่า เวียดนาม อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ นอกจากนี้ได้มีการนำจันทร์ทองเทศไปปลูกในรัฐต่างๆ ของประเทศออสเตรเลียเพื่อใช้เป็นไม้ประดับ เช่น New South Wales, Queensland, Northern Territory และ Western Australia เป็นต้น โดยแหล่งเมล็ดจากต่างประเทศที่ได้ติดต่อเพื่อนำมาปลูกทดสอบ ได้แก่ แหล่งเมล็ดจากประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน ฟิลิปปินส์ และออสเตรเลีย แต่เนื่องจากหน่วยงานทางด้านป่าไม้ของประเทศเกาหลี ไต้หวัน และฟิลิปปินส์ ไม่สามารถจัดหาเมล็ดได้ จึงได้แหล่งเมล็ดจากประเทศญี่ปุ่น จำนวน 4 แหล่งเมล็ด และแหล่งเมล็ดจากประเทศออสเตรเลีย จำนวน 1 แหล่งเมล็ด แต่ภายหลังการเพาะเมล็ดกล้าไม้จากหลายแหล่งเมล็ดไม่เพียงพอต่อการปลูกทดสอบ แหล่งเมล็ดที่ใช้ในการปลูกทดสอบการแปรผันระหว่างแหล่งเมล็ดจันทร์ทองเทศ จึงมีจำนวน 15 แหล่งเมล็ด โดยแหล่งเมล็ดต่างๆ ได้จากการคัดเลือกแม่ไม้ที่มีการเติบโตดี รูปทรงเปลาตรง และปราศจากโรคและแมลงรบกวนจากแปลงทดลองปลูกต่างๆ ในประเทศไทย ทั้งของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525-2534 และแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศที่มีการเติบโตดี ณ สถานีต่างๆ ที่มีระดับความสูงที่แตกต่างกันของมูลนิธิโครงการหลวง อย่างน้อยแหล่งเมล็ดละ 10 ต้น เก็บเมล็ดเพื่อนำมาเพาะกล้าไม้ และเลือกกล้าไม้ที่มีลักษณะสมบูรณ์จากแม่ไม้แหล่งเมล็ดละ 4 ต้น (ยกเว้นบางแหล่งเมล็ดที่กล้าไม้ไม่เพียงพอ) นำมาปลูกเปรียบเทียบกับแหล่งเมล็ดจากประเทศออสเตรเลีย และแหล่งเมล็ดจันทร์ทองเทศที่ปลูกทั่วไป โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2 และแม่ไม้ที่คัดเลือกในแต่ละแหล่งเมล็ดมีการเติบโต และลักษณะรูปทรงของลำต้นดังแสดงในตารางผนวกที่ 1 และ 2

แปลงทดลอง

การทดสอบการแปรผันของแหล่งเมล็ดจันทร์ทองเทศ ดำเนินการปลูกในพื้นที่ 2 แห่ง ที่มีระดับความสูงที่แตกต่างกันของจังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ระดับความสูง 1400 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีระดับน้ำทะเลมากกว่า 1,000 เมตร และสถานีเกษตรหลวงปางดะ ระดับความสูง 720 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีระดับน้ำทะเลน้อยกว่า 1,000 เมตร

ตารางที่ 2 รายละเอียดของแหล่งเมล็ดจันทร์ทองเทศที่ปลูกทดสอบ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

หมายเลข	แหล่งเมล็ด	รหัสแม่ไม้	ปลูกปี พ.ศ.	อายุ (ปี)	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)	อุณหภูมิ (องศาเซียลเซียส)		ปริมาณน้ำฝน (มม.)
						สูงสุด	ต่ำสุด	
F1	สถานีเกษตรหลวงปางดะ	PD20	2534	20	720	18.2	29.2	1,254
F2	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง	HP14	2540	14	780	5.2	41.0	1,392
F3	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย	KN16	2538	16	1,000	16.2	26.3	1,335
F4	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	NK15	2539	15	750	5.2	39.0	1,383
F5	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี	AK29	2525	29	1,400	0	23.5	2,075
F6	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 28 ปี	AK28	2526	28	1,400	0	23.5	2,075
F7	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 27 ปี	AK27	2527	27	1,400	0	23.5	2,075
F8	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 26 ปี	AK26	2528	26	1,400	0	23.5	2,075
F9	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี	AK24	2530	24	1,400	0	23.5	2,075
F10	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 23 ปี	AK23	2531	23	1,400	0	23.5	2,075
F11	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 22 ปี	AK22	2532	22	1,400	0	23.5	2,075
F12	Perth ออสเตรเลีย	AUS	na	na	29.0	9.0	31.0	800
F13	แหล่งเมล็ดทั่วไป (แม่เหียะ อำเภอเมือง)	Control 1	na	na	300	14.9	36.5	1,130.6
F14	แหล่งเมล็ดทั่วไป (หมอกจ๋าม อำเภอแม่อาย)	Control 2	na	na	500	na	na	na
F15	แหล่งเมล็ดทั่วไป (สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง อำเภอเมือง)	Control 3	na	na	300	14.9	36.5	1,130.6

ในแต่ละพื้นที่มีจำนวนแหล่งเมล็ด 15 แหล่งเมล็ด มีวางแผนการทดสอบแบบ Latinized row-column design (William *et al.*, 1994) มีจำนวน 4 ซ้ำ (replication) แต่ละแหล่งเมล็ด มีต้นไม้ 25 ต้น/plot (5 x 5 ต้น) ปลูกด้วยระยะปลูก 1.5 x 1.5 เมตร จำเป็นต้องใช้เมล็ดกล้าไม้ทั้งสิ้นแหล่งเมล็ดละ 100 กล้าต่อพื้นที่ รวมเป็น 200 กล้า ทำการสุ่มแหล่งเมล็ดลงในผังการทดลองโดยใช้ CycDesign ที่พัฒนาโดย CSIRO (Whitaker *et al.* 2002) และทำการปลูกต้นไม้ตามผังการทดลองที่วางไว้ แปลงปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีขนาด 75 x 45 เมตร (37.5 x 22.5 เมตร/ซ้ำ) โดยมีการปลูกต้นไม้ขอบแปลงเป็นต้นไม้จำนวน 2 แถว ขนาดขอบแปลงด้านละ 5 เมตร ขนาดแปลงทดลองรวมขอบแปลงรวมทั้งสิ้น 85 x 55 เมตร หรือคิดเป็นพื้นที่ขนาด 4,675 ตารางเมตร หรือ 2.92 ไร่ (ภาพที่ 2) แปลงปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีขนาด 37.5 x 90 เมตร (37.5 x 22.5 เมตร/ซ้ำ) โดยมีขอบแปลงเป็นต้นไม้จำนวน 2 แถว ขนาดขอบแปลงด้านละ 5 เมตร ขนาดแปลงทดลองรวมขอบแปลงรวมทั้งสิ้น 47.5 x 100 เมตร หรือคิดเป็นพื้นที่ขนาด 4,750 ตารางเมตร หรือ 2.97 ไร่ (ภาพที่ 3)

รูปแบบการปลูกของจันทร์ทองเทศในแต่ละ plot ใช้รูปแบบจัตุรัส (square) โดยในแต่ละ plot มีต้นไม้จำนวน 25 ต้น (5 x 5 ต้น) ซึ่งเป็นรูปแบบที่ต้นไม้สามารถพัฒนาเรือนยอดได้อย่างสมบูรณ์ และเรือนยอดที่ได้จะค่อนข้างสมมาตรเนื่องจากไม่มีข้อจำกัดด้านการรับแสง ทำการปลูกกล้าไม้ทั้ง 2 พื้นที่ ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2555 ภายหลังการปลูก ทำการดูแลรักษาแปลงทดลอง โดยการกำจัดวัชพืช และการใส่ปุ๋ย ตลอดจนการทำแนวกันไฟในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในภาพผนวกที่ 2-5

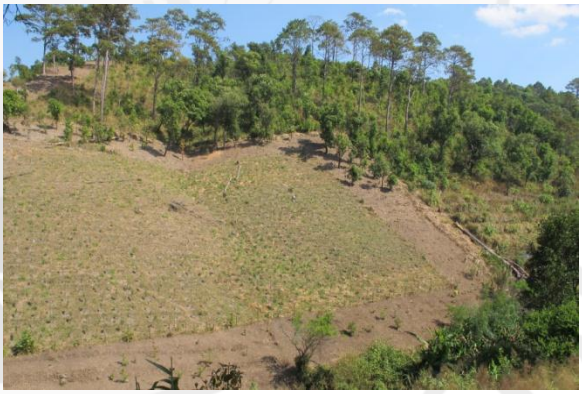
ก่อนนำไปปลูกนั้น ได้เก็บข้อมูลความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของกล้าไม้เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการเปรียบเทียบการเติบโตหลังการปลูก โดยกล้าไม้ที่จะใช้ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีความสูงเฉลี่ย 23.0 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินเฉลี่ย 0.28 เซนติเมตร สำหรับกล้าไม้ที่ใช้ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีความสูงเฉลี่ย 27.8 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินเฉลี่ย 0.84 เซนติเมตร โดยทั้งความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของกล้าจันทร์ทองเทศทั้ง 2 พื้นที่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างแหล่งเมล็ด และระหว่างพื้นที่เพาะกล้า ($p<0.01$) โดยกล้าจันทร์ทองเทศที่จะใช้ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีการเติบโตมากกว่ากล้าจันทร์ทองเทศที่จะใช้ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (สาพิศ และคณะ, 2556; ตารางผนวกที่ 3)

85 เมตร

37.5 x 2 = 75 เมตร

Rep 1	F6/1	F14/1	F4/1	F10/1	F13/1	F13/2	F5/2	F11/2	F9/2	F8/2	Rep 2
	F9/1	F15/1	F2/1	F1/1	F11/1	F1/2	F2/2	F3/2	F15/2	F14/2	
	F5/1	F7/1	F3/1	F12/1	F8/1	F4/2	F7/2	F6/2	F10/2	F12/2	
Rep 3	F4/3	F15/3	F14/3	F7/3	F12/3	F2/4	F6/4	F9/4	F3/4	F5/4	Rep 4
	F6/3	F1/3	F9/3	F5/3	F3/3	F7/4	F8/4	F14/4	F4/4	F11/4	
	F11/3	F8/3	F13/3	F10/3	F2/3	F12/4	F1/4	F15/4	F13/4	F10/4	

55 เมตร



ภาพที่ 2 แผนผังและลักษณะแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ (รายละเอียดแหล่งเมล็ดดังแสดงในตารางที่ 2)

ROYAL PROJECT FOUNDATION

47.5 เมตร

37.5 เมตร

Rep 1	F6/1	F14/1	F4/1	F10/1	F13/1
	F9/1	F15/1	F2/1	F1/1	F11/1
	F5/1	F7/1	F3/1	F12/1	F8/1
Rep 2	F13/2	F5/2	F11/2	F9/2	F8/2
	F1/2	F2/2	F3/2	F15/2	F14/2
	F4/2	F7/2	F6/2	F10/2	F12/2
Rep 3	F4/3	F15/3	F14/3	F7/3	F12/3
	F6/3	F1/3	F9/3	F5/3	F3/3
	F11/3	F8/3	F13/3	F10/3	F2/3
Rep 4	F2/4	F6/4	F9/4	F3/4	F5/4
	F7/4	F8/4	F14/4	F4/4	F11/4
	F12/4	F1/4	F15/4	F13/4	F10/4

100 เมตร

ภาพที่ 3 แผนผังและลักษณะแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่ (รายละเอียดแหล่งเมล็ดดังแสดงในตารางที่ 2)

ROYAL PROJECT FOUNDATION

การศึกษาสมบัติของดิน

เก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ปลูกทั้ง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของดิน โดยในแต่ละพื้นที่ทำเก็บตัวอย่างดินอย่างเป็นระบบ (systematic sampling) แบบไม่รบกวนโครงสร้าง (undisturbed sampling) บริเวณกึ่งกลางบล็อกทั้ง 4 บล็อก ในแต่ละบล็อกเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 3 ระดับ ได้แก่ ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร และระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร รวมจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 24 ตัวอย่าง (ภาพผนวกที่ 6) ส่งห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorus) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available potassium) แคลเซียม (calcium) และแมกนิเซียม (magnesium)

การเก็บข้อมูลการรอดตายและการเติบโต

สำรวจอัตราการรอดตาย เก็บข้อมูลการเติบโต คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และเมื่อต้นไม้โตมากขึ้นวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (1.30 เมตร) ด้วย digital vernier caliper และวัดความสูงทั้งหมดด้วยเทปวัดระยะ และ digital hypsometer โดยวัดต้นไม้ทุกต้นเป็นประจำทุก 6 เดือน ตั้งแต่อายุ 1-3 ปี (ภาพผนวกที่ 7 และ 8)

การประเมินลักษณะรูปทรงลำต้น

เก็บข้อมูลลักษณะรูปทรงลำต้น รูปทรงเรือนยอด และการแตกกิ่งโดยการให้คะแนน เมื่อต้นไม้อายุครบ 3 ปี โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินลักษณะรูปทรงของแม่จันทร์ทองเทศพัฒนามาจากเกณฑ์การประเมินการคัดเลือกไม้โตเร็วต่างถิ่น โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะการแตกนาง
   - แตกนางที่ระดับพื้นดิน มีหลายลำต้น (1 คะแนน)
   - แตกนางที่ระดับต่ำกว่า 1/4 ของความสูงลำต้นจากระดับพื้นดิน (2 คะแนน)
   - แตกนางที่ระดับสูงกว่า 1/4 แต่ไม่เกิน 1/2 ของความสูงลำต้นจากระดับพื้นดิน (3 คะแนน)
   - ไม่แตกนาง (4 คะแนน)

2. การตั้งตรงของลำต้นหลัก
   - ลำต้นเอนไม่ตั้งตรง (1 คะแนน)
   - ตั้งตรง (2 คะแนน)

3. ความโค้งงอของลำต้น
   - มีความโค้งงอมาก มีจุดโค้งงอขนาดใหญ่มากกว่า 1 จุด (1 คะแนน)
   - จุดโค้งงอเล็กๆ หรือไม่โค้งงอ (2 คะแนน)

4. ความเหมาะสมของขนาดเรือนยอด (เปรียบเทียบกับลำต้น)
   - ขนาดเล็ก หรือใหญ่เกินไป (1 คะแนน)
   - ขนาดเหมาะสมกับลำต้น (2 คะแนน)

5. รูปทรงเรือนยอด
   - ไม่สมดุล (1 คะแนน)
   - สมดุล (2 คะแนน)

6. ขนาดของกิ่ง
   - ขนาดกิ่งใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 1/3 ของลำต้น จำนวน 2 กิ่ง ขึ้นไป (1 คะแนน)
   - ขนาดกิ่งใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 1/3 ของลำต้น จำนวน 1 กิ่ง (2 คะแนน)
   - ขนาดกิ่งเล็กกว่า 1/3 ของลำต้น (3 คะแนน)

7. การลิดกิ่งตามธรรมชาติ
   - มีกิ่งสดอยู่ต่ำกว่าที่ระดับความสูง 1/3 ของความสูงลำต้นจากระดับพื้นดิน (1 คะแนน)
   - มีกิ่งสดอยู่สูงกว่า 1/3 ของความสูงลำต้นจากระดับพื้นดิน และพบกิ่งแห้งตามลำต้น (2 คะแนน)
   - มีกิ่งสดอยู่สูงกว่า 1/3 ของความสูงลำต้นจากระดับพื้นดิน และไม่พบกิ่งแห้งตามลำต้น (2 คะแนน)

8. มุมของกิ่ง
   - ทำมุมโดยเฉลี่ยน้อยกว่า 60° กับแนวลำต้น (1 คะแนน)
   - ทำมุมโดยเฉลี่ยกว้างมากกว่า 60° กับแนวลำต้น (2 คะแนน)

9. ความต้านทานต่อโรคและแมลง ประเมินจากร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง
   - มี (1 คะแนน)
   - ไม่มี (2 คะแนน)

ทั้งนี้ ในการประเมินลักษณะรูปทรงของลำต้นจันทร์ทองเทศ อายุ 3 ปี ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ทำการประเมินเฉพาะลักษณะรูปทรงลำต้น (ข้อ 1-3) ขนาดของกิ่ง (ข้อ 6) และการเข้าทำลายของโรคและแมลง (ข้อ 9) เท่านั้น เนื่องจากต้นไม้ยังมีขนาดเล็ก และประเมินเฉพาะต้นไม้ที่มีความ

สูงเกิน 1.30 เมตร เท่านั้น ในขณะที่จันทร์ทองเทศ ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ลักษณะรูปทรงลำต้น ประเมินรูปทรงเรือนยอด การแตกกิ่ง และการเข้าทำลายของโรคและแมลง (ภาพผนวกที่ 9)

การศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ

สุ่มเก็บตัวอย่างใบของจันทร์ทองเทศจากเรือนยอดที่ระดับต่างๆ โดยเลือกตัวแทนที่มีลักษณะภายนอกที่สมบูรณ์ ปราศจากการทำลายของแมลงและโรคพืช ในแต่ละแหล่งเมล็ดทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น จำนวน 5 ใบประกอบต่อต้น เพื่อศึกษาพื้นที่ผิวใบจำเพาะ (specific leaf area, SLA) โดยวัดพื้นที่ใบด้วยโดยใช้เครื่องสแกนเนอร์ (Canon LiDE-210) และวิเคราะห์ค่าพื้นที่ใบด้วยโปรแกรม Image J (Image Processing and Analysis in Java) (ภาพผนวกที่ 10) และศึกษาปริมาณสารอาหารในใบ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) และคาร์บอน (C) ด้วยวิธี Dumas หรือ Dry combustion และวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ตามวิธีการของทัศนีย์และจงรักษ์ (2542)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการรอดตาย การเติบโต ลักษณะรูปทรงลำต้น และลักษณะเชิงหน้าที่ของใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ โดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูก และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ LSD และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการเติบโต และลักษณะเชิงหน้าที่ของใบของจันทร์ทองเทศเพื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correlation, r) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

การเปรียบเทียบความแตกต่างของพื้นที่ปลูก

ลักษณะภูมิประเทศ

สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ตั้งอยู่ตำบลแม่จอน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พิกัด E504500 และ N2201300 ระวาง 4848 IV มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,400 เมตร ลักษณะพื้นที่ประกอบด้วยแนวเขาขนานกันของหินปูนแลหินดินดานทอดยาวตามแนวเหนือใต้ ชิดกับแนวพรมแดนพม่า บริเวณของอ่างขางเป็นหุบเขาในเทือกขาว ความกว้างของพื้นราบมีอยู่ไม่เกิน 200 เมตร ตอนกลางพื้นที่มีภูเขาหินปูนยอดแหลม และบ่อยุบตัว (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2546) ในขณะที่ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ตั้งอยู่ตำบลสะเมิงใต้ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ พิกัด E475200 และ N2082000 ระวาง 4746 I มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 720 เมตร

ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ข้อมูลเฉลี่ย 30 ปี รายงานว่า อุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 0.0 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 23.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 64.1 ต่อปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,075 มิลลิเมตรต่อปี (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2546) ในขณะที่สภาพภูมิอากาศของสถานีเกษตรหลวงปางดะ ข้อมูลเฉลี่ย 30 ปี รายงานว่าอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 18.5 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 29.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 70 ต่อปี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,254 มิลลิเมตรต่อปี (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2546)

ลักษณะดิน

ลักษณะดินของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง เป็นดินปนหิน ดินที่เกี่ยวข้องกับหินปูนมีสีแดงจัด โครงสร้างดี และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ดีที่สุดชนิดหนึ่ง (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2541) ลักษณะดินประกอบด้วยกลุ่มดิน 2 ชุดใหญ่ คือ กลุ่มดินที่สร้างตัวมาจากการผุพังของหินดินดาน และหินทรายแป้ง ซึ่งอาจพบหินแปรปะปนอยู่บางส่วน (เดชา, 2534) ในขณะที่ลักษณะดินของสถานีเกษตรหลวงปางดะเป็นหน่วยผสมของดินบริเวณพื้นที่สูงชัน ส่วนใหญ่เป็นดินลึกหรือค่อนข้างลึก บางแห่งมีกรวดปะปนในเนื้อดิน หรือกระจายอยู่ตามผิวดิน (ระวีวรรณ, 2539)

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะที่ความลึก 3 ระดับ ได้แก่ ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร และระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร พบว่า ดินในแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศน์ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีลักษณะ

เนื้อดินโดยรวมเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และมีลักษณะเป็นกรดรุนแรงมาก-กรดจัดมาก (pH 4.45-4.84) ในขณะที่ดินในแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศน์ ณ สถานีเกษตรหลวงดะ มีลักษณะเนื้อดินโดยรวมเป็นดินเหนียว (clay) และดินร่วนเหนียว (clay loam) และมีลักษณะเป็นกรดปานกลาง-กรดเล็กน้อย (pH 5.94-6.55) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติระหว่างพื้นที่ ($p<0.01$) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 6.91 รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ ร้อยละ 3.96 และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.91 ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 6.24 รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ ร้อยละ 4.29 และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 2.31 โดยมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในดิน ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 3.36 รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ ร้อยละ 2.14 และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.00 ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 2.91 รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ ร้อยละ 2.06 และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.08 มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกทั้งปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณคาร์บอนทั้งหมด โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3)

สำหรับผลวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในดินที่ระดับความลึกต่างๆ ณ แปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศน์ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 0.25 รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ ร้อยละ 0.18 และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.12 ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 0.25 รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ ร้อยละ 0.17 และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.12 โดยมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก โดยผลการทดสอบทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติตามระดับความลึก ($p<0.01$) แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในระดับพื้นที่และปฏิสัมพันธ์ในระดับพื้นที่และความลึก ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ระดับความลึกต่างๆ ณ แปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ

พื้นที่	ระดับความลึก	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	อินทรียวัตถุในดิน (ร้อยละ)	ปริมาณคาร์บอน (ร้อยละ)
อ่างขาง	0-10	4.68 ± 0.10	6.91 ± 1.53	3.36 ± 0.88
	10-30	4.72 ± 0.12	3.96 ± 1.76	2.14 ± 1.02
	30-50	4.65 ± 0.18	1.91 ± 1.62	1.00 ± 0.88
	เฉลี่ย	4.68 ± 0.13	4.26 ± 2.60	2.16 ± 1.31
ปางดะ	0-10	6.30 ± 0.27	6.24 ± 1.17	2.91 ± 0.43
	10-30	5.94 ± 0.20	4.29 ± 1.00	2.06 ± 0.78
	30-50	6.16 ± 0.13	2.31 ± 0.69	1.08 ± 0.46
	เฉลี่ย	6.13 ± 0.24	4.28 ± 2.27	2.09 ± 2.09
P-Value				
พื้นที่		**<0.01****	0.42^{ns}	0.45^{ns}
ระดับความลึก		0.65^{ns}	0.47^{ns}	**<0.05***
พื้นที่*ระดับความลึก		0.09^{ns}	0.39^{ns}	0.78^{ns}

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ 7.43 รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร คือ 1.98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ 1.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ 0.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ 0.50 มิล ลิกรัมต่อกิโลกรัมและที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ 0.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยผลการทดสอบทางสถิติพบว่าความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ 103.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ 42.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ 27.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ 240.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ 54.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ 52.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยผลการทดสอบทางสถิติพบว่าความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ 176.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ 64.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ 37.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ 1,177.10 รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร คือ 755.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ 751.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยผลทดสอบทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัยทางสถิติในระดับพื้นที่ ($p<0.05$) มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับความลึก ($p>0.05$) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติปฏิสัมพันธ์ในระดับพื้นที่และความลึก ($p<0.01$) (ตารางที่ 4)

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ 22.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร คือ 6.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ 4.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ณ แปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงปางดะ ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่ามากที่สุด คือ 326.10 รองลงมาได้แก่ ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร คือ 208.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 10-30 เซนติเมตร มีค่าน้อยที่สุด คือ 188.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยผลทดสอบทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัยทางสถิติในระดับพื้นที่ ($p<0.05$) มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับความลึก ($p>0.05$) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติปฏิสัมพันธ์ในระดับพื้นที่และความลึก ($p<0.01$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณธาตุอาหารในดินที่ระดับความลึกต่างๆ ณ แปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ

พื้นที่	ระดับความลึก	Total nitrogen (%)	Phosphorus (mg/kg)	Potassium (mg/kg)	Calcium (mg/kg)	Magnesium (mg/kg)
อ่างขาง	0-10	0.25 ± 0.08	7.43 ± 5.58	103.82 ± 51.06	176.40 ± 69.32	22.66 ± 12.10
	10-30	0.18 ± 0.08	1.97 ± 0.85	42.90 ± 13.44	64.80 ± 32.90	6.57 ± 1.49
	30-50	0.12 ± 0.08	1.98 ± 1.68	27.09 ± 8.02	37.01 ± 9.71	4.43 ± 1.43
	เฉลี่ย	0.18 ± 0.09	3.79 ± 4.08	57.93 ± 44.40	92.73 ± 74.77	11.22 ± 10.64
ปางดะ	0-10	0.25 ± 0.03	0.76 ± 0.29	240.35 ± 101.87	1177.10 ± 90.31	326.10 ± 20.31
	10-30	0.17 ± 0.04	0.50 ± 0.20	54.85 ± 17.82	751.15 ± 115.64	188.39 ± 34.14
	30-50	0.12 ± 0.04	0.35 ± 0.08	52.06 ± 41.57	755.25 ± 90.28	208.36 ± 32.27
	เฉลี่ย	0.18 ± 0.07	0.54 ± 0.26	115.75 ± 108.89	894.50 ± 227.28	240.95 ± 68.86
P-Value						
พื้นที่		0.64 ns	0.20 ns	0.28 ns	0.02 *	0.03 *
ระดับความลึก		<0.01 **	0.44 ns	0.18 ns	0.23 ns	0.37 ns
พื้นที่*ระดับความลึก		0.99 ns	0.07 ns	0.05 *	<0.01 **	<0.01 **

อัตราการรอดตายของจันทร์ทองเทศ

จากการสำรวจอัตราการรอดตายขอกล้าไม้จันทร์ทองเทศ ที่อายุต่างๆ กัน พบว่า ณ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอ่างขาง ที่อายุ 12 และ 24 เดือน แหล่งเมล็ดทั่วไป (แม่เหียะ อำเภอเมือง) มีอัตราการรอดตายมากที่สุด คือ ร้อยละ 100 ที่อายุ 36 เดือน แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 23 ปี มีอัตราการรอดตายมากที่สุด คือ ร้อยละ 99 และที่อายุ 12, 24 และ 36 เดือน แหล่งเมล็ดทั่วไป (หมอกจ๋าม อำเภอแม่อาย) มีอัตราการรอดตายน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 95, 92 และ 84 ตามลำดับ แปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ที่อายุ 12, 24 และ 36 เดือน แหล่งเมล็ดศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว มีอัตราการรอดตายมากที่สุด คือ ร้อยละ 99 และที่อายุ 12, 24 และ 36 เดือน แหล่งเมล็ด Perth ออสเตรเลีย มีอัตราการรอดตายน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 76, 68 และ 67 ตามลำดับ โดยผลทดสอบทางสถิติของแหล่งเมล็ด พบว่า ที่อายุ 12, 24 และ 36 เดือน มีความแตกต่างอย่างมีไม่นัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลทดสอบทางสถิติของพื้นที่ ที่อายุ 12 และ 24 เดือน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีไม่นัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และที่อายุ 36 เดือน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ผลทดสอบทางสถิติปฏิสัมพันธ์ของแหล่งเมล็ดและพื้นที่ ที่อายุ 12 เดือน พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ที่อายุ 24 เดือน พบว่า พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ที่อายุ 36 เดือน พบว่า พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 5, 6 และ 7)

ตารางที่ 5 อัตราการรอดตายของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 12 เดือน

แหล่งเมล็ด	อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	98.00 ± 3.30	95.00 ± 3.30
HP14	97.00 ± 5.70	96.00 ± 2.00
KN16	98.00 ± 2.00	94.00 ± 5.20
NK15	99.00 ± 2.00	99.00 ± 0.00
AK22	96.00 ± 5.00	97.00 ± 7.60
AK23	95.00 ± 2.00	94.00 ± 4.00
AK24	99.00 ± 5.70	98.00 ± 2.30
AK26	98.00 ± 5.70	96.00 ± 3.80
AK27	98.00 ± 2.30	98.00 ± 2.30
AK28	99.00 ± 6.00	96.00 ± 2.00
AK29	95.00 ± 3.30	99.00 ± 2.00
AUS	99.00 ± 0.00	76.00 ± 34.20
control 1	100.00 ± 0.00	96.00 ± 3.80
control 2	95.00 ± 10.00	95.00 ± 5.70
control 3	98.00 ± 3.80	79.00 ± 18.20
ค่าเฉลี่ย	97.60 ± 4.40	93.87 ± 11.20
p-value		
seed source		0.36^{ns}
site		0.07^{ns}
seed source*site		0.09^{ns}
LSD		16.50

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 6 อัตราการรอดตายของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 24 เดือน

แหล่งเมล็ด	อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	98.00 ± 3.27	93.00 ± 2.31
HP14	95.00 ± 5.03	94.00 ± 2.31
KN16	98.00 ± 6.00	93.00 ± 5.66
NK15	98.00 ± 7.66	99.00 ± 0.00
AK22	95.00 ± 3.83	93.00 ± 11.49
AK23	99.00 ± 2.00	89.00 ± 3.83
AK24	98.00 ± 4.00	96.00 ± 3.27
AK26	98.00 ± 4.00	96.00 ± 3.83
AK27	98.00 ± 2.31	98.00 ± 4.00
AK28	96.00 ± 5.16	96.00 ± 3.27
AK29	94.00 ± 5.16	98.00 ± 2.00
AUS	97.00 ± 2.00	68.00 ± 30.46
control 1	100.00 ± 0.00	96.00 ± 3.27
control 2	92.00 ± 13.47	91.00 ± 6.83
control 3	97.00 ± 2.31	74.00 ± 27.23
ค่าเฉลี่ย	96.87 ± 5.17	91.60 ± 13.33
p-value		
seed source	0.64^{ns}	
site	0.09^{ns}	
seed source*site	$<0.01^{**}$	
LSD	12.72	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตายของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 36 เดือน

แหล่งเมล็ด	อัตราการรอดตาย (ร้อยละ)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	98.00 ± 2.00	93.00 ± 2.00
HP14	92.00 ± 4.61	94.00 ± 2.31
KN16	98.00 ± 2.30	93.00 ± 5.03
NK15	95.00 ± 6.00	99.00 ± 2.00
AK22	90.00 ± 6.92	93.00 ± 8.87
AK23	99.00 ± 2.00	88.00 ± 6.93
AK24	96.00 ± 5.65	96.00 ± 3.83
AK26	97.00 ± 10.06	96.00 ± 7.57
AK27	98.00 ± 11.48	98.00 ± 9.45
AK28	96.00 ± 6.00	93.00 ± 8.87
AK29	93.00 ± 5.03	97.00 ± 3.83
AUS	96.00 ± 4.62	67.00 ± 34.02
control 1	98.00 ± 4.00	96.00 ± 3.27
control 2	84.00 ± 18.18	91.00 ± 8.25
control 3	96.00 ± 2.00	73.00 ± 29.10
ค่าเฉลี่ย	95.20 ± 7.65	91.13 ± 14.55
p-value		
seed source	0.24^{ns}	
site	<0.01**	
seed source*site	0.03*	
LSD	12.72	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

การเติบโตของจันทร์ทองเทศ

เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน

จากการศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 12, 18, 24, 30 และ 36 เดือน พบว่า แปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่อายุต่างๆ ส่วนใหญ่แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี มีค่ามากที่สุด คือ 10.35, 13.28, 19.98 และ 27.32 มิลลิเมตร ตามลำดับ ยกเว้นที่อายุ 36 เดือน แหล่งเมล็ดทั่วไป (สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง อำเภอเมือง) มีค่ามากที่สุด คือ 27.41 มิลลิเมตร และทุกอายุ แหล่งเมล็ด Perth จากออสเตรเลีย มีค่าน้อยสุด คือ 6.81, 8.93, 13.25, 16.86 และ 18.70 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8-12) สำหรับแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี มีค่ามากที่สุดทุกอายุ มีค่าเท่ากับ 17.25, 29.92, 49.33, 58.57 และ 66.65 มิลลิเมตร ตามลำดับ และที่อายุ 12,18 และ 24 เดือน เดือน แหล่งเมล็ด Perth จากออสเตรเลีย มีค่าน้อยที่สุด คือ 10.25, 18.53 และ 25.80 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่ที่อายุ 30 และ 36 เดือน แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี มีค่าน้อยที่สุด คือ 34.84 และ 44.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11 และ 12) และจากการทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแหล่งเมล็ด พบว่า ที่อายุ 12 และ 36 เดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และที่อายุ 18 เดือน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ที่อายุ 24 และ 30 เดือน มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของจันทร์ทองเทศระหว่างพื้นที่ พบว่า ในทุกๆ อายุ จันทร์ทองเทศในแปลงทดลองสถานีเกษตรหลวงปางดะ มีการเติบโตดีกว่าที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางมากกว่าสองเท่า โดยเมื่ออายุ 3 ปี มีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางชิดดินเท่ากับ 51.58 และ 25.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ ผลทดสอบทางสถิติในทุกๆ ชั้นอายุ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระหว่างพื้นที่ แต่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ของปฏิสัมพันธ์ของแหล่งเมล็ดและพื้นที่ ในทุกๆ ชั้นอายุที่ศึกษา (ตารางที่ 8-12) นอกจากนี้ยังพบว่าแหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 มีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินดีในทั้งสองพื้นที่ และสำหรับแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ แหล่งเมล็ดศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแก่น้อย อายุ 16 ปี มีอัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินสูงมาก ในปีที่ 3 เช่นเดียวกับแหล่งเมล็ดจากออสเตรเลียซึ่งการเติบโตต่ำที่สุดใน 2 ปีแรก แต่ในปีที่ 3 กลับมีการเติบโตสูงกว่าค่าเฉลี่ย (ภาพที่ 4 และตารางที่ 8-12)

ตารางที่ 8 เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 12 เดือน

แหล่งเมล็ด	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (มิลลิเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	8.87 ± 1.32	13.20 ± 2.04
HP14	9.05 ± 1.98	13.90 ± 1.35
KN16	8.49 ± 1.55	16.84 ± 3.53
NK15	8.59 ± 1.83	14.18 ± 3.24
AK22	8.31 ± 0.81	14.58 ± 2.41
AK23	8.85 ± 1.63	13.83 ± 2.99
AK24	10.35 ± 1.20	17.25 ± 1.70
AK26	9.19 ± 1.36	14.16 ± 1.94
AK27	9.33 ± 1.15	15.46 ± 3.93
AK28	8.05 ± 0.63	13.92 ± 1.55
AK29	7.73 ± 0.49	12.91 ± 1.86
AUS	6.81 ± 0.28	10.25 ± 2.74
control 1	8.13 ± 1.28	12.34 ± 1.39
control 2	8.02 ± 0.94	10.69 ± 1.01
control 3	9.17 ± 2.42	9.97 ± 4.73
ค่าเฉลี่ย	8.60 ± 1.45	13.57 ± 3.11
p-value		
seed source	<0.01**	
site	<0.01**	
seed source*site	0.15^{ns}	
LSD	3.01	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 9 เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 18 เดือน

แหล่งเมล็ด	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (มิลลิเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	11.51 ± 2.54	21.79 ± 3.95
HP14	10.78 ± 2.04	23.44 ± 3.26
KN16	11.70 ± 1.80	29.92 ± 5.95
NK15	11.38 ± 3.70	23.57 ± 3.49
AK22	11.07 ± 0.92	25.68 ± 5.92
AK23	11.28 ± 2.33	24.88 ± 7.88
AK24	13.38 ± 1.55	29.92 ± 4.42
AK26	12.28 ± 3.94	24.03 ± 3.80
AK27	12.11 ± 2.80	26.14 ± 6.54
AK28	10.87 ± 1.56	23.62 ± 3.59
AK29	10.71 ± 0.94	21.27 ± 3.64
AUS	8.93 ± 2.01	18.53 ± 6.43
control 1	11.48 ± 3.42	22.14 ± 2.69
control 2	10.62 ± 3.63	19.55 ± 0.75
control 3	12.08 ± 5.01	18.32 ± 6.72
ค่าเฉลี่ย	11.35 ± 2.62	23.52 ± 5.52
p-value		
seed source	0.01**	
site	<0.01**	
seed source*site	0.30^{ns}	
LSD	5.59	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 10 เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 24 เดือน

แหล่งเมล็ด	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (มิลลิเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	16.34 ± 4.96	31.65 ± 6.79
HP14	16.10 ± 4.33	31.62 ± 4.94
KN16	17.55 ± 2.14	41.66 ± 9.85
NK15	16.40 ± 6.03	33.01 ± 6.13
AK22	15.79 ± 2.13	37.12 ± 7.76
AK23	16.70 ± 4.72	35.44 ± 12.72
AK24	19.98 ± 2.77	49.33 ± 3.00
AK26	19.58 ± 6.86	33.71 ± 7.01
AK27	17.94 ± 5.48	37.50 ± 10.89
AK28	16.70 ± 3.48	33.95 ± 7.35
AK29	15.52 ± 2.20	30.70 ± 6.50
AUS	13.25 ± 3.90	25.80 ± 9.10
control 1	17.54 ± 6.40	35.00 ± 4.96
control 2	15.06 ± 6.98	28.61 ± 2.28
control 3	17.25 ± 8.37	26.49 ± 9.38
ค่าเฉลี่ย	16.78 ± 4.73	34.11 ± 8.91
p-value		
seed source	0.08^{ns}	
site	$<0.01^{**}$	
seed source*site	0.35^{ns}	
LSD	9.31	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 11 เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 30 เดือน

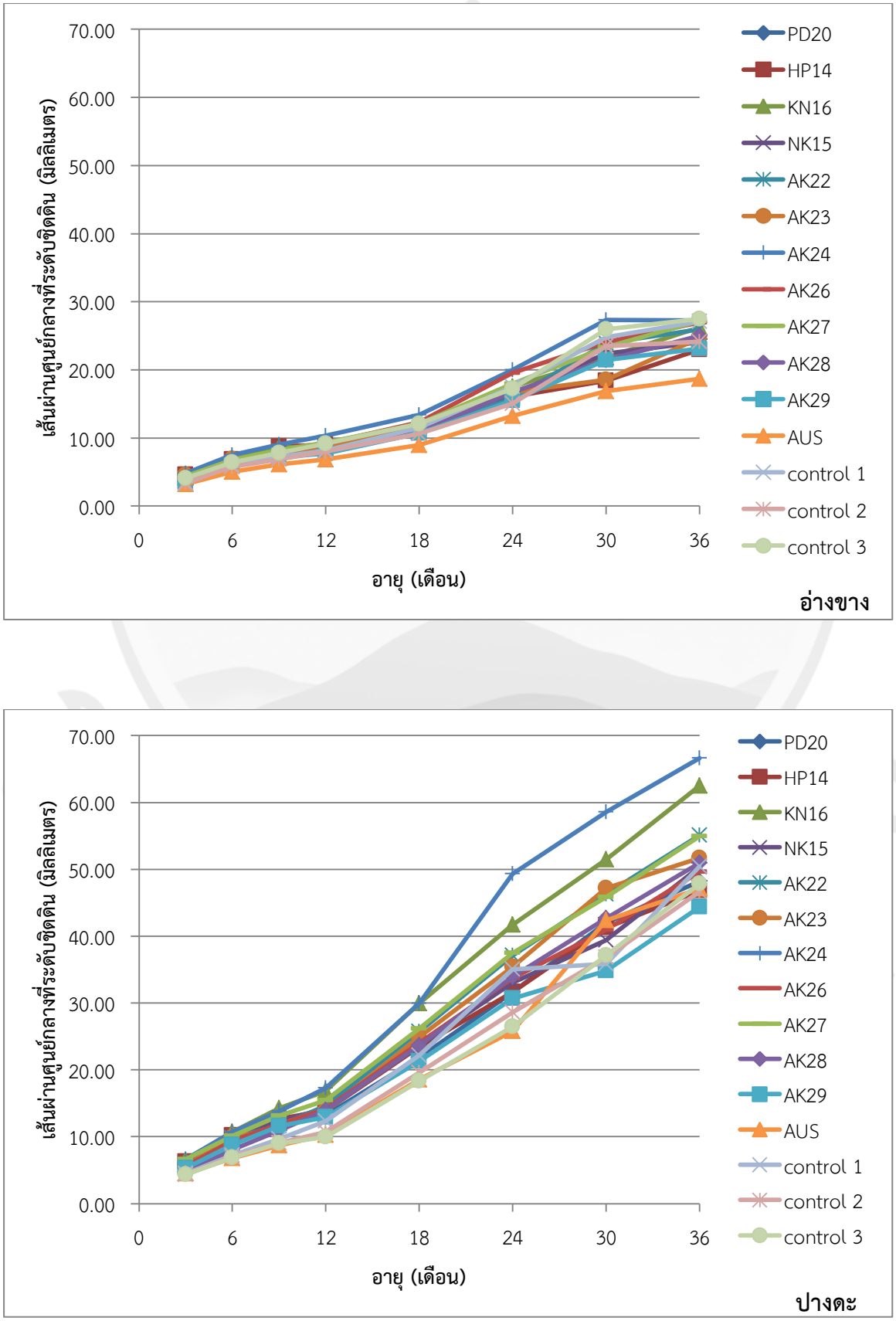
แหล่งเมล็ด	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (มิลลิเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	21.98 ± 10.19	42.02 ± 5.22
HP14	18.36 ± 6.65	41.26 ± 3.42
KN16	21.80 ± 1.72	51.46 ± 13.54
NK15	22.38 ± 10.39	39.43 ± 3.90
AK22	23.93 ± 4.04	46.26 ± 12.55
AK23	18.54 ± 7.29	47.16 ± 12.36
AK24	27.32 ± 2.36	58.57 ± 3.91
AK26	24.05 ± 6.01	40.97 ± 4.96
AK27	23.34 ± 6.58	45.87 ± 14.18
AK28	21.43 ± 4.75	42.66 ± 3.24
AK29	21.45 ± 1.85	34.84 ± 4.58
AUS	16.86 ± 6.12	42.34 ± 0.85
control 1	24.78 ± 9.28	35.87 ± 6.13
control 2	23.45 ± 12.47	36.84 ± 4.18
control 3	25.93 ± 16.41	37.12 ± 11.53
ค่าเฉลี่ย	23.04 ± 7.83	42.85 ± 9.17
p-value		
seed source	0.08^{ns}	
site	<0.01**	
seed source*site	0.12^{ns}	
LSD	10.36	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 12 เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 36 เดือน

แหล่งเมล็ด	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (มิลลิเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	24.53 ± 12.72	48.17 ± 14.83
HP14	23.00 ± 9.98	46.80 ± 12.56
KN16	26.25 ± 7.66	62.52 ± 19.31
NK15	24.09 ± 12.76	50.38 ± 14.05
AK22	25.94 ± 10.48	55.09 ± 17.64
AK23	24.66 ± 11.74	51.69 ± 20.60
AK24	27.25 ± 10.81	66.65 ± 16.49
AK26	26.94 ± 15.33	49.61 ± 12.38
AK27	27.21 ± 11.66	54.93 ± 17.59
AK28	24.99 ± 10.38	50.94 ± 15.63
AK29	23.12 ± 9.08	44.34 ± 11.14
AUS	18.70 ± 9.21	47.09 ± 18.71
control 1	27.08 ± 13.35	50.45 ± 15.95
control 2	22.10 ± 13.82	46.65 ± 13.79
control 3	27.47 ± 17.64	47.86 ± 15.10
ค่าเฉลี่ย	25.00 ± 12.21	51.58 ± 16.84
p-value		
seed source	<0.01**	
site	<0.01**	
seed source*site	0.83^{ns}	
LSD	21.72	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้



ภาพที่ 4 เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของจันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ที่อายุต่างๆ

เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของจันทร์ทองเทศ เริ่มเก็บข้อมูลได้เมื่ออายุ 24 เดือน โดยแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ที่อายุ 24 เดือน พบว่า แหล่งเมล็ดทั่วไป (สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง อำเภอเมือง) มีค่ามากที่สุด คือ 9.20 มิลลิเมตร และที่อายุ 30 และ 36 เดือน สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 26 ปี มีค่ามากที่สุด คือ 11.85 และ 15.49 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่อายุ 24 และ 36 เดือน สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี มีค่าน้อยสุด คือ 4.82 และ 9.81 มิลลิเมตร ตามลำดับ และที่อายุ 30 เดือน แหล่งเมล็ด Perth จากออสเตรเลีย มีค่าน้อยที่สุด คือ 4.99 มิลลิเมตร สำหรับแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี มีค่ามากที่สุดทุกอายุ โดยมีค่า 21.98, 36.40 และ 38.99 มิลลิเมตร ตามลำดับ และที่อายุ 24 เดือน แหล่งเมล็ดทั่วไป (สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง อำเภอเมือง) มีค่าน้อยที่สุด คือ 13.06 มิลลิเมตร และที่อายุ 30 และ 36 เดือน แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี มีค่าน้อยที่สุด คือ 19.20 และ 23.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยผลทดสอบทางสถิติ พบว่า ที่อายุ 36 เดือน เท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระหว่างแหล่งเมล็ด แต่ที่อายุ 24 และ 30 เดือน มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 13-15)

เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของจันทร์ทองเทศระหว่างพื้นที่เช่นเดียวกับเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน พบว่า ในทุกๆ อายุจันทร์ทองเทศในแปลงทดลองสถานีเกษตรหลวงปางดะ มีการเติบโตดีกว่าที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางมากกว่าสองเท่า ผลทดสอบทางสถิติที่ทุกชั้นอายุที่ศึกษา พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระหว่างพื้นที่ แต่พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ (ตารางที่ 13-15) เป็นที่น่าสังเกตว่า จันทร์ทองเทศในแปลงทดลองสถานีเกษตรหลวงปางดะ แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี มีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่โดดเด่นมากในช่วงปีที่ 3 (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 13 เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 24 เดือน

แหล่งเมล็ด	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (มิลลิเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	7.13 ± 2.66	14.75 ± 4.94
HP14	6.69 ± 0.75	14.46 ± 2.70
KN16	6.45 ± 2.07	19.81 ± 5.99
NK15	6.71 ± 1.08	15.59 ± 3.06
AK22	5.53 ± 2.10	18.54 ± 4.93
AK23	6.32 ± 0.36	18.48 ± 7.04
AK24	6.11 ± 1.56	21.98 ± 5.73
AK26	8.77 ± 1.58	16.20 ± 3.22
AK27	6.74 ± 2.80	17.68 ± 7.46
AK28	5.91 ± 1.74	16.53 ± 4.23
AK29	4.82 ± 1.81	13.45 ± 1.69
AUS	5.09 ± 0.00	14.41 ± 7.56
control 1	8.04 ± 0.34	14.40 ± 2.01
control 2	7.81 ± 4.27	13.83 ± 3.11
control 3	9.20 ± 4.60	13.06 ± 5.00
ค่าเฉลี่ย	6.57 ± 2.10	17.13 ± 8.14
p-value		
seed source	0.75^{ns}	
site	<0.01**	
seed source*site	0.43^{ns}	
LSD	9.03	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 14 เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 30 เดือน

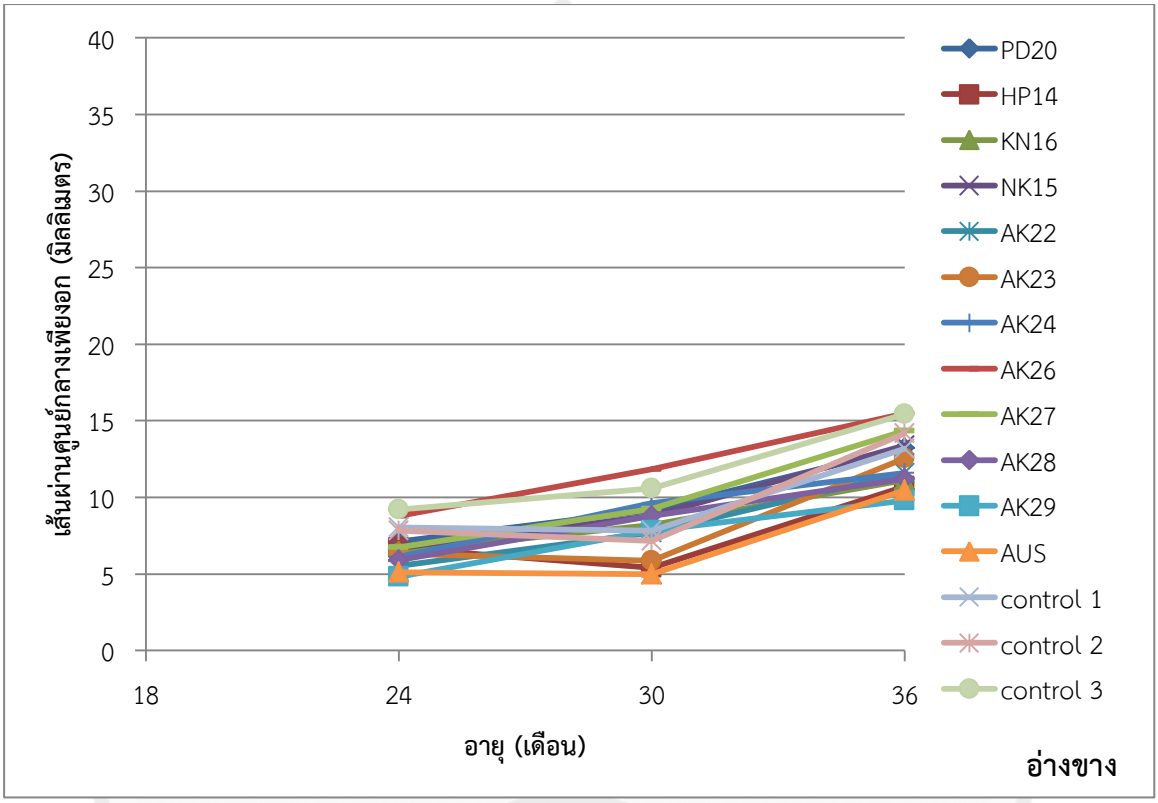
แม่ไม้	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (มิลลิเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	9.17 ± 3.75	24.02 ± 3.78
HP14	5.39 ± 5.50	23.82 ± 2.27
KN16	8.21 ± 0.88	29.61 ± 9.54
NK15	8.79 ± 8.26	21.64 ± 2.32
AK22	7.72 ± 1.05	28.64 ± 8.23
AK23	5.85 ± 5.11	29.05 ± 10.14
AK24	9.61 ± 1.89	36.4 ± 1.47
AK26	11.85 ± 4.24	24.07 ± 4.62
AK27	9.23 ± 3.01	25.60 ± 10.04
AK28	8.78 ± 2.89	23.18 ± 1.49
AK29	7.82 ± 0.21	19.02 ± 2.97
AUS	4.99 ± 5.03	21.67 ± 2.55
control 1	7.81 ± 6.76	20.31 ± 4.02
control 2	7.14 ± 7.61	22.86 ± 5.89
control 3	10.58 ± 7.71	21.72 ± 8.48
ค่าเฉลี่ย	8.20 ± 4.48	24.77 ± 6.65
p-value		
seed source	0.27^{ns}	
site	$<0.01^{**}$	
seed source*site	0.38^{ns}	
LSD	7.87	

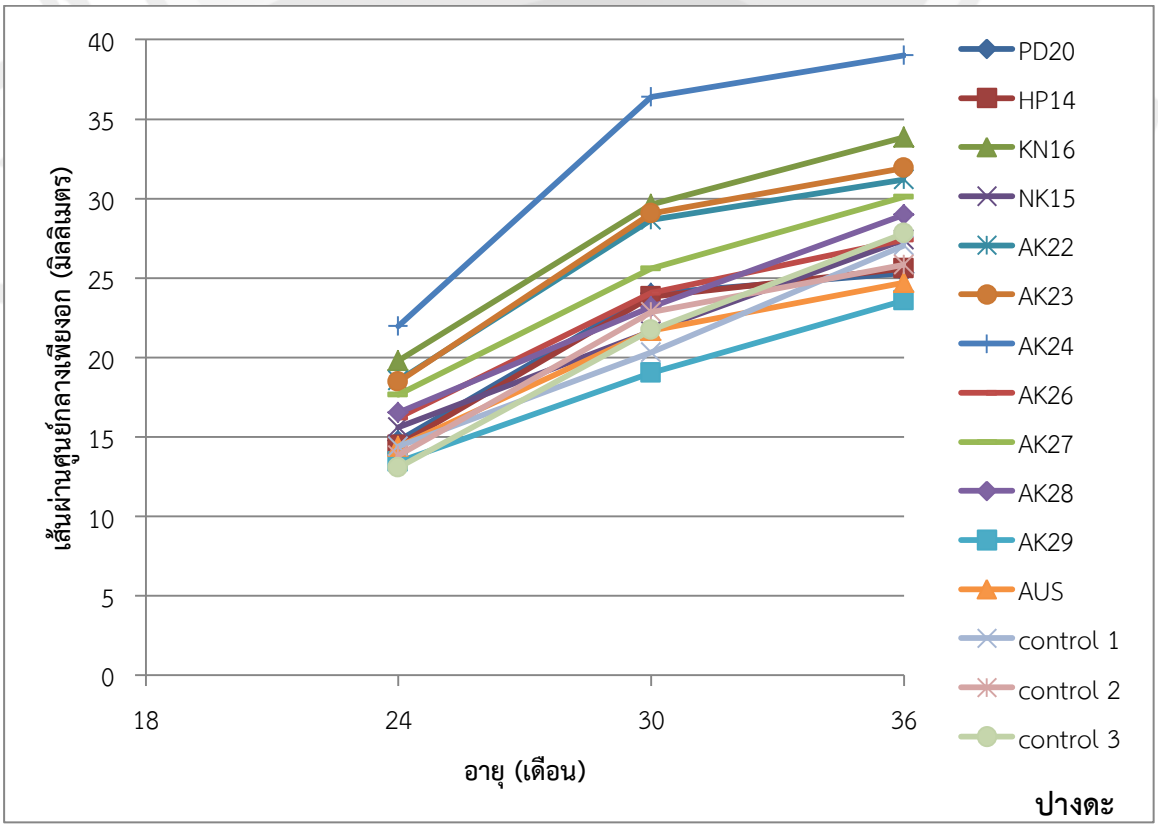
หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 15 เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 36 เดือน

แหล่งเมล็ด	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (มิลลิเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	13.20 ± 6.93	25.33 ± 10.81
HP14	10.72 ± 5.28	25.59 ± 8.5
KN16	11.12 ± 4.33	33.87 ± 13.68
NK15	13.40 ± 5.51	27.42 ± 10.31
AK22	11.57 ± 4.78	31.18 ± 12.86
AK23	12.53 ± 4.86	31.94 ± 16.00
AK24	11.59 ± 4.85	38.99 ± 12.16
AK26	15.49 ± 8.84	27.41 ± 8.52
AK27	14.33 ± 6.28	30.12 ± 12.51
AK28	11.22 ± 5.90	28.96 ± 10.32
AK29	9.81 ± 4.23	23.58 ± 7.63
AUS	10.47 ± 4.33	24.73 ± 11.71
control 1	13.16 ± 6.78	27.04 ± 11.00
control 2	14.16 ± 9.98	25.83 ± 10.01
control 3	15.45 ± 10.93	27.80 ± 11.02
ค่าเฉลี่ย	12.52 ± 6.66	28.70 ± 11.88
p-value		
seed source	<0.01**	
site	<0.01**	
seed source*site	0.63^{ns}	
LSD	8.81	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้


40
35
30
25
20
15
10
5
0
18
24
30
36
เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (มิลลิเมตร)
อายุ (เดือน)
PD20
HP14
KN16
NK15
AK22
AK23
AK24
AK26
AK27
AK28
AK29
AUS
control 1
control 2
control 3
อ่างขาง


40
35
30
25
20
15
10
5
0
18
24
30
36
เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (มิลลิเมตร)
อายุ (เดือน)
PD20
HP14
KN16
NK15
AK22
AK23
AK24
AK26
AK27
AK28
AK29
AUS
control 1
control 2
control 3
ปางดะ

ภาพที่ 5 เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของจันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุต่างๆ

ความสูง

จากการศึกษาการเติบโตทางความสูงของจันทร์ทองเทศ ที่อายุ 12, 18, 24, 30 และ 36 เดือน พบว่า แปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ในช่วงปีที่ 1-2 แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี มีค่ามากที่สุด คือ 81.80, 97.70 และ 130.61 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ที่อายุ 30 และ 36 เดือน สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 26 ปี และแม่ไม้อายุ 23 ปี มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 179.26 และ 490.72 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่แหล่งเมล็ด Perth ออสเตรเลีย มีค่าน้อยที่สุดเกือบทุกอายุ ยกเว้น ที่อายุ 12 และ 36 เดือน แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี มีค่าน้อยที่สุด ในขณะที่แปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า ในช่วงแรกที่อายุ 12 และ 24 เดือน แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี มีค่ามากที่สุด คือ 165.53 และ 331.50 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่อายุ 18 เดือน แหล่งเมล็ดศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย มีค่ามากที่สุด คือ 232.78 เซนติเมตร และที่อายุ 30 และ 36 เดือน แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 23 ปี มีค่ามากที่สุด คือ 457.67 และ 490.72 เซนติเมตร ตามลำดับ และเช่นเดียวกับการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง แหล่งเมล็ด Perth ออสเตรเลีย มีค่าน้อยที่สุดที่อายุ 12, 18 และ 24 เดือน แต่ที่อายุ 30 และ 36 เดือน มีอัตราการเติบโตมากขึ้น ทั้งนี้ ความแตกต่างระหว่างแหล่งเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ที่อายุ 24 และ 30 เดือน เท่านั้น แต่ที่อายุอื่นๆ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 16-20)

สำหรับความแตกต่างระหว่างพื้นที่ปลูกมีลักษณะเช่นเดียวกับการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยจันทร์ทองเทศทุกๆ แหล่งเมล็ดที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีความเป็นสองเท่าของจันทร์ทองเทศที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ทั้งนี้ ความแตกต่างระหว่างพื้นที่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ในทุกๆ ชั้นอายุที่ศึกษา แต่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 16-20)

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงของจันทร์ทองเทศ เมื่ออายุ 3 ปี พบว่า จันทร์ทองเทศในแปลงทดลองสถานีเกษตรหลวงปางดะ มีการเติบโตดีกว่าที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางมากกว่าสองเท่า โดยมีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 28.70 และ 12.52 มิลลิเมตร (9.57 และ 4.17 มิลลิเมตร ต่อปี) และมีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 389.63 และ 171.45 เซนติเมตร (129.88 และ 57.15 เซนติเมตร ต่อปี) ตามลำดับ อัตราการเติบโตเฉลี่ยของจันทร์ทองเทศที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีค่าค่อนข้างต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ศึกษาโดย กิตติศักดิ์ และคณะ (2546) ซึ่งเก็บข้อมูลจากต้นที่เติบโตดีที่สุดในแต่ละพื้นที่ แต่ใกล้เคียงกับสักที่ปลูกในพื้นที่เหมาะสม

ปานกลาง โดยที่บางแหล่งเมล็ดที่มีอัตราการเติบโตดีมีค่าใกล้เคียงกับสักที่ปลูกในพื้นที่เหมาะสมมาก (คณะวนศาสตร์, 2554) โดยจันทร์ทองเทศในแปลงทดลองสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขางอายุ 26 ปี และ control 3 มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงสุดเท่ากับ 15.49 และ 15.45 มิลลิเมตร ตามลำดับ และจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขางอายุ 29 ปี มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต่ำสุดเท่ากับ 9.81 มิลลิเมตร ในขณะที่ แหล่งเมล็ดจากจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 27 ปี มีค่าเฉลี่ยความสูงสูงสุดเท่ากับ 196.03 เซนติเมตร และแหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย มีค่าเฉลี่ยความสูงต่ำสุดเท่ากับ 110.38 เซนติเมตร และสำหรับจันทร์ทองเทศในแปลงทดลองสถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 24 ปี มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงสุดเท่ากับ 38.99 มิลลิเมตร และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 29 ปี มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต่ำสุดเท่ากับ 23.58 มิลลิเมตร ในขณะที่แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 23 และ 24 ปี มีค่าเฉลี่ยความสูงสูงสุดเท่ากับ 490.72 และ 486.15 เซนติเมตร ตามลำดับ และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 29 มีค่าเฉลี่ยความสูงต่ำสุดเท่ากับ 337.10 เซนติเมตร (ตารางที่ 16-20) ภาพผนวกที่ 11-14 เปรียบเทียบการเติบโตของจันทร์ทองเทศแหล่งเมล็ดต่างๆ ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ในภาพรวมจะเห็นได้ว่าจันทร์ทองเทศจากทุกๆ แหล่งเมล็ดที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ แต่มีอัตราการเติบโตทั้งความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกสูงมากกว่า จันทร์ทองเทศที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มากกว่าสองเท่า ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการรอดตายต่ำกว่าก็ตาม ทั้งนี้ส่วนหนึ่งน่าจะเป็นผลมาจาก สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อยู่ที่ความสูง 1,400 เมตร จากระดับน้ำทะเล ทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่า (อุณภูมิเฉลี่ยสูงสุดต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 0 องศาเซลเซียส) ในขณะที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ ซึ่งระดับความสูงเพียง 720 เมตร จากระดับน้ำทะเล (อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 30 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 19 องศาเซลเซียส) ทำให้เป็นข้อจำกัดในการเติบโตของจันทร์ทองเทศ นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศน์ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีลักษณะเป็นกรดรุนแรงมาก-กรดจัดมาก (pH 4.45-4.84) และมีปริมาณแคลเซียมและแมกนิเซียม น้อยกว่าดินในแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศน์ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ เกือบเท่าตัว โดยจันทร์ทองเทศในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 26 ปี และ 27 ปี มีการเติบโตดีกว่าแหล่งเมล็ดอื่นๆ ในขณะที่ แหล่งเมล็ดจากออสเตรเลียมีการเติบโตน้อยที่สุด ในขณะที่จันทร์ทองเทศในแปลงทดลองสถานีเกษตรหลวงปางดะ แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 23 และ 24 ปี มีการเติบโตดีกว่าแหล่งเมล็ดอื่นๆ แต่แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี และแหล่งเมล็ด control 2 มีการเติบโตต่ำที่สุด (อายุ 36 เดือน) เป็นที่น่าสังเกตุว่า ในแปลงทดลองสถานีเกษตรหลวงปางดะ แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 23 และ 24 ปี มีอัตราการเติบโตสูงมาก ในปีที่ 3 เช่นเดียวกับแหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย ซึ่งการเติบโตต่ำที่สุดใน 2 ปีแรก แต่ในปีที่ 3 กลับมีการเติบโตสูงกว่าค่าเฉลี่ย (ภาพที่ 4-6) ดังนั้น จึงควรมี

การติดตามการเติบโตในระยะยาวต่อไปเนื่องจากแหล่งเมล็ดบางแหล่งอาจจะยังปรับตัวเข้ากับพื้นที่ปลูกได้ไม่ดีในช่วงแรก แต่เมื่อปรับได้แล้วอาจมีอัตราการเติบโตสูงในช่วงหลัง

ตารางที่ 16 ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 12 เดือน

แหล่งเมล็ด	ความสูง (เซนติเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	69.12 ± 14.15	124.37 ± 22.96
HP14	69.26 ± 15.05	123.94 ± 11.60
KN16	70.65 ± 7.66	156.88 ± 23.26
NK15	70.19 ± 14.18	134.45 ± 23.30
AK22	74.78 ± 7.18	149.71 ± 29.91
AK23	78.01 ± 12.94	151.63 ± 31.40
AK24	81.80 ± 7.66	165.53 ± 20.04
AK26	77.79 ± 16.42	144.15 ± 24.39
AK27	80.77 ± 14.42	152.73 ± 33.74
AK28	73.78 ± 4.86	139.80 ± 22.23
AK29	66.50 ± 8.49	121.11 ± 9.53
AUS	53.21 ± 3.13	94.60 ± 20.29
control 1	69.31 ± 11.51	115.56 ± 16.02
control 2	67.78 ± 8.98	104.92 ± 5.98
control 3	78.52 ± 25.54	103.44 ± 46.47
ค่าเฉลี่ย	72.10 ± 13.11	132.19 ± 30.20
p-value		
seed source	<0.01**	
site	<0.01**	
seed source*site	0.08^{ns}	
LSD	27.36	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

มูลนิธิ
โครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

ตารางที่ 17 ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 18 เดือน

แหล่งเมล็ด	ความสูง (เซนติเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	85.01 ± 23.84	180.08 ± 38.40
HP14	81.69 ± 19.14	194.25 ± 12.10
KN16	87.52 ± 12.78	232.78 ± 33.24
NK15	89.16 ± 26.48	196.34 ± 33.09
AK22	89.51 ± 11.42	227.88 ± 46.48
AK23	93.52 ± 16.46	216.14 ± 41.82
AK24	97.70 ± 8.22	231.47 ± 33.49
AK26	96.98 ± 26.13	205.95 ± 29.78
AK27	96.93 ± 22.23	210.04 ± 34.82
AK28	94.10 ± 15.90	205.65 ± 29.63
AK29	85.49 ± 14.78	180.63 ± 27.92
AUS	65.73 ± 14.98	135.74 ± 37.63
control 1	91.01 ± 26.44	171.10 ± 22.75
control 2	81.21 ± 31.59	163.37 ± 12.99
control 3	89.99 ± 41.54	159.59 ± 64.38
ค่าเฉลี่ย	88.40 ± 21.20	194.07 ± 41.70
p-value		
seed source	< 0.01**	
site	< 0.01**	
seed source*site	0.19^{ns}	
LSD	40.78	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 18 ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 24 เดือน

แหล่งเมล็ด	ความสูง (เซนติเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	108.66 ± 37.76	248.63 ± 56.98
HP14	108.91 ± 31.85	249.49 ± 27.85
KN16	119.42 ± 21.00	289.94 ± 59.23
NK15	114.00 ± 38.67	258.85 ± 33.86
AK22	120.02 ± 18.04	307.39 ± 50.90
AK23	125.71 ± 32.27	300.49 ± 72.36
AK24	130.61 ± 9.70	331.50 ± 57.07
AK26	129.80 ± 49.37	267.98 ± 45.16
AK27	130.42 ± 36.08	307.10 ± 111.47
AK28	126.09 ± 19.94	270.57 ± 32.80
AK29	104.75 ± 11.37	236.52 ± 27.72
AUS	81.53 ± 19.37	200.19 ± 59.06
control 1	117.59 ± 41.41	224.83 ± 41.70
control 2	104.67 ± 57.02	223.24 ± 49.65
control 3	119.77 ± 66.41	235.74 ± 76.96
ค่าเฉลี่ย	116.13 ± 34.20	263.50 ± 62.12
p-value		
seed source	0.03*	
site	< 0.01**	
seed source*site	0.77^{ns}	
LSD	68.43	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 19 ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 30 เดือน

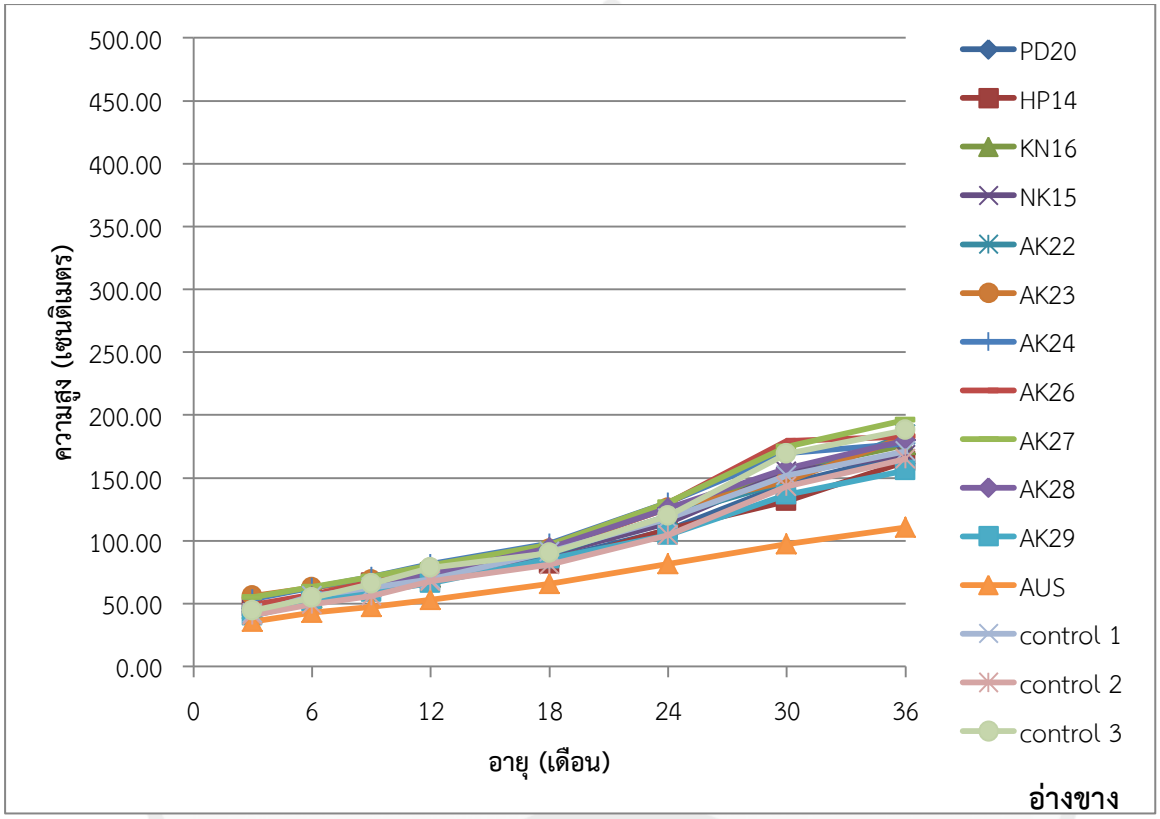
แหล่งเมล็ด	ความสูง (เซนติเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	145.45 ± 68.77	352.42 ± 44.53
HP14	131.26 ± 47.99	353.99 ± 16.80
KN16	156.06 ± 29.71	353.10 ± 37.19
NK15	154.69 ± 71.37	332.38 ± 30.02
AK22	147.04 ± 29.97	395.32 ± 96.60
AK23	147.11 ± 51.99	457.67 ± 167.19
AK24	169.92 ± 6.92	451.67 ± 38.94
AK26	179.26 ± 82.32	362.25 ± 50.98
AK27	175.00 ± 58.07	363.64 ± 80.20
AK28	157.62 ± 35.79	364.22 ± 22.61
AK29	136.71 ± 19.86	297.83 ± 34.66
AUS	97.55 ± 25.50	295.45 ± 61.32
control 1	152.08 ± 60.73	291.90 ± 51.81
control 2	143.36 ± 85.53	321.65 ± 54.03
control 3	169.13 ± 110.46	337.89 ± 84.63
ค่าเฉลี่ย	150.40 ± 52.67	355.41 ± 74.54
p-value		
seed source	0.23^{ns}	
site	<0.01**	
seed source*site	0.67^{ns}	
LSD	91.00	

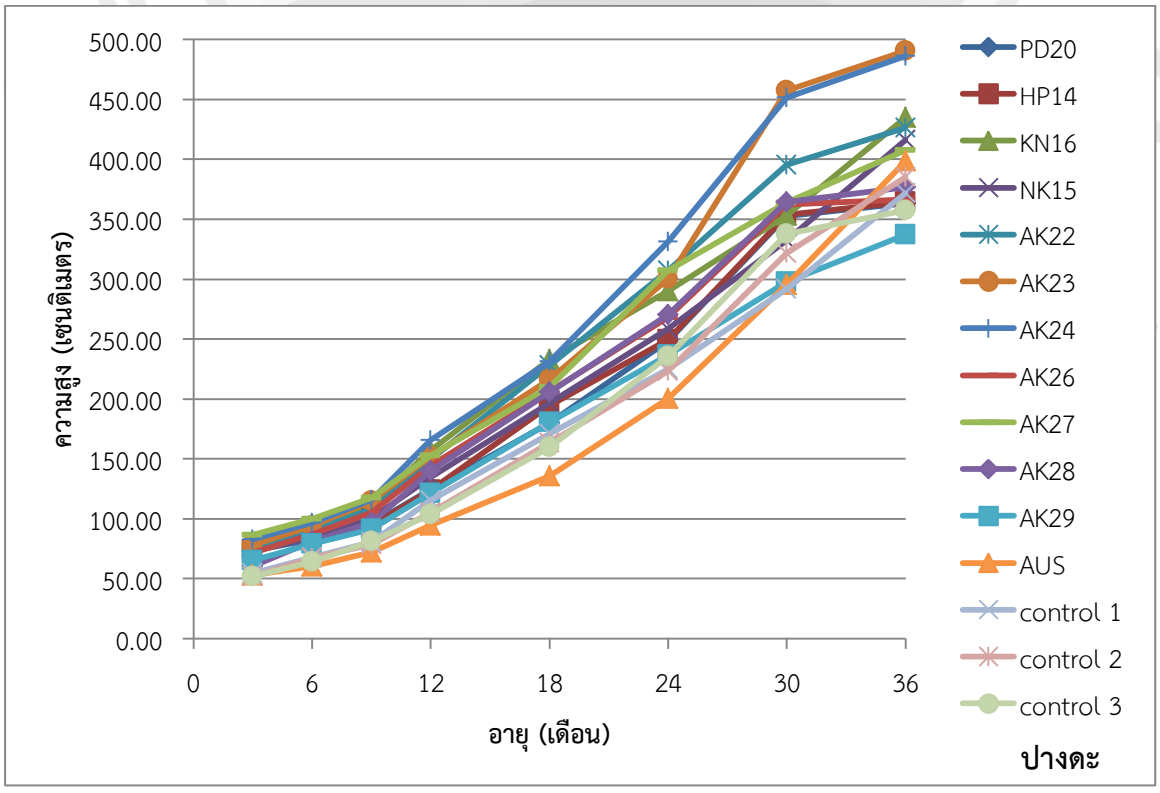
หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 20 ความสูงของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุ 36 เดือน

แหล่งเมล็ด	ความสูง (เซนติเมตร)	
	สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	สถานีเกษตรหลวงปางดะ
PD20	363.46 ± 91.98	363.46 ± 100.15
HP14	364.69 ± 67.77	364.69 ± 58.45
KN16	435.15 ± 55.34	435.15 ± 116.82
NK15	416.55 ± 76.56	416.55 ± 120.57
AK22	426.34 ± 69.77	426.34 ± 123.31
AK23	490.72 ± 82.99	490.72 ± 118.30
AK24	486.15 ± 64.16	486.15 ± 135.93
AK26	366.38 ± 97.13	366.38 ± 86.66
AK27	407.78 ± 78.07	407.78 ± 116.01
AK28	376.96 ± 64.40	376.96 ± 92.62
AK29	337.10 ± 52.94	337.10 ± 81.27
AUS	398.48 ± 49.57	398.48 ± 141.09
control 1	371.70 ± 70.88	371.70 ± 112.17
control 2	385.04 ± 104.33	385.04 ± 141.53
control 3	357.45 ± 114.52	357.45 ± 83.21
ค่าเฉลี่ย	171.45 ± 80.10	389.63 ± 116.73
p-value		
seed source	<0.01**	
site	<0.01**	
seed source*site	0.84^{ns}	
LSD	107.27	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้


500.00
450.00
400.00
350.00
300.00
250.00
200.00
150.00
100.00
50.00
0.00
ความสูง (เซนติเมตร)
0
6
12
18
24
30
36
อายุ (เดือน)
PD20
HP14
KN16
NK15
AK22
AK23
AK24
AK26
AK27
AK28
AK29
AUS
control 1
control 2
control 3
อ่างขาง


500.00
450.00
400.00
350.00
300.00
250.00
200.00
150.00
100.00
50.00
0.00
ความสูง (เซนติเมตร)
0
6
12
18
24
30
36
อายุ (เดือน)
PD20
HP14
KN16
NK15
AK22
AK23
AK24
AK26
AK27
AK28
AK29
AUS
control 1
control 2
control 3
ปางดะ

ภาพที่ 6 ความสูงของจันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลอง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ที่อายุต่างๆ

ลักษณะรูปทรงของต้นไม้

จากการประเมินลักษณะรูปทรงของต้นไม้เมื่อจันทร์ทองเทศ อายุ 3 ปี ทำการเปรียบเทียบจันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลองทั้งสองพื้นที่ศึกษา เฉพาะลักษณะการแตกนาง การตั้งตรงของลำต้น ความโค้งงอของลำต้น และความทนทานต่อโรคและแมลง เท่านั้น เนื่องจากจันทร์ทองเทศในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ยังมีขนาดค่อนข้างเล็กทำให้ยังไม่สามารถประเมินรูปทรงเรือนยอดได้ สำหรับจันทร์ทองเทศในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่า ทั้ง 15 แหล่งเมล็ด มีคะแนนเฉลี่ยลักษณะการแตกนาง 3.09 (จาก 4 คะแนน) ซึ่งอยู่ในระดับที่มีการแตกนางแตกนางที่ระดับสูงกว่า 1 ใน 4 แต่ไม่เกิน 1 ใน 2 ของความสูงลำต้นจากระดับพื้นดิน การตั้งตรงของลำต้นมีคะแนนเฉลี่ย 1.08 (จาก 2 คะแนน) ซึ่งแสดงถึงลำต้นส่วนใหญ่เอนไม่ตั้งตรง และมีความโค้งงอของลำต้นค่อนข้างมาก และมีจุดโค้งงอขนาดใหญ่มากกว่า 1 จุด (คะแนนเฉลี่ย 1.08 จาก 2 คะแนน) และความทนทานต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลงมีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.51 (จาก 2 คะแนน) ซึ่งแสดงถึงมีการเข้าทำลายของโรคและแมลงอยู่พอบ้าง โดยจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 23 ปี มีคะแนนรวมเฉลี่ยสูงที่สุด เนื่องจากลำต้นส่วนใหญ่ไม่มีการแตกนาง และทนทานต่อโรคและแมลงทำลาย รองลงมา คือ แหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 26 ปี และ อายุ 27 ปี และจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดโครงการหลวงแก่น้อยมีคะแนนรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด เนื่องจากลำต้นส่วนใหญ่มีการแตกนางที่ระดับต่ำค่อนข้างมาก นอกจากนี้ ยังพบว่าการเข้าทำลายโดยส่วนมากพบเป็นการทำลายของแมลงที่ใบร้อยละ 49.90 นอกนั้นพบการเข้าทำลายของแมลงที่ยอดและโคน ไม่เกินร้อยละ 3 (ตารางที่ 21 และภาพผนวกที่ 15)

สำหรับลักษณะรูปทรงของต้นไม้ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยลักษณะการแตกนาง 2.60 (จาก 4 คะแนน) ซึ่งอยู่ในระดับที่มีการแตกนางแตกนางที่ระดับต่ำกว่า 1 ใน 4 ของความสูงลำต้นจากระดับพื้นดิน การตั้งตรงของลำต้นมีคะแนนเฉลี่ย 1.21 (จาก 2 คะแนน) ซึ่งแสดงถึงลำต้นค่อนข้างเอนไม่ตั้งตรงเท่าที่ควร ความโค้งงอของลำต้นมีคะแนนเฉลี่ย 1.12 (จาก 2 คะแนน) ซึ่งแสดงถึงลำต้นค่อนข้างมีความโค้งงอ และยังพบมีจุดโค้งงอขนาดใหญ่บ้าง และความต้านทานการทำลายของโรคและแมลงมีระดับคะแนนเฉลี่ย 1.12 ซึ่งแสดงถึงว่ามีร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลงค่อนข้างมาก (ตารางที่ 21) โดยจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 23 ปี และ อายุ 26 ปี มีคะแนนรวมเฉลี่ยสูงที่สุด และจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดโครงการหลวงแก่น้อยมีคะแนนรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยส่วนมากพบการทำลายของแมลงที่ใบถึง ร้อยละ 93.02 นอกนั้นจะพบการเข้าทำลายของแมลงที่ยอด ร้อยละ 7.02 (ตารางที่ 13 และภาพผนวกที่ 16)

นอกจากนี้ จากการประเมินลักษณะของเรือนยอดของต้นไม้ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่าความเหมาะสมของขนาดเรือนยอดมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.69 (จาก 2 คะแนน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีขนาดเรือนยอดค่อนข้างเหมาะสม รูปทรงของเรือนยอดค่อนข้างสมดุลมีคะแนนเฉลี่ย 1.58 ขนาดของกิ่ง พบว่า มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับ 1 ใน 3 ของขนาดลำต้น อยู่ 1-2 กิ่ง (คะแนนเฉลี่ย 1.33 จาก 3 คะแนน) อาจเนื่องจากต้นไม้ยังขนาดเล็ก ในขณะที่มุมของกิ่งเฉลี่ยน้อยกว่า 60 องศา กับแนวลำต้น และมีกการลิดกิ่งตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 22)

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะรูปทรงของลำต้นจันทน์ทองเทศ ในแปลงทดลองของทั้งสองพื้นที่ ลักษณะการแตกนาง การตั้งตรงของลำต้น และความโค้งงอของลำต้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.1$) ระหว่างแหล่งเมล็ด แต่ความทนทานต่อโรคและแมลงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.5$) เช่นเดียวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ ในขณะที่ความแตกต่างระหว่างพื้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.1$) โดยภาพรวมจันทน์ทองเทศในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ถึงแม้จะมีลักษณะลำต้นที่ดีแต่ส่วนใหญ่มีการแตกนางในระดับต่ำ เนื่องจากในปีแรกได้รับความเสียหายจากลูกเห็บ และในปีต่อมามีแมลงเจาะยอดเข้า ทำลาย ทำให้ต้นไม้เกือบ 1 ใน 3 ยอดหัก และยอดตาย ทำให้มีการแตกนาง (ภาพผนวกที่ 15) โดยแหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 23 ปี อายุ 26 ปี และ อายุ 27 ปี มีคะแนนรวมเฉลี่ยสูงที่สุดในทั้งสองพื้นที่ เนื่องจากลำต้นส่วนใหญ่ไม่มีการแตกนาง และทนทานต่อโรคและแมลงทำลาย (ตารางที่ 3) แต่แหล่งเมล็ดโครงการหลวงแก่น้อยมีคะแนนรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด เนื่องจากลำต้นส่วนใหญ่มีการแตกนางที่ระดับต่ำค่อนข้างมาก แต่จากการปรียบเทียบลักษณะรูปทรงของแม่ไม้ พบว่า แม่ไม้จากแหล่งเมล็ดสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 23 ปี อายุ 26 ปี และ อายุ 27 ปี มีคะแนนรวมอยู่ในระดับปานกลางเท่านั้น ยังมีแม่ไม้จากอีกหลายแหล่งเมล็ดที่มีลักษณะรูปทรงของต้นไม้ดีกว่าแม่ไม้จากแหล่งเมล็ดทั้ง 3 แหล่งเมล็ดนี้ (ตารางผนวกที่ 2) อย่างไรก็ตาม การประเมินลักษณะรูปทรงของต้นไม้ในการศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการในขณะที่ต้นไม้ยังมีขนาดค่อนข้างเล็ก ทำให้ผลการประเมินที่ได้ยังไม่ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน ดังนั้นจึงควรมีการประเมินลักษณะรูปทรงของลำต้นและเรือนยอดเมื่อต้นไม้อายุมากขึ้น

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบการเข้าทำลายของแมลง พบว่า ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขางพบการทำลายของแมลงที่ใบร้อยละ 50 นอกนั้นพบการเข้าทำลายของแมลงที่ยอด และโคน ในขณะที่ในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ พบการทำลายของแมลงที่ยอดและใบมากกว่าร้อยละ 90 จากการศึกษาของเดชา (2542) พบว่า มีแมลงทำลายใบ เช่น *Parasa* sp.1 กับ *Parasa* sp.2 (Lepidoptera: Limacodidae) *Elcysma* sp. (Lepidoptera: Zygaenidae) และ *Criculajordani* (Lepidoptera: Saturniidae) เข้าทำลายใบต้นไม้ที่อยู่บริเวณขอบแปลงจันทร์ทองเทศอายุ 9 ปี ซึ่งไม่ได้ทำให้ต้นไม้ตาย เพียงแต่ทำให้การเติบโตลดลงเท่านั้น ส่วนการทำลายลำต้นนั้นพบแมลงเพียง ชนิดเดียวเท่านั้นที่เข้าทำลายลำต้นคือ *Indarbela* sp. (Lepidoptera : Metarbelidae) สามารถสร้างความ

เสียหายได้ตลอดทั้งปีแต่อาจจะไม่มากนักเนื่องจากตัวหนอนจะเจาะทำลายเพียงเปลือกนอกเท่านั้น และมีการเจาะรูตามง่ามกิ่งที่ติดกับลำต้น เป็นรูตื้นๆ เพื่ออยู่อาศัยเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้ต้นไม้มีอายุน้อย และขนาดเล็ก แมลงที่ทำลายใบอาจทำให้อัตราการเติบโตลดลงเท่านั้น แต่แมลงที่ทำลายยอดทำให้ยอดเสียเสียหาย และต้นไม้มีการแตกนางทำให้ต้นจันทร์ทองเทศน์สูญเสียรูปทรงที่ดีซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายในระยะยาว

ตารางที่ 21 การประเมินการแตกนางและการตั้งตรงของลำต้นจันทร์ทองเทศ ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ

แหล่งเมล็ด	การแตกนาง (1-4 คะแนน)		การตั้งตรงของลำต้น (1-2 คะแนน)	
	อ่างขาง	ปางดะ	อ่างขาง	ปางดะ
PD20	2.81±1.09	2.61±0.91	1.10±0.30	1.15±0.36
HP14	2.99±0.91	2.69±0.89	1.01±0.12	1.16±0.37
KN16	2.84±1.16	2.28±1.01	1.07±0.26	1.17±0.38
NK15	3.05±0.97	2.55±0.99	1.05±0.22	1.14±0.35
AK22	3.43±0.89	2.43±0.98	1.12±0.33	1.39±0.49
AK23	3.51±0.77	2.89±0.85	1.17±0.38	1.18±0.39
AK24	2.89±1.09	2.62±0.92	1.06±0.24	1.23±0.42
AK26	3.28±0.80	2.76±0.88	1.12±0.33	1.37±0.48
AK27	3.36±0.73	2.52±0.95	1.11±0.31	1.25±0.43
AK28	3.15±0.86	2.66±0.88	1.08±0.27	1.16±0.37
AK29	3.05±0.96	2.72±0.91	1.08±0.27	1.20±0.40
AUS	2.89±1.07	2.42±0.99	1.00±0.00	1.09±0.29
control 1	3.15±0.84	2.56±1.05	1.05±0.23	1.27±0.44
control 2	2.92±0.98	2.73±1.00	1.08±0.28	1.16±0.37
control 3	3.10±0.73	2.56±0.94	1.00±0.18	1.21±0.41
ค่าเฉลี่ย	3.09±0.92	2.60±0.94	1.08±0.25	1.21±0.40
p-value				
seed source	<0.05*		<0.01**	
site	<0.05*		<0.01**	
seed source*site	<0.05*		<0.05*	
LSD	0.46		0.50	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

(AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 22 การประเมินลักษณะรูปทรงลำต้น และความทนทานต่อโรคและแมลง ของจันทร์ทองเทศที่ปลูก สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ

แหล่งเมล็ด	ความโค้งงอของลำต้น (1-2 คะแนน)		โรคและแมลง (1-2 คะแนน)	
	อ่างขาง	ปางดะ	อ่างขาง	ปางดะ
PD20	1.04±0.20	1.15±0.36	1.50±0.50	1.50±0.50
HP14	1.05±0.22	1.03±0.17	1.46±0.50	1.46±0.50
KN16	1.02±0.15	1.08±0.28	1.51±0.50	1.51±0.50
NK15	1.07±0.26	1.11±0.32	1.52±0.50	1.52±0.50
AK22	1.20±0.41	1.19±0.39	1.55±0.50	1.55±0.50
AK23	1.09±0.29	1.24±0.43	1.49±0.50	1.49±0.50
AK24	1.08±0.28	1.06±0.24	1.52±0.50	1.52±0.50
AK26	1.15±0.36	1.14±0.35	1.62±0.49	1.62±0.49
AK27	1.04±0.20	1.14±0.34	1.50±0.50	1.50±0.50
AK28	1.07±0.25	1.11±0.31	1.41±0.49	1.41±0.49
AK29	1.05±0.22	1.09±0.29	1.42±0.50	1.42±0.50
AUS	1.03±0.17	1.18±0.39	1.57±0.50	1.57±0.50
control 1	1.09±0.28	1.08±0.28	1.56±0.50	1.56±0.50
control 2	1.09±0.29	1.12±0.33	1.53±0.50	1.53±0.50
control 3	1.1±0.30	1.10±0.30	1.43±0.50	1.43±0.50
ค่าเฉลี่ย	1.08±0.26	1.12±0.32	1.51±0.50	1.12±0.32
p-value				
seed source	<0.01**		≥0.05*	
site	<0.01**		<0.01*	
seed source*site	<0.05*		≥0.05*	
LSD	0.41		0.49	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางที่ 23 การประเมินลักษณะเรือนยอด และลักษณะกิ่ง ของจันทร์ทองเทศ ที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

แหล่งเมล็ด	ขนาดเรือนยอด (1-2 คะแนน)	รูปทรงเรือนยอด (1-2 คะแนน)	ความใหญ่ของกิ่ง (1-3 คะแนน)	การลิดกิ่ง (1-3 คะแนน)	มุมของกิ่ง (1-2 คะแนน)
PD20	1.80 ± 0.41	1.57 ± 0.50	1.27 ± 0.51	1.45 ± 0.50	1.24 ± 0.43
HP14	1.77 ± 0.42	1.43 ± 0.50	1.28 ± 0.58	1.52 ± 0.50	1.26 ± 0.44
KN16	1.75 ± 0.44	1.58 ± 0.50	1.25 ± 0.51	1.51 ± 0.50	1.21 ± 0.41
NK15	1.69 ± 0.47	1.47 ± 0.50	1.26 ± 0.46	1.54 ± 0.50	1.25 ± 0.44
AK22	1.59 ± 0.49	1.35 ± 0.48	1.38 ± 0.55	1.60 ± 0.49	1.38 ± 0.49
AK23	1.56 ± 0.50	1.43 ± 0.50	1.41 ± 0.56	1.67 ± 0.47	1.35 ± 0.48
AK24	1.74 ± 0.44	1.53 ± 0.50	1.12 ± 0.33	1.53 ± 0.50	1.30 ± 0.46
AK26	1.66 ± 0.48	1.41 ± 0.49	1.29 ± 0.52	1.59 ± 0.49	1.31 ± 0.46
AK27	1.64 ± 0.48	1.45 ± 0.50	1.30 ± 0.51	1.49 ± 0.50	1.25 ± 0.43
AK28	1.75 ± 0.43	1.41 ± 0.50	1.30 ± 0.51	1.59 ± 0.50	1.37 ± 0.49
AK29	1.73 ± 0.45	1.43 ± 0.50	1.39 ± 0.55	1.47 ± 0.50	1.33 ± 0.47
AUS	1.85 ± 0.36	1.65 ± 0.48	1.32 ± 0.61	1.33 ± 0.48	1.39 ± 0.49
control 1	1.71 ± 0.46	1.57 ± 0.50	1.34 ± 0.60	1.61 ± 0.49	1.40 ± 0.49
control 2	1.62 ± 0.49	1.44 ± 0.50	1.33 ± 0.47	1.49 ± 0.50	1.39 ± 0.49
control 3	1.69 ± 0.46	1.58 ± 0.50	1.33 ± 0.53	1.74 ± 0.44	1.32 ± 0.47

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ

การศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่ของใบจันทร์ทองเทศ ได้แก่ พื้นที่ใบจำเพาะ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และสารอาหารในใบ (ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) จากแหล่งเมล็ดต่างๆ จำนวน 15 แหล่งเมล็ด ที่ปลูกใน 2 พื้นที่ ได้แก่ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่

พื้นที่ใบจำเพาะ

จากการศึกษาการแปรผันระหว่างแหล่งเมล็ดของพื้นที่ใบจำเพาะของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ จำนวน 15 แหล่งเมล็ด ที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี มีค่าพื้นที่ใบจำเพาะมากที่สุด เท่ากับ 132.69 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม และแหล่งเมล็ดจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง แม่ไม้อายุ 14 ปี มีพื้นที่ใบจำเพาะน้อยที่สุด เท่ากับ 97.71 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ใบจำเพาะของจันทร์ทองเทศ ที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า แหล่งเมล็ดจาก control1 (แม่เหียะ อำเภอเมือง) มีพื้นที่ใบจำเพาะมากที่สุด เท่ากับ 196.83 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงปางดะ แม่ไม้อายุ 20 ปี มีพื้นที่ใบจำเพาะน้อยที่สุด เท่ากับ 102.20 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม แต่พื้นที่ใบจำเพาะของจันทร์ทองเทศมีความแตกต่างกันระหว่างแหล่งเมล็ดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) จากการวิเคราะห์การแปรผันระหว่างพื้นที่ปลูก พบว่า จันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะมีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบจำเพาะ (136.42 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม) สูงกว่าที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (115.91 ตารางเซนติเมตรต่อกรัม) และพื้นที่ใบจำเพาะของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) แต่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างกันระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูกอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 24 โดยทั่วไปพื้นที่ใบจำเพาะนั้นบ่งบอกถึงความหนาบางของใบ โดยใบที่มีพื้นที่ใบจำเพาะมากแสดงว่าเป็นใบที่บางกว่าใบที่มีพื้นที่ใบจำเพาะน้อย ส่วนใหญ่แล้วใบจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดเดียวกันที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะมีพื้นที่ใบจำเพาะมากกว่าจันทร์ทองเทศที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

ปริมาณคลอโรฟิลล์

จากการศึกษาการแปรผันระหว่างแหล่งเมล็ดของปริมาณคลอโรฟิลล์ซึ่งวัดเป็นค่าเปรียบเทียบค่าความเขียว (SPAD) และคำนวณเป็นปริมาณคลโรฟิลล์ของใบจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ จำนวน 15 แหล่งเมล็ดที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 25 ปี มีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดเท่ากับ 3.48 มิลลิกรัมต่อตารางเดซิเมตร และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี มีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยที่สุดเท่ากับ 3.09 มิลลิกรัมต่อตารางเดซิเมตร เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 25 ปี มีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดเช่นเดียวกับที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง เท่ากับ 3.16 มิลลิกรัมต่อตารางเดซิเมตร และแหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย มีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยที่สุดเท่ากับ 1.90 มิลลิกรัมต่อ

ตารางเดซิเมตร โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ มีความแตกต่างกันระหว่างแหล่งเมล็ดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ตารางที่ 24 พื้นที่ใบจำเพาะ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งเมล็ด	พื้นที่ผิวใบจำเพาะ (ตร.ซม./กรัม)		ปริมาณคลอโรฟิลล์ (SPAD reading)		ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มก./ตร.ดม.)	
	อ่างขาง	ปางดะ	อ่างขาง	ปางดะ	อ่างขาง	ปางดะ
PD20	118.16±18.56	102.20±10.14	57.97±3.00	51.98±1.56	3.39±0.84	2.90±0.83
HP14	97.71±10.67	114.10±11.84	57.21±2.14	52.65±2.49	3.32±0.84	2.96±0.84
KN16	120.61±15.48	133.14±15.00	55.87±1.21	51.07±3.08	3.21±0.83	2.84±0.84
NK15	107.48±8.00	121.65±2.80	57.45±2.30	49.83±2.10	3.34±0.84	2.74±0.84
AK22	132.69±16.49	156.16±84.73	54.34±7.59	51.10±3.57	3.09±0.89	2.84±0.85
AK23	122.10±14.06	144.13±18.20	56.31±5.34	54.10±1.76	3.25±0.87	3.07±0.83
AK24	117.82±12.41	156.38±18.84	56.17±2.56	49.83±2.39	3.24±0.84	2.74±0.84
AK26	113.58±13.30	120.95±12.69	57.47±1.22	51.61±1.75	3.34±0.83	2.88±0.83
AK27	115.02±13.59	125.58±52.60	59.06±3.16	55.20±2.25	3.48±0.84	3.16±0.84
AK28	108.53±12.56	149.36±71.52	58.53±1.55	51.94±2.46	3.43±0.83	2.90±0.84
AK29	108.14±11.42	103.29±14.06	58.26±2.60	51.33±2.15	3.41±0.84	2.86±0.84
AUS	110.87±9.37	154.29±12.63	55.66±2.32	36.70±2.47	3.20±0.84	1.90±0.84
control 1	126.44±37.38	196.83±36.98	55.83±4.53	50.46±1.11	3.21±0.86	2.79±0.83
control 2	119.92±19.15	114.18±19.52	56.30±4.02	53.05±2.07	3.25±0.85	2.99±0.84
control 3	127.51±46.55	158.74±28.56	55.01±0.95	51.31±2.83	3.14±0.83	2.85±0.84
ค่าเฉลี่ย	115.91±19.66	136.42±52.52	56.76±3.28	50.81±7.18	3.29±0.85	2.83±0.84
p-value						
seed source	≥0.05*		≥0.05*		≥0.05*	
Site	< 0.01**		<0.01**		<0.01**	
seed source*site	≥0.05*		≥0.05*		≥0.05*	
LSD	56.70		7.65		0.44	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ปลูก พบว่า จันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ (3.29 มิลลิกรัมต่อตารางเดซิเมตร) มากกว่าที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ (2.83 มิลลิกรัมต่อตารางเดซิเมตร) โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ของจันทร์ทองเทศมีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 24 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีมากกว่า อาจเนื่องจากปัจจัยแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสูงจากระดับน้ำทะเล อาจทำให้ในบางฤดูกาลมีหมอกปกคลุม ทำให้ได้รับแสงน้อยกว่า สถานีเกษตรหลวงปางดะ จึงทำให้มีจันทร์ทองเทศมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่า ซึ่งเป็นการปรับตัวของใบในพื้นที่ที่ได้รับแสงน้อยโดยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเพื่อให้สามารถจับแสงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงได้มากขึ้น (สาพิศ, 2545) นอกจากนี้ อาจเนื่องมาจากปริมาณสารอาหารในดิน และในใบที่ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะแมกนีเซียม

ปริมาณสารอาหารในใบ

<u>ไนโตรเจน</u>

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ จำนวน 15 แหล่งเมล็ด ที่พบว่า จันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แหล่งเมล็ด control1 (แม่เหียะ อำเภอเมือง) มีค่าปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 2.27 และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 25 ปี มีค่าปริมาณไนโตรเจนในใบน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 1.94 สำหรับปริมาณไนโตรเจนในใบจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปาง พบว่า แหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย 1 มีปริมาณไนโตรเจนในใบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 2.08 และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 22 ปี มีค่าปริมาณไนโตรเจนในใบน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 1.66 โดยปริมาณไนโตรเจนในใบจากแหล่งเมล็ดต่างๆ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างแหล่งเมล็ด ($p\geq 0.05$) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูก ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยปริมาณไนโตรเจนในใบของจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีค่าเฉลี่ย (ร้อยละ 2.08) มากกว่าที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ (ร้อยละ 1.86)

โดยไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์และมีความสัมพันธ์กับระดับไนโตรเจนในใบ และเป็นปัจจัยส่งเสริมการสังเคราะห์แสงของพืช (Evans, 1989) ต้นไม้ที่มีปริมาณไนโตรเจนในใบสูงอาจทำให้มีการสังเคราะห์แสงที่มากขึ้น และการเติบโตดีขึ้น แต่จากการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนในใบจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ซึ่งมีการเติบโตน้อยแต่กลับมีปริมาณไนโตรเจนในใบสูงกว่าจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบจันทร์ทอง

เทศแหล่งเมล็ดต่างๆ ที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 23 และ 24 ปี มีการเติบโตได้ดี และมีปริมาณไนโตรเจนในใบสูงกว่าแหล่งเมล็ดอื่นๆ (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งเมล็ด	ไนโตรเจน (ร้อยละ)		ฟอสฟอรัส (ร้อยละ)		โปแตสเซียม (ร้อยละ)	
	อ่างขาง	ปางดะ	อ่างขาง	ปางดะ	อ่างขาง	ปางดะ
PD20	2.00±0.33	1.84±0.21	0.20±0.03	0.31±0.04	1.25±0.94	1.07±0.33
HP14	1.96±0.37	1.75±0.05	0.19±0.02	0.16±0.02	1.39±0.31	1.00±0.12
KN16	2.17±0.13	1.81±0.22	0.20±0.04	0.25±0.02	1.51±0.21	0.99±0.10
NK15	2.17±0.13	1.71±0.20	0.18±0.01	0.15±0.08	1.10±0.26	0.78±0.15
AK22	2.20±0.07	1.99±0.11	0.18±0.02	0.14±0.02	1.43±0.13	0.99±0.23
AK23	2.24±0.23	2.03±0.20	0.18±0.04	0.22±0.11	1.32±0.34	1.01±0.21
AK24	2.05±0.34	2.05±0.20	0.19±0.02	0.20±0.05	1.27±0.95	0.75±0.34
AK26	2.00±0.15	1.78±0.20	0.25±0.03	0.16±0.01	1.31±0.12	0.79±0.11
AK27	1.94±0.23	1.88±0.21	0.14±0.02	0.19±0.04	1.33±0.27	1.08±0.58
AK28	2.05±0.32	1.85±0.47	0.18±0.03	0.13±0.01	1.23±0.25	0.89±0.36
AK29	2.00±0.16	1.66±0.14	0.21±0.04	0.21±0.05	1.17±0.24	0.92±0.10
AUS	2.03±0.29	2.08±0.20	0.23±0.04	0.17±0.03	1.30±0.23	0.92±0.63
control 1	2.27±0.45	1.85±0.29	0.21±0.02	0.28±0.11	1.59±0.96	0.96±0.10
control 2	2.07±0.41	1.80±0.35	0.14±0.01	0.19±0.03	1.19±0.27	0.93±0.30
control 3	2.08±0.23	1.90±0.36	0.22±0.04	0.14±0.33	1.30±0.21	0.90±0.33
เฉลี่ย	2.08±0.26	1.86±0.26	0.19±0.04	0.20±0.07	1.32±0.32	0.93±0.29
p-value						
seed source	0.63^{ns}		< 0.01**		0.78^{ns}	
site	<0.01**		0.71^{ns}		< 0.01**	
seed source*site	0.64^{ns}		< 0.01**		0.99^{ns}	
LSD	0.40		0.06		0.46	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ฟอสฟอรัส

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ จำนวน 15 แหล่งเมล็ด ที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 26 ปี มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสในใบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.25 และแหล่งเมล็ดจาก control 2 (หมอกจ๋าม อำเภอแม่อาย) มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสในใบน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.14 สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในใบจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงปางดะ แม่ไม้อายุ 20 ปี มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.31 และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 23 ปี มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสในใบน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.13 โดยที่ปริมาณฟอสฟอรัสในใบมีความแตกต่างกันระหว่างแหล่งเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และจากการเปรียบเทียบปริมาณปริมาณฟอสฟอรัสในใบของจันทร์ทองเทศระหว่างพื้นที่ปลูก พบว่า จันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ร้อยละ 0.19) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (ร้อยละ 0.20) มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสในใบเกลี้เคียงกัน โดยความแตกต่างระหว่างพื้นที่ที่ปลูกไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูกของปริมาณฟอสฟอรัสในใบของจันทร์ทองเทศมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) (ตารางที่ 25)

โพแทสเซียม

การศึกษาปริมาณโพแทสเซียมในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่า แหล่งเมล็ด control1 (แม่เหียะ อำเภอเมือง) มีค่าปริมาณโพแทสเซียมในใบมากที่สุด (ร้อยละ 1.59) และแหล่งเมล็ดจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว แม่ไม้อายุ 15 ปี มีค่าปริมาณโพแทสเซียมในใบน้อยที่สุด (ร้อยละ 1.10) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมในใบของจันทร์ทองเทศ ที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 25 ปี มีปริมาณโพแทสเซียมในใบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 1.08 และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 27 ปี มีค่าปริมาณโพแทสเซียมในใบน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.75 แต่ปริมาณโพแทสเซียมในใบมีความแตกต่างกันระหว่างแหล่งเมล็ดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และจากการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ปลูก พบว่า จันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีค่าเฉลี่ยปริมาณโพแทสเซียมในใบ (ร้อยละ 1.32) มากกว่าที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ (ร้อยละ 0.93) โดยปริมาณโพแทสเซียมในใบของจันทร์ทองเทศมีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) แต่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 25 โดยปกติ โพแทสเซียมมีความจำเป็นต่อกิจกรรมหรือกระบวนการต่างๆ ในเซลล์พืช โดยเฉพาะการสร้างและเคลื่อนย้ายแป้ง และน้ำตาล (Fageria, 2009) และยังมีส่วนทำให้ผนังเซลล์ของพืชหนาและมั่นคงซึ่งยากต่อการทำลายของโรคและแมลง (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา,

2544) จะเห็นได้ว่าจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีพื้นที่ผิวใบเฉพาะต่ำแสดงถึงใบที่หนาซึ่งสอดคล้องกับปริมาณโปแตสเซียมในใบที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ

<u>แคลเซียม</u>

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงปางดะ แม่ไม้อายุ 20 ปี มีค่าปริมาณแคลเซียมในใบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.66 และแหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย 1 มีค่าปริมาณแคลเซียมในใบน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.19 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในใบของจันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะ พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 27 ปี มีปริมาณแคลเซียมในใบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.92 และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงปางดะ แม่ไม้อายุ 20 ปี มีค่าปริมาณแคลเซียมในใบน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.44 แต่ปริมาณแคลเซียมในใบมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแหล่งเมล็ด ($p>0.05$) และจากการศึกษาการแปรผันระหว่างพื้นที่ปลูกของปริมาณแคลเซียมในใบของจันทร์ทองเทศ พบว่า จันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะมีค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียมในใบ (ร้อยละ 0.63) มากกว่าที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเซียมในใบ (ร้อยละ 0.38) เกือบเท่าตัว และปริมาณแคลเซียมในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) แต่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูกมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมในใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งเมล็ด	แคลเซียม (ร้อยละ)		แมกนีเซียม (ร้อยละ)	
	อ่างขาง	ปางดะ	อ่างขาง	ปางดะ
PD20	0.66±0.36	0.44±0.13	0.18±0.06	0.18±0.02
HP14	0.41±0.18	0.59±0.12	0.15±0.02	0.23±0.03
KN16	0.44±0.22	0.66±0.05	0.17±0.00	0.23±0.07
NK15	0.42±0.16	0.51±0.08	0.13±0.07	0.25±0.06
AK22	0.39±0.16	0.64±0.14	0.17±0.02	0.26±0.01
AK23	0.42±0.22	0.49±0.10	0.18±0.02	0.26±0.03
AK24	0.42±0.12	0.92±0.49	0.18±0.45	0.31±0.07
AK26	0.38±0.12	0.81±0.25	0.15±0.02	0.25±0.06
AK27	0.29±0.11	0.64±0.06	0.15±0.02	0.26±0.04
AK28	0.34±0.14	0.74±0.15	0.16±0.01	0.29±0.04
AK29	0.36±0.16	0.56±0.15	0.15±0.02	0.24±0.03
AUS	0.19±0.10	0.44±0.30	0.17±0.02	0.21±0.14
control 1	0.36±0.16	0.65±0.17	0.15±0.02	0.26±0.06
control 2	0.32±0.14	0.66±0.15	0.15±0.02	0.25±0.04
control 3	0.32±0.09	0.69±0.43	0.16±0.00	0.25±0.02
เฉลี่ย	0.38±0.18	0.63±0.23	0.16±0.30	0.25±0.06
seed source	0.29^{ns}		0.34^{ns}	
site	<0.01**		< 0.01**	
seed source*site	0.12^{ns}		0.31^{ns}	
LSD	0.28		0.06	

หมายเหตุ ข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

<u>แมกนีเซียม</u>

จากการศึกษาปริมาณแมกนีเซียมในใบของจันทร์ทองเทศ ที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 27 ปี มีค่าปริมาณแมกนีเซียมในใบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.18 และแหล่งเมล็ดจากศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว แม่ไม้อายุ 15 ปี มีค่าปริมาณแมกนีเซียมในใบน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.13 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมในใบของ

จันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปาง พบว่า แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 27 ปี มีปริมาณแมกนีเซียมในใบมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.31 และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงปางดะ แม่ไม้อายุ 20 ปี มีค่าปริมาณแมกนีเซียมในใบน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.18 แต่ผลการทดสอบทางสถิติ พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมในใบมีความแตกต่างกันระหว่างแหล่งเมล็ดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) จากการศึกษาการแปรผันระหว่างพื้นที่ปลูกของปริมาณแมกนีเซียมในใบของจันทร์ทองเทศ พบว่า จันทร์ทองเทศที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงปางดะมีค่าเฉลี่ยปริมาณแมกนีเซียมในใบเท่ากับร้อยละ 0.25 ซึ่งมากกว่าที่ปลูกบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีค่าเฉลี่ยปริมาณแมกนีเซียมในใบเท่ากับร้อยละ 0.16 โดยปริมาณแมกนีเซียมในใบของจันทร์ทองเทศมีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ในขณะที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแหล่งเมล็ดและพื้นที่ปลูกของปริมาณแมกนีเซียมในใบของจันทร์ทองเทศมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ตารางที่ 6)

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ และการแปรผันของการเติบโต

จากการศึกษาการแปรผันระหว่างแหล่งเมล็ดของตัวแปรในด้านต่างๆ ได้แก่ การเติบโต ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ และลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ พบว่า มีตัวแปรหลายตัวที่มีความแตกต่างระหว่างแหล่งเมล็ด และระหว่างพื้นที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่น การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูง (เฉพาะบางอายุ) ลักษณะการแตกนาง และลักษณะลำต้น เป็นต้น ในขณะที่ลักษณะเชิงหน้าที่ของใบมีเพียงปริมาณฟอสฟอรัสในใบเท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ตัวแปรลักษณะเชิงหน้าที่ของใบทุกตัวแปรที่ศึกษามีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ปลูกสาเหตุสำคัญเนื่องจากสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกทั้งสองแห่งมีความแตกต่างกันมาก โดยทั่วไปตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตของต้นไม้ส่วนใหญ่ถูกควบคุมโดยปัจจัยสิ่งแวดล้อมมากกว่าปัจจัยทางพันธุกรรม ซึ่งต่างจากลักษณะในเชิงคุณภาพ เช่น ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ และคุณภาพเนื้อไม้ เป็นต้น ที่ถูกควบคุมโดยปัจจัยทางพันธุกรรมในสัดส่วนที่สูงกว่า (Zobel and Talbert, 1984) เช่น การศึกษาของปาริชาต (2541) พบว่า การแปรผันของการเติบโตของไม้กระถินณรงค์จากถิ่นกำเนิดต่างๆ ที่ปลูก ณ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ลำเภาทราย จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่แห้งแล้ง ดินขาดความสมบูรณ์ และมีปริมาณน้ำฝนต่ำ โดยมีผลทำให้ความแตกต่างระหว่างถิ่นเนิดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลมากกว่า ในการศึกษาครั้งนี้ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อยู่ในพื้นที่สูงมากกว่า 1,000 เมตร มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียสในช่วงฤดูหนาว กอปรกับดินมีลักษณะเป็นกรดรุนแรงมาก-กรดจัดมาก (pH 4.45-4.84) ทำให้มีปริมาณโปแทสเซียม แคลเซี่ยม และแมกนีเซียมในดินต่ำ (ตารางที่ 4) และอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การดูดซึมสารอาหารเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้น้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แคลเซี่ยม และแมกนีเซียม สังเกตได้จากปริมาณแคลเซี่ยม และแมกนีเซียมในใบของจันทร์ทองเทศทุกแหล่งเมล็ดที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีค่าต่ำ (ตารางที่ 4) โดยแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงเพื่อการเติบโต ทั้งนี้ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงหน้าที่ของใบจันทร์

ทองเทศและการเติบโต พบว่า การเติบโตของจันทร์ทองเทศที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ไม่มีมีความสัมพันธ์อย่างนัยสำคัญทางสถิติกับลักษณะเชิงหน้าที่ของใบลักษณะใดๆ เลย แต่สำหรับการเติบโตทางความสูงของจันทร์ทองเทศที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับแมกนีเซียมเซียมในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณโปแทสเซียมในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากโปแทสเซียมมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับสมดุลน้ำของพืชโดยมีส่วนในการควบคุมการลำเลียงน้ำจากราก และการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำของใบพืช จากการศึกษาของ Jin *et al.* (2011) ในกล้าไม้ hickory (*Carya cathayensis*) ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับพวก walnut โดยพบว่า ปริมาณโปแตสเซียมในใบมีช่วงที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แสงเป็นช่วงแคบๆ เท่านั้น หากปริมาณโปแตสเซียมในใบน้อยกว่าร้อยละ 0.7-0.8 หรือมากกว่าร้อยกว่า 1.2 จะทำให้ปากใบพืชปิดส่งผลให้การสังเคราะห์แสงลดลง แต่ในการศึกษาครั้งนี้ปริมาณโปแทสเซียมในใบค่อนข้างสูง จันทร์ทองเทศที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีค่าเฉลี่ยของปริมาณโปแตสเซียมในใบถึงร้อยละ 1.32 ซึ่งอาจจำกัดการสังเคราะห์แสงของจันทร์ทองเทศ ในขณะที่ จันทร์ทองเทศที่ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโปแตสเซียมในใบร้อยละ 0.93 อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับบทบาทของปริมาณโปแทสเซียมในใบที่มีต่อกลไกการสังเคราะห์แสงและการควบคุมการสูญเสียน้ำของใบซึ่งอาจเป็นตัวแปรของลักษณะเชิงหน้าที่ของใบที่สำคัญต่อการเติบโตของจันทร์ทองเทศ

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการแปรผันระหว่างแหล่งเมล็ดของตัวแปรในด้านต่างๆ ได้แก่ การเติบโต ลักษณะรูปทรงของต้นไม้ และลักษณะเชิงหน้าที่ของใบ พบว่า มีตัวแปรหลายตัวที่มีความแตกต่างระหว่างแหล่งเมล็ด และระหว่างพื้นที่ปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่น การเติบโตทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูง (เฉพาะบางอายุ) ลักษณะการแตกนาง และลักษณะรูปทรงลำต้น เป็นต้น ในขณะที่ลักษณะเชิงหน้าที่ของใบมีเพียงปริมาณฟอสฟอรัสในใบเท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างแหล่งเมล็ด แต่ตัวแปรลักษณะเชิงหน้าที่ของใบทุกตัวแปรที่ศึกษามีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ปลูก สาเหตุสำคัญเนื่องจากสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกทั้งสองแห่งมีความแตกต่างกันมาก โดยการเติบโตของจันทร์ทองเทศจากทุกๆ แหล่งเมล็ดในแปลงทดสอบ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ มีค่าสูงกว่าในแปลงทดสอบลูกไม้ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ถึง 2 เท่า เนื่องมาจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขางอยู่ที่ความสูง 1,400 เมตร จากระดับน้ำทะเล ทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่า กอปรกับดินมีลักษณะเป็นกรดรุนแรงมาก-กรดจัดมาก และมีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมต่ำ ในทางตรงข้าม จันทร์ทองเทศในแปลงทดสอบ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีลักษณะรูปทรงลำต้นบางลักษณะดีกว่า จันทร์ทองเทศในแปลงทดสอบ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ เนื่องจากได้รับความเสียหายจากจากลูกเห็บและแมลงเจาะยอดในช่วงสองปีแรก แต่สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแหล่งเมล็ดแล้วพบว่า พบว่า แหล่งเมล็ดที่สามารถปรับตัวและเติบโตได้ดีในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 26 และ 27 ปี มีการเติบโตได้ดี ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ในขณะที่แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 23 และ 24 ปี มีการเติบโตได้ดี ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ และที่สำคัญยังพบว่า แหล่งเมล็ดต่างๆ เหล่านั้น มีลักษณะรูปทรงของต้นไม้และการทนทานต่อโรคและแมลงดีกว่าแหล่งเมล็ดอื่นๆ

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการ

แปลงทดลองสำหรับทดสอบการแปรผันของการเติบโตและลักษณะอื่นๆ ของแหล่งเมล็ดจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ ในระยะยาวสามารถพัฒนาเป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ (seed production area) เพื่อผลิตเมล็ดที่มีคุณภาพ และสำหรับเป็นฐานพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป โดยต้องมีการดำเนินการตัดขยายระยะเมื่อเรือนยอดเริ่มชิดกัน โดยในแต่ละซ้ำ และแต่ละแหล่งเมล็ด (plot) ทำการคัดเลือกต้นไม้ที่มีการเติบโตดี และลักษณะรูปทรงของต้นไม้ ที่เป็นลักษณะที่ต้องการ เช่น ไม่มีการแตกนางที่ที่ระดับต่ำ ลำต้นตั้งตรงไม่โค้งงอ เรือนยอดมีลักษณะสมดุลและขนาดเหมาะสมกับลำต้น กิ่งขนาดเล็กและลิดกิ่งตามธรรมชาติได้ง่าย เป็นต้น และเลือกตัดต้นไม้ที่มีลักษณะที่ไม่

ต้องการออกไป หรือ ที่เรียกว่า genetic thining ในการตัดขยายระยะอาจทำได้มากกว่า 1 ครั้ง โดยพิจารณาจากอัตราการเติบโต หรือสังเกตจากขนาดของเรือนยอด และสุดท้ายอาจให้เหลือต้นไม้แหล่งเมล็ดละประมาณ 3-5 ต้น (จากเริ่มต้นปลูก 25 ต้น) จากการรายงานของ ศิริพรรณ (2531) โดยทั่วไปจันทร์ทองเทศจะเริ่มออกดอกและติดผลตั้งแต่อายุประมาณ 6 ปี ดังนั้นการตัดขยายระยะควรดำเนินการก่อนอายุ 6 ปี เพื่อให้เรือนยอดขยายตัวได้เต็มที่ พร้อมสำหรับการออกดอก อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าในแต่ละพื้นที่อัตราการเติบโตของจันทร์ทองเทศแตกต่างกันถึง 2 เท่า ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาตัดขยายระยะในแต่ละพื้นที่จึงแตกต่างกัน ในขณะที่การประเมินการเติบโตของจันทร์ทองเทศเมื่ออายุ 3 ปี (กันยายน พ.ศ. 2558) เรือนยอดจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขางเริ่มชิดกัน ดังนั้น เมื่อครบ 4 ปี ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 เป็นต้นไป สามารถดำเนินการตัดขยายระยะให้เหลือประมาณร้อยละ 50 และสามารถดำเนินการตัดขยายระยะได้อีกเมื่อเรือนยอดเริ่มชิดกัน จนสุดท้ายเหลือต้นไม้ประมาณแหล่งเมล็ดละ 3-5 ต้นต่อซ้ำ อย่างไรก็ตาม สำหรับจันทร์ทองเทศในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จำเป็นต้องดำเนินการภายหลังโดยอาศัยแนวปฏิบัติเช่นเดียวกันกับแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ในขณะเดียวกัน ควรพัฒนาการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ เช่น การปักชำ (rooted cutting) เป็นต้น โดยใช้แม่ไม้จากแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 26 (แปลงปลูกปี พ.ศ. 2528) และ 27 ปี (แปลงปลูกปี พ.ศ. 2527) สำหรับผลิตกล้าสำหรับปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงมากกว่า 1,000 เมตร และใช้แม่ไม้จากแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อายุ 23 (แปลงปลูกปี พ.ศ. 2531) และ 24 ปี (แปลงปลูกปี พ.ศ. 2530) สำหรับผลิตกล้าสำหรับปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงน้อยกว่า 1,000 เมตร สำหรับขยายผลการส่งเสริมการปลูกจันทร์ทองเทศต่อไป เนื่องจากแหล่งเมล็ดดังกล่าวมีการเติบโตดี และมีลักษณะรูปทรงของต้นดีเหมาะสมกับการใช้ประโยชน์

เอกสารอ้างอิง

กองพัฒนาเกษตรที่สูง. 2541. ข้อมูลพื้นฐานศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 35 ศูนย์ พ.ศ. 2541. สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ร่วมกับมูลนิธิโครงการหลวง, กรุงเทพฯ.

กิตติศักดิ์ จินดาวงศ์, สมาน ณ ลำปาง, วิชัย ปัตถมสิงหไชย และ บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์. 2546. ข้อสังเกตการเจริญเติบโต ของไม้ต่างถิ่น 5 ชนิด ที่ปลูกในโครงการป่าชาวบ้าน ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง, น. 195-204. *ใน* บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์ และ ลดาวัลย์ พวงจิตร, บรรณาธิการ. การประชุมสัมมนายี่สิบปีโครงการป่าไม้ไต้หวัน/อ่างขาง, 22-24 ธันวาคม 2545 ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอคอน พริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ.

กุลธิดา แพทย์พันธุ์. 2546. ผลของการตัดสางขยายระยะไม้ต่างถิ่นต่อปริมาณน้ำพืชยึดบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขางจังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. , กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. , กรุงเทพฯ.

จงรัก วัชรินทรรัตน์. 2538. การเจริญเติบโตและเศรษฐกิจของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อายุ 13 ปี ในทองที่ตางกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร, กรุงเทพฯ

จงรัก วัชรินทรรัตน์, วิชญ์ภาส สังพาลี, กฤษณากรณ์ ปานขำ และระเบียบ ศรีกงพาน. 2546. อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของสวนป่าไม้ต่างถิ่นบนดอยอ่างข่าง, น. 101-114. *ใน* บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์ และ ลดาวัลย์ พวงจิตร, บรรณาธิการ. การประชุมสัมมนา ยี่สิบปีโครงการป่าไม้ไต้หวัน/อ่างขาง, 22-24 ธันวาคม 2545 ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอคอน พริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ.

จำเป็น อ่อนทอง, สุรชาติ เพชรแก้ว, สายใจ กิ้มสงวน, จรัสศรี นวลศรี และมงคง แซ่หลิม. 2547. การเก็บตัวอยางใบลองกองสำหรับวิเคราะหสารอาหารพืช. ว. วิทย. กษ. 35 (5-6) : 337-340.

ฉันทพส รุ่งเรือง. 2544. การแปรผันของประชากรกล้วยไม้เหลืองแม่ปิงในอุทยานแห่งชาติแม่ปิง จังหวัดลำพูน.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เชฏฐ์ สาทรกิจ. 2543. การประเมินพื้นที่ใบของต้นยาง. ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เดชา วิวัฒน์วิทยา. 2534. ผลกระทบของไฟป่าต่อแมลงในดิน ณ ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เดชา วิวัฒน์วิทยา. 2542. การสำรวจและการติดตามตรวจสอบแมลงศัตรูไม้ต่างถิ่น บริเวณดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวนศาสตร์ 18 (1): 1-8

ทิพวรรณสังฆ์ทอง. 2555. การเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสในแปลงทดสอบลูกไม้ รุ่นที่ 2 ณ สถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิคม แหลมสัก และ อลงกรณ์ นุ่มน่วม. 2545. สมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้ตัดสางขยายระยะจากสวนป่าที่ดอยอ่างขาง, น.184-194. *ใน* บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์ และ ลดาวัลย์ พวงจิตร, บรรณาธิการ. การประชุมสัมมนา ยี่สิบปีโครงการป่าไม้ไต้หวัน/อ่างขาง, 22-24 ธันวาคม 2545 ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอคอน พริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ.

นุจรี บุญแปลง, นารี พันธุจินดาวรรณ และสุมิตรา ภูวโรดม. 2548. ปริมาณธาตุอาหารในใบ ทุเรียนของเกษตรกรในภาคตะวันออกของประเทศไทย. ว. วิทย. กษ. 36 (5-6) : 421-424.

บุญหงส์ จงคิด. 2548. หลักและเทคนิคการปรับปรุงพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ปาริชาติ โรจนเมธากุล. 2541. ความผันแปรของการเจริญเติบโต ปริมาณไนโตรเจนในใบ และ stomatal conductance ของไม้กระถินณรงค์จากต่างถิ่นกำเนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรศักดิ์ มีแก้ว, บุญชุบ บุญทวี, บพิตร เกียรติวุฒินนท์ และวิฑูรย์ เหลืองวิริยแสง. 2533. การทดสอบชนิดและแหล่งเมล็ดของไม้สกุลอะคาเซีย. วารสารวนศาสตร์ 9: 23-35.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ระวีวรรณ ญาณวัฒน์. 2539. การวางผังบริเวณและออกแบบปรับปรุงภูมิทัศน์ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิเชียร สุมันตกุล. 2542. หลักการปรับปรุงพันธุ์ไม้ป่าเบื้องต้น. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2553. รายงานผลงานวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2553 การพัฒนาพันธุ์ไม้โตเร็วของกรมป่าไม้เพื่อการปลูกสวนป่าเชิงเศรษฐกิจ. ส่วนวนวัฒนวิจัย, กรมป่าไม้.

วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง และพิศาล วสุวานชิ. 2539. ความผันแปรการเจริญเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จากถิ่นกำเนิดต่างๆ ในแปลงทดสอบถิ่นกำเนิด/สายพันธุ์ในประเทศไทย, น. 121-140. *ใน*รายงานการประชุมวิชาการการป่าไม้แห่งชาติประจำป 2538 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร 20-24 พฤศจิกายน 2538. กรมปาไม. กรุงเทพฯ

ศิริพรรณ ทวีสุข. 2531. ผลของการใส่ปุ๋ยและการควบคุมวัชพืชต่อการเจริญเติบโตของไม้ *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke ณ ท้องที่ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริพรรณ ทวีสุข. 2545. การใช้สารกำจัดวัชพืชกับการปลูกสวนป่าไม้จันทร์ทอง บริเวณดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่, น. 143-150. *ใน* บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์ และ ลดาวัลย์ พวงจิตร, บรรณาธิการ. การประชุมสัมมนา ยี่สิบปีโครงการป่าไม้ใต้หวัน/อ่างขาง, 22-24 ธันวาคม 2545 ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอคอน พริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ.

สนธยา เกียรติงาม. 2534. การสำรวจโรคของกล้าไม้ต่างถิ่น ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวนศาสตร์ 10 (1): 74-79

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล. 2545. การเปรียบเทียบคุณสมบัติบางประการของไม้สนคาริเบียในการทดลองถิ่นกำเนิด สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิตา ผลโภค. 2544. การแปรผันทางสัณฐานวิทยาและความสามารถในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของไม้เสม็ดขาวในพื้นที่ต่างกัน บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์, จินตณา บางจั่น และ ธาดา ชัยสีหา. 2543ก. ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบมะม่วงภายใต้สภาพน้ำขัง. น. 57-62. *ใน* รายงานโครงการวิจัยการให้อากาศเพื่อกู้ชีวิตต้นมะม่วงที่ประสบอุทกภัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สุภาณี ชนะวีรวรรณ และสายัณห สดุดี. 2545. การใชเครื่องมือ SPAD-502 เพื่อประเมินปริมาณคลอโรฟลลรวมและไนโตรเจนในใบของลองกองและเงาะ. ว. สงขลานครินทร วทท. 24(1): 9-14.

สุมิตรา ภูวโรดม. 2545 . การวิเคราะหดินและพืช : ความสำคัญที่นำไปสูการใชปุยอยางมี ประสิทธิภาพ , 229-244. ใน ดิเรก ทองอราม. เอกสารการฝกอบรมหลักสูตร การจัดการ ดิน น้ำและปุย เพื่อการทำสวนเชิงธุรกิจ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.

โสภิดา ชิดเชยชื่น. 2546. ลักษณะเรือนพุ่มการสังเคราะห์แสงของใบย่อยและการหายใจของฝักถั่วเขียว (*Vigna raiate* (L.) Wilczex). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Altland, J. E., C. H. Gilliam and G. J. Keever. 2003. Rapid determination of nitrogen status in pansy. Hort.Sci. 38 (4): 537-541.

Atipanumpai, L. 1989. *Acacia mangium*: Studies on the genetic variation in ecological and physiological characteristics of fast-growing plantation tree species. Acta For. Fenn. 206. 92 p.

Blackman, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. Annals of Botany 33,: 353-360.

Brady, N. C. and R. R. Weil. 2008. The Nature and Properties of Soils. 14th ed., Pearson Education, Inc., New Jersey. USA. 965 p.

Chang, S. X. and D. J. Robinson. 2003. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. For. Ecol. Manage. 181: 331-338.

Cornelissen et al. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany, 2003, 51, 355-380.

Epstein, E. and A. J. Bloom. 2005. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associations, Inc. Publishers.

Evans.R.J. 1989. Photosynthesis and Nitrogen Relationships in Leaves of C_3 Plants. Oecologia. 78 (1) : 9-19

Fageria, N.K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. Taylor & Francis Group, CRC Press, USA. 430 p.

Flora of China. 2010. *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke. Flora of China 15: 274. Available Source: http://www.efloras.org, 15 March 2010.

Gallasch, P. 2001. Citrus Leaf Analysis. SARDI. Available Source: http://www.sardi.sa.gov.au/pages/horticulture/citrus/hort_citp_groleaf.htm, Decemer 28, 2004.

Gamiely, S. , W.M. Randle, H.A. Mills and D.A. Smittle. 1991. A rapid and nondestructive method for estimating leaf area of onions. Hort Science. 26(2) : 206.

Hanson, J. B. 1984. The function of calcium in plant nutrition. *In* Advance in Plant Nutrition. P.B. Tinker and A. Louchli, eds. Praeger Publishers. New York. pp. 149-207.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: an Introduction to Nutrient Management. 7th ed. Pearson Prentice Hall Inc., New Jersey.

Howeler, R.H. 1996. Diagnosis of nutritional disorder and soil fertility maintenance of cassava. In Kulup, G.T., Polaniswami, M. S. and Potty, V. P., eds. Tropical Tuber Crops: Problems, Prospects and Future Strategies. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, India, pp. 181-193.

Jin, S.H., Huang, J.Q., Li, X.Q., Zheng, B.S., Wu, J.S., Wang, Z.J., Liu, G.H. and Chen, M. 2011. Effects of potassium supply on limitations of photosynthesis by mesophyll diffusion conductance in *Carya cathayensis*. Tree Physiology 31: 1142-1151.

Jones, J. B. and D. M. Huber. 2007. Magnesium and plant disease. *In*: Mineral nutrition and plant disease, L C. Datnoff, W. H. Elmer, and D. M. Huber, Eds., 95 -100. St. Paul, MN: The American Phytopathological Society.

Khare, C.P. 2007. Indian Medical Plant: An Illustrated Dictionary. Springer, New York.

Kolsi-Benzina, N. and B. Zougari. 2008. Mineral composition of the palms leaflets of the Date palm. J. Plant Nutr. 31: 583-591.

Koo, R. C. J. and T.W. Young. 1977. Effect of age, position, and fruiting status on mineral composition of 'Tonnage' avocado leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(3): 311-313.

Pinyopusarerk, K. and Kalinganire, A. 2003. Domestication of *Chukrasia.* ACIAR Monograph No. 98.

Thaiutsa, B. 2003. Highland Reforestation Project: A forestry project of the Royal project, pp. 1-15. *In* B. Thaiutsa and L. Puangchit, eds. The Twenties Anniversary of Taiwan/
Angkhang Forestry Project.

USDA, ARS, National Genetic Resources Program. 2010. Germplasm Resources Information Network (GRIN). National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Available Source: http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?290, 29 March 2010.

Wallander, E.2008.Systematics of *Fraxinus* (Oleaceae) and evolution of dioecy. Plant Syst. Evol. 273:25–49.

Warren Wilson, J. 1967. Stand structure and light penetration. III. Sunlit foliage area. *J. Appl. Ecol*. 4, 159-165

Whitaker D., E.R. Williams and J.A. John. 2002. CycDesigN: a Package for the Computer Generation of Experimental Designs. CSIRO, Canberra.

Wiersma, J.V. and T.B. Bailey. 1975. Estimation of leaflet, and total leaf area of soybeans. Agron. J. 67: 26-30.

Williams, E.R., A.C. Matheson and C.E. Harwood. 1994. Experimental Design and Experiment for Tree Improvement. CSIRO, Canberra.

Zobel, B.J. and J.T. Talbert. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons, Inc. New York.

มูลนิธิโครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

มูลนิธิ
โครงการหลวง
ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ข้อมูลทั่วไปของแหล่งเมล็ด

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอยตั้งอยู่ตำบลแม่แรม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ พิกัด E481700 และ N2092600 ระวาง 4746 I มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,280 เมตร สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 4.0 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 33.0 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,512 มิลลิเมตรต่อปี (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2546) สภาพพื้นที่เป็นพื้นที่ลาดชัน ลอนชันถึงลอนลาด (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2541)

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ตั้งอยู่ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ พิกัด E497700 และ N2179900 ระวาง 4748 II มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 780 เมตร สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 5.2 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 39.0 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,383 มิลลิเมตรต่อปี (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2546) ลักษณะพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดและลอนชัน มีหลุมและภูเขาหินปูนล้อมรอบ และมีหินปูนโผล่ในบริเวณทั่วๆ ไป มีน้ำซับปรากฏเป็นหย่อมๆ (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2541)

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง ตั้งอยู่ตำบลแม่เจดีย์ใหม่ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย พิกัด E546637 และ N2114705 ระวาง 4847 II มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 780 เมตร สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 5.2 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 41.0 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,392 มิลลิเมตรต่อปี (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2546) ลักษณะพื้นที่โดยทั่วไปเป็นหุบเขามีที่ราบระหว่างหุบเขาเพียงเล็กน้อย พื้นที่มีความสาดชันตั้งแต่ร้อยละ 40-90 (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2541)

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย ตั้งอยู่ตำบลเมืองนะ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ พิกัด E4778800 และ N2173900 ระวาง 4748 II มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,000 เมตร สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 16.2 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 26.3 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,335 มิลลิเมตรต่อปี (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2546) ลักษณะพื้นที่โดยทั่วไปคล้ายแอ่งกระทะ

ล้อมรอบด้วยเขาที่ไม่สูงชันนัก ลักษณะดินบนที่ดอนส่วนใหญ่เกิดจากหินเถ้าภูเขาไฟ หินปูน และหินตะกอนอื่นๆ ความอุดมสมบูรณ์ดินอยู่ในระดับปานกลาง (กองพัฒนาเกษตรที่สูง, 2541)

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม ตั้งอยู่ตำบลท่าตอน อำเภอแม่อาย จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 500 เมตร สภาพภูมิอากาศมีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 17.8 องศาเซลเซียส และสูงสุดประมาณ 30.4 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,484 มิลลิเมตรต่อปี (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2546) แปลงที่ทำการสำรวจแม่ไม้บริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงนี้เป็นแปลงปลูกป่าของชาวบ้าน ลักษณะสภาพพื้นที่เป็นภูเขา บางส่วนเป็นพื้นที่ราบเชิงเขาและพื้นที่ราบ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในหลายรูปแบบ ทั้งการปลูกไม้ผล พืชไร่ และใช้เป็นที่อยู่อาศัย มูลนิธิโครงการหลวงได้ส่งเสริมให้ชาวบ้านปลูกไม้เพื่อใช้สอยในครัวเรือนผ่านโครงการป่าชาวบ้าน โดยชนิดไม้ที่ส่งเสริมมีหลากหลายชนิดรวมถึงจันทร์ทองเทศ แปลงปลูกป่าบางแปลงจันทร์ทองเทศมีการเติบโตดีและสามารถให้เมล็ดไม้ได้ จึงได้มีการคัดเลือกแม่ไม้ในแปลงดังกล่าว

ภาคผนวก ข. ตารางผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของแม่จันทร์ทองเทศในพื้นที่ต่างๆ

แหล่งเมล็ด	จำนวนแม่ไม้ (ต้น)	ความสูง (เมตร)	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี	
				ความสูง (เมตรต่อปี)	เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตรต่อปี)
PD20	5	17.69 ± 0.94	20.08 ± 2.24	0.89 ± 0.05	1.01 ± 0.11
HP14	4	16.00 ± 1.41	16.48 ± 1.99	1.14 ± 0.10	1.18 ± 0.15
KN16	4	14.13 ± 1.31	17.90 ± 1.53	0.88 ± 0.08	1.12 ± 0.10
NK15	5	13.70 ± 1.72	15.28 ± 1.62	0.91 ± 0.12	1.02 ± 0.11
AK22	4	20.63 ± 5.22	18.83 ± 2.26	0.86 ± 0.21	0.79 ± 0.09
AK23	7	19.83 ± 2.38	20.17 ± 6.08	0.86 ± 0.10	0.88 ± 0.26
AK24	3	24.00 ± 2.65	24.80 ± 2.34	0.96 ± 0.11	0.99 ± 0.10
AK26	6	20.75 ± 1.94	17.87 ± 3.43	0.80 ± 0.08	0.69 ± 0.13
AK27	5	17.20 ± 1.30	30.18 ± 4.43	0.64 ± 0.05	1.12 ± 0.16
AK28	2	31.00 ± 1.41	25.15 ± 6.58	1.11 ± 0.05	0.90 ± 0.24
AK29	3	23.00 ± 3.46	18.70 ± 2.65	0.79 ± 0.12	0.64 ± 0.10
ค่าเฉลี่ย		19.02 ± 4.57	20.20 ± 5.39	0.88 ± 0.16	0.94 ± 0.22
p-value		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และข้อมูลแหล่งเมล็ด ได้แก่ PD คือ สถานีเกษตรหลวงปางดะ HP คือ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง KN คือ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย NK คือศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว และ AK คือ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางผนวกที่ 2 ลักษณะรูปทรงของแม่จันทร์ทองเทศที่ใช้ในการคัดเลือกแม่ไม้โดยระบบการให้คะแนน

แหล่งเมล็ด	ลักษณะรูปทรงของแม่ไม้									คะแนนรวม	(ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
PD20	6.00	1.50	3.00	2.25	1.25	2.50	2.00	1.25	2.00	21.75	80.56
HP14	4.80	2.00	3.60	1.40	1.80	2.00	1.40	1.00	2.00	20.00	74.07
KN16	4.75	1.75	3.00	2.00	1.00	2.25	2.00	1.00	1.25	19.00	70.37
NK15	4.00	1.75	3.25	2.00	1.75	2.25	1.75	1.25	2.00	20.00	74.07
AK22	5.25	2.00	3.25	2.00	1.75	2.25	2.00	1.00	2.00	21.50	79.63
AK23	4.83	2.00	2.80	1.50	1.33	1.83	2.00	1.00	2.00	19.30	71.60
AK24	5.00	2.00	4.00	1.33	1.33	2.00	2.00	1.00	2.00	20.67	76.54
AK26	4.33	2.00	3.00	2.17	1.33	2.17	2.00	1.00	2.00	20.00	74.07
AK27	5.80	2.00	3.80	1.20	1.40	1.60	1.40	1.00	2.00	20.20	74.81
AK28	5.50	1.50	3.00	1.50	2.00	1.50	2.00	1.00	2.00	20.00	74.07
AK29	5.33	1.67	3.00	2.33	1.00	2.00	2.00	1.00	2.00	20.33	75.31
ค่าเฉลี่ย	5.00	1.87	3.24	1.78	1.43	2.04	1.85	1.04	1.93	20.25	74.80
p-value	<0.01	0.19	0.02	0.28	0.12	0.92	<0.01	0.49	<0.01	-	0.49

หมายเหตุ: ลักษณะรูปทรงของแม่ไม้ 1 คือ ลักษณะการแตกนาง (1-6 คะแนน) 2 คือ การตั้งตรงของลำต้น (1-2 คะแนน) 3 คือ ความโค้งงอของลำต้น (1-4 คะแนน) 4 คือ ความเหมาะสมของขนาดเรือนยอด (1-3 คะแนน) 5 คือ รูปทรงเรือนยอด (1-2 คะแนน) 6 คือ ความใหญ่ของกิ่ง (1-4 คะแนน)7 คือ การลิดกิ่งตามธรรมชาติ (1-2 คะแนน) 8 คือ มุมของกิ่ง (1-2 คะแนน) และ 9 คือ การทำลายของโรคและแมลง (1-2 คะแนน) ข้อมูลแหล่งเมล็ด PD คือ สถานีเกษตรหลวงปางดะ HP คือ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง KN คือ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย NK คือ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและ AK คือ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ตารางผนวกที่ 3 ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดินของจันทร์ทองเทศก่อนปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขางและสถานีเกษตรหลวงปางดะ

แหล่งเมล็ด	ความสูง (เซนติเมตร)		เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (มิลลิเมตร)	
	AK	PD	AK	PD
PD20	26.4 ± 7.3	31.7 ± 6.4	0.33 ± 0.03	0.98 ± 0.15
HP14	28.5 ± 3.7	34.8 ± 3.8	0.34 ± 0.02	1.13 ± 0.05
KN16	25.6 ± 1.3	36.5 ± 4.0	0.31 ± 0.01	1.03 ± 0.15
NK15	21.6 ± 1.3	28.3 ± 2.5	0.31 ± 0.01	0.90 ± 0.00
AK22	18.7 ± 4.2	21.2 ± 3.9	0.24 ± 0.03	0.75 ± 0.06
AK23	15.4 ± 1.0	20.4 ± 2.2	0.22 ± 0.03	0.65 ± 0.06
AK24	30.7 ± 11.2	44.4 ± 7.2	0.34 ± 0.09	1.20 ± 0.08
AK26	22.0 ± 3.0	28.5 ± 4.4	0.28 ± 0.02	0.80 ± 0.08
AK27	28.2 ± 5.1	34.6 ± 4.0	0.33 ± 0.02	0.98 ± 0.05
AK28	32.7 ± 2.2	33.4 ± 11.6	0.34 ± 0.02	0.88 ± 0.21
AK29	24.7 ± 5.0	27.9 ± 5.0	0.27 ± 0.04	0.75 ± 0.06
AUS	15.6 ± 5.2	18.4 ± 12.3	0.22 ± 0.05	0.65 ± 0.29
control 1	15.9 ± 4.1	17.8 ± 4.2	0.20 ± 0.04	0.65 ± 0.13
control 2	19.4 ± 1.7	21.5 ± 0.8	0.24 ± 0.03	0.65 ± 0.06
control 3	20.4 ± 7.5	18.4 ± 11.6	0.25 ± 0.06	0.60 ± 0.22
ค่าเฉลี่ย	23.0 ± 7.0	27.8 ± 9.7	0.28 ± 0.06	0.84 ± 0.22
p-value				
seed source	<0.01		<0.01	
site	<0.01		<0.01	
seed source*site	0.52		<0.01	
LSD	1.07		0.14	

หมายเหตุ ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และข้อมูลแหล่งเมล็ด มีดังนี้ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (PD) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่ง (HP) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย (KN) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NK) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (AK) ออสเตรเลีย (AUS) สวนรวมพันธุ์ไผ่แม่เหียะ (control 1) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (control 2) สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง (control 3) โดยที่ตัวเลขที่กำกับแสดงอายุของแม่ไม้

ภาคผนวก ค. ภาพผนวก

ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะลำต้น (บนซ้าย) ใบ (บนขวา) ดอก (ล่างซ้าย) และผล (ล่างขวา) ของจันทร์ทองเทศ

ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะการทำแนวกันไฟรอบแปลงทดลองปลูกไม้จันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

ภาพผนวกที่ 3 การเกิดไฟป่าบริเวณรอบแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558

ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะการทำแนวกันไฟรอบแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ภาพผนวกที่ 5 การกำจัดวัชพืชและพรวนดินรอบโคนต้นไม้ในแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ซ้าย) และ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (ขวา)

ภาพผนวกที่ 6 การเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองปลูกจันทร์ทองเทศ

ภาพผนวกที่ 7 การเก็บข้อมูลการเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศ ในแปลงทดลองปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

ภาพผนวกที่ 8 การเก็บข้อมูลอัตราการรอดตาย และการเติบโต ในแปลงทดสอบจันทร์ทองเทศ ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาพผนวกที่ 9 การประเมินรูปทรงลำต้นของจันทร์ทองเทศ อายุ 3 ปี ปลูก ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (บน) และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (ล่าง)

ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาพผนวกที่ 10 การศึกษาลักษณะเชิงหน้าที่ของใบของจันทร์ทองเทศ อายุ 3 ปี

ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาพที่ 11 การเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศอายุ 24 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี (ซ้าย) 26 ปี (กลาง) และแหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย (ซ้าย)

ภาพที่ 12 การเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศอายุ 24 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี (ซ้าย) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแกน้อย แม่ไม้อายุ 16 ปี (กลาง) และแหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย (ขวา)

ภาพผนวกที่ 13 การเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศอายุ 36 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 26 ปี (AK8/3) และ 27 ปี (AK7/3) แหล่งเมล็ดจากออสเตรเลีย (ซ้ายล่าง) และแหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 29 ปี (AK5/3)

ภาพผนวกที่ 14 การเติบโตของไม้จันทร์ทองเทศอายุ 36 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 24 ปี (AK9/3) แหล่งเมล็ดจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง แม่ไม้อายุ 23 ปี (AK10/3) และแหล่งเมล็ดทั่วไป (AK14/3)

ภาพที่ 15 ลักษณะรูปทรงของจันทร์ทองเทศ รูปทรงลำต้นไม่แตกนาง ตั้งตรง และไม่โค้งงอ (บนซ้าย) การแตกนางที่ระดับสูงกว่า 1 ใน 4 ของความสูง (บนกลาง) การแตกนางที่ระดับต่ำกว่า 1 ใน 4 ของความสูง (บนขวา) ลำต้นมีความโค้งงอ (ล่างซ้าย) ขนาดของกิ่งมีขนาดเล็ก (ล่างกลาง) และขนาดใหญ่ (ล่างซ้าย) เทียบกับลำต้น

ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาพผนวกที่ 16 จันทร์ทองเทศในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ถูกหนอนกาแฟเจาะราก ทำให้ต้นไม้ยืนต้นตาย

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาพผนวกที่ 17 จันทน์ทองเทศในแปลงทดลอง ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะที่เคยมีแมลงเข้าทำลายตรงบริเวณยอด ทำให้ต้นไม้มีการแตกนาง ทำให้รูปทรงลำต้นเสีย

ROYAL PROJECT FOUNDATION

ภาคผนวก ง. การเผยแพร่ผลงาน

ผลงานวิจัย

การแปรผันของการเติบโต รูปทรงลำต้น และลักษณะเชิงหน้าที่ของใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ (Variations in growth, tree form and leaf functional traits of *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke from different seed sources) โดย สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, วาทินี สวนผกา, กิตติศักดิ์ จินดาวงศ์, และขจร สุริยะ ในการประชุมวิชาการ ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง 2559, 8 กันยายน 2559 ณ ศูนย์ประชุมอุทยานราชพฤกษ์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

การสนับสนุนผลงานวิจัยของนิสิต/นักศึกษา

โครงงานวนวัฒนวิทยา เรื่อง การแปรผันของลักษณะเชิงหน้าที่ของใบของจันทร์ทองเทศจากแหล่งเมล็ดต่างๆ (Variations in leaf functional traits of *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke from different seed sources) โดย ณัตฑิตา พรมจวง ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มูลนิธิโครงการหลวง ROYAL PROJECT FOUNDATION