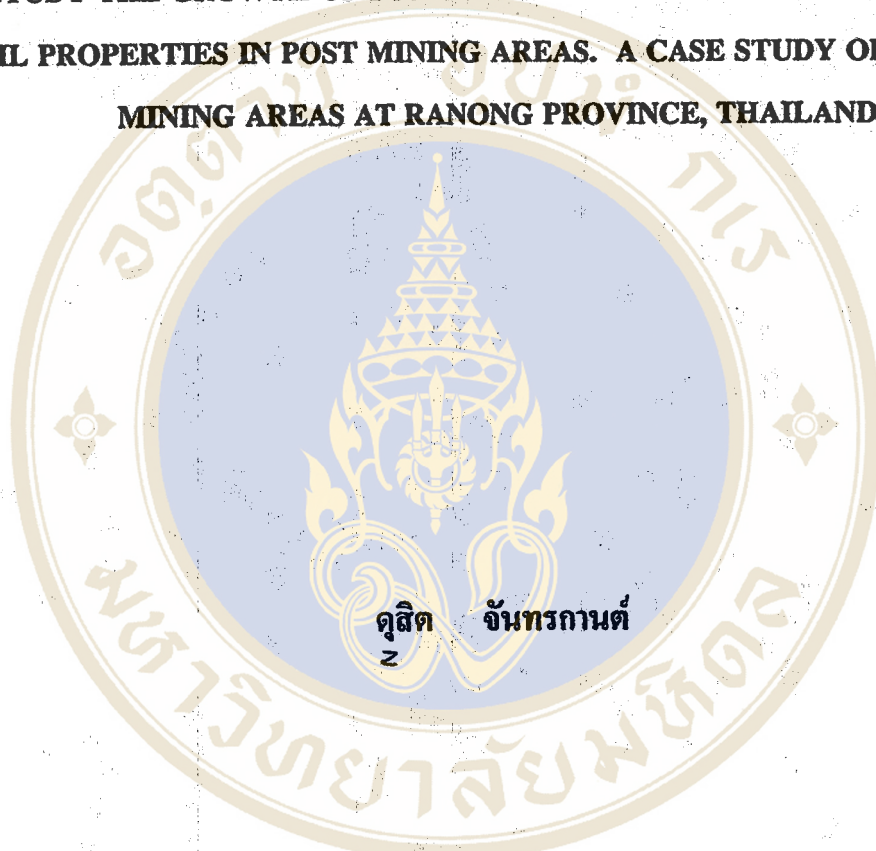




การศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้บางชนิดและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการ
ของดินเหมืองแร่ร้าง

กรณีศึกษา : เหมืองแร่ดีบุกร้าง จังหวัดระนอง

A STUDY THE GROWTH OF SOME TREE SPECIES AND CHANGE OF SOME
SOIL PROPERTIES IN POST MINING AREAS. A CASE STUDY OF POST TIN
MINING AREAS AT RANONG PROVINCE, THAILAND



อภินันท์นาการ

จาก

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ ม.มหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่จัดทำตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2558

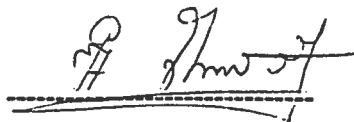
วพ
ด 7647
2538
ค 3

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

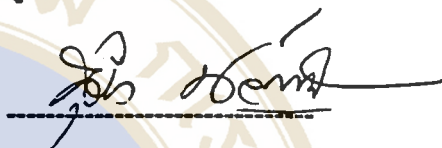
การศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้บางชนิดและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการ
ของดินเหมืองแร่ร้าง

กรณีศึกษา : เหมืองแร่ดีบุกร้าง จังหวัดระนอง



ดุษิต จันทรกานต์

ผู้วิจัย



สุชาติ นวγωνษ์, วท.ม

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



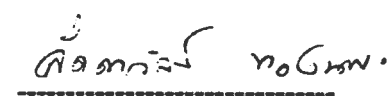
พงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์, Ms., M.Sc.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



สุนันท์ คุณากรณ์, วท.ม

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



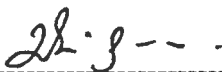
สัตตาวลัย ทองบุบ, M.P.H.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาลัยการศึกษาระดับบัณฑิต

สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมและการบริหารสิ่งแวดล้อม

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์



มนตรี จุสสมัย, พ.บ., Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย



วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้บางชนิดและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการ
ของดินเหมืองแร่ร้าง

กรณีศึกษา : เหมืองแร่ดีบุกร้าง จังหวัดระนอง

ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม

วันที่ 19 พฤษภาคม 2538



ดุสิต จันทรกานต์

ผู้วิจัย



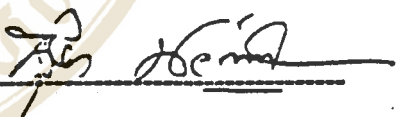
มนตรี จุสสมัย, พ.บ., Ph.D.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



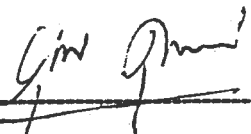
พงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์, Ms., M.Sc.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



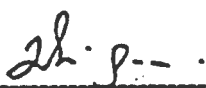
สุชาติ นวกวงษ์, วท.ม

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



สุนันท์ คุณากรณ์, วท.ม

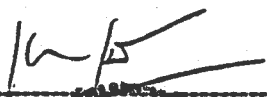
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



มนตรี จุสสมัย, พ.บ., Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล



เทพนภา อึ้งมน, Ph.D. Dr.P.H.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายดุสิต จันทรกานต์
วัน เดือน ปีเกิด	3 มิถุนายน 2506
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พ.ศ.2524-2527 : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ.2535-2537 : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม
ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน	พ.ศ.2531-ปัจจุบัน : ฝ่ายฟื้นฟูที่ดินทำเหมืองแร่แล้ว กองสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ตำแหน่ง : นักวิชาการสิ่งแวดล้อม 5

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการศึกษาวิจัยและจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้รับความกรุณาจาก
ผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ดังนี้

นายสุวิทย์ วัฒนะจันทร์ ผู้ตรวจราชการกระทรวงอุตสาหกรรม นางปรักมาศ
สุวรรณสิงห์ ผู้อำนวยการกองสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณี นายพงษ์เทพ จารุอำพรพรรณ
ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อมเหมืองแร่ และนายอานนท์ ทรงศิริกุล หัวหน้าฝ่ายฟื้นฟูที่ดิน-
ทำเหมืองแร่แล้ว ที่โปรดกรุณาอนุมัติให้ลาศึกษาต่อและให้คำแนะนำเกี่ยวกับหัวข้อวิจัย

น.พ.มนตรี จุลสมัย รศ. (พิเศษ) พงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์ ผศ.สุชาติ นวกวงษ์
และอาจารย์สุนันท์ คุณาภรณ์ ที่กรุณาควบคุมและให้คำแนะนำการจัดทำตลอดจนแก้ไข
เนื้อหาของงานวิจัยฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

คุณชิงชัย วิริยะปัญญา นักวิชาการป่าไม้ 5 กรมป่าไม้ ที่ให้คำแนะนำและปรึกษา
ด้านการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม
รุ่นที่ 19 และครอบครัวที่อบอุ่นที่ให้กำลังใจตลอดมา ตลอดจนผู้ที่ไม่ได้ออกนามทุกท่านที่ได้
ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำรูปเล่มเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้หากแม้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวมอยู่บ้าง ผู้วิจัยขอ
อุทิศความดีทั้งหมดให้บุพการี ทุก ๆ ท่าน สำหรับข้อผิดพลาดทั้งหมดผู้วิจัยขอรับไว้แต่เพียง
ผู้เดียว

ดุสิต จันทรกานต์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้บางชนิดและการเปลี่ยนแปลง
คุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้าง
กรณีศึกษา : เหมืองแร่ดีบุกร้าง จังหวัดระนอง
ชื่อผู้วิจัย ดุสิต จันทรกานต์
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ผศ.สุชาติ นวกวงษ์ วท.ม.

รศ. (พิเศษ) พงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์ วท.ม.

สุนันท์ คุณาภรณ์ วท.ม.

วันที่สำเร็จการศึกษา 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2538

บทคัดย่อ

การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด คือ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้สนทะเล ไม้สนประดิพัทธ์ และไม้กระถินณรงค์ และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้าง ได้ศึกษาในศูนย์วิจัยงานฟื้นฟูพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้วที่ตำบลบางรีน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง ระหว่างเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2538 โดยต้นไม้มีอายุประมาณ 9 ปี และระยะปลูก 2x2 ม. การศึกษาได้วางแผน ขนาด 20x20 ม. ชนิดละ 2 แปลง ศึกษาการเจริญเติบโตวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูง ประมาณการเจริญเติบโตทางมวลชีวภาพ และปริมาตรลำต้น โดยการสร้างสมการ Allometry และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH, OM, N, P, K, Ca, Mg และ S ของดินก่อนปลูกและเมื่ออายุ 9 ปี ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

การเจริญเติบโตทางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ไม้สนทะเลมีค่ามากที่สุด 13.80 ซม. และ ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าน้อยสุด 7.03 ซม. ส่วนไม้กระถินณรงค์และไม้สนประดิพัทธ์มีค่าตามลำดับเท่ากับ 12.34 ซม. และ 10.72 ซม. ส่วนความสูงเฉลี่ยปรากฏว่า ไม้สนทะเลมีค่ามากที่สุด 14.71 ซม. รองลงมา ได้แก่ ไม้สนประดิพัทธ์ ไม้กระถินณรงค์ และไม้ยูคาลิปตัสตามลำดับ เท่ากับ 11.71 11.18 และ 7.46 ซม. สำหรับค่ามวลชีวภาพรวม ปรากฏว่า

ไม้กระถินณรงค์มีค่ามากที่สุด 131.36 ต้น/เฮกเตอร์ รองลงมาได้แก่ ไม้สนทะเล 126.76 ต้น/เฮกเตอร์ สนประดิพัทธ์ 95.90 ต้น/เฮกเตอร์ และไม้ยูคาลิปตัส 56.10 ต้น/เฮกเตอร์ ตามลำดับ ส่วนปริมาตรลำต้นต่อพื้นที่ไม้กระถินณรงค์มีค่าสูงสุด 133.00 ม³/เฮกเตอร์ และ 122.50, 73.00, 60.75 ม³/เฮกเตอร์ ในไม้สนทะเล ไม้สนประดิพัทธ์ และไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินก่อนปลูกและเมื่ออายุผ่านไป 9 ปี ปรากฏว่า ปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ส่วนพันธุ์ไม้ที่มีการเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติมากที่สุด ได้แก่ พันธุ์ไม้กระถินณรงค์



Thesis title **A study the growth of some Tree Species and change of
some Soil Properties in Post Mining Areas.
A case study of Post Tin Mining Areas at Ranong
Province, Thailand.**

Name **Dusit Jantarakarn**

Degree **Master of Science (Environment Management Technology)**

Thesis Supervisory Committee
 Suchart Nawagawong, M.Sc.
 Pongpith Piyapong, M.S., M.Sc.
 Sunan Kunaporn, M.Sc.

Date of Graduation **19 May B.E. 2538 (1995)**

ABSTRACT

Growth of 4 tree species was carried out at Mined Reclamation Research Center in Tambon Bangrin Amphae Muang Ranong Provinc in March 1995. The trees was approximately 9 years old, with 2x2 meter planting spacing. Two permanent plot was used for each specie. The diameter (dbh) and heights of trees at several levels were measured. Biomass and Stem Volumes were also estimated by using the allometry equations. And Study some Soil Propertie. The results can be summarized as follows.

The highest diameter was found in C.equisetifolia. (13.80 cm). While the lowest found in E.camaldulensis. (7.03 cm). The diameter of other species were (12.34 cm) for A.auriculiformis and (10.72 cm) for C.junghuhniana. The highest height found in C.equisetifolia (14.71 m). The height of other Species were (11.71 cm) for C.jung huhniana. (11.18 m) for A.auriculiformis and (7.46 m) for E.camaldulensis. For the total biomass, it was found that A. auriculiformis showed the highest value (131.36 t/ha) and C.equisetifolia (126.76 t/ha)

***C.junghuhniana* (95.90 t/ha) and *E.camaldulensis* (56.10 t/ha) respectively. For stem volumes, it was found that *A.auriculiformis* showed the highest volumes (133.00m³/ha) and 122.50, 73.00 and 60.75 m³/ha in *C.equisetifolia*, *C.junghuhniana*. and *E.camaldulensis* respectively.**

A change of some Soil Properties before plant and 9 years ago to raise respectively. The highest some Soil Propertie was found in *A.auriculiformis*.



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สมมุติฐานการศึกษา	2
1.3 วัตถุประสงค์การศึกษา	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
3. วิธีการศึกษา	24
3.1 การเลือกพื้นที่วางแปลงทดลอง	24
3.2 การเก็บข้อมูลไม้ตัวอย่าง	26
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลไม้ตัวอย่าง	27
3.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดิน	30
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	31
4. ผลการศึกษา	32
4.1 การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ 4 ชนิด	32
4.2 การศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพ และปริมาตรของพันธุ์ไม้ ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี	37
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของลำต้นกับมวลชีวภาพ ส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้น	45
4.4 การศึกษาคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้าง ที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด	58

	หน้า
5. สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา	69
5.1 สรุปผลการศึกษา	69
5.2 วิวิจารณ์ผลการศึกษา	71
5.3 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	84



สารบัญตาราง

	หน้า
1. ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ และเปอร์เซ็นต์รอดตายของพันธุ์ไม้ ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี	33
2. ผลการศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาตรลำต้นเฉลี่ยต่อต้นของพันธุ์ไม้ ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี	38
3. ปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี	42
4. สมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพส่วนลำต้น (W_s , kg) กิ่ง (W_b , kg) ใบ (W_l , kg) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t , kg) และปริมาตรลำต้น (Vol, m^3) กับค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูง ($DBH^2 \cdot HT$, $cm^2 \cdot m$) และค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH, cm) ของ พันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี	45
5. สมการสำหรับประมาณมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) ของพันธุ์ไม้ ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี	56
6. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดิน เฉลี่ยจากแปลงทดลองพันธุ์ไม้ ทั้ง 4 ชนิด เมื่อก่อนปลูก (พ.ศ. 2529) และเมื่ออายุ 9 ปี (พ.ศ. 2538)	60
7. แสดงการใช้ประโยชน์และการให้พลังงานความร้อนของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด	72

สารบัญภาพ

	หน้า
1. การเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี	34
2. การเจริญเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ยของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด	35
3. เปอร์เซนต์รอดตายของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี	36
4. การเจริญเติบโตของผลผลิตมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยต่อต้นของพันธุ์ไม้ ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี	39
5. การเจริญเติบโตของปริมาตรลำต้นเฉลี่ยต่อต้นของพันธุ์ไม้ ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี	40
6. การเจริญเติบโตของผลผลิตมวลชีวภาพรวมต่อพื้นที่ของพันธุ์ไม้ ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี	43
7. การเจริญเติบโตของปริมาตรลำต้นต่อพื้นที่ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี	44
8. Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s) กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_p) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ยกกำลังสอง คูณด้วย ความสูงทั้งหมด ($DBH^2 \cdot HT$) ของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 9 ปี	48
9. Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s) กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_p) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 9 ปี	49

10. Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s)
กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_p) และปริมาตรลำต้น
(Vol) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ยกกำลังสอง คูณด้วย
ความสูงทั้งหมด ($DBH^2 \cdot HT$) ของไม้สนทะเล อายุ 9 ปี 50
11. Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s)
กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_p) และปริมาตรลำต้น
(Vol) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ของไม้สนทะเล อายุ 9 ปี 51
12. Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s)
กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_p) และปริมาตรลำต้น
(Vol) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ยกกำลังสอง คูณด้วย
ความสูงทั้งหมด ($DBH^2 \cdot HT$) ของไม้สนประดิพัทธ์ อายุ 9 ปี 52
13. Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s)
กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_p) และปริมาตรลำต้น
(Vol) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ของไม้สนประดิพัทธ์
อายุ 9 ปี 53
14. Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s)
กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_p) และปริมาตรลำต้น
(Vol) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ยกกำลังสอง คูณด้วย
ความสูงทั้งหมด ($DBH^2 \cdot HT$) ของไม้กระถินณรงค์ อายุ 9 ปี 54
15. Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s)
กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_p) และปริมาตรลำต้น
(Vol) กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ของไม้กระถินณรงค์ อายุ 9 ปี 55
16. การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ของดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด
ก่อนปลูกและเมื่ออายุ 9 ปี 61

17. การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดินของดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี	62
18. การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี	63
19. การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี	64
20. การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปแตสเซียมในดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี	65
21. การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปแตสเซียมในดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี	66
22. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมในดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี	67
23. การเปลี่ยนแปลงปริมาณกำมะถันในดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันจำนวนพื้นที่เหมืองแร่ร้างทั่วประเทศที่ประมาณจากประทานบัตรซึ่งหมดอายุ การทำเหมือง ระหว่างปี 2515-2530 พบว่ามีจำนวนทั้งสิ้น 253,564 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 0.007 ของพื้นที่ประเทศ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดังกล่าวยังมีน้อยมาก กล่าวคือ ยังไม่ถึงร้อยละ 10 ขาดขาด (2527)

ปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากการปล่อยพื้นที่ทำเหมืองแร่แล้วให้ว่างเปล่า ปัจจุบันกลายเป็นปัญหาที่ต้องเร่งดำเนินการแก้ไข และศึกษาหาแนวทางในการนำที่ดินดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การปรับปรุงพื้นที่ทำเหมืองแร่แล้วให้เป็นสวนสาธารณะ อันเป็นการปรับปรุงสภาพแวดล้อม และอำนวยความสะดวกประโยชน์ให้แก่ชุมชน มีผลงานวิจัยทางวิชาการต่าง ๆ มากมายที่เป็นประโยชน์ต่อการฟื้นฟูที่ดินเหมืองแร่ร้าง เช่น พบว่าสามารถปลูกพืชคลุมดิน และไม่ขึ้นต้นโตเร็วได้หลายชนิด นอกจากนี้ ยังสามารถปลูกพืชผักและไม้ผลชนิดต่าง ๆ ได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามในแง่ของการประยุกต์เพื่อนำไปใช้ปฏิบัติในพื้นที่จริง ยังอยู่ในระดับต่ำ และยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เพราะขาดการประชาสัมพันธ์ และรูปแบบที่เป็นแนวทางในการปฏิบัติที่ชัดเจน

การฟื้นฟูพื้นที่ที่ทำเหมืองแร่แล้วมีความสำคัญมากในการสร้างทัศนคติในทางบวกที่มีต่อการพัฒนาเหมืองแร่ประชาชนและส่วนราชการทั่วไป หากมุ่งหวังให้การฟื้นฟูพื้นที่ทำเหมืองแร่แล้วเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น รัฐจะต้องอาศัยความร่วมมือจากภาคเอกชนซึ่งมีความพร้อมและความคล่องตัวทางด้านต่าง ๆ มากกว่า แต่การที่เอกชนจะสนใจร่วมมือมากน้อยเพียงใดนั้น นอกจากความเป็นไปได้ทางเทคนิค หรือความเป็นไปได้ทางวิชาการต่าง ๆ แล้ว ยังขึ้นอยู่กับความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจประกอบกันด้วย นั่นคือเอกชนจะมีความมั่นใจในผลตอบแทนที่จะได้รับ จากการดำเนินงานหรือการลงทุนด้วย ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลทางด้านนี้เท่าที่ควร สายชล (2535)

ความสำเร็จในการฟื้นฟูพื้นที่ทำเหมืองแร่แล้วไม่ได้เกิดจากการบังคับไว้ในกฎหมาย แต่ย่อมจะต้องมาจากความตั้งใจจริงของผู้มีหน้าที่รับผิดชอบร่วมกัน อันได้แก่ ผู้ประกอบการเหมืองแร่ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมที่จะผลักดันให้เกิดผลในทางปฏิบัติ

ตลอดจนนักวิชาการที่จะให้คำปรึกษาและแนะนำเพื่อให้การฟื้นฟูพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแล้ว บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการดำเนินงาน พงษ์เทพ (2531)

ดังนั้น การที่จะปรับปรุงที่ดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้วให้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก วิธีการหนึ่งโดยการปลูกต้นไม้ ซึ่งพันธุ์ไม้ที่จะนำมาปลูกนั้น ควรเป็นพันธุ์ไม้ที่ได้ทำการศึกษา วิจัยมาแล้วว่า เหมาะสมที่จะนำมาปลูกในที่ดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่ เพราะที่ดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่มาแล้วนั้น สภาพของดินโดยทั่วไปจะขาดความอุดมสมบูรณ์ เพราะฉะนั้น การศึกษา วิจัยครั้งนี้ จึงได้มุ่งที่จะศึกษาทำการคัดเลือกพันธุ์ไม้ที่จะนำมาปลูกในที่ดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้วต่อไป

1.2 สมมติฐานการศึกษา

1. ต้นไม้ที่คัดเลือกมาปลูกแต่ละชนิดจะมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน
2. สภาพของดินในพื้นที่ที่ปลูกต้นไม้จะดีขึ้นจากเดิมอย่างเห็นได้ชัด

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้บางชนิดที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้าง
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด ที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้าง
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้างกับพันธุ์ไม้บางชนิด
4. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้างเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลงไป

1.4 ขอบเขตการศึกษา

โดยทำการสำรวจคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่จะนำมาศึกษาวิจัย โดยพิจารณาจากความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีในที่ดินแล้ว โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็นกรวดทรายมีความคงทนต่อสภาพภูมิอากาศที่ร้อนและแห้งแล้ง ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้มาทำการศึกษารวม 4 ชนิด คือ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กระถินณรงค์ สนประดิพัทธ์ และสนทะเล ประจักษ์ และคณะ (2532) โดยจะทำการศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ในด้านความโต

ความสูง และผลผลิตมวลชีวภาพ (Biomass) และศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (O.M) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

หลังจากที่ทำการศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่

1. ทำให้ทราบถึงความสามารถในการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ที่ทำการศึกษาแต่ละชนิดว่า ชนิดไหนมีการเจริญเติบโตมากน้อยกว่ากัน
2. ทำให้ทราบถึงผลผลิตมวลชีวภาพ (Biomass) ของส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ที่ทำการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบปริมาณความมากน้อยของพืชแต่ละชนิด
3. ทำให้สามารถทราบถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกพืชที่แตกต่างกัน
4. ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินเมื่อมองแร่ธาตุเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลงไป

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทั่วไปของพันธุ์ไม้ที่ทำการศึกษา

2.1.1 ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) วงศ์

Myrtaceae

ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นได้ดีในภูมิอากาศของประเทศอบอุ่นจนถึงเขตร้อน เช่น ออสเตรเลีย ปาปัวนิวกินี ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย เป็นต้น สามารถทนทานต่อสภาพอากาศที่ร้อนจัดจนถึงอุณหภูมิสูงสุด 45°C และทนต่อสภาพอากาศที่หนาวจัดถึงต่ำสุด -5°C ทนทานต่อสภาวะแห้งแล้งขาดฝนได้ระหว่าง 6-8 เดือน และสามารถจะทนต่อสภาพที่มีน้ำท่วมขังได้นานระหว่าง 2-8 เดือน เป็นพืชที่เหมาะสมจะนำมาปลูกเพื่อการค้า แต่จะต้องมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในอัตราที่ไม่ต่ำกว่า 400 มม. (โดยปกติจะอาศัยปริมาณน้ำฝนระหว่าง 200-1,250 มม.) มีความสามารถที่จะปรับการเจริญเติบโตให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศเกือบทุกประเภทของประเทศไทย เช่น ดินเหนียว ดินร่วนปนทราย ดินลูกรัง ดินทราย ดินที่มีหินปูน หรือแถบดินเค็ม เป็นต้น โดยความเป็นกรดเป็นด่างของดินประมาณ 6-7.5

ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เป็นไม้ขนาดกลางจนถึงใหญ่ มีความสูงระหว่าง 18-26 เมตร มีขนาดความโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ระหว่าง 0.90-2.10 เมตร ลำต้นจะเปลาตรง แต่ถ้าขึ้นในที่โล่งแจ้งจะมีเรือนยอดโปร่งบาง และแผ่กว้าง

เปลือก มีลักษณะเรียบเป็นมันมีสีเทาสลับขาวหรือสีน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง สลับกันไปตามความยาวของลำต้น เปลือกนอกจะแตกร่อนออกจากลำต้นเป็นแผ่นในแต่ละปี เปลือกนอกของลำต้นมีความหนาประมาณ 0.5 ซม.

ใบ มีลักษณะรูปไข่ หรือเป็นรูปหอกเรียวยาว มีขนาดยาวประมาณ 2.5 ถึง 12 นิ้ว กว้างประมาณ 0.3 ถึง 0.8 นิ้ว ใบอ่อนเกิดเป็นคู่ตรงข้ามที่เรียงสลับกันไป ใบอ่อนมีสีเขียวปนเทา ใบแก่จะมีสีเขียวอ่อนทั้งสองด้าน มีก้านใบยาว (บางครั้งอาจจะมีสีเทา) ใบบาง และจะห้อยลงสู่พื้น สามารถจะมองเห็นเส้นใบได้ชัดเจน

ช่อดอก จะเกิดอยู่ระหว่างกิ่งก้านใบ มีก้านดอกยาวประมาณ 0.25-0.6 นิ้ว แต่เก้านจะมีก้านย่อยแยกออกไปอีก 5-10 ดอก ก้านดอกย่อยมีความยาวประมาณ 0.2-0.5 นิ้ว

ดอกมีกลีบรองดอกติดที่โคนกลีบดอกเป็นรูปถ้วย ดอกมีสีขาวแกมเหลืองอ่อน มีลักษณะกลม และมีฝากรอบดอก

ผล มีลักษณะครึ่งวงกลม เป็นแคปซูลหรือรูปถ้วย มีขนาด 0.2-0.3 X 0.1-0.3 นิ้ว ผิวนอกแข็ง ผลขณะยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ได้เต็มที่ เมื่อผลแก่เต็มที่ฝักจะแยกออกทำให้เมล็ดที่อยู่ภายในร่วงหล่นออกมา

เมล็ด มีขนาดเล็กมากมีความยาวประมาณ 1 มม. มีสีเหลือง เมล็ด 1 กรัม จะมีจำนวนเมล็ดประมาณ 773 เมล็ด (หรืออาจจะมากกว่านั้น)

เนื้อไม้ สีน้ำตาลแดงหรือน้ำตาลอ่อน แก่นมีสีน้ำตาล กระพี้และแก่นไม้จะมีสีแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื้อไม้อ่อนค่อนข้างละเอียด เป็นไม้ที่มีความแข็งแรงมาก เปลือกตรงแต่แตกร้าวง่าย

ไม้ยูคาลิปตัส คามาเดนซิส สามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ได้หลายอย่าง เช่น ไม้ขนาดใหญ่สามารถนำไปใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ทำพื้น เสาถ่าน เป็นต้น ไม้ขนาดเล็กใช้ทำเสาเข็ม เชือกกระดาษ ไม้อัดแผ่นเรียบ เป็นต้น อีกทั้งเรายังสามารถที่จะใช้น้ำหวานจากดอกยูคาลิปตัสมาเลี้ยงผึ้งได้อีกด้วย

2.1.2 ไม้กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth.) วงศ์

Leguminosae

กระถินณรงค์จัดเป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่ง เป็นพันธุ์ไม้ต่างประเทศ มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมตามธรรมชาติในทุ่งหญ้าของประเทศปาปัวนิวกินี ไปจนถึงพื้นที่ทางตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย เชื่อกันว่า ร.ท. ธนณรงค์ชวนกิจ (ชวน ณรงค์ชวนะ) เป็นผู้ส่งเข้ามาปลูกในประเทศไทยเป็นครั้งแรกเมื่อประมาณปี พ.ศ.2478 โดยนำมาปลูกในลักษณะของไม้ประดับ เนื่องจากกระถินณรงค์เป็นไม้ที่ปลูกง่ายสามารถขึ้นได้ในแทบทุกสภาพท้องถิ่นของประเทศไทย จึงมีผู้นำไปปลูกตามท้องที่ต่าง ๆ เรามักจะพบเห็นต้นกระถินณรงค์ตามสองข้างทางถนนที่ปลูกไว้บ้างร่มเงา เนื้อไม้กระถินณรงค์สามารถไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง นับตั้งแต่นำไปทำเป็นพื้น เชื้อเพลิงหรือเผาถ่าน ทำเฟอร์นิเจอร์ หรือแม้กระทั่งนำเข้าไปโรงงานอุตสาหกรรมใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำเชือกกระดาษ ก็ได้

กระถินณรงค์เป็นไม้ที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง มีความสูงตั้งแต่ 5 เมตร ไปจนถึงประมาณ 15 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพท้องถิ่นและสภาพภูมิอากาศ บางครั้งเราอาจจะพบต้นไม้

ชนิดนี้สูงถึง 30 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 60 เซนติเมตร กระถินณรงค์เป็นพันธุ์ไม้ไม่ผลัดใบจึงเห็นใบเขียวชอุ่มอยู่ตลอดปี มีใบพุ่มหนาและเรือนยอดแผ่กว้าง แตกกิ่งก้านสาขามาก และมักจะแตกกิ่งที่ส่วนล่างลำต้น ดอกของต้นกระถินณรงค์มีกลุ่มหอม จึงนิยมปลูกไว้ให้ร่มเงา และประดับตามที่ชุมชนสาธารณะ แต่ถ้าได้มีการคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะดีมาปลูกก็จะสามารถปลูกกระถินณรงค์เป็นสวนป่าเพื่อการใช้ประโยชน์เนื้อไม้แปรรูปได้

ลำต้น โดยปกติแล้ว กระถินณรงค์มักมีลำต้นคดงอ เปลือกนอกสีเทาเรียบ หรืออาจแตกเป็นเส้นเล็ก ๆ ตามความยาวของลำต้น เนื้อไม้มีสีเหลืองเมื่อแห้ง กิ่งก้านส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็ก

ใบ ต้นอ่อนของกระถินณรงค์ เมื่อเริ่มงอกจากเมล็ดจะแตกใบเพียง 1-2 คู่ เป็นใบแบบผสมคือจะมีใบเล็ก ๆ เรียงตามก้านใบเหมือนใบกระถินบ้าน เมื่อต้นกระถินณรงค์โตขึ้นใบผสมนี้จะค่อย ๆ หดไป ใบคู่ที่ 3 หรือคู่ที่ 4 ที่แตกใหม่จะใหญ่ขึ้นและเปลี่ยนแปลงเป็นใบเดี่ยวมีขนาดใหญ่หนา ใบสีเขียวเข้มเรียงยาวโค้งเป็นรูปเคียว ขนาดกว้างประมาณ 1-2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7-15 เซนติเมตร

ดอก ดอกกระถินณรงค์ มีสีเหลืองและมีกลิ่นหอม ออกดอกรวมกันเป็นช่อแบบหางกระรอกตามง่ามใบ ช่อดอกกระถินณรงค์จะยาวประมาณ 7-10 เซนติเมตร ดอกย่อยแต่ละดอกมีขนาดเล็กมาก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตรเท่านั้น ช่อดอกหนึ่ง ๆ จะมีดอกย่อยประมาณ 70 ดอกถึง 100 ดอก โดยดอกที่อยู่ตรงโคนจะบานก่อน และช่อดอกจะห้อยย้อยลงข้างล่าง ต้นกระถินณรงค์มีการออกดอกเกือบตลอดทั้งปีไม่พร้อมกันขึ้นอยู่กับความแตกต่างของสถานที่ปลูก

ผล กระถินณรงค์ออกผลเป็นฝัก มีลักษณะมันวาวขรุขระ ฝักอ่อนมีสีเขียว และเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาล และเมื่อแก่มาก ๆ ฝักจะแตกออกเป็นสองซีกตามแนวตะเข็บ

เมล็ด เมล็ดกระถินณรงค์ มีลักษณะกลมแบนขนาดเล็กประมาณ 2.5-4.45 มิลลิเมตร แต่ละฝักจะมีเมล็ดอยู่ภายในประมาณ 10-15 เมล็ด เมล็ดอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลเข้มหรือดำ เมล็ดกระถินณรงค์มีโยสสีเหลืองหรือสตรัคติดอยู่กับฝัก

การเก็บฝักกระถินณรงค์ สามารถทำได้โดยใช้ไม้สอยเอาเฉพาะกิ่งที่มีฝักกระถินณรงค์ ลองแกะดูว่าเมล็ดในฝักนั้นเริ่มจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลก็เป็นอันว่าใช้ได้ เมื่อเก็บฝักได้แล้วให้นำมาตากแดดบนแผ่นพลาสติก เพื่อให้ฝักแห้งและแตก้าออก เมล็ดส่วนใหญ่จะร่วงออกมาจากฝัก บางเมล็ดก็ที่ยังติดอยู่กับฝักเนื่องจากโยสสีเหลืองไม่ขาดออกก็ต้องใช้วิธีแกะ

แล้วดึงเมล็ดออกมา การเก็บเมล็ดกระถินณรงค์ให้หาขวดหรือกระป๋องที่มีฝาปิดสนิทมาเป็นภาชนะบรรจุเพื่อป้องกันมดแมลงเข้าไปเจาะทำลาย

2.1.3 ไม้สนประดิพัทธ์ (*Casuarina Junghuhniana* Miq.) วงศ์ Casuarinaceae

ลักษณะโดยทั่วไปของไม้สนประดิพัทธ์ เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง มีความสูงประมาณ 10-20 เมตร เป็นไม้ผลัดใบ

ลำต้น เปลวตรง เรือนยอดรูปกรวยแหลม กิ่งขนาดเล็กทำมุมแหลมกับลำต้น และแตกกิ่งเป็นระเบียบกว่าสนทะเล กิ่งย่อยสีเขียวเรียงกันถี่มากคล้ายรูปเข็มหรือเส้นลวดต่อกันเป็นปล้อง ๆ แต่ละกิ่งยาว 10-20 เซนติเมตร กิ่งยอดอาจไม่แยกหรือแยก พอแห้งจะออกสีเหลืองอ่อน ๆ เปลือกนอกสีน้ำตาลปนเทา เปลือกแตกเป็นร่องตื้น ๆ ทำให้เปลือกลอกเป็นแผ่นเล็ก ๆ ห้อยตามลำต้น เปลือกในสีน้ำตาลแดง (สนทะเลมีสีเหลือง) แก่นสีน้ำตาล

ใบ เป็นใบเดี่ยว มี 9-10 ใบ (แต่บางครั้งอาจพบ 12 หรือ 13 ใบ) มีการจัดเรียงตัวเป็นช่อ (whorled leaves) คือ ใบเรียงกันอยู่ที่ข้อเดียวกันทั้งหมด รูปร่างใบคล้าย ๆ เกี๊ยว (scale-like) ลักษณะคล้ายหนามเล็ก ๆ รูปสามเหลี่ยมใบสีเขียวอมเขียว ปลายกิ่งอ่อนมีสีแดง (สนทะเล) มีสีเหลือง

ดอก เป็นช่อดอก (inflorescence) แบบ dioecious ซึ่งแยกต้นดอกตัวผู้และต้นดอกตัวเมีย ดอกตัวผู้เท่าที่พบจะเป็นแบบ spike คือ ดอกย่อยติดอยู่กับก้านดอกช่อ โดยไม่มีก้านดอกย่อย ช่อดอกมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกยาวประมาณ 3-8 เซนติเมตร ออกดอกเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน และกันยายน-ตุลาคม ดอกตัวเมียเป็นแผ่นบางเล็ก ๆ คล้ายขนห่อหุ้ม

ผล อยู่ในกลีบประดับย่อย (bracteoles) เป็นชนิด achene รวมอยู่กับ cone แต่ไม่พบในประเทศไทย เช่นเดียวกับเมล็ด เนื่องจากมีเพียงต้นตัวผู้ ดังนั้นการขยายพันธุ์จึงเป็นแบบไม่อาศัยเพศ เช่น การตอนกิ่ง การชำกิ่ง ซึ่งการชำกิ่งเป็นวิธีที่นิยมกันมากที่สุดในปัจจุบัน โดยนำกิ่งที่มีอายุ 3-6 เดือน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1-0.2 ซม. ยาว 10-15 ซม. โดยใช้สาร Indolyl butyric acid 4-5 ppm เร่ง

2.1.4 ไม้สนทะเล (*Casuarina equisetifolia* J.R. & G.Foest) วงศ์ Casuarinaceae

ไม้สนทะเล เป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูงประมาณ 15-25 เมตร ลำต้นเปลวตรง เป็นไม้ไม่ผลัดใบ ไม้สนทะเลชอบขึ้นตามชายฝั่งทะเลที่เป็นดินทราย มีการ

ระบายน้ำดี สามารถทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศได้เกือบทุกสภาพ เจริญเติบโตได้ดีในท้องที่ที่มี อุณหภูมิ 10-33 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังชอบขึ้นในที่ที่มีอากาศร้อนและชื้น หรือในที่ที่มี สภาพกึ่งแห้งแล้ง มีความทนต่อสภาพดินเค็ม และเจริญได้ในดินที่ขาดธาตุไนโตรเจน หรือมี อินทรีย์วัตถุต่ำ เพราะสนทะเลสามารถดูดไนโตรเจนจากอากาศได้ ในแหล่งธรรมชาติเดิมที่สน ทะเลขึ้นนั้น มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตั้งแต่ 700-2,000 มิลลิเมตรต่อปี และมักจะพบในระดับความ สูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,500 เมตร โดยขึ้นได้ดีในระดับความสูงไม่เกิน 400 เมตร จากระดับน้ำทะเล

ดังนั้น จากลักษณะทั่วไปของพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส กระถินณรงค์ สน ทะเล และสนประดิพัทธ์ จะพบว่าเป็นพันธุ์ไม้ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความอุดม สมบูรณ์ต่ำ หรือขาดความอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะในสภาพดินที่เป็นกรวดทราย และดิน ตะกอนเหมืองแร่เก่า อีกทั้งยังสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกสภาพท้องที่และดินฟ้าอากาศ จึง เห็นว่าพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดข้างต้น มีความเหมาะสมที่จะคัดเลือกเพื่อนำมาทำการศึกษาวิจัยในครั้ง นี้เป็นอย่างยิ่ง

2.2 การเจริญเติบโตของต้นไม้

การเจริญเติบโต (growth) ของต้นไม้ มีความหมายค่อนข้างกว้าง ซึ่งมีผู้ให้คำจำกัด ความ และความหมายของคำนี้ไว้หลายท่าน กล่าวคือ Toumey (1947) กล่าวว่า การเจริญเติบโต ของพืชเกี่ยวข้องทั้งการเจริญเติบโต (growth) และการพัฒนา (development) การเติบโตในการ เปลี่ยนแปลงด้านปริมาณซึ่งย้อนกลับไม่ได้ ส่วนการพัฒนาเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพรูปร่าง และลักษณะ ซึ่งไม่สามารถจัดออกมาเป็นเชิงปริมาณได้ทุกกรณีไป แต่สามารถสังเกตเปรียบเทียบหรือวิเคราะห์ได้ การเติบโตและการพัฒนาเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน แต่บางครั้ง การเติบโตก็มีขอบเขตเพียงแต่เป็นการเพิ่มพูนของขนาด (increment หรือ accretion) เท่านั้น (Spurr, 1952 ; Toumey, 1947) โดยทั่วไปการเจริญเติบโตจะมีความหมายถึงปริมาณที่เพิ่มขึ้น ในช่วงเวลาที่กำหนด พงษ์ศักดิ์ (2521) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของต้นไม้คือ ขบวนการสะสม และเพิ่มพูนเซลล์ใหม่ ๆ ขึ้นมา แบบเดียวกับสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ทั้งหลาย แต่ถ้าหากพิจารณา อย่างละเอียดแล้ว การเจริญเติบโตจะมีความหมายอยู่ 2 ประการ คือ การเพิ่มพูนขนาดและการ สร้างส่วนใหม่ ๆ ขึ้นมา

การเจริญเติบโตของต้นไม้ เป็นผลที่สืบเนื่องมาจากการกระทำของปัจจัย 2 อย่าง คือ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมหรือปัจจัยภายนอกกับปัจจัยภายใน หรือลักษณะทางพันธุกรรมของต้นไม้ แต่ละชนิด Husch และคณะ (1972) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ปัจจัยคงที่ อันได้แก่ ดิน และสภาพภูมิประเทศกับปัจจัยผันแปร ได้แก่ การแก่งแย่งแข่งขัน และลักษณะภูมิอากาศ สอดคล้องกับที่ Toumey (1947) กล่าวไว้ว่า การเจริญเติบโตจะแตกต่างกันไปตามลักษณะภายในของต้นไม้แต่ละชนิด และอิทธิพลจากภายนอก ส่วน Hopker (1979) เน้นว่า ปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้แต่ละชนิด ได้แก่ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ (Stand density) และสภาพท้องถิ่น (Site) เช่น วสันต์ (2517) พบว่า การเจริญเติบโตทางความสูงของไม้สักจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของหมู่ไม้ ทิศด้านลาดและความลึกของดินชั้น A

Baker (1950) กล่าวว่า เส้นกราฟการเจริญเติบโตของต้นไม้ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับขนาด หรือการเจริญเติบโตสะสมจะเป็นรูปตัว "S" ที่เรียกว่า Sigmoid curve มีลักษณะเว้าส่วนล่าง เรียบส่วนกลาง และพูนส่วนบน สามารถแบ่งเส้นกราฟนี้ออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต (formative period) ปกติช่วงนี้จะสั้น ส่วนที่สองเป็นช่วงที่มีการเพิ่มพูนขนาดอย่างรวดเร็ว (grand period of growth) ช่วงนี้ยาวกว่าช่วงแรก ส่วนที่สามเป็นระยะที่ต้นไม้มีการเจริญเติบโตเต็มที่ (period of maturity) ระยะนี้จะมีการเจริญเติบโตน้อย แต่เป็นช่วงที่ยาวที่สุดและผันแปรมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากต้นไม้แต่ละชนิดมีอายุยืนยาวแตกต่างกัน ในการจัดการป่าไม้หรือสวนป่าเพื่อผลทางด้านเศรษฐกิจนั้น โดยปกติไม้จะถูกตัดฟัน แม้ว่าจะอยู่ในช่วงก่อนสิ้นสุดระยะที่สองก็ตาม การเรียนรู้ถึงการเจริญเติบโตของต้นไม้ จะเป็นแนวทางสำคัญประการหนึ่งต่อการจัดการสวนป่า สำหรับการวัดความเพิ่มพูนหรือการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดวิธีหนึ่ง คือ การจัดในรูปของน้ำหนักแห้ง

2.3 ผลผลิต

ผลผลิต หมายถึง จำนวนหรือปริมาณทั้งหมดที่สามารถจะตัดฟันได้ หรือตัดฟันได้จริงในเวลาที่กำหนด Spurr (1952) ดังนั้น ปริมาณทั้งหมดของหมู่ไม้ ในเวลาที่กำหนดใด ๆ ก็คือผลผลิตของหมู่ไม้นั้น ๆ โดยที่ตลอดเวลาของการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงอายุที่กำหนด ไม่ได้มีการตัดสางขยายระยะไม้ออกไป Toumey (1947) กล่าวว่า ผลผลิตมีความหมายอยู่ด้วยกัน 2 ด้าน คือ ผลผลิตทางด้านเศรษฐกิจ (economic yield) หมายถึงผลผลิตที่ใช้ในทางการค้า ส่วนอีกด้านหนึ่ง คือ ผลผลิตในทางชีววิทยา (biological yield) เป็นผลผลิตที่เกิดจากขบวนการ

สังเคราะห์แสง และการดูดซับธาตุอาหารไปเสริมสร้างให้เกิดอินทรีย์วัตถุส่วนต่าง ๆ ของพืช เกรียงศักดิ์ (2533) ในการประเมินผลผลิตของหมู่ไม้กระทำได้หลายทาง การวัดออกมาในรูป น้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพ (biomass) นิยมใช้ในการศึกษาความแตกต่างของคุณภาพท้องที่ Ovington (1957, 1961) ; Baskerville (1965) ซึ่งผลผลิตของหมู่ไม้จะแปรผันไปตามปัจจัยต่าง ๆ คือ ชนิดไม้ (species) องค์ประกอบของหมู่ไม้ (composition) คุณภาพท้องที่ (site quality) ชั้นอายุ (age class) ความหนาแน่นของหมู่ไม้ (stand density) การรบกวนจากภายนอก (external disturbance) และการปฏิบัติทางวนวัฒนวิทยา (silvicultural treatment) Toumey (1947)

2.4 การประมาณหาผลผลิตมวลชีวภาพ

ในสังคมของหมู่ไม้จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อันเป็นผลเนื่องมาจากการเจริญเติบโตของหมู่ไม้นั้น ซึ่งในขบวนการเจริญเติบโตนี้ พืชจะต้องทำหน้าที่และดำเนินขบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การดูดซับธาตุอาหาร (nutrient uptake) สังเคราะห์แสง (photosynthesis) นำอาหารที่สังเคราะห์ได้ไปใช้ (assimilation) หายใจ (respiration) และคายน้ำ (transpiration) พงษ์ศักดิ์ (2529) โดยพืชสีเขียวจะเปลี่ยนพลังงานจากดวงอาทิตย์มาเป็นพลังงานทางชีวเคมี เพื่อใช้สร้างเนื้อเยื่อผ่านทางขบวนการสังเคราะห์แสง ในขณะเดียวกันเนื้อเยื่อที่พืชสร้างขึ้นจะสูญเสียไปในขบวนการหายใจ การร่วงหล่นเป็นซากพืช หรือถูกสัตว์กินเป็นอาหาร ผลผลิตส่วนที่เหลืออยู่ก็จะสะสมเพื่อเพิ่มพูนขึ้นเป็นรูปร่างของต้นไม้ที่ปรากฏให้เห็นในเวลาใดเวลาหนึ่ง ผลผลิตที่เกิดขึ้นนี้ถือว่าเป็นจุดแรกของการผลิต ซึ่งเมื่อพิจารณาทางด้านนิเวศวิทยาจะเรียกว่า ผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) Chapman (1976) แบ่งผลผลิตขั้นปฐมภูมิต่อออกเป็น 2 ประเภท คือ

(1) ผลผลิตขั้นปฐมภูมิรวม (gross primary production) หมายถึงปริมาณเนื้อเยื่อทั้งหมดที่ได้จากขบวนการสังเคราะห์แสง รวมทั้งส่วนที่สูญเสียไปกับขบวนการหายใจในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

(2) ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (net primary production) หมายถึงปริมาณเนื้อเยื่อทั้งหมดที่ได้จากขบวนการสังเคราะห์แสง โดยไม่รวมส่วนที่สูญเสียไปเนื่องจากขบวนการหายใจ ส่วนของเนื้อเยื่อที่เกิดจากขบวนการสังเคราะห์แสง และมีหน้าที่ในการเจริญเติบโตในต้นพืชต้นใดต้นหนึ่ง หรือทั้งกลุ่มที่ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เรียกว่ามวลชีวภาพ (biomass) ซึ่งนิยมวัดออกมาในรูปของน้ำหนักแห้ง (dry weight) Chapman (1976) หรือวัดออกมาเป็นอินทรีย์วัตถุ (organic

matter) หรือปริมาณพลังงานในส่วนต่าง ๆ ของพืช พงษ์ศักดิ์ (2522) ผลผลิตขั้นปฐมภูมิที่เกิดขึ้นในระยะเวลาหนึ่งที่แน่นอนในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง เรียกว่าอัตราการผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary productivity) พงษ์ศักดิ์ (2522) ; Kvet และคณะ (1971)

การศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตทางชีวภาพของหมู่ไม้ นิยมศึกษากันในรูปของผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) ซึ่ง Newbould, (1967) ได้เสนอวิธีการในการประมาณหาผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของต้นไม้หรือหมู่ไม้ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง มวลชีวภาพ เวลา และผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2 ไว้ดังนี้

$$\Delta P_n = \Delta B + \Delta L + \Delta G$$

เมื่อ ΔP_n คือ ปริมาณผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของหมู่ไม้ในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2

ΔB คือ ปริมาณมวลชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2

ΔL คือ ปริมาณมวลชีวภาพที่สูญเสียไปเนื่องจากการตายหรือร่วงหล่นเป็นซากพืชในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2

ΔG คือ ปริมาณมวลชีวภาพที่สูญเสียไปเนื่องจากถูกสัตว์กัดกินในช่วงเวลา t_1 ถึง t_2

Kira และ Shidei (1967) ได้อธิบายถึงวิธีวัดค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิไว้ 2 วิธี คือ

(1) วิธี Harvest technique เป็นการวัดปริมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้ด้วยการตัดแล้วนำมาชั่งน้ำหนักในช่วงเวลาที่แน่นอน

(2) วิธี Photosynthetic technique เป็นการวัดปริมาณการสังเคราะห์แสงของหมู่ไม้โดยการวัดปริมาณการแลกเปลี่ยนก๊าซ วิธีการหลังนี้ นิยมใช้เพื่อหาผลผลิตขั้นปฐมภูมিরวม

ส่วนวิธีแรกใช้เพื่อหาผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของหมู่ไม้ ซึ่ง Whittaker และ Woodwell (1971) และ Satoo (1970) ได้สรุปวิธีการที่ใช้ในการทำ Harvest technique ไว้ 3 วิธี คือ

(1) Mean tree ใช้ในกรณีที่สังคมพืชมีชั้นอายุเดียว เช่น สวนป่า (artificial forest) โดยเลือกไม้ตัวอย่างจากแปลงเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ทำการตัดและชั่งน้ำหนักเฉลี่ย (w) ของแต่ละชั้นขนาด นำค่านี้ไปคูณกับจำนวนต้นไม้ทั้งหมดในชั้นนั้น ๆ (n) ผลรวมของผลคูณในแต่ละชั้นขนาดรวมกันจะเป็นปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดในแปลง (W) ดังสมการ $W = \Sigma (w.n)$

(2) Production ratio เป็นวิธีการที่ใช้กับไม้พื้นล่าง โดยการสุ่มเลือกไม้ตัวอย่างให้ กระจกานทุกชั้นขนาดเป็นตัวแทนของพื้นที่วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ทั้งหมดในแปลงเพื่อ ใช้หาค่าพื้นที่หน้าตัดของไม้ทั้งหมด (G) วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของไม้ตัวอย่างเพื่อหาค่าพื้นที่ หน้าตัดของไม้ตัวอย่าง (Σg) ตัดและชั่งไม้ตัวอย่างเพื่อหามวลชีวภาพของไม้ตัวอย่าง (Σw)

คำนวณหามวลชีวภาพของไม้ทั้งหมดในแปลง จากสูตร

$$W = \frac{\Sigma w (G)}{\Sigma g}$$

(3) Dimension analysis เป็นวิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (regression analysis) โดยการเลือกไม้ตัวอย่างขนาดต่าง ๆ ทั้งแปลงเป็นตัวแทนในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง มิติต่าง ๆ (dimension) ซึ่งอาจเป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง หรือ ความสูงหรือทั้งสองอย่าง กับ ปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ ผลรวมของมวลชีวภาพของต้นไม้ทุกขนาดที่ประมาณได้จะเป็น มวลชีวภาพของหมู่ไม้นั้น ๆ วิธีการนี้เหมาะสำหรับการศึกษาในแปลงตัวอย่างที่ไม่ต้องการตัด ฟืน ไม้ออกทั้งแปลง

วิธีการ Dimension analysis ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการหามวลชีวภาพของต้นไม้ โดย Kittredge (1944) ต่อมา Satoo และ Senda (1958) ได้นำมาใช้ประมาณมวลชีวภาพของลำ ต้น กิ่ง และใบ โดยอาศัยความสัมพันธ์ทาง Allometry จากความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัว คือ ขนาดของส่วนต่าง ๆ ที่วัดได้จากต้นไม้เป็นตัวแปรอิสระ (X) และปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ ที่ต้องการทราบเป็นตัวแปรตาม (Y) ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองจากต้นไม้ตัวอย่าง อยู่ใน รูปสมการ

$$Y = A X^h$$

หรือ $\log Y = \log A + h \log X$

เมื่อ Y คือ ปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้

X คือ ค่าตัวแปรอิสระซึ่งใช้ในการประมาณหามวลชีวภาพ เช่น
ขนาดของลำต้นบริเวณส่วนต่าง ๆ ที่วัดได้จากต้นไม้

A และ h คือ ค่าคงที่ของสมการ

ค่าตัวแปรอิสระ (X) ค่าใดจะถูกตั้งที่สุดนั้น จำต้องเลือกให้เหมาะสม เป็นแต่ละกรณีไป Kira และ Shidei (1967) พบว่า การเอาความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (HT) มาเป็นตัวแปรอิสระ ร่วมกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรจากพื้นดิน ยกกำลังสอง (DBH^2) ในรูป (DBH^2HT) จะสามารถประมาณหามวลชีวภาพได้อย่างถูกต้อง เพราะค่า DBH^2HT เป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรลำต้น ซึ่งสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพ สำหรับในกรณีของมวลชีวภาพกิ่งและใบ Shinozaki (1964) พบว่ามีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับใต้กิ่งตอครั้งแรก (D_B) ซึ่งสามารถใช้ D_B เป็นตัวแปรอิสระในการประมาณมวลชีวภาพของกิ่งและใบ แทน DBH ได้อย่างเหมาะสม แต่ในทางปฏิบัติแล้วเป็นการยากที่จะวัดขนาด D_B ของไม้ทุกต้นในแปลงทดลองหรือในป่าธรรมชาติ

ในการประมาณค่ามวลชีวภาพของต้นไม้อาศัยความสัมพันธ์ทาง Allometry มีข้อควรคำนึงอยู่ 3 ประการคือ

- (1) ไม่ควรเลือกไม้ตัวอย่างเฉพาะต้นที่มีลักษณะงดงามและเติบโตดี เพราะค่าที่ประมาณได้จะมากกว่าความเป็นจริง
- (2) ไม่ควรเลือกไม้ตัวอย่างขนาดใหญ่ที่สุดในแปลงเพราะเมื่อนำความสัมพันธ์มาประมาณค่ามวลชีวภาพของไม้ขนาดเล็ก จะทำให้ได้ค่าที่มากกว่าความเป็นจริง
- (3) การใช้ความสูงทั้งหมดของลำต้นมาร่วมเป็นตัวแปรในรูป DBH^2HT (parabolic volume) จะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น Whittaker และ Woodwell (1971)

ผลงานที่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับมวลชีวภาพของต้นไม้นิสวนป่าต่าง ๆ ในประเทศไทย มีผู้ศึกษาไว้หลายท่าน อาทิเช่น พิทยา (2520) ศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตขั้นปฐมภูมิของสวนป่าไม้สัก พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2530) ศึกษาผลของความหนาแน่นของการปลูกป่า ต่อผลผลิตของสวนป่าไม้ ยูคาลิปตัส คามาตูเลนซิส บพิตร (2528) ศึกษาความหนาแน่นของสวนป่าไม้กระถินณรงค์ สายันห์ (2529) ศึกษาผลของความหนาแน่นต่อผลผลิตของสวนป่าไม้สัก สุวิทย์ (2532) ศึกษาความหนาแน่น และโครงสร้างของผลผลิตของสวนป่าไม้สะเดา อายุ 2 ปี และเกรียงศักดิ์ (2533) ศึกษาเกี่ยวกับรูปทรง อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของสวนป่าไม้เลี่ยน อายุ 4 ปี ที่ปลูกด้วยความหนาแน่นต่างกัน เป็นต้น

สำหรับการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ใบ กิ่ง ลำต้น ของพันธุ์ไม้ที่ปลูกในดินเหมืองแร่) มโนชญ์ (2533) ได้ทำการทดลองปลูกพันธุ์ไม้ 9 ชนิด คือ ยางนา ทุ้งฟ้า สะตอ มะฮอกกานี กระถินเทพา กระถินณรงค์ สมนทะเล ยูคาลิปตัส ชดริโอโครา และยูคาลิปตัส

ดึกุลปด้า ปรากฏว่ากระดินเทพามีปริมาณมวลชีวภาพรวมสูงที่สุด คือ 5.66 ตัน ต่อเฮกแตร์ นอกจากนี้ยังมีมวลชีวภาพของใบสูงสุดเช่นกัน คือ 1.49 ตันต่อเฮกแตร์ และมวลชีวภาพไม้กระดินเทพานี้ สูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับมวลชีวภาพของไม้ชนิดอื่น

นงนุช (2527) พบว่าปริมาณมวลชีวภาพในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง อายุ 1, 3, 5, 7, 10, 15 และ 20 ปี มีแนวโน้มแตกต่างกันคือ มีปริมาณมวลชีวภาพ 0 8.467, 14.229, 15.082, 24.283, 32.919 และ 37.996 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ และปริมาณมวลชีวภาพระหว่างดิน 3 ชนิด ในพื้นที่เหมืองแร่ร้าง คือ กองกรวดลานทราย และดินเลน มีความแตกต่างกันคือ มวลชีวภาพบริเวณกองกรวดมีปริมาณสูงสุด รองลงมาคือดินเลนและลานทราย มวลชีวภาพเหล่านี้ระยะต้น ๆ ปริมาณส่วนใหญ่เป็นพวกหญ้า ส่วนในระยะหลัง ๆ องค์กรประกอบที่สำคัญมาจาก Woody plants

พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2522) ได้ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของไม้กระดินณรงค์ อายุ 8 ปี ที่ปลูกบนดินเหมืองแร่ร้างที่ทิ้งไว้ 30 ปี ที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ปรากฏว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอกเฉลี่ย 16.73 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 9.93 เมตร นำหนักแห้งเฉพาะลำต้น 32.640 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ หรือคิดรวมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด 6.71 ตันต่อไร่ (41.94 ตันต่อเฮกแตร์) ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับปริมาณมวลชีวภาพกับไม้ชนิดอื่น ๆ ในสวนป่าชนิดต่าง ๆ เช่น ไม้สัก สนสามใบ ช่อ และโกงกาง พบว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดของกระดินณรงค์นี้ไม่น้อยกว่าไม้สัก ทั้ง ๆ ที่จำนวนต้นมีน้อยกว่า และมีความสูงพอ ๆ กับไม้สัก

2.5 คุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้าง

เนื้อดินเป็นสมบัติที่บ่งบอกถึงความหมาย หรือความละเอียดของชั้นส่วนของดิน ซึ่งแสดงในรูปของอัตราส่วนระหว่างอนุภาคทราย ดินแป้ง และดินเหนียว โดยปกติแล้วเนื้อดินจะไม่มีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช แต่เนื้อดินเป็นสิ่งที่ควบคุมสมบัติต่าง ๆ หลายประการ เช่น การดูดซับไออน การแลกเปลี่ยนแก๊ส และการดูดซับน้ำ เป็นต้น Jenny (1941) และ Odum (1971) รายงานตรงกันว่า การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อดินจากสภาพธรรมชาติ ข่มขึ้นอยู่กับการปัจจัยด้านลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ วัตถุต้นกำเนิดดิน สิ่งมีชีวิตและเวลา โดยปัจจัยเหล่านี้มีส่วนช่วยเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อดินให้อยู่ในลักษณะที่สมดุลกัน แต่ในกรณีที่ปัจจัยด้านหนึ่งด้านใดไม่อยู่ในสภาพที่สมดุล ซึ่งอาจเกิดขึ้น

มากหรือน้อยเกินไปแล้ว ย่อมทำให้อัตราและระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเนื้อดินไป ตามสภาพธรรมชาติ (harthill & Mckell, 1978)

การทำเหมืองแร่เป็นกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตแบบหนึ่งที่ทำให้ลักษณะเนื้อดินเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพธรรมชาติ โดยวิรัตน์ (2519) ศึกษาลักษณะเนื้อดิน ในเขตอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา พบว่า สภาพเนื้อดินเดิมก่อนที่มีการทำเหมืองแร่ประกอบด้วย sand 64 เปอร์เซ็นต์ silt 12.9 เปอร์เซ็นต์ และ clay 23.1 เปอร์เซ็นต์ แต่ภายหลังจากการทำเหมืองแร่แล้ว ส่วนประกอบของเนื้อดินจะเปลี่ยนแปลงเป็น sand 91.4 เปอร์เซ็นต์ silt 3.3 เปอร์เซ็นต์ และ clay 5.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนประกอบของเนื้อดินที่หลงเหลืออยู่มีลักษณะผิดไปจากสภาพเดิมเป็นอย่างมาก ส่วน Cumming et al. (1965) ได้รายงานการศึกษาดินตะกอนที่ถูกปล่อยมาจากเหมืองแร่ในรัฐ Kentucky ว่า ในขั้นตอนของขบวนการทำเหมืองแร่มีประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของดินตะกอนที่ถูกปล่อยลงสู่ลำธารมักปรากฏขนาดของอนุภาคที่เล็กกว่า 2 มิลลิเมตร ส่วนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าจะตกตะกอนภายในบริเวณพื้นที่เหมืองแร่ร้างและ Curtis (1971) กล่าวว่าปริมาณอนุภาคทรายที่ปรากฏอยู่ภายในพื้นที่เหมืองแร่ร้างมักประกอบด้วยอนุภาคทรายเป็นส่วนใหญ่ ส่วนอนุภาคดินแป้ง และดินเหนียวพบว่ามีอยู่ในเนื้อดินน้อยมาก

อย่างไรก็ตาม Schafer and Nielsen (1978) รายงานว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปนาน ๆ เข้าลักษณะของเนื้อดินเหมืองแร่ร้างนี้จะเปลี่ยนไป โดยเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคของทราย sand ลดลงเปลี่ยนเป็นอนุภาค ขนาดทราย แป้ง และดินเหนียว มากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (Bailey et al., 1973) จากขบวนการกัดเซาะและเคลื่อนย้ายของน้ำผิวดิน (McKeague & St. Arnaud 1969) รวมทั้งจากอิทธิพลของลมฟ้าอากาศด้วย (Curry, 1975) นอกจากนี้ Shubert and Stark (1978) ได้รายงานการศึกษาลักษณะเนื้อดินเหมืองแร่ร้าง รัฐ North Dakota ว่าดินเหมืองแร่ร้าง ช่วงอายุ 1-17 ปี พบว่ามีอนุภาคทรายลดลงจาก 39.77 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 38.52 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตรงกับรายงานการศึกษาของ Schafer and Nielsen (1978) แต่สำหรับดินเหมืองแร่ร้างช่วงอายุ 30-45 ปี กลับพบว่ามีอนุภาคทราย เพิ่มขึ้นจาก 38-97 เปอร์เซ็นต์ เป็น 42.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอนุภาคทราย และดินเหนียว พบว่ามีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุ ดินเหมืองแร่ร้างที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม Anderson (1977) ให้ความเห็นว่า การพัฒนาดินเหมืองแร่ร้างนี้ มักเกิดขึ้นภายหลังจากที่ดินเหมืองแร่ร้างมีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไปแล้ว

2.5.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเหมืองแร่ร้าง

การเปลี่ยนแปลงระดับ pH ของดินตามสภาพธรรมชาติมักเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอตามฤดูกาลสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ ที่ควบคุมปฏิกิริยาในดิน โดยปกติระดับ pH ของดินจะมีอิทธิพลต่อระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินที่มีค่า pH ต่ำมาก ๆ ความเป็นประโยชน์ของธาตุโปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมจะต่ำด้วย และเมื่อดินมี pH อยู่ระหว่าง 5.5-8.5 ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล่านี้จะมีอย่างเพียงพอ สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน (2518) ดินธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เช่น ดินป่าดิบเขาเคยปลูกยางใหม่ ที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร มี pH เฉลี่ย 4.9 วันชัย วิจารณ์ (2525) ดินป่าดิบชื้นเขาสวก สุราษฎร์ธานี ความลึก 0-15 เซนติเมตร มี pH เฉลี่ย 5.2 สมพงษ์ ภาณุรูป (2523) และ Schfer and Nielsen (1978) ให้ความเห็นว่า ระดับ pH ของดินธรรมชาติมักขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ และการเปลี่ยนแปลงอนุคลาร์บอนในดิน ส่วน Neckers and Walker (1952) กล่าวว่า ปริมาณของซัลไฟด์และแร่ไพไรต์ในดินก็มีอิทธิพลต่อระดับ pH ของดินด้วย

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดิน ทั้งทางธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ย่อมมีอิทธิพลต่อระดับ pH ของดิน มานพ (2519) รายงานว่าการตัดไม้ทำลายป่า โดยการใช้ไฟเผาจะมีอิทธิพลต่อการขึ้นหรือลงของ pH ของดิน ส่วน Riley (1978) และ Costigan (1978) กล่าวว่า การทำเหมืองแร่มีผลกระทบต่อระดับ pH ของดิน กล่าวคือ ดินจะมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นหรือมี pH ต่ำลงกว่าดินเดิม ซึ่งดินเหมืองแร่ร้างส่วนใหญ่มักมีระดับ pH อยู่ระหว่าง 3.1-4.1 Riley (1973) สาเหตุที่ทำให้ pH ของดินต่ำลงเพราะการแยกแร่ออกจากดินที่เป็นส่วนหนึ่งของขบวนการทำเหมืองแร่ จำเป็นต้องใช้น้ำที่มีแรงดันสูงชะล้างเอาแร่ดิน และหินมาแยกออกจากกันนั้น ทำให้พวก basic cation ต่าง ๆ ถูกพัดพาสูญหายไปกับน้ำตะกอนเหมือง ขณะเดียวกันน้ำที่ละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแร่ธาตุบางชนิด เกิดเป็นกรดชนิดต่าง ๆ ที่สลายตัวได้ H^+ เช่น กรดคาร์บอนิก กรดซัลฟูริก เป็นต้น โดย H^+ เหล่านี้จะเข้าไปไล่ที่ basic cation ที่ดูดยึดผิวของอนุภาคดินให้หลุดหายไปกับน้ำ แล้ว H^+ ก็จะดูดยึดที่ผิวของอนุภาคดินแทน ทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด (Hunt & Sopper, 1973)

อย่างไรก็ตาม ระดับ pH ของดินมักเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ เสมอ เช่น ในด้านลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดย Hendry (1981) กล่าวว่า ฝนที่ตกลงสู่พื้นดินจะมีสภาพความเป็นกรดเพราะได้ละลายเอาพวกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศลงด้วย แต่ Cunningham (1963) รายงานว่า ถ้าฝนที่ตกมี

ปริมาณต่ำกว่า 1,778 มิลลิเมตรต่อปี ดินจะมีสภาพเป็นกลางจนถึงค่อนข้างเป็นกรด และถ้ามีปริมาณฝนที่ตกกรายปีสูงกว่านี้จะมีค่า pH เป็นกรด นอกจากนี้ ดินที่รับแสงอาทิตย์มากและนาน มักมี pH ต่ำกว่าดินที่รับแสงอาทิตย์น้อยกว่า และด้านลักษณะพืชพรรณนั้น Wilson (1965) กล่าวว่า การสลายตัวของเศษพืชจะมีอิทธิพลต่อระดับ pH ของดิน ส่วน Chriley (1973) ให้ความเห็นว่าเศษกิ่งไม้ใบไม้ที่มาจากชนิดของไม้พุ่มที่แตกต่างกันก็มีผลทำให้ระดับ pH ของดินแตกต่างกันด้วย

2.5.2 อินทรีย์วัตถุในดินเหมืองแร่ร้าง

อินทรีย์วัตถุมีสมบัติที่จะดูดซับประจุบวกได้สูง เนื่องจากอินทรีย์วัตถุมีประจุลบสูง ดังนั้น ดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากจึงมี C.E.C. และมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดินได้ดีอีกด้วย สรสิทธิ์ (2518) ส่วน พิสุทธิ และบุญญะ (2521) พบว่าอินทรีย์วัตถุที่สูญเสียไปกับขบวนการทำเหมืองแร่มีประมาณ 25.9 ตันต่อไร่ ต่อความลึก 1 เมตร ทำให้เหมืองแร่ร้างมีอินทรีย์วัตถุเหลืออยู่ประมาณ 0-0.5 เปอร์เซ็นต์

2.5.3 ฟอสฟอรัสในดินเหมืองแร่ร้าง

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มักจะพบฟอสฟอรัสน้อย ซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช โดยเฉพาะประเทศไทยมีฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.06 เปอร์เซ็นต์ และ Hunt และ Sopper (1973) พบว่าฟอสฟอรัสจะถูกพัดพาออกไปพร้อมกับน้ำ และไปตกตะกอนอยู่บริเวณท้ายเหมือง สำหรับประเทศไทย พิสุทธิ และ บุญญะ (2521) รายงานว่า ฟอสฟอรัสสูญเสียไปจากการทำเหมืองแร่ประมาณ 2.05 กิโลกรัมต่อไร่ต่อความลึก 1 เมตร

2.5.4 โปแตสเซียมในดินเหมืองแร่ร้าง

โปแตสเซียมเป็นธาตุที่ได้จากการสลายตัวของวัตถุดินกำเนิดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในแร่ธาตุจำพวก เฟลด์สปาร์ และไมกา โดยทั่วไปมักพบโปแตสเซียมอยู่ระหว่าง 0.05-3.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งดินในแต่ละพื้นที่จะปรากฏโปแตสเซียมไม่เท่ากัน Tisdale และ Nelson (1975) พิสุทธิ และ บุญญะ (2521) พบว่าการทำเหมืองแร่ทำให้ดินสูญเสียโปแตสเซียมประมาณ 95.4

ต้นต่อไร่ ต่อความลึก 1 เมตร และเกลือโปแตสเซียมอยู่ในดินประมาณ 10-14 ppm. ซึ่งเป็นระดับที่ต่ำมาก

2.5.5 แคลเซียมในดินเหมืองแร่ร้าง

แคลเซียมเป็นธาตุที่สลายตัวมาจากวัตถุต้นกำเนิดพวก calcite, dolomite, apatite, anorthite, gabbros, basalt และ gypsum โดยปริมาณแคลเซียมในดินแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2523) Riley (1978) พบว่า การทำเหมืองแร่เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพดินเช่นเดียวกัน และมีผลทำให้สูญเสียปริมาณแคลเซียมไปประมาณ 110-142 ปอนด์ต่อเอเคอร์ และ Kollman (1978) กล่าวว่า ภายหลังจากการทำเหมืองแร่แล้ว และขบวนการชะล้างดิน นอกจากนี้ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ฝน และพืชพรรณย่อมมีส่วนในการเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้กับดิน

2.5.6 แมกนีเซียมในดินเหมืองแร่ร้าง

ปริมาณแมกนีเซียมที่ผิวโลกเฉลี่ย 1.93 เปอร์เซ็นต์ และมีอยู่ในชั้น subsoil มากกว่า surface soil คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2523) ส่วน พิสุทธิ และบุญญะ (2521) พบว่า การทำเหมืองแร่จะทำให้ดินสูญเสียแมกนีเซียมไปประมาณ 32.4 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อความลึก 1 เมตร ส่วนดินที่ตกค้างอยู่ในบริเวณเหมืองแร่เก่าจะปรากฏแมกนีเซียมอยู่ประมาณ 0.1 meq/100 g. ของดิน

2.5.7 กำมะถันในดินเหมืองแร่ร้าง

Munshower และ Neuman (1978) กล่าวว่า การทำเหมืองแร่เป็นกิจกรรมชนิดหนึ่งที่ทำให้สูญเสียกำมะถันไปเป็นจำนวนมาก จนไม่พอต่อความต้องการของพืช พิสุทธิ และบุญญะ (2521) ได้วิเคราะห์คุณภาพน้ำตะกอนเหมืองแร่ อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา พบว่า มีกำมะถันที่อยู่ในรูปของซัลเฟตถึง 411.62 ppm. แสดงว่าการทำเหมืองแร่มีผลให้ดินสูญเสียกำมะถันในปริมาณสูง

สรุปได้ว่า ภายหลังจากการทำเหมืองแร่สิ้นสุดลง ทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลง กล่าวคือ มีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด อีกทั้งการทำเหมืองแร่ยังทำให้โครงสร้างของเนื้อดินเปลี่ยนแปลงไปอีกด้วย

2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิรัตน์, อภิตี (2532) "ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสนประดิพัทธ์ที่ปลูกบนดินเหมืองแร่" โดยวิธีการทดลองใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 กับสนประดิพัทธ์ที่ปลูกบนดินเหมืองแร่ ระยะ 2 x 2 เมตร 5 อัตรา คือ 0.5, 1, 2, และ 4 กก./ต้น/3 ปี เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ 2 ครั้ง คือ ก่อนและหลังการทดลอง และระหว่างการทดลองได้เก็บข้อมูล การเจริญเติบโตทางด้านความสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง และมวลชีวภาพ ซึ่งผลการศึกษา ปรากฏว่า การปลูกสนประดิพัทธ์บนดินเหมืองแร่ สามารถที่จะทำได้โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยเคมีมาก แต่การเจริญเติบโตอยู่ในขั้นที่ช้ามาก เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสนประดิพัทธ์ที่ปลูกบนดินปกติ ดังนั้น ถ้าหวังผลทางด้านเศรษฐกิจ วิธีการนี้ไม่อาจจะสนองความต้องการได้ แต่มีความเป็นไปได้ทางด้านการปรับปรุงสิ่งแวดล้อม

วิรัตน์, ภิญโญ (2530) "ปริมาณและวิธีการใช้ดินตะกอนเหมืองแร่เพื่อปลูกยูคาลิปตัสบนที่ดินเหมืองแร่" ผลการศึกษาพบว่า การปลูกยูคาลิปตัส โดยใส่ดินตะกอนเป็นหลุมลึก 50 ซม. ขนาดหลุม 100 x 100 ซม. ที่อายุ 18 เดือน สูง 4.36 เมตร ที่อายุ 30 เดือนสูง 4.93 เมตร และที่อายุ 38 เดือน สูง 9.40 เมตร ถ้าปลูกยูคาลิปตัสโดยผสมดินตะกอนในอัตราส่วนต่าง ๆ ทั้งหมดแปลง ในแปลงที่สูงมากที่สุดคือ แปลงที่ใส่ดินตะกอน 200 ม.³/ไร่ จะพบว่า ความสูงที่อายุ 18, 30 และ 38 เดือน 2.67, 3.52 และ 5.50 เมตร ตามลำดับ

มโนชญ์ (2533) ได้ทดลองปลูกไม้โตเร็ว 9 ชนิด คือ ยางนา พุงฟ้า สะตอ มะชกานี กระถินเทพา กระถินณรงค์ สนทะเล ยูคาลิปตัส ชิตริโอโคร่า และยูคาลิปตัสดิกุลปด้า บนดินเหมืองแร่เก่าที่สถานีฝึกนิสิตคณะวนศาสตร์ ตำบลบางม่วง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ซึ่งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 10-20 เมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4,249 มิลลิเมตรต่อปี บริเวณดังกล่าวเคยผ่านการทำเหมืองแร่ดีบุกมาประมาณ 20 ปี แล้วมีส่วนประกอบของดิน ผลการทดลองพบว่า ยูคาลิปตัส ชิตริโอโคร่า ยูคาลิปตัสดิกุลปด้า กระถินเทพา และกระถินณรงค์ เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีกว่าพันธุ์พืชชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้ แม้ว่ากระถินเทพาจะมีอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มพูนโดยเฉลี่ยรายเดือนอัตราความสูง ไม่ดีเท่ากับยูคาลิปตัส ชิตริโอโคร่า ยูคาลิปตัสดิกุลปด้า และกระถินณรงค์ กระถินเทพามีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มพูนโดยเฉลี่ยรายเดือนทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางคอราก ปริมาณมวลชีวภาพ ความสามารถในการคลุมพื้นที่ของเรือนยอด และปริมาณธาตุอาหารพืชที่สะสมอยู่ในส่วนเหนือดินมากที่สุด

ปรีกมาส และคณะ (2532) ได้ทำการศึกษาการปลูกไม้โตเร็ว ในพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้ว จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ยูคาลิปตัส สนทะเล สนประดิพัทธ์ กระถินณรงค์ มะม่วงหิมพานต์ และประดู่ ปรากฏว่าเมื่ออายุ 3 ปี พบว่า ยูคาลิปตัส มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด และกระถินณรงค์มีการเจริญเติบโตของลำต้นมากที่สุด

ดังนั้น จะเห็นได้ว่ามีผู้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปลูกไม้โตเร็วประเภทต่าง ๆ ไว้เป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่มียี่ห้อที่แน่นอนและเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้เท่าที่ควร การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงคาดว่า น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการที่จะนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงสภาพดินเหมืองแร่ร้างได้ต่อไปในอนาคต



2.7 พื้นที่ศึกษา

2.7.1 ลักษณะทั่วไป

ศูนย์วิจัยงานฟื้นฟูพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้ว ตั้งอยู่ริมถนนเพชรเกษม (ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4) ในท้องที่บ้านทุ่งยอ ตำบลบางรีน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง อยู่ในแผนที่ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารชุด L7017 ระวัง 4728 IV ระหว่างเส้นกริดตะวันออกที่ 458-460 และเส้นกริดเหนือที่ 1093-1094 ห่างจากตัวจังหวัดระนองประมาณ 8 กิโลเมตร มีอาณาเขต ดังนี้

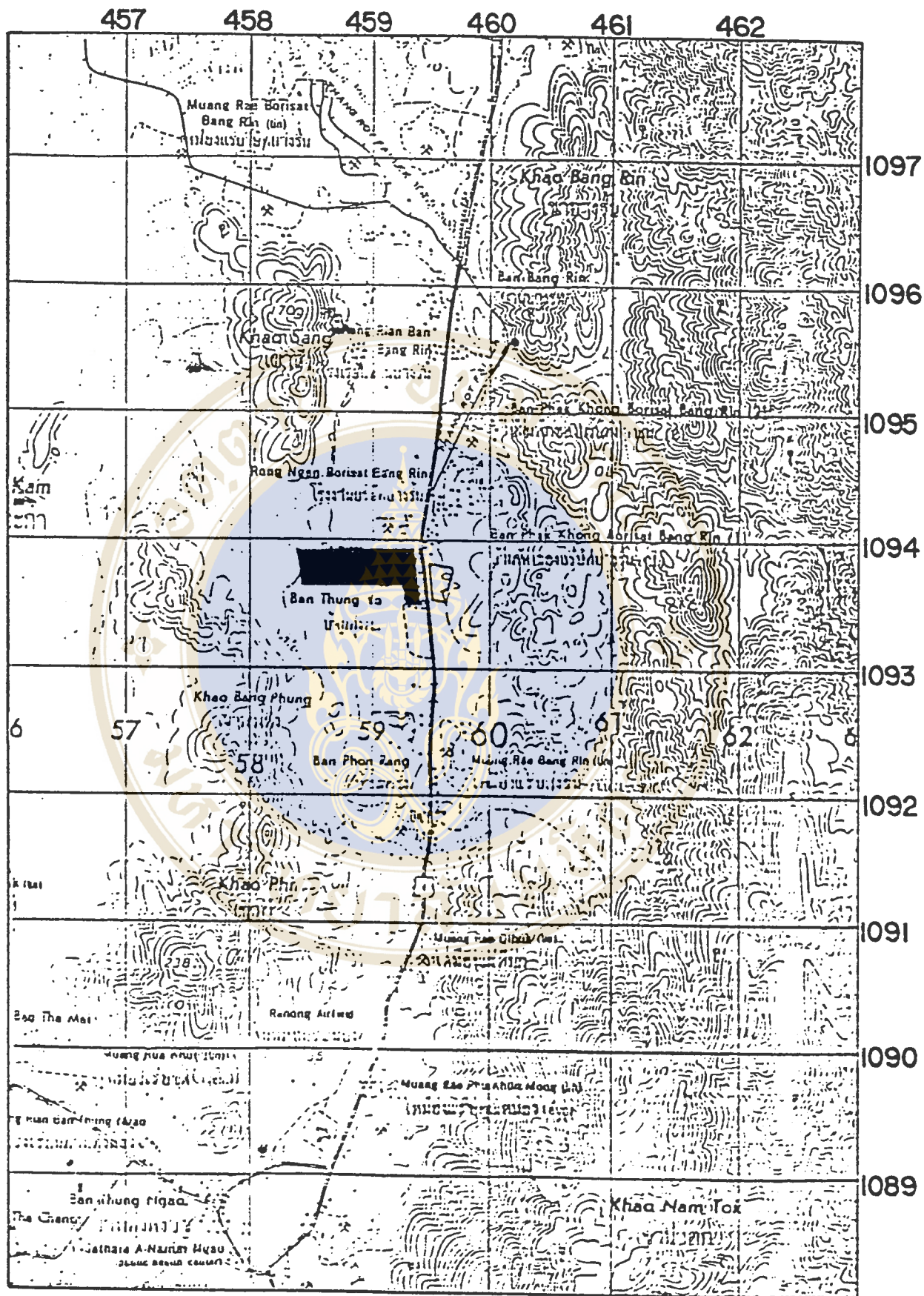
ทิศเหนือ	จรด แปลงประทานบัตรเหมืองแร่ร้าง และชุมชนบ้ำงทุ่งยอ
ทิศใต้	จรด แปลงประทานบัตรเหมืองแร่ร้าง
ทิศตะวันออก	จรด ถนนเพชรเกษม
ทิศตะวันตก	จรด แปลงประทานบัตรเหมืองแร่ร้าง

2.7.2 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดระนองได้ชื่อว่า “เมืองฝนแปดแดดสี่” หรือเป็นจังหวัดที่มีฝนตกชุกเป็นอันดับสองรองจากอำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีสภาพภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อน (Tropical Rain Forest) อุณหภูมิตลอดทั้งปีของจังหวัดระนองประมาณ 26.7 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด 31.8 และ 22.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุดคือเดือนมีนาคม และเมษายน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 34.5 และ 34.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำสุดคือเดือนมกราคม และเดือนกุมภาพันธ์ มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 20.6 และ 21.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์ของระนองมีค่าเฉลี่ยตลอดปี ร้อยละ 82 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีวัดได้เท่ากับ 4,183.7 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนตกมากในเดือนสิงหาคม วัดได้เท่ากับ 808.5 มิลลิเมตร และตกน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ วัดได้เท่ากับ 12.6 มิลลิเมตร โดยเฉลี่ยแล้วในจังหวัดระนองจะมีฝนตก 195.5 วัน/ปี (กรมอุตุนิยมวิทยา)

2.7.3 ลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดระนองมีลักษณะพื้นที่เป็นรูปรีขยงยาวและแคบจากเหนือมาใต้ ภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาสลับซับซ้อนและเป็นป่าปกคลุม มีที่ราบแคบ ๆ ตามบริเวณหุบเขา และบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามันด้านทิศเหนือตอนบนและตอนล่าง สภาพพื้นที่เป็นป่าและภูเขาสูงชัน มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด และลอนชันอยู่บริเวณตอนกลางของด้านเหนือ และบริเวณใกล้แม่น้ำกระบุรีเป็นที่ราบลุ่มใช้ในการทำนา ด้านทิศใต้เป็นเนินป่าและเขาสูง มีที่ราบถึงลูกคลื่นลอนชัน อยู่บริเวณเกือบใต้สุดของจังหวัด ด้านทิศตะวันออกเป็นภูเขาสูงชันมีสภาพเป็นป่าที่ปกคลุมพื้นที่มาเกือบสุดถึงด้านทิศตะวันตกของจังหวัดมีที่ราบถึงลูกคลื่นลอนชันแทรกอยู่เป็นแนวยาวแคบ ๆ ตามบริเวณหุบเขาด้านทิศตะวันตกเป็นที่ราบถึงลูกคลื่นลอนชันขนานไปกับชายฝั่งทะเลอันดามัน โดยมีความลาดเทจากด้านตะวันออกไปตะวันตก บริเวณชายฝั่งทะเลส่วนใหญ่มีสภาพเป็นป่าชายเลนและมีหาดทรายบ้างไม่มากนัก มีเกาะแก่งอยู่ในทะเลด้านตะวันตกหลายเกาะ



ภาพแสดงที่ตั้งศูนย์วิจัยงานพื้นพื้นที่ที่ได้จัดทำเหมืองแร่แล้ว

1 : 50,000

ศ. บางรัตน์ อ.เมือง จ.ระนอง

Copyright by Mahidol University

3.1 การเลือกพื้นที่วางแปลงทดลอง

การเลือกพื้นที่ศึกษาได้คัดเลือกพื้นที่บริเวณแปลงทดลองปลูกไม้โตเร็วของศูนย์วิจัยงานฟื้นฟูพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้วที่ตำบลบางริน อำเภอมือง จังหวัดระนอง โดยคัดเลือกพันธุ์ไม้โตเร็วที่มีอยู่ในแปลงทดลอง ที่ทำการปลูกพร้อมกันเมื่อปี 2529 โดยมีขนาดหลุมและใส่ปุ๋ยหมักรองพื้นในปริมาณที่เท่า ๆ กัน จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ กระถินณรงค์ สนประดิพัทธ์ สนทะเล และยูคาลิปตัส ซึ่งปลูกด้วยระยะ 2 x 2 เมตร อายุประมาณ 9 ปี จำนวนชนิดละ 2 แปลง (จากจำนวนทั้งหมดชนิดละ 10 แปลง) ซึ่งมีขนาดแปลง 20 x 20 เมตร คัดเลือกโดยการสุ่มตัวอย่าง (Randomization) โดยวิธีการจับสลาก ซึ่งจะใช้วิธีการเขียนหมายเลขแปลงของไม้แต่ละชนิดลงบนกระดาษแล้วม้วนใส่กล่อง (โดยแบ่งเป็นชนิดละกล่อง) และในแปลงไม้แต่ละชนิดจะแยกจับสลากเป็น 2 ครั้ง โดยเขียนหมายเลข 1-5 และ 6-10 ตามลำดับ คัดเลือกหยิบแต่ละครั้งจะได้ไม้ตัวอย่างชนิดละ 2 แปลง ดังแผนผังแปลงทดลองดังนี้

แผนผังแสดงแปลงทดลองไม้โตเร็ว (ขนาดแปลง 20 x 20 เมตร)

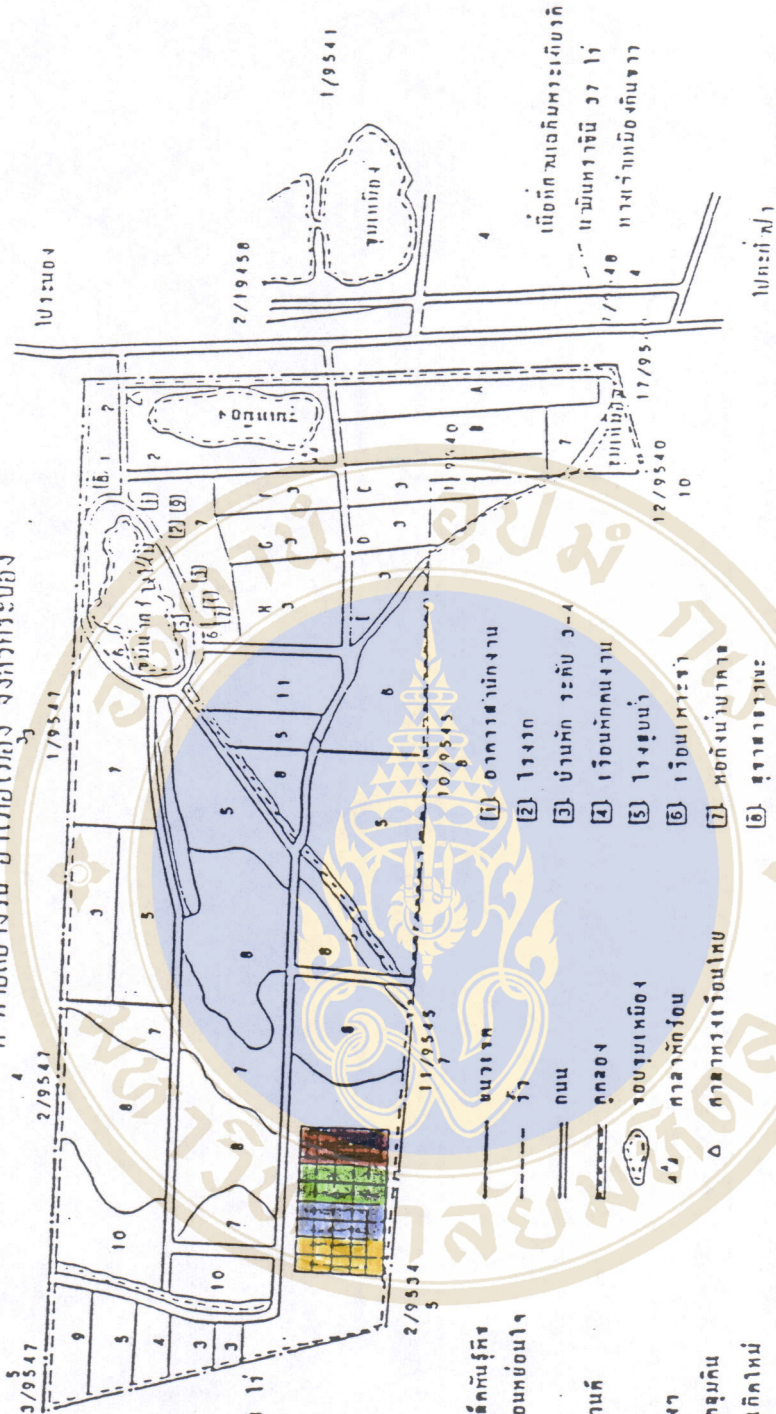
	A	B	C	D
1	6	1	6	1
2	7	2	7	2
3	8	3	8	3
4	9	4	9	4
5	10	5	10	5

A = กระถินณรงค์ C = สนทะเล

B = สนประดิพัทธ์ D = ยูคาลิปตัส

แสดงผังบริเวณศูนย์วิจัยงานปลูกพืชไร่ใช้ทำของแกลว

ที่ ตำบลบางวัน อำเภอเวียง จังหวะระบอง



เนื้อที่หาคะเนก

ประมาณ 290-0-44 ไร่

1. การควบคุมเมล็ดพันธุ์พืช
2. สถานีทดลองพันธุ์พืช
3. สบ
4. มะม่วงสีน้ำตาล
5. ยาลิป
6. ไม่นับค่า
7. หัวมะพร้าว
8. ป่าเดิม/ป่าใหม่
9. แปลงวิจัยไม้โตเร็ว
10. แปลงวิจัยพืชอาหารสัตว์
11. แปลงวิจัยสวนครัว

แสดงผังบริเวณศูนย์วิจัยงานปลูกพืชไร่ใช้ทำของแกลว

ที่ ตำบลบางวัน อำเภอเวียง จังหวะระบอง

แสดงผังบริเวณศูนย์วิจัยงานปลูกพืชไร่ใช้ทำของแกลว

ที่ ตำบลบางวัน อำเภอเวียง จังหวะระบอง

แสดงผังบริเวณศูนย์วิจัยงานปลูกพืชไร่ใช้ทำของแกลว

ที่ ตำบลบางวัน อำเภอเวียง จังหวะระบอง

แสดงผังบริเวณศูนย์วิจัยงานปลูกพืชไร่ใช้ทำของแกลว

ที่ ตำบลบางวัน อำเภอเวียง จังหวะระบอง

แสดงผังบริเวณศูนย์วิจัยงานปลูกพืชไร่ใช้ทำของแกลว

ที่ ตำบลบางวัน อำเภอเวียง จังหวะระบอง

แสดงผังบริเวณศูนย์วิจัยงานปลูกพืชไร่ใช้ทำของแกลว

ที่ ตำบลบางวัน อำเภอเวียง จังหวะระบอง

แสดงผังบริเวณศูนย์วิจัยงานปลูกพืชไร่ใช้ทำของแกลว

ที่ ตำบลบางวัน อำเภอเวียง จังหวะระบอง

วิธีการจับฉลากเพื่อคัดเลือกแปลงตัวอย่างไม้แต่ละชนิดสามารถกระทำได้ดังตัวอย่าง ดังนี้ แปลงกระถินณรงค์ หมายเลข 1-5 จับฉลากได้ หมายเลข 2 หมายเลข 6-10 จับฉลากได้ หมายเลข 9 เป็นต้น สำหรับวิธีการคัดเลือกต้นไม้ในแปลงตัวอย่างกระทำได้โดยการวัด จัด ต้นไม้ทุกต้นในแปลงไม้ตัวอย่าง แบ่งเป็นชั้นความสูง เพื่อให้ได้การกระจายพันธุ์ไม้เป็น 5 ชั้น เลือกตัวแทนของพันธุ์ไม้ในแต่ละชั้นมา 1 ต้น เป็นตัวอย่างและทำการเก็บข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ที่จะทำการศึกษา ได้แก่ ความสูง ความโตที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดินเพื่อนำไป วิเคราะห์ต่อไป

3.2 การเก็บข้อมูลไม้ตัวอย่าง

1. ในแปลงตัวอย่างของไม้แต่ละชนิดทุกแปลง ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับชดดิน (D_0) และที่ความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดิน (DBH) โดยใช้ Caliper และ Diameter tape และวัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้ทุกต้นด้วย Measuring pole พร้อมทั้งสำรวจพันธุ์ไม้ทุกต้นในแต่ละแปลงไว้ด้วย

2. เลือกไม้ตัวอย่างเป็นตัวแทนของแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ซึ่งกำหนดให้มี 5 ชั้น ๆ ละ 1 ต้น โดยเลือกจากไม้ขอบแปลง หรือที่อยู่บริเวณใกล้เคียง คัดเลือกไม้ให้มีขนาดใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในแต่ละชั้นขนาดที่จำแนกไว้ เพื่อให้ได้ไม้ตัวอย่างที่มีการกระจายของขนาด และเป็นตัวแทนของต้นไม้ทั้งหมดอย่างเหมาะสม รวมแล้วมีไม้ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามวลชีวภาพของไม้แต่ละชนิดทั้งหมด 40 ต้น ซึ่งจะดำเนินการดังนี้

2.1 ทำการตัดไม้ตัวอย่างที่ได้คัดเลือกไว้สำหรับไม้แต่ละชนิด โดยตัดที่ระดับชดดิน วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับต่าง ๆ ของไม้ตัวอย่างที่ตัดลง คือที่ระดับชดดิน (D_0) ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (DBH) วัดความสูงทั้งหมด (H)

2.2 ทำการตัดทอนลำต้นไม้ตัวอย่างออกเป็นท่อน ๆ จากโคนขึ้นไปยาวท่อนละ 1 เมตร จนถึงปลายยอด โดยวิธี Stratified clip technique (Monsi และ Saeki, 1953)

2.3 ชั่งน้ำหนักสดของส่วนลำต้น กิ่ง ใบ โดยแยกชั่งในแต่ละท่อนของแต่ละต้นตามลำดับ

2.4 สุ่มเก็บตัวอย่างของส่วนที่เป็น ลำต้น กิ่ง ใบ ของไม้ตัวอย่างแต่ละต้น บันทึกน้ำหนักสด เพื่อนำไปใช้หาปริมาณความชื้นในห้องปฏิบัติการ

2.5 นำตัวอย่างส่วนต่าง ๆ คือ ลำต้น กิ่ง ใบ ของไม้ตัวอย่างแต่ละต้นที่ได้จากข้อ 2.4 ไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เกรียงศักดิ์, (2533) หรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างนั้นจะคงที่บันทึกน้ำหนักแห้ง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลไม้ตัวอย่าง

3.3.1 การเจริญเติบโตทางความสูงของต้นไม้

โดยคำนวณหาความสูงเฉลี่ยของต้นไม้แต่ละชนิดได้จากสูตร

$$H = \frac{\sum H}{n}$$

เมื่อ H คือ ความสูงเฉลี่ยของไม้แต่ละชนิด (เมตร)

$\sum H$ คือ ผลรวมของความสูงของต้นไม้แต่ละชนิดในแปลงทดลอง (เมตร)

n คือ จำนวนต้นไม้ในแปลงทดลอง (ต้น)

3.3.2 การเจริญเติบโตทางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้

โดยหาค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (D_0) และเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (DBH) ทำนองเดียวกันกับข้อ 1

3.3.3 การคำนวณหาปริมาตรลำต้นของไม้ตัวอย่าง

โดยหาปริมาตรของลำต้นแต่ละท่อนแยกกันรายท่อนตั้งแต่โคนจนถึงปลายยอด โดยใช้ Smalian formuldar (Bruce และ Schumacher, 1950) ดังนี้

$$V_s = 1/2 (B.A._1 + B.A._2) \times L$$

โดย V_s คือ ปริมาตรของท่อนไม้แต่ละท่อน (ม.³)

$B.A._1, B.A._2$ คือ พื้นที่หน้าตัดที่ปลายทั้งสองด้านของท่อนไม้ (ม.²)

L คือ ความยาวของท่อนไม้ (ม.)

การคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของท่อนไม้แต่ละท่อน (Basal area, B.A.)

$$B.A. = \frac{\pi (D)^2}{4}$$

โดยที่ D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนไม้ตรงบริเวณที่จะคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด (ม.) สำหรับท่อนสุดท้ายซึ่งเป็นท่อนปลายขอดนั้น ถือว่าเป็นรูปกรวย ซึ่ง พงษ์ศักดิ์ (2527) แนะนำให้หาปริมาตรได้ดังนี้

$$V_{top} = 1/3 \times B.A._{top} \times L_{top}$$

เมื่อ V_{top} คือ ปริมาตรของท่อนไม้ส่วนปลายสุด (ม.³)

$B.A._{top}$ คือ พื้นที่หน้าตัดของส่วนโคนของท่อนปลายสุด (ม.²)

L_{top} คือ ความยาวของท่อนปลายสุด (ม.)

เมื่อรวม V_s ทุกท่อน และ V_{top} ของต้นไม้เดียวกันเข้าด้วยกันก็จะได้ปริมาตรรวม (V_t) ของต้นไม้ตัวอย่างนั้น

3.3.4 การคำนวณหาความความชื้นของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ตัวอย่างได้แก่ส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ

โดยการนำตัวอย่างของส่วนต่าง ๆ ที่ได้บันทึกน้ำหนักสดไว้แล้วไปอบแห้งและชั่งหาน้ำหนักแห้ง แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากสูตรดังนี้

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักสด (กรัม)} - \text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)}} \times 100$$

3.3.5 การคำนวณหาผลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้งของไม้ตัวอย่าง

จากความชื้นของส่วนต่าง ๆ นำไปเปลี่ยนน้ำหนักสดของลำต้น กิ่ง และใบ ให้เป็นน้ำหนักแห้งได้จากสูตร

$$\text{น้ำหนักแห้ง (กรัม)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักสด (กรัม)}}{\text{ความชื้น (\%)} + 100}$$

3.3.6 การหาสมการประมาณปริมาตรลำต้น และมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ ที่ทำการศึกษาแต่ละชนิด

โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่าง ๆ ของต้นไม้ที่วัดได้กับปริมาตรลำต้น และน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ที่ได้จากการตัดฟันไม้ตัวอย่างลงมา โดยใช้สมการ ความสัมพันธ์ในรูป Allometric relation ซึ่งมีรูปสมการดังนี้

$$Y = AX^h$$

$$\text{หรือ } \log Y = \log A + h \log X$$

เมื่อ Y คือ ปริมาตรของลำต้น หรือปริมาณน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ

ได้แก่ส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้แต่ละต้น

X คือ ขนาดของลำต้น โดยใช้ 2 ลักษณะคือ ลักษณะที่เป็นฟังก์ชันของ เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอย่างเดียว (D) และในลักษณะที่เป็น ฟังก์ชันของ parabolic volume (D^2H) โดย D จะแยกพิจารณา เป็น D_0 , D ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร และความสูงทั้งหมด ของต้นไม้

A และ h คือ ค่าคงที่ของสมการ

3.3.7 การประมาณมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้นของพันธุ์ไม้ แต่ละชนิด

จากสมการที่คำนวณได้ในข้อ 5 เลือกเอาสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้แต่ละชนิด กับขนาดในลักษณะที่เป็นฟังก์ชันของเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอย่างเดียว (D) หรือในลักษณะที่เป็นฟังก์ชันของ parabolic volume (D^2H) ที่ให้ค่า h ใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุด r (correlation coefficient) หรือ r^2 (coefficient of determination) สูง สุด และจะต้องสะดวกในการปฏิบัติ จากสมการที่เลือก และข้อมูลข้อ 1 สามารถประมาณ ปริมาตรลำต้นและมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดของพันธุ์ไม้ที่ทำ การศึกษาแต่ละชนิดได้ โดยสมการที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิด ไม้ที่ทำการศึกษา เมื่อทราบถึง

มวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ และปริมาณลำต้น ของต้นไม้ตัวอย่างที่ทำการศึกษาทุกชนิดแล้ว สามารถคำนวณเป็นมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้น เฉลี่ยต่อต้น (w) ได้ สำหรับการประมาณผลผลิตมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้นต่อพื้นที่ของไม้แต่ละชนิด คำนวณได้จากผลคูณของมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด และปริมาตรลำต้นเฉลี่ยต่อต้น กับความหนาแน่นหรือจำนวนต้นต่อพื้นที่ที่มีอยู่จริงของต้นไม้ใน ขณะนั้น

3.3.8 การหาปริมาณผลผลิตในรูปมวลชีวภาพของส่วนลำต้น กิ่ง ใบ และ มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด และปริมาตรลำต้นต่อพื้นที่

จากปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยต่อต้นที่ได้จากข้อ 6 ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด นำมา คำนวณโดยสมการ

$$V = v_p \text{ และ } y = W_p$$

เมื่อ Y คือ ปริมาณผลผลิตในรูปของมวลชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่ที่ปรากฏ

ในเวลานั้น โดยแยกเป็นผลผลิตของส่วนที่เป็นลำต้น (y_s)

กิ่ง (y_B) ใบ (y_L) และส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (y_T)

V คือ ปริมาณผลผลิตในรูปของปริมาตรลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ที่ปรากฏ
ในเวลานั้น

v คือ ปริมาตรของลำต้นเฉลี่ยต่อต้น

W คือ มวลชีวภาพเฉลี่ยต่อต้น แยกเป็น W_s , W_B , W_L และ W_T

p คือ ความหนาแน่นของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดที่มีอยู่จริงในเวลานั้น

3.4 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ดินบริเวณที่ทำการศึกษเป็นบริเวณที่ทิ้งตะกอนมูลดินทรายเก่า ทิ้งมาแล้วประมาณ 10 ปี โดยทำการไถปรับจนมีสภาพราบเรียบ ฉะนั้นการเก็บตัวอย่างดินจึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง การรักษาสภาพธรรมชาติเดิมของดินนั้น ซึ่งการเก็บและการเตรียมตัวอย่างดินได้กระทำก่อนทำ

การปลูกไม้ทดลองแล้ว 1 ครั้ง และจะได้ทำการเก็บอีกครั้งหนึ่ง ในสภาพปัจจุบันเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ซึ่งการเก็บและเตรียมตัวอย่างดินได้กระทำดังนี้

1. ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองทั้ง 8 แปลง (ซึ่งเป็นแปลงเดียวกันกับแปลงเก็บตัวอย่างต้นไม้) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างแปลงละ 2 จุด ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. รวมตัวอย่างดินที่เก็บได้ทั้งหมด 16 ตัวอย่าง สำหรับวิธีการเก็บตัวอย่างดินจะใช้พลั่วเล็กตักดินลงไปในแนวดิ่ง ตามความหนาของชั้นดิน

2. ผึ่งดินตัวอย่างในร่มที่มีอากาศถ่ายเทพอสมควร เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง

3. นำตัวอย่างดินไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อแยกกรวดออก

4. นำตัวอย่างดินที่ได้ไปหาคุณสมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ pH, OM, N, P, K, Ca, Mg และ S ในห้องปฏิบัติการต่อไป

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. ศึกษาความแตกต่างของการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด ทางด้านความโต ความสูง ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) กิ่ง (W_p) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_f) และปริมาตรลำต้น (Vol) โดยการสร้างสมการ Allometry

2. ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินก่อนปลูก และเมื่อเวลาผ่านไป 9 ปี ในแปลงปลูกไม้ทั้ง 4 ชนิด

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการศึกษา การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้บางชนิดกับคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้าง บริเวณศูนย์วิจัยงานฟื้นฟูพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้ว ตำบลบางรีน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง เมื่อต้นไม้อายุ 9 ปี (ปลูกเมื่อ พ.ศ.259) ระยะปลูก 2 x 2 เมตร โดยทำการศึกษาถึงผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้น และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ 4 ชนิด

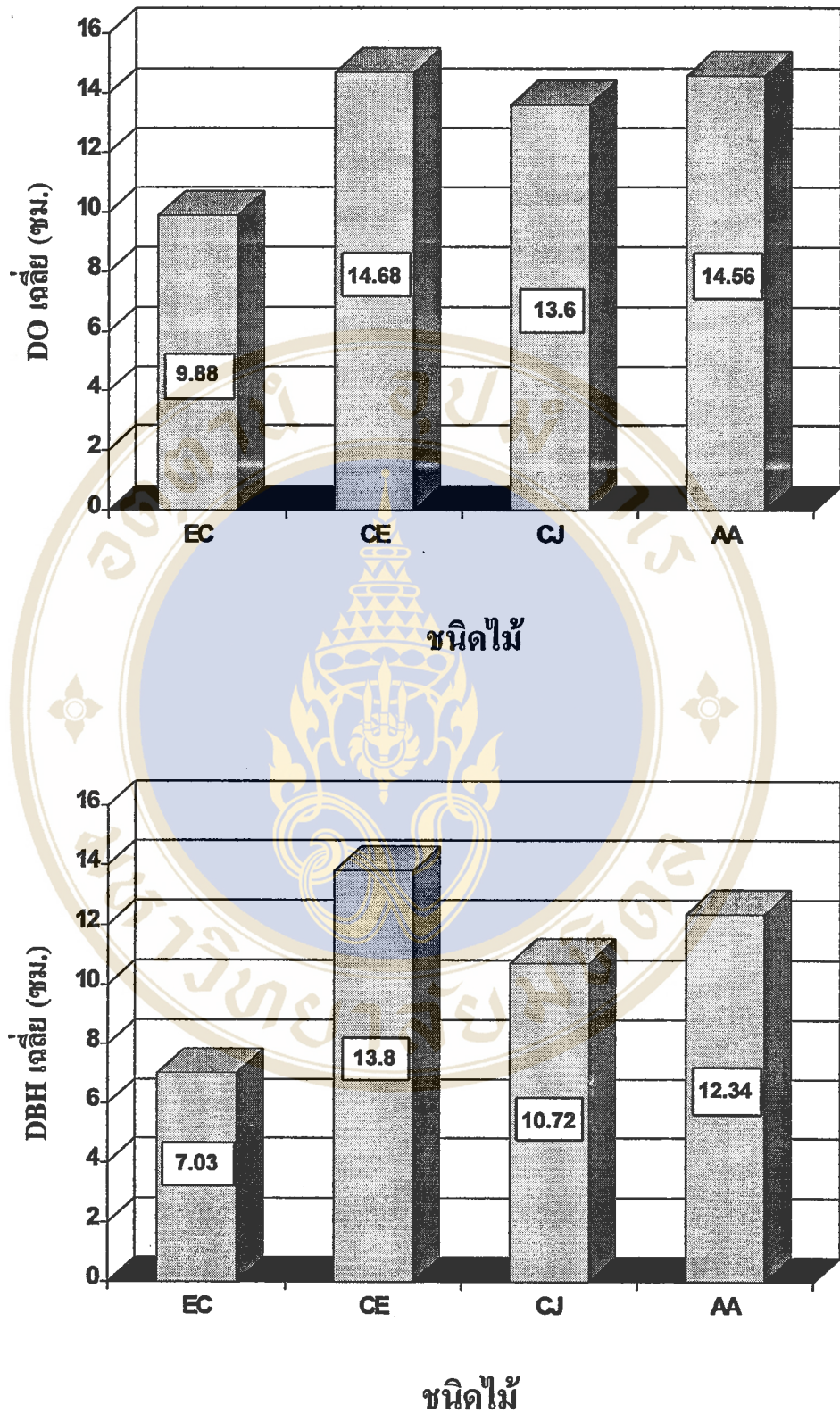
การเจริญเติบโตทางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความสูงของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดที่ทำการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

การเจริญเติบโตเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับชิดดินเฉลี่ย (D_0) เมื่อต้นไม้ อายุ 9 ปี (มีนาคม 2538) ดังนี้ คือ ไม้สนทะเลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับชิดดินเฉลี่ยสูงสุด 14.68 ซม. ตามมาด้วยกระถินณรงค์ สนประดิพัทธ์ และยูคาลิปตัส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับชิดดินเฉลี่ยเท่ากับ 14.56, 13.60 และ 9.88 ซม. ตามลำดับ ส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตรเฉลี่ย (DBH) ปรากฏว่าสนทะเลเล็กยังคงมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 13.80 ซม. และยูคาลิปตัสมีค่าดังกล่าวต่ำสุด 7.03 ซม. โดยมีไม้กระถินณรงค์ และสนประดิพัทธ์ มีค่าน้อยตามลำดับ เท่ากับ 12.34 และ 10.72 ซม. เมื่อพิจารณาถึงการเจริญเติบโตทางความสูงเฉลี่ย (HT) ของต้นไม้ ปรากฏว่า สนทะเล สนประดิพัทธ์ กระถินณรงค์ และยูคาลิปตัส มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 14.71, 11.71, 11.18 และ 7.46 เมตร ตามลำดับ สำหรับอัตราการรอดตายซึ่งปรากฏว่า ยูคาลิปตัสมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่กระถินณรงค์ สนประดิพัทธ์ และสนทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 93.83, 90.12 และ 86.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 และภาพที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

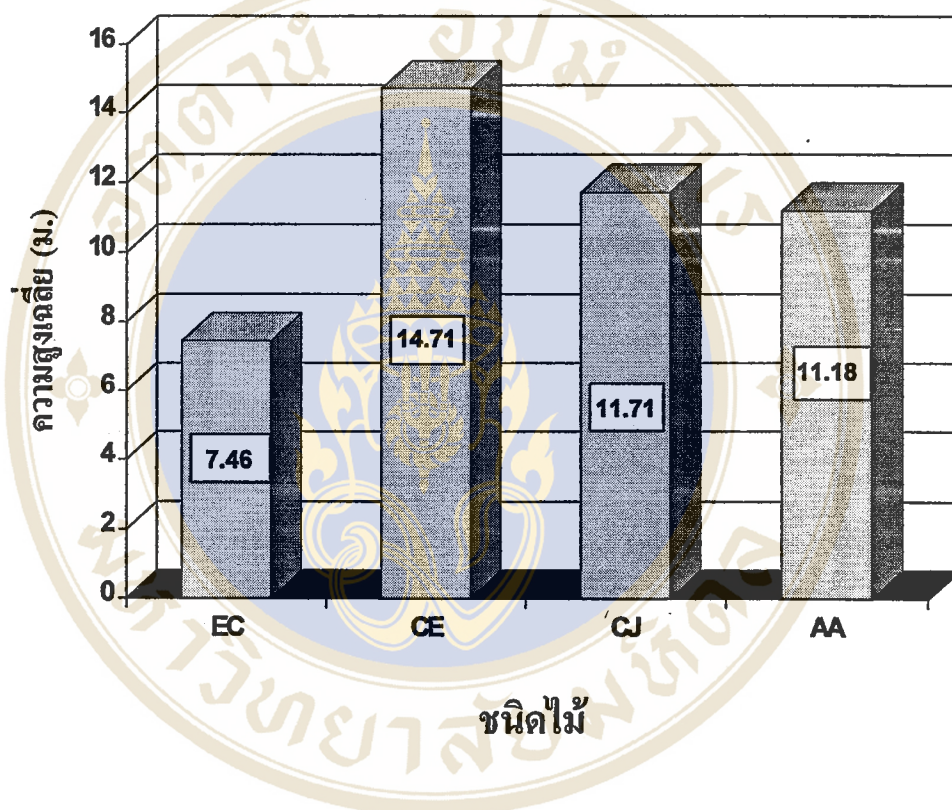


ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ และเปอร์เซ็นต์รอดตายของ
พันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี

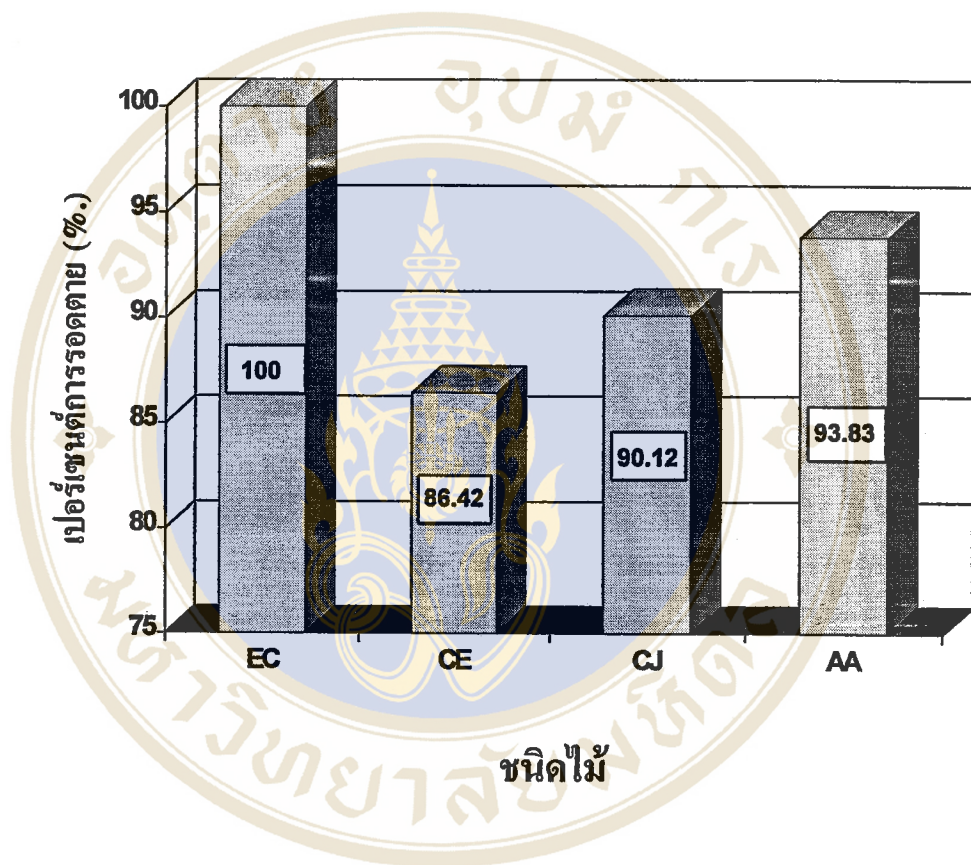
ชนิดไม้	ค่าเฉลี่ย			การรอดตาย (%)
	Do (ซม.)	DBH (ซม.)	HT (เมตร)	
ยูคาลิปตัส (<i>E. camaldulensis</i>)	9.88	7.03	7.46	100
สนทะเล (<i>C. equisetifolia</i>)	14.68	1380	14.71	86.42
สนประคิพัทธ์ (<i>C. junghuhniana</i>)	13.60	10.72	11.71	90.12
กระถินณรงค์ (<i>A. auriculiformis</i>)	14.56	12.34	11.18	93.83



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี



ภาพที่ 2 การเจริญเติบโตทางด้านความสูงเฉลี่ยของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี



ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์การรอดตายของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี

4.2 การศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาตรของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี

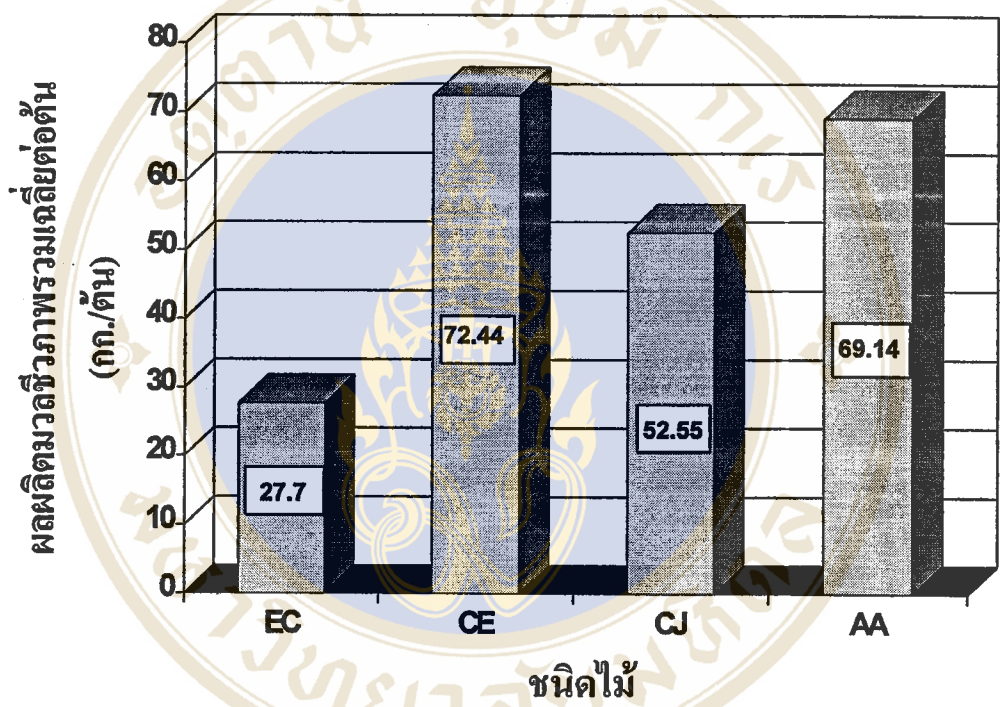
4.2.1 การศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาตรลำต้นเฉลี่ยต่อต้นของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นต่อต้นเฉลี่ย (W_s) ปรากฏว่า ไม้สนทะเล มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 55.03 กิโลกรัมต่อต้น รองลงมาได้แก่ไม้กระถินณรงค์ ไม้สนประดิพัทธ์ และไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 48.98, 41.28 และ 19.13 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นกิ่งต่อต้นเฉลี่ย (W_p) ปรากฏว่ามีค่ามากที่สุดในไม้กระถินณรงค์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.16 กิโลกรัมต่อต้น รองลงมาได้แก่ไม้สนทะเล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.07 กิโลกรัมต่อต้น และไม้ยูคาลิปตัส และสนประดิพัทธ์มีค่าลดลงตามลำดับ เท่ากับ 5.88 และ 5.36 กิโลกรัมต่อต้น ค่าผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นใบต่อต้นเฉลี่ย (W_l) ปรากฏว่าไม้กระถินณรงค์มีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ ไม้สนประดิพัทธ์ ไม้สนทะเล และไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.00, 5.03, 5.34 และ 2.69 กิโลกรัมต่อต้น สำหรับค่าผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดต่อต้นเฉลี่ย (W_t) ปรากฏว่า ไม้กระถินณรงค์มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 74.06 กิโลกรัมต่อต้น และ 72.71, 52.55 และ 26.98 กิโลกรัมต่อต้น สำหรับไม้สนทะเล ไม้สนประดิพัทธ์ และไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ

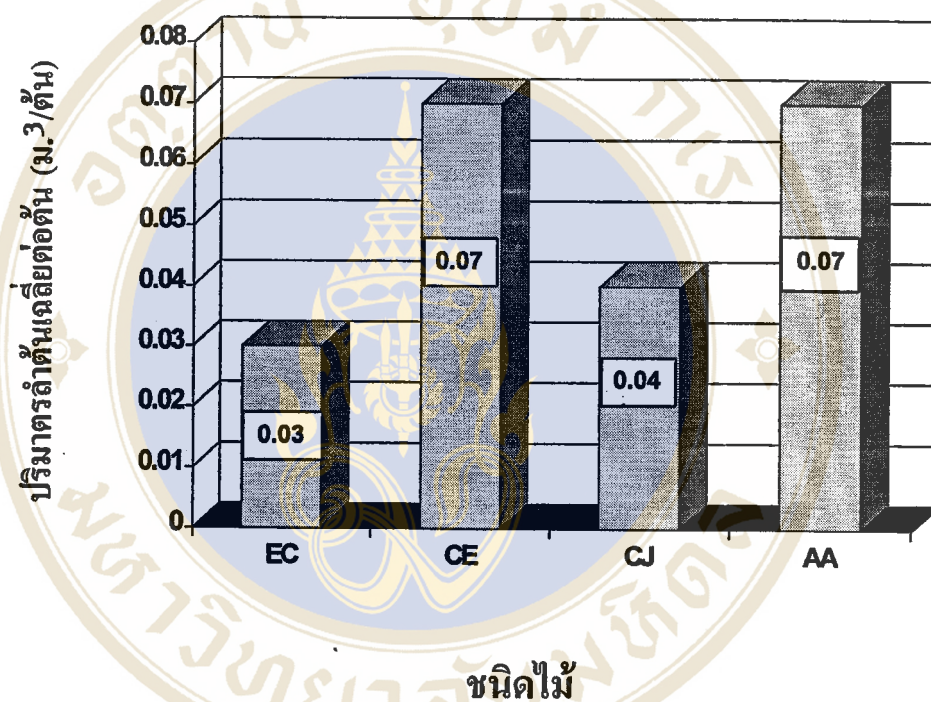
ส่วนค่าปริมาตรลำต้นเฉลี่ยต่อต้น (Vol) ปรากฏว่าไม้กระถินณรงค์ และไม้สนทะเลมีค่าเท่ากัน เท่ากับ 0.07 ลูกบาศก์เมตรต่อต้น และ 0.04, 0.03 ลูกบาศก์เมตรในไม้สนประดิพัทธ์ และไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 4 และ 5

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาตรลำต้นเฉลี่ยต่อต้นของพันธุ์ไม้
ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี

ชนิดพันธุ์ไม้	X					S.D.				
	W _s (Kg)	W _b (Kg)	W _l (Kg)	W _t (Kg)	Vol (m ³)	W _s	W _b	W _l	W _t	Vol
ไม้ยูคาลิปตัส (E.camaldulensis)	19.13	5.88	2.69	26.98	0.03	23.51	5.21	2.62	31.55	0.04
ไม้สนทะเล (C. equisetiforia)	55.03	12.07	5.34	72.71	0.07	32.92	8.70	3.21	43.04	0.04
ไม้สนประดิษฐพันธ์ (C.junghuhniana)	41.28	5.36	5.63	52.55	0.04	22.92	2.23	2.93	28.06	0.04
ไม้กระถินณรงค์ (A.auriculiformis)	48.98	14.16	6.00	74.06	0.07	32.18	10.92	3.37	48.00	0.05



ภาพที่ 4 การเจริญเติบโตของผลผลิตมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยต่อต้นของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี



ภาพที่ 5 การเจริญเติบโตของปริมาณล่ำตันเฉลี่ยต่อต้นของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี

4.2.2 การศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาตรลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ของพันธุ์ไม้ ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ (W_s) ในการศึกษาครั้งนี้ คิดเทียบหน่วยพื้นที่เป็นต่อเฮกเตอร์ พบว่า มวลชีวภาพที่เป็นลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ (W_s) ของสนทะเลมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 96.30 ตันต่อเฮกเตอร์ รองลงมาได้แก่ กระถินณรงค์ สนประดิพัทธ์ และยูคาลิปตัส ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 93.06, 75.34, 38.74 ตันต่อเฮกเตอร์

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นกิ่งและใบต่อหน่วยพื้นที่ (W_b) และ (W_l) มีแตกต่างกันไปดังนี้ คือ มีค่าสูงสุดในกระถินณรงค์ และต่ำสุดในยูคาลิปตัส ตามลำดับดังนี้ 26.90 กับ 11.40 และ 11.91 กับ 5.45 ตันต่อเฮกเตอร์ ซึ่งเป็นเช่นนี้เนื่องจากกระถินณรงค์เป็นไม้ไม่ผลัดใบ มีใบพุ่มหนาและเรือนยอดแผ่กว้างแตกกิ่งก้านสาขามาก ซึ่งผิดกับไม้สนทะเล สนประดิพัทธ์ และยูคาลิปตัส โดยสนทะเลถึงเป็นไม้ไม่ผลัดใบเช่นเดียวกันแต่พุ่มใบและกิ่งก้านไม่หนาทึบเท่ากับกระถินณรงค์ ส่วนสนประดิพัทธ์ ซึ่งจะเห็นว่าลำต้นเป็นรูปกรวยมีการแตกกิ่งก้านสาขาน้อยกว่าอีกทั้งยังเป็นไม้ผลัดใบอีกด้วย จึงทำให้มีการลิดกิ่งตามธรรมชาติ

ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดต่อหน่วยพื้นที่ (W_t) ของต้นไม้ในปีที่ 9 พบว่า มีความแตกต่างไปจากเมื่อคิดเทียบเฉลี่ยต่อต้น โดยไม้กระถินณรงค์มีค่าสูงสุด เท่ากับ 131.00 ตันต่อเฮกเตอร์ เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การรอดตายของไม้ชนิดนี้มีค่าสูง ประกอบกับมีปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่งและใบสูงกว่าไม้ชนิดอื่นด้วย จึงทำให้ได้ผลออกมาดังที่ปรากฏ ในขณะที่ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าดังกล่าวต่ำสุดถึงแม้จะมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ก็ตาม ซึ่งก็เนื่องมาจากผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น ใบ กิ่ง น้อยกว่าชนิดอื่นนั่นเอง

ปริมาตรลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ (Vol) ของต้นไม้ มีค่าสูงสุดในไม้กระถินณรงค์ มีค่าเท่ากับ 133.00 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกเตอร์ รองลงมาคือ ไม้สนทะเล เท่ากับ 122.50 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกเตอร์ ไม้สนประดิพัทธ์ เท่ากับ 73.00 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกเตอร์ ส่วนค่าต่ำสุดพบว่า จะอยู่ในไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 60.75 ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายสูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อมาพิจารณาด้านขนาดการเจริญเติบโตและความสูงของต้นไม้ชนิดนี้จะพบว่า มีค่าต่ำกว่าไม้ชนิดอื่น ๆ ดังปรากฏในตารางที่ 3 และภาพที่ 6 และ 7

ตารางที่ 3 ปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ของพันธุ์ไม้
ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี

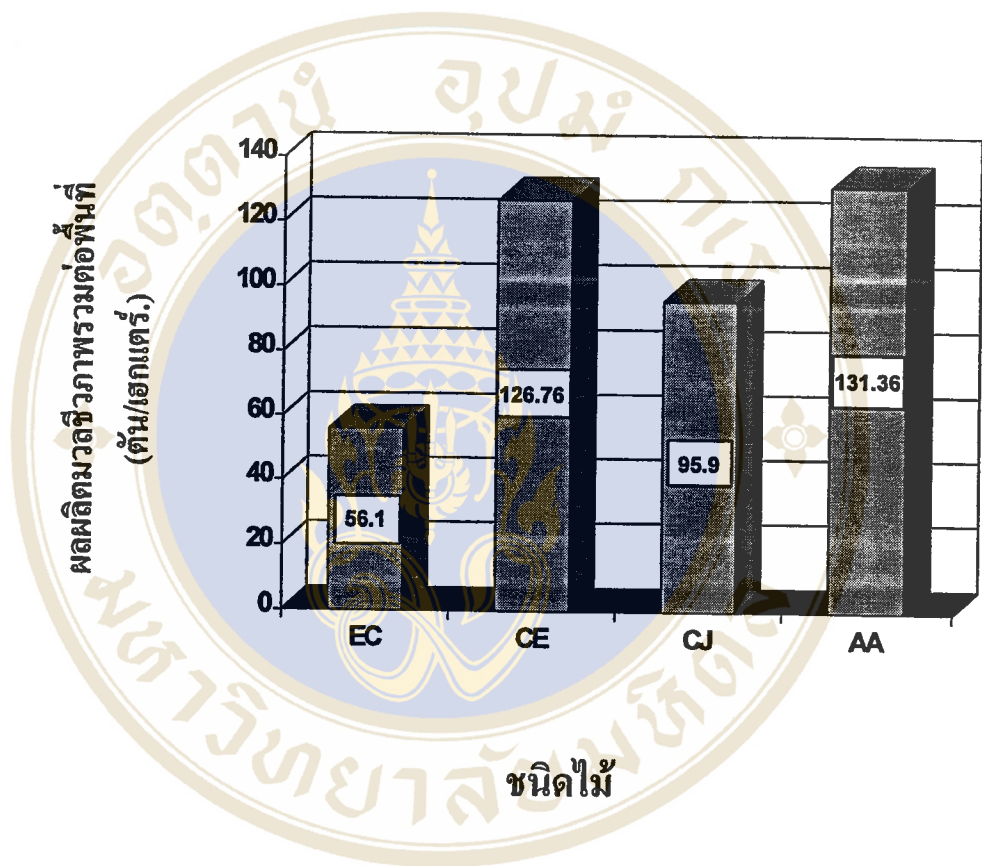
ส่วนของต้นไม้	ชนิดไม้			
	EC	CE	CJ	AA
น้ำหนักแห้ง (ตัน/เฮกแตร์)				
ลำต้น (W_s)	38.74	96.30	75.34	93.06
กิ่ง (W_b)	11.91	21.12	10.27	26.90
ใบ (W_l)	5.45	9.34	9.18	11.40
เหนือพื้นดิน (W_p)	56.10	126.50	95.90	131.00
ปริมาตรลำต้น (Vol) (m^3 /เฮกแตร์)	60.75	122.50	73.00	133.00

EC ไม้ยูคาลิปตัส

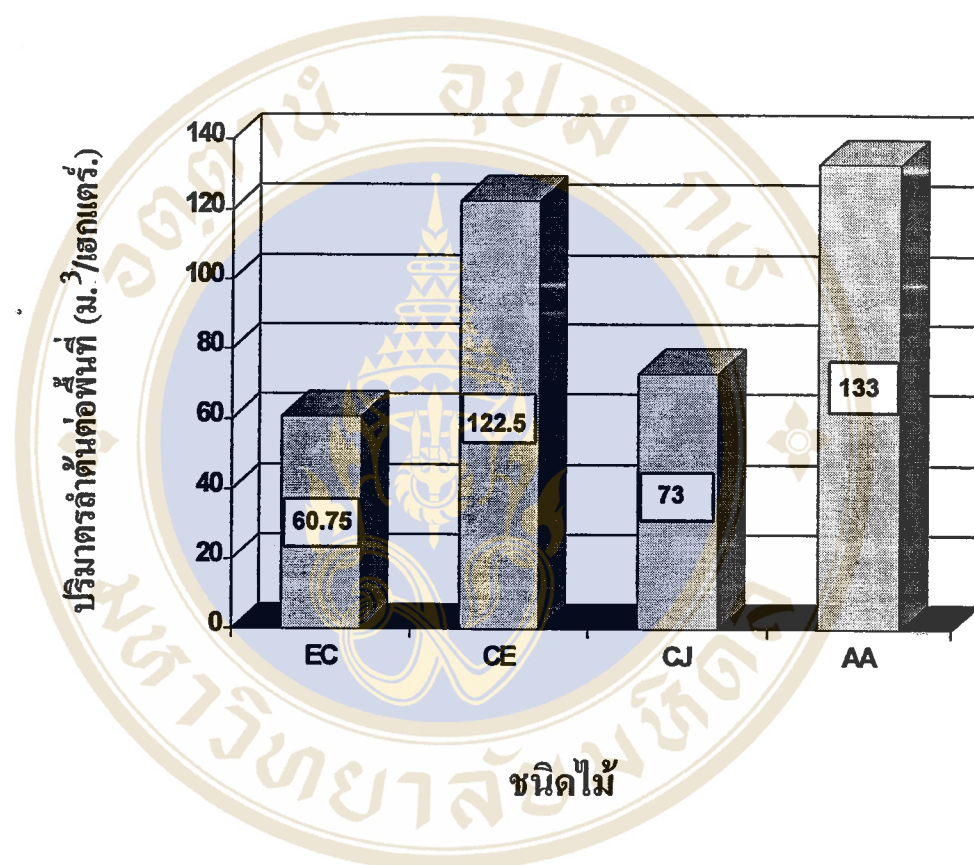
CE ไม้สนทะเล

CJ ไม้สนประดิพัทธ์

AA ไม้กระถินณรงค์



ภาพที่ 6 การเจริญเติบโตของผลผลิตมวลชีวภาพรวมต่อพื้นที่ของพันธุ์ไก่ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี



ภาพที่ 7 การเจริญเติบโตของปริมาณลำต้นต่อพื้นที่ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด อายุ 9 ปี

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของลำต้นกับมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้น

4.3.1 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของต้นไม้ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด ($DBH^2 \cdot HT$) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (DBH) ในรูป parabolic volume กับมวลชีวภาพของส่วนลำต้น (W_s) กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตร (Vol) ของต้นไม้ในรูปของสมการ allometric relation โดยต้องแปลงข้อมูลทั้งสองให้อยู่ในรูป log และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในรูปเส้นตรง (linear regression) ทำให้ได้ค่า และ r^2 ที่ใช้ประมาณหามวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้นของต้นไม้แต่ละชนิด ซึ่งปรากฏผลตามตารางที่ 4 และภาพที่ 8-15 ตามลำดับ

ตารางที่ 4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพส่วนลำต้น (W_s , Kg) กิ่ง (W_b , Kg) ใบ (W_l , Kg) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t , Kg) และปริมาตรลำต้น (Vol, m^3) กับค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงยกกำลังสองคูณความสูง ($DBH^2 \cdot HT$, $cm^2 \cdot m$) และค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงยก (DBH, cm) ของพันธุ์ไม้ 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี

ชนิดไม้	สมการ	R^2
ไม้ยูคาลิปตัส	$\log W_s = -0.69782 + 0.72425 \log DBH^2 \cdot HT$	$= 0.98937$
(E. camaldulensis)	$\log W_b = -0.89223 + .72425 \log DBH^2 \cdot HT$	$= 0.93613$
	$\log W_l = -1.37765 + 0.64943 \log DBH^2 \cdot HT$	$= 0.92822$
	$\log W_t = -0.45487 + 0.69366 \log DBH^2 \cdot HT$	$= 0.99529$
	$\log Vol = -3.42283 + 0.71079 \log DBH^2 \cdot HT$	$= 0.99163$
	$\log W_s = -0.35317 + 1.89214 \log DBH$	$= 0.98220$
	$\log W_b = -0.62210 + 1.71851 \log DBH$	$= 0.94874$
	$\log W_l = -1.08976 + 1.58601 \log DBH$	$= 0.94537$
	$\log W_t = -0.13050 + 1.81752 \log DBH$	$= 0.99384$
	$\log Vol = -3.08287 + 1.85520 \log DBH$	$= 0.98230$

ไม้สนทะเล (<i>C. equisetifolia</i>)	log Ws	= - 0.88640 + 0.75040 log DBH ² HT	= 0.97765
	log Wb	= - 1.49401 + 0.72611 log DBH ² HT	= 0.92864
	log Wl	= - 1.91947 + 0.75587 log DBH ² HT	= 0.98868
	log Wt	= - 0.75342 + 0.74641 log DBH ² HT	= 0.99165
	log Vol	= - 3.99206 + 0.80389 log DBH ² HT	= 0.97280
	log Ws	= - 0.80354 + 2.19956 log DBH	= 0.91533
	log Wb	= - 1.55836 + 2.26003 log DBH	= 0.98034
	log Wl	= - 1.85612 + 2.23393 log DBH	= 0.94102
	log Wt	= - 0.69555 + 2.21024 log DBH	= 0.94752
	log Vol	= - 3.89468 + 2.34852 log DBH	= 0.90474
ไม้สนประดิพัทธ์ (<i>C. junghuhniana</i>)	log Ws	= - 1.25078 + 0.90024 log DBH ² HT	= 0.98608
	log Wb	= - 1.27666 + 0.63482 log DBH ² HT	= 0.96277
	log Wl	= - 1.89130 + 0.83132 log DBH ² HT	= 0.90221
	log Wt	= - 1.00887 + 0.85820 log DBH ² HT	= 0.98631
	log Vol	= - 4.17758 + 0.93301 log DBH ² HT	= 0.99636
	log Ws	= - 1.22843 + 0.95889 log DBH	= 0.95889
	log Wb	= - 1.25738 + 2.01247 log DBH	= 0.93271
	log Wl	= - 1.79687 + 2.56109 log DBH	= 0.82543
	log Wt	= - 0.97849 + 2.71599 log DBH	= 0.95226
	log Vol	= - 4.16264 + 2.97219 log DBH	= 0.97467
ไม้กระถินณรงค์ (<i>A. auriculiformis</i>)	log Ws	= - 0.61268 + 0.69785 log DBH ² HT	= 0.97567
	log Wb	= - 1.593536 + 0.81430 log DBH ² HT	= 0.79358
	log Wl	= - 1.18049 + 0.58834 log DBH ² HT	= 0.980321
	log Wt	= - 0.50627 + 0.71027 log DBH ² HT	= 0.97310
	log Vol	= - 3.44563 + 0.70231 log DBH ² HT	= 0.99828
	log Ws	= - 0.159727 + 1.68962 log DBH	= 0.95494

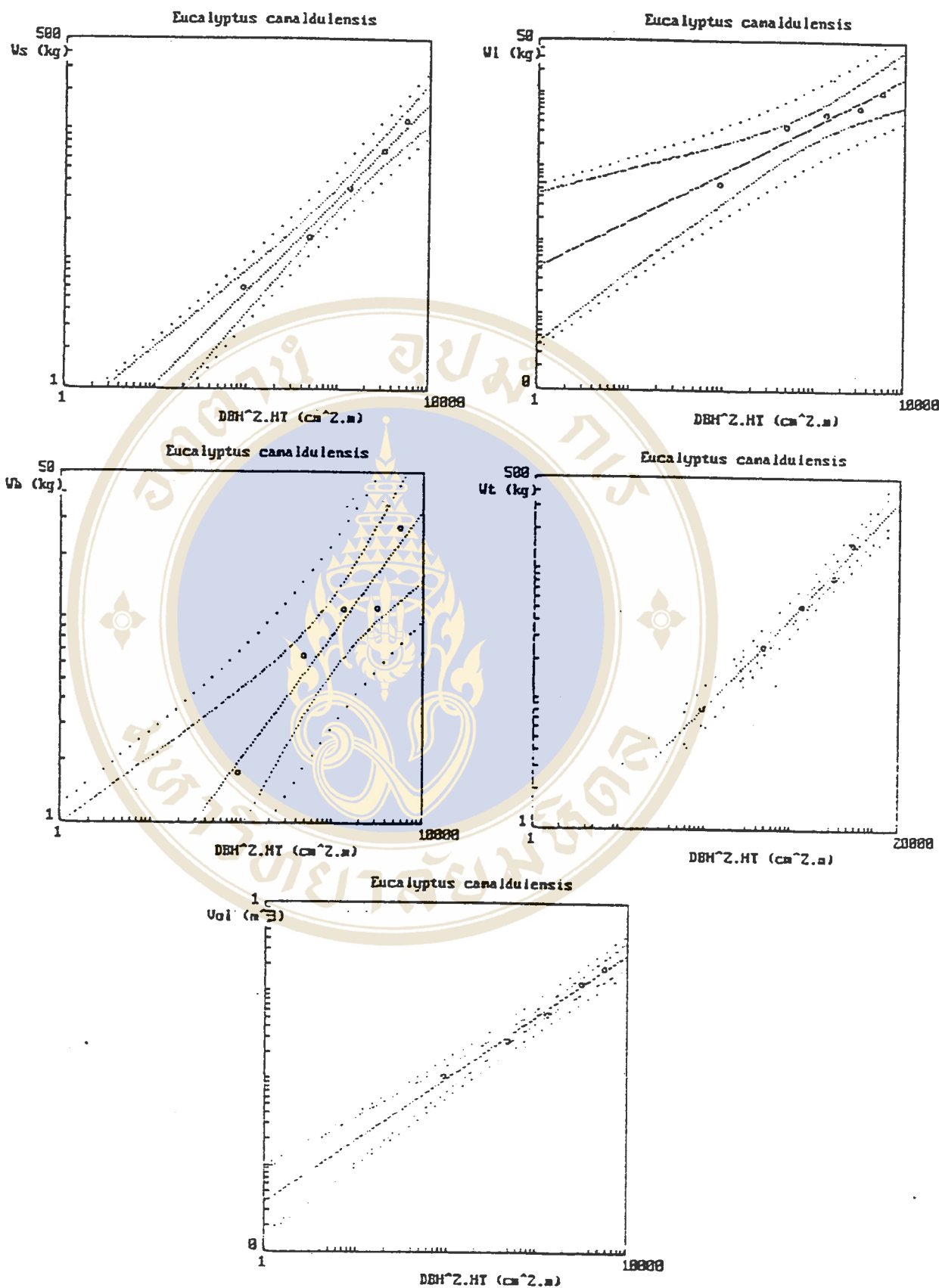
$$\log W_b = -1.19985 + 2.09411 \log DBH = 0.87629$$

$$\log W_l = -0.89184 + 1.50921 \log DBH = 0.88246$$

$$\log W_t = -7.89565 + 1.75031 \log DBH = 0.98666$$

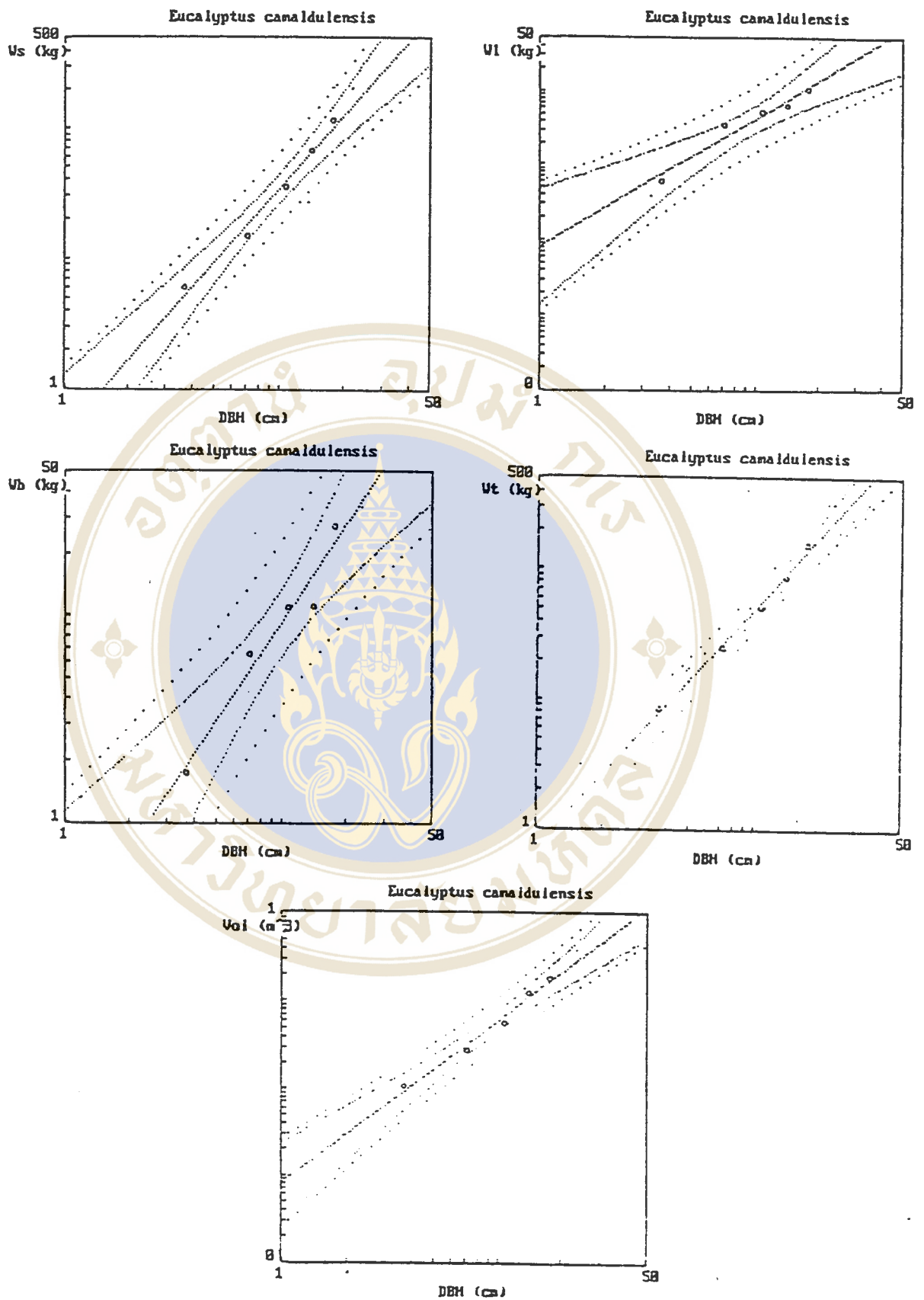
$$\log Vol = -2.99450 + 1.70471 \log DBH = 0.98202$$





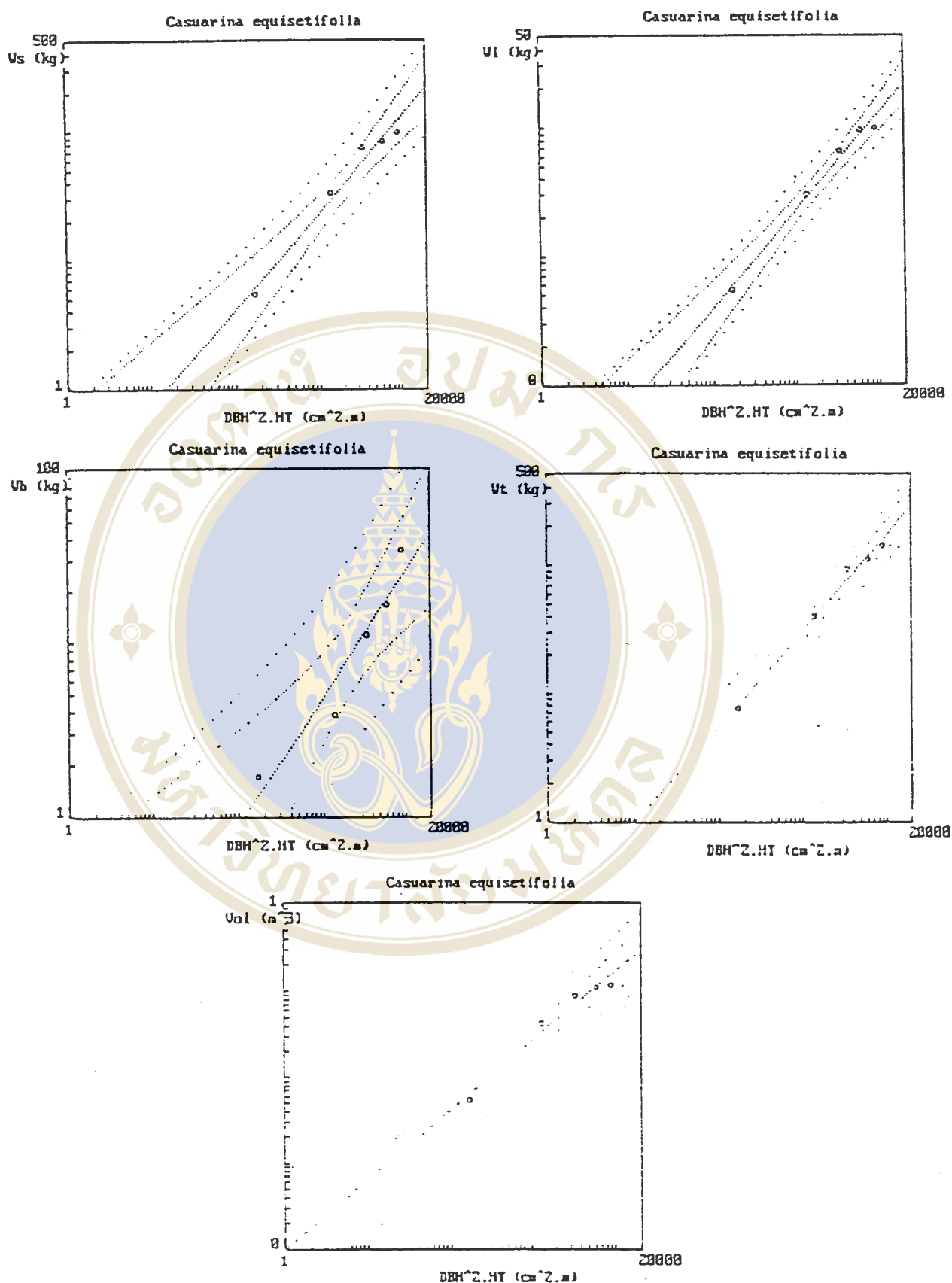
ภาพที่ 8

Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b), ใบ (W_l), ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ยกกำลังสอง คูณด้วยความสูงทั้งหมด, ($DBH^2 \cdot HT$) ของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 9 ปี

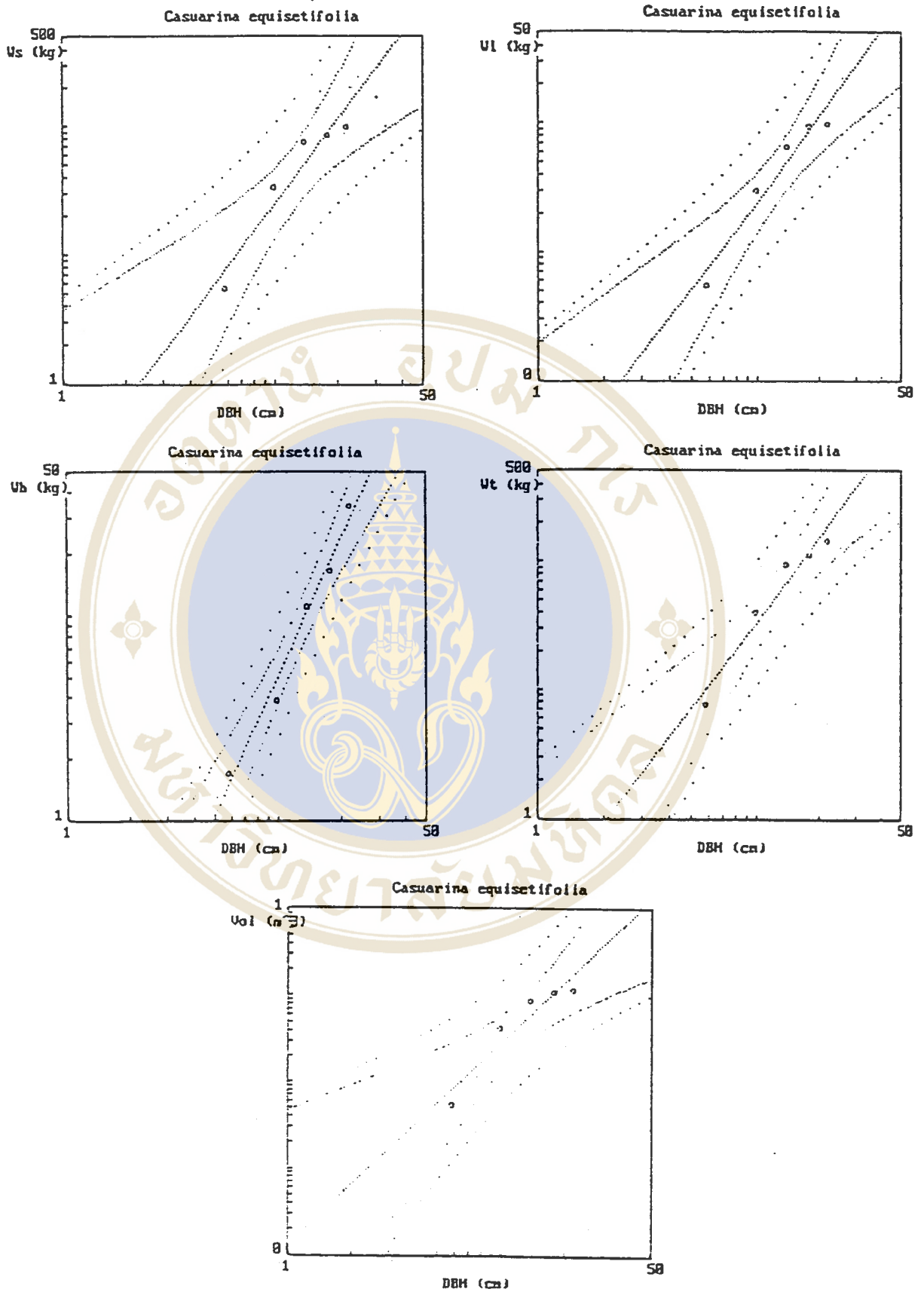


ภาพที่ 9

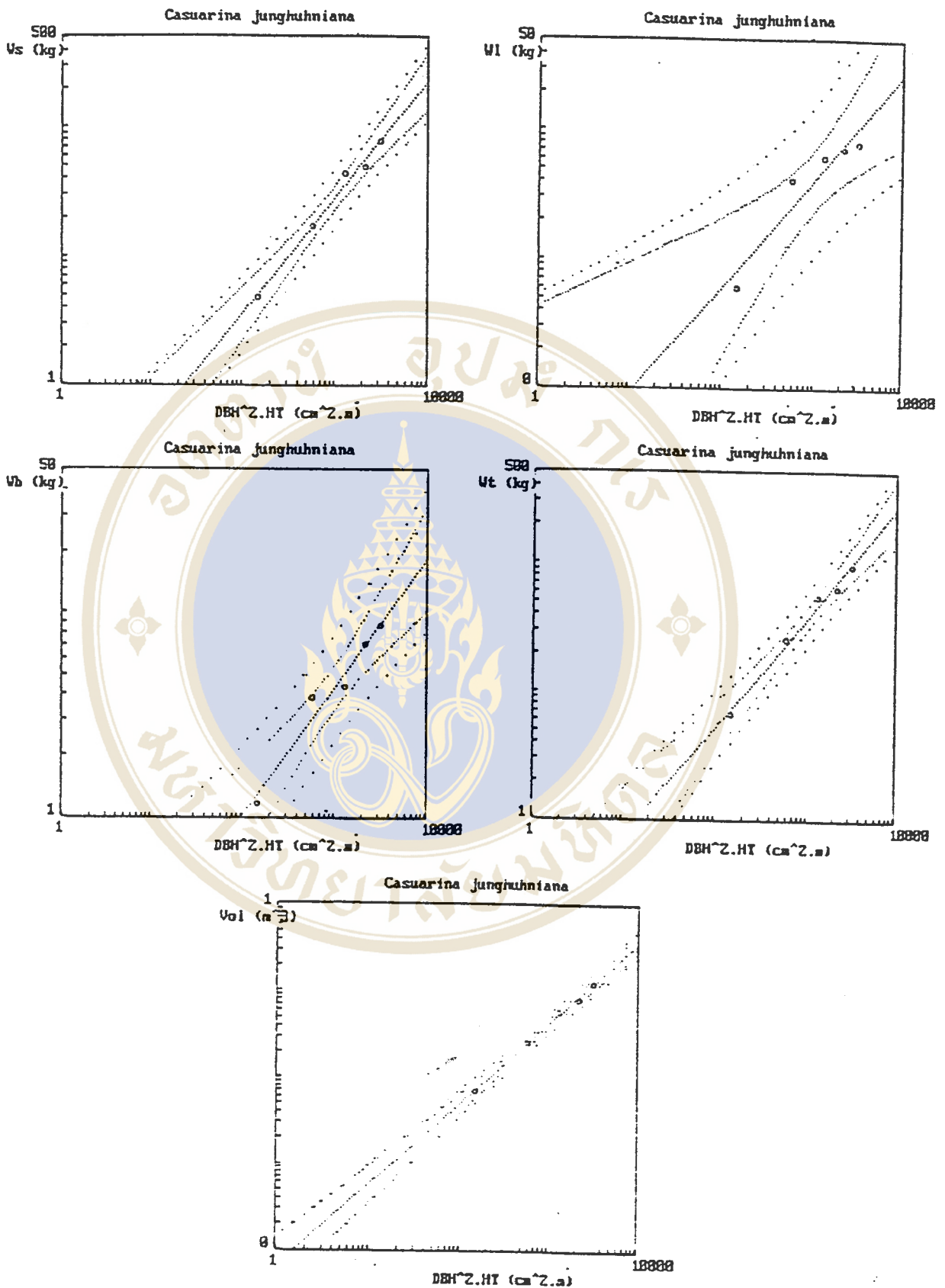
Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b), ใบ (W_l), ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ของไม้ยูคาลิปตัส อายุ 9 ปี



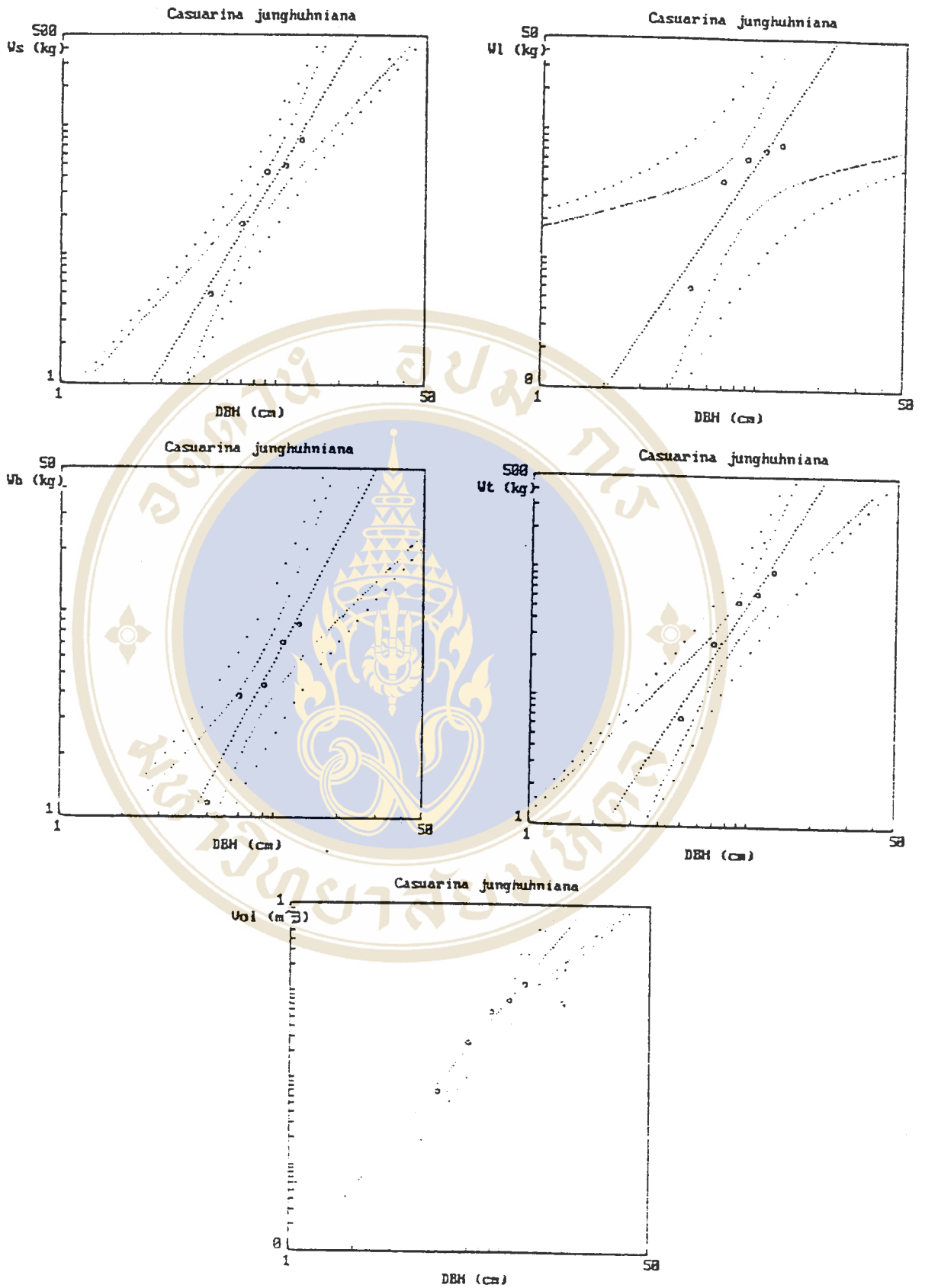
ภาพที่ 10 Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b), ใบ (W_l), ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ยกกำลังสอง คูณด้วยความสูงทั้งหมด ($DBH^2 \cdot HT$) ของไม้สนทะเล อายุ 9 ปี



ภาพที่ 11 Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b), ใบ (W_l), ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ของไม้สนทะเล อายุ 9 ปี

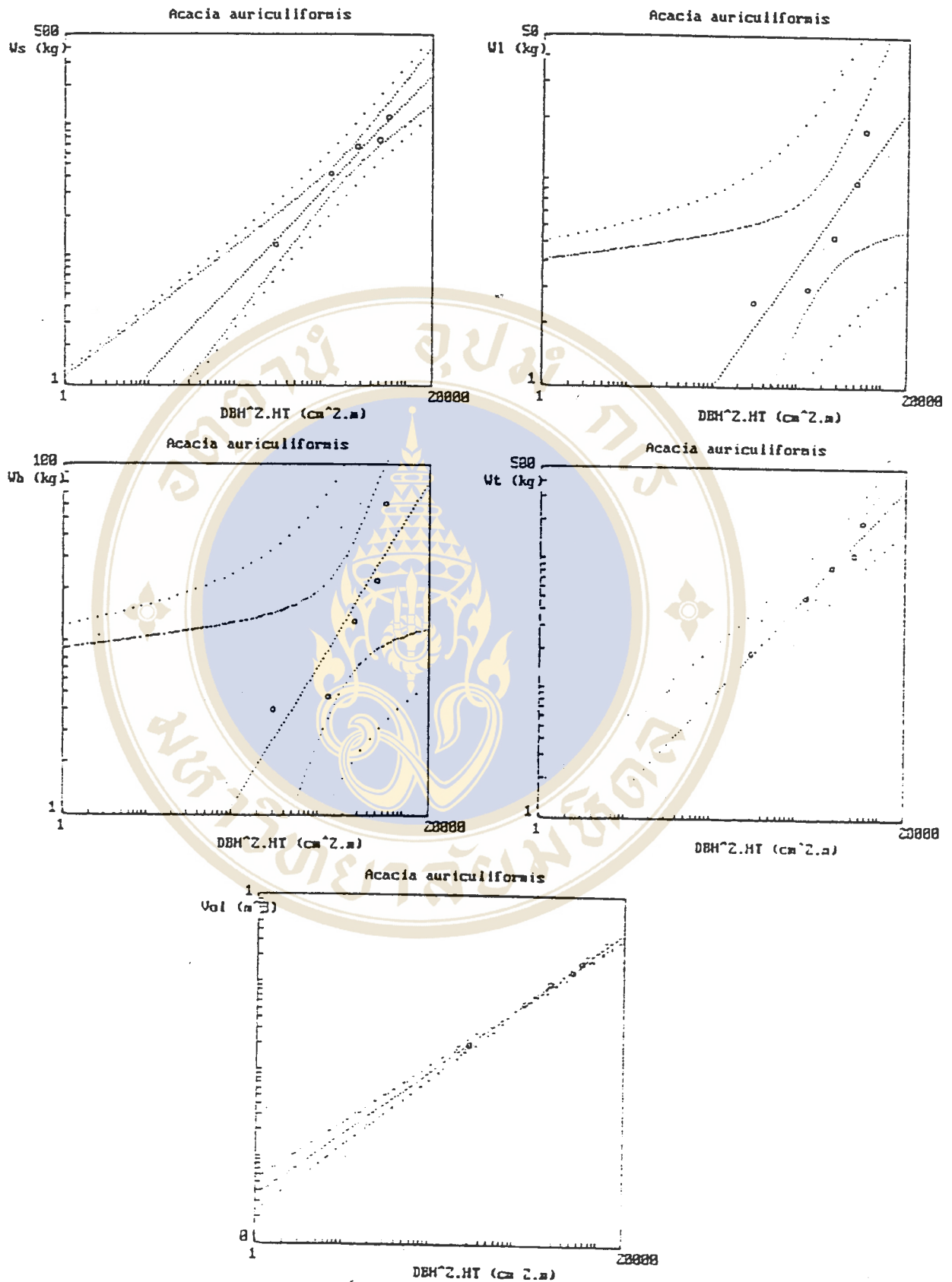


ภาพที่ 12 Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b), ใบ (W_l), ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ยกกำลังสอง คูณด้วยความสูงทั้งหมด ($DBH^2 \cdot HT$) ของไม้สนประดิพัทธ์ อายุ 9 ปี

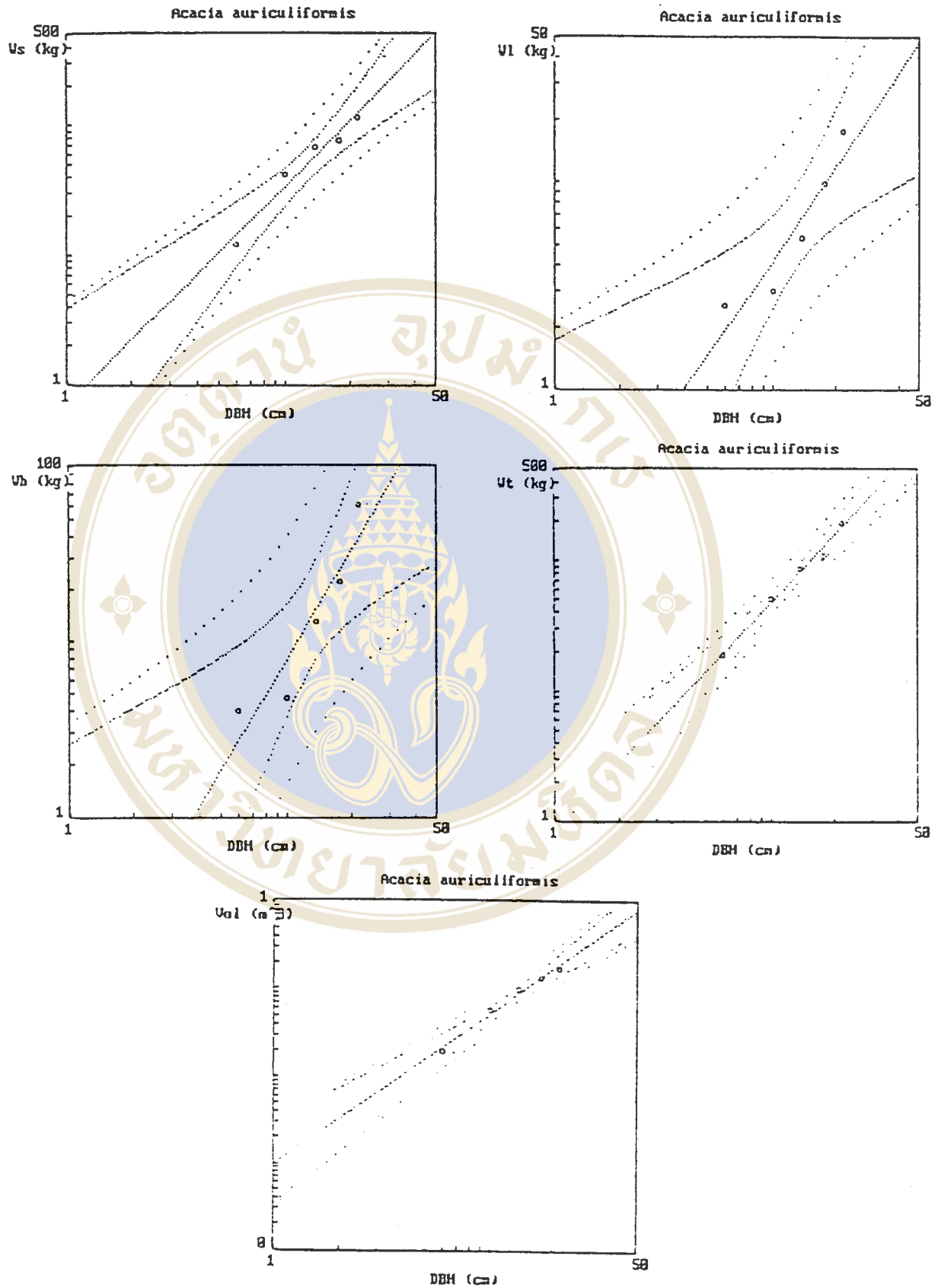


ภาพที่ 13

Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b), ใบ (W_l), ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ของไม้สนประดิพัทธ์ อายุ 9 ปี



ภาพที่ 14 Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b), ใบ (W_l), ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ยกกำลังสอง คูณด้วยความสูงทั้งหมด ($DBH^2 \cdot HT$) ของไม้กระถินณรงค์ อายุ 9 ปี



ภาพที่ 15

Allometric relation ระหว่างมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น (W_s), กิ่ง (W_b), ใบ (W_l), ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) กับ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร ของไม้กระถินณรงค์ อายุ 9 ปี

4.3.2 เมื่อพิจารณาสมการที่เหมาะสมในการประมาณมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ โดยเลือกเอาสมการที่ให้ค่า r^2 มากที่สุด ซึ่งจะมีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับความเห็นของ Kira และ Shidei (1967) ที่กล่าวว่า การประมาณมวลชีวภาพจะให้ค่าเกินความจริง ถ้าใช้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวเป็นตัวแปร ดังนั้นจะเห็นว่า สมการที่เหมาะสมที่ใช้ในการประมาณมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปตามค่า r^2 โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่ามวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ตลอดจนปริมาตรลำต้นของต้นไม้แต่ละชนิดที่ได้จากการศึกษาต้นไม้ทั้ง 4 ชนิดพบว่า สมการที่เหมาะสมในการประมาณปริมาตรลำต้นมากที่สุดได้จากค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอย่างเดียวหรือ 1.30 เมตร ยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด ($DBH^2 \cdot HT$) ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้ปรากฏว่า สมการที่มีค่าความสัมพันธ์มากที่สุด สำหรับประมาณหาปริมาตรโดยดูจากค่า r^2 นั้นจะอยู่ในไม้กระถินณรงค์ ดังสมการ $\log Vol = - 3.44563 + 0.70231 \log DBH^2 \cdot HT$ โดยที่ r^2 มีค่าเท่ากับ 0.99828 ส่วนสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของลำต้นกับมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้นที่เหมาะสม แสดงไว้ในสมการสัมพันธ์ ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมการสำหรับประมาณมวลชีวภาพของลำต้น (W_s) กิ่ง (W_b) ใบ (W_l) ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (W_t) และปริมาตรลำต้น (Vol) ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่ออายุ 9 ปี

ชนิดไม้	สมการ	R^2
ไม้ยูคาลิปตัส	$\log W_s = - 0.69782 + 0.72425 \log DBH^2 HT$	$= 0.98937$
(E. camaldulensis)	$\log W_b = - 0.62210 + 1.71851 \log DBH$	$= 0.94874$
	$\log W_l = - 1.08976 + 1.58601 \log DBH$	$= 0.94537$
	$\log W_t = - 0.45548 + 0.69366 \log DBH^2 HT$	$= 0.99529$
	$\log Vol = - 3.42283 + 0.71079 \log DBH^2 HT$	$= 0.99163$

ไม้สนทะเล	$\log W_s$	$= - 0.88640 + 0.75040 \log DBH^2 HT$	$= 0.97765$
(<i>C. equisetifolia</i>)	$\log W_b$	$= - 1.55836 + 2.26003 \log DBH$	$= 0.98034$
	$\log W_l$	$= - 1.91947 + 0.75587 \log DBH^2 HT$	$= 0.98868$
	$\log W_t$	$= - 0.75342 + 0.74641 \log DBH^2 HT$	$= 0.99165$
	$\log Vol$	$= - 3.99206 + 0.80389 \log DBH^2 HT$	$= 0.97280$

ไม้สนประดิพัทธ์	$\log W_s$	$= - 1.25078 + 0.90024 \log DBH^2 HT$	$= 0.98608$
(<i>C. junghuhniana</i>)	$\log W_b$	$= - 1.27666 + 0.63482 \log DBH^2 HT$	$= 0.96277$
	$\log W_l$	$= - 1.89130 + 0.83132 \log DBH^2 HT$	$= 0.90221$
	$\log W_t$	$= - 1.00887 + 0.85820 \log DBH^2 HT$	$= 0.98631$
	$\log Vol$	$= - 4.17758 + 0.93301 \log DBH^2 HT$	$= 0.99636$

ไม้กระถินณรงค์	$\log W_s$	$= - 0.61268 + 0.69785 \log DBH^2 HT$	$= 0.97567$
(<i>A. auriculiformis</i>)	$\log W_b$	$= - 1.19985 + 2.09411 \log DBH$	$= 0.87629$
	$\log W_l$	$= - 0.89184 + 1.50921 \log DBH$	$= 0.88246$
	$\log W_t$	$= - 7.89565 + 1.75031 \log DBH$	$= 0.98666$
	$\log Vol$	$= - 3.44563 + 0.70231 \log DBH^2 HT$	$= 0.99828$

4.4 การศึกษาคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้างที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด

จากการศึกษาคุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ pH, OM, N, P, K, Ca, Mg และ S ของดินเหมืองแร่ร้างที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ปรากฏผลการศึกษาดังนี้

4.4.1 การศึกษาคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้างก่อนปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2529 ในแปลงวิจัยที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ปรากฏว่า ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ จะใกล้เคียงกันในพื้นที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด โดยมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.1-4.5 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ผลการศึกษาของวิรัตน์ (2526) ได้ศึกษาไว้ที่อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา โดยมีค่า pH เฉลี่ย 4.3-5.1 ซึ่งค่า pH มีค่าต่ำ เนื่องจากขบวนการทำเหมืองแร่จะต้องผ่านขบวนการชะล้างด้วยแรงดันของน้ำสูง ทำให้ basis cation ในดินเหลืออยู่น้อย (พิสุทธิ และบุญญะ 2521)

สำหรับปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) หรือ OM นั้น ปรากฏว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.43-0.57 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของวิรัตน์ (2526) ซึ่งศึกษาดินเหมืองแร่ร้างที่อำเภอท้ายเหมือง จังหวัดพังงา พบว่าบริเวณ กองกรวด ลานทราย ดินเลน มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 1.19, 0.45 และ 0.93 % ตามลำดับ ส่วนค่าไนโตรเจน (N) ก็มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.53-0.59 ppm ปริมาณฟอสฟอรัส (P) จากการศึกษพบว่า ในดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้ว บริเวณที่ทำการปลูกพืชทั้ง 4 ชนิดก็มีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง 1.4-1.6 ppm ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ พิสุทธิ และบุญญะ (2521) ได้ศึกษาดินเหมืองแร่ร้างบริเวณตลาดท้ายเหมือง และที่ตำบลคึกคัก จังหวัดพังงา พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัส 1.0-1.6 และ 1.0-1.4 ppm ตามลำดับ ซึ่งก็ใกล้เคียงกัน ในทำนองเดียวกันปริมาณโปแตสเซียม (K) ที่ทำการศึกษาปรากฏว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 12-17 ppm ซึ่งก็ใกล้เคียงกับที่ พิสุทธิ และบุญญะ (2521) ได้ศึกษาบริเวณอำเภอท้ายเหมือง ตะกั่วป่า และกระบุรี คือ 10, 10-17 และ 14-17 ppm ตามลำดับ

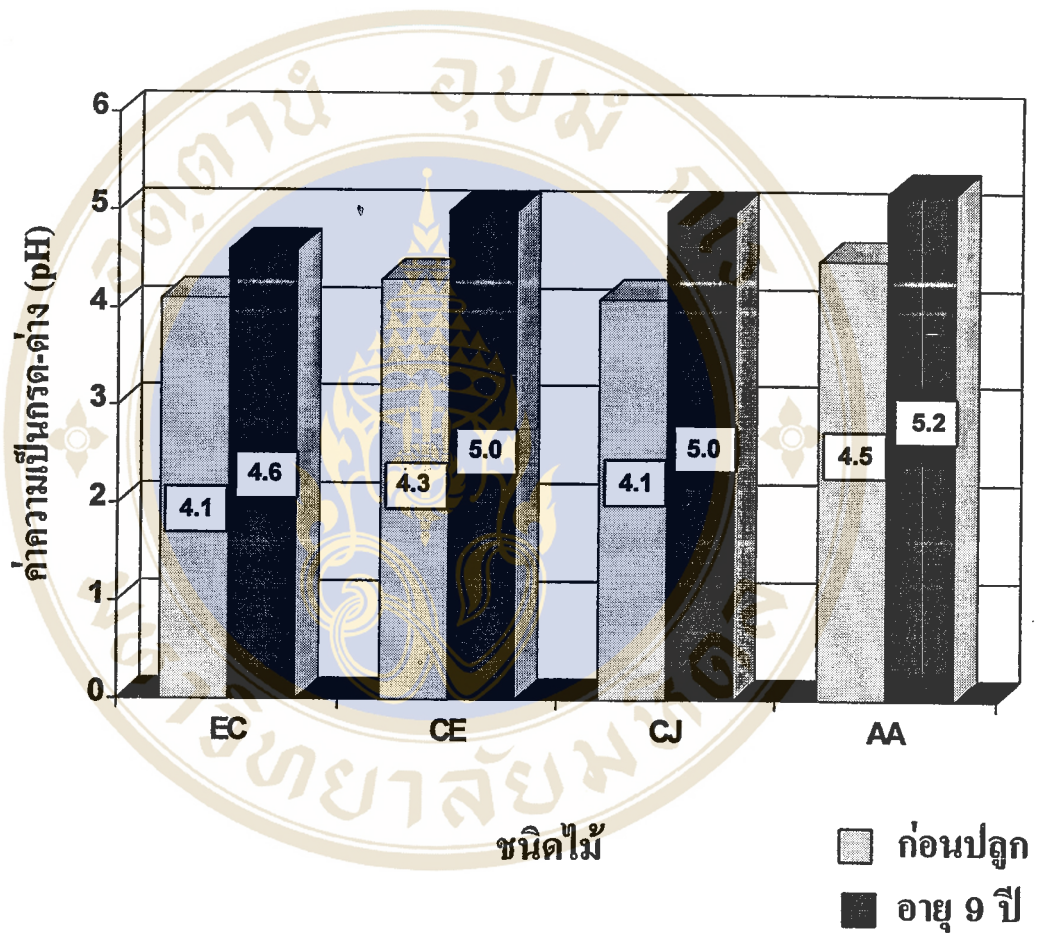
สำหรับปริมาณแคลเซียม (Ca) ในดินเหมืองแร่ร้าง ที่ทำการศึกษานั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 47-67 ppm ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ วิรัตน์ (2526) ที่ทำการศึกษาบริเวณกองกรวด ลานทราย ลานดินเหมือง และรอบ ๆ เหมืองแร่ร้าง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา มีแคลเซียมเฉลี่ย 64.86, 57.39, 73.06 และ 43.3 ppm ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณแมกนีเซียม (Mg) ในดินเหมืองแร่ร้างที่ศึกษาในแปลงวิจัยไม้ทั้ง 4 ชนิดพบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 12-20 ppm ซึ่งมีค่าต่ำมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของวิรัตน์ (2526) ซึ่งพบว่าบริเวณดินเหมืองแร่ร้างมีแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำเฉลี่ย 26.37 ppm และสำหรับปริมาณกำมะถัน (S) จากการศึกษพบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 41.7-50.4 ppm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์น้อยกว่าปกติ

มาก โดยพิสุทธิ์ และบุญญะ (2521) ได้รายงานไว้ คือ น้ำตะกอนเหมืองแร่บริเวณอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา มีกำมะถันสูงถึง 411.62 ppm

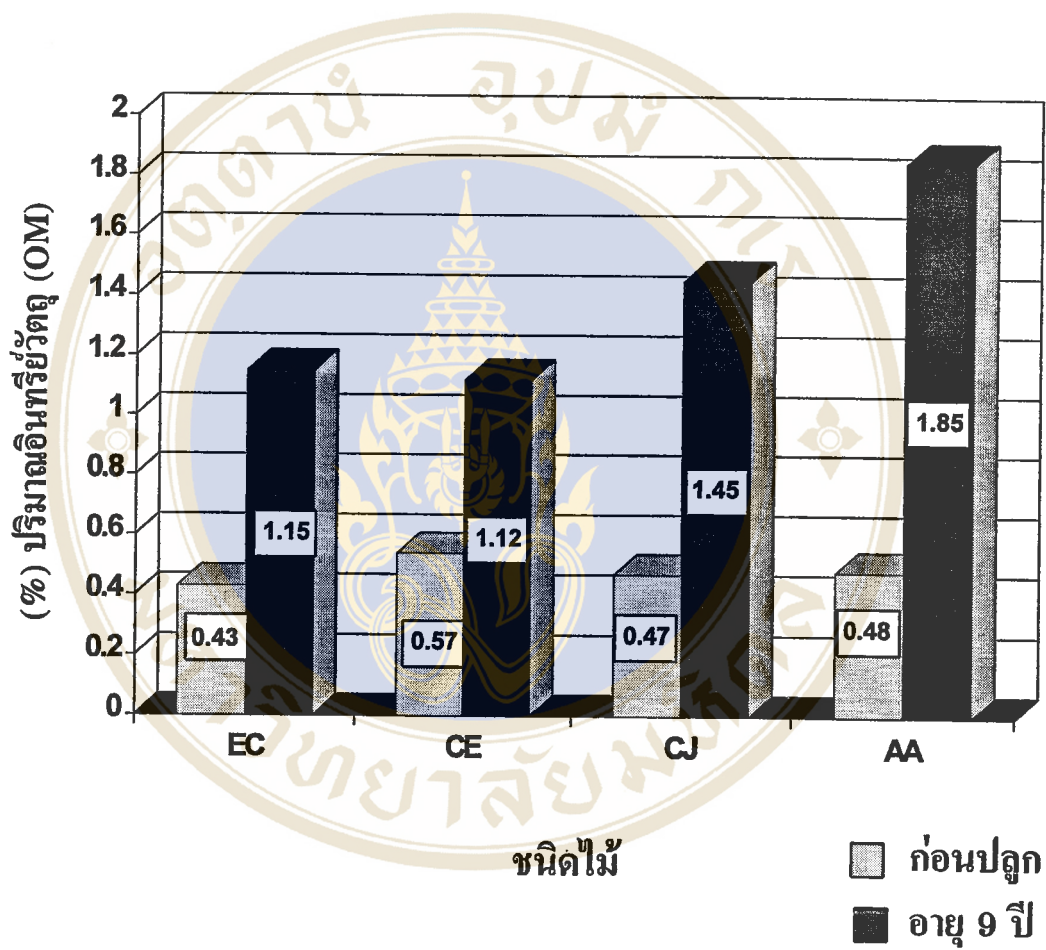
4.4.2 การศึกษาคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้างเมื่ออายุ 9 ปี (พ.ศ. 2538) ในแปลงวิจัยที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิดปรากฏว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปคุณสมบัติของดินจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่มากขึ้น ยกเว้นกำมะถัน (S) ซึ่งมีค่าลดลง ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ไม้ด้วยเช่นกัน โดยค่า pH จะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 4.0-4.5 เป็น 4.6-5.2 โดยจะมีค่า pH สูงถึง 5.2 ในไม้กระถินณรงค์ และต่ำสุดในไม้ยูคาลิปตัส คือมีค่า 4.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ปรากฏว่า จะมีค่าเปลี่ยนแปลงจากเดิมโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.12-1.85 % โดยมีค่าสูงสุดในไม้กระถินณรงค์คือ 1.85 % และ 1.45, 1.15 และ 1.12 % ในไม้สนประดิพัทธ์ สนทะเล และไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ สำหรับปริมาณไนโตรเจนในดิน (N) มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก คือจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.56-0.82 ppm โดยไม้กระถินณรงค์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.82 ppm และ 0.72, 0.57, 0.56 ในไม้สนประดิพัทธ์ ไม้สนทะเล และไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัส (P) มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 3.8-4.9 ppm โดยไม้กระถินณรงค์มีค่าสูงสุด เท่ากับ 4.9 ppm และต่ำสุด คือไม้ยูคาลิปตัสมีค่าเท่ากับ 3.8 ppm ปริมาณโปแตสเซียม (K) ปรากฏว่าเมื่อเวลาผ่านไป 9 ปี จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยต่างกันไปในไม้แต่ละชนิดเช่นกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 16-25 ppm โดยมีค่ามากที่สุด ในไม้กระถินณรงค์ เท่ากับ 25 ppm และต่ำสุดในไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16 ppm, ปริมาณแคลเซียม (Ca) ก็ยังคงปรากฏว่า มีค่าเพิ่มมากขึ้นในแปลงไม้ทุกชนิด ซึ่งมีค่าระหว่าง 56-104 ppm โดยมีค่ามากที่สุด ในไม้กระถินณรงค์ 104 ppm และต่ำสุดในไม้สนทะเล 56 ppm ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) มีค่าอยู่ระหว่าง 26-64 ppm โดยไม้ที่มีค่ามากที่สุดก็คือไม้กระถินณรงค์ และน้อยสุดในไม้ยูคาลิปตัส และสนทะเล สำหรับปริมาณกำมะถัน (S) จะมีค่าลดลง โดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 26.4-36.7 ppm ที่เป็นเช่นนี้คาดว่า จากการศึกษทำการศึกษาเฉพาะดินชั้นบนระดับควาลึก 0-15 ซม. แต่กำมะถันจะมีในบริเวณดินที่มีเนื้อละเอียด เนื่องจากกำมะถันถูกพัดพาไปตกตะกอน ซึ่งดินชั้นบนส่วนมากเป็นกรวดทรายที่ได้ถูกน้ำฝนชะล้างแล้วเป็นส่วนใหญ่ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้างที่ทำการปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่อก่อนปลูก (พ.ศ.2529) และเมื่ออายุ 9 ปี (พ.ศ.2538) ปรากฏผลดังตารางที่ 6 และภาพที่ 16-23

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของดินเฉลี่ยจากแปลงทดลองพันธุ์ไม้
ทั้ง 4 ชนิด เมื่อก่อนปลูก (พ.ศ.2529) และเมื่ออายุ 9 ปี (พ.ศ.2538)

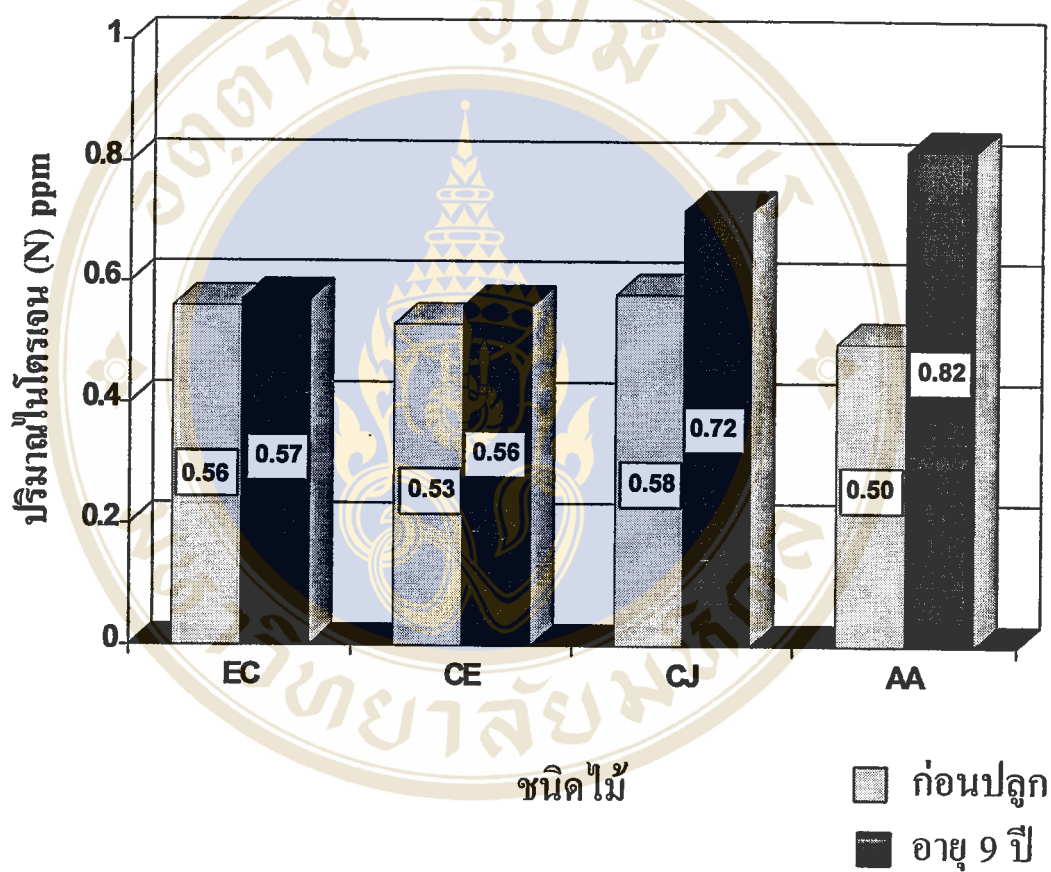
ชนิดไม้		PH	O.M (%)	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	S (ppm)
ยูคาลิปตัส	ก่อนปลูก	4.1	0.43	0.56	1.4	12	67	12	41.7
	อายุ 9 ปี	4.6	1.15	0.57	3.8	16	69	26	31.6
สนทะเล	ก่อนปลูก	4.3	0.57	0.53	1.4	17	47	16	41.7
	อายุ 9 ปี	5.0	1.12	0.56	3.9	22	56	26	26.4
สนประดิพัทธ์	ก่อนปลูก	4.1	0.47	0.58	1.6	17	55	18	48.2
	อายุ 9 ปี	5.0	1.45	0.72	4.0	16	75	54	34.3
กระถินณรงค์	ก่อนปลูก	4.5	0.48	0.50	1.2	15	62	18	47.4
	อายุ 9 ปี	5.2	1.85	0.82	4.9	25	104	64	36.7



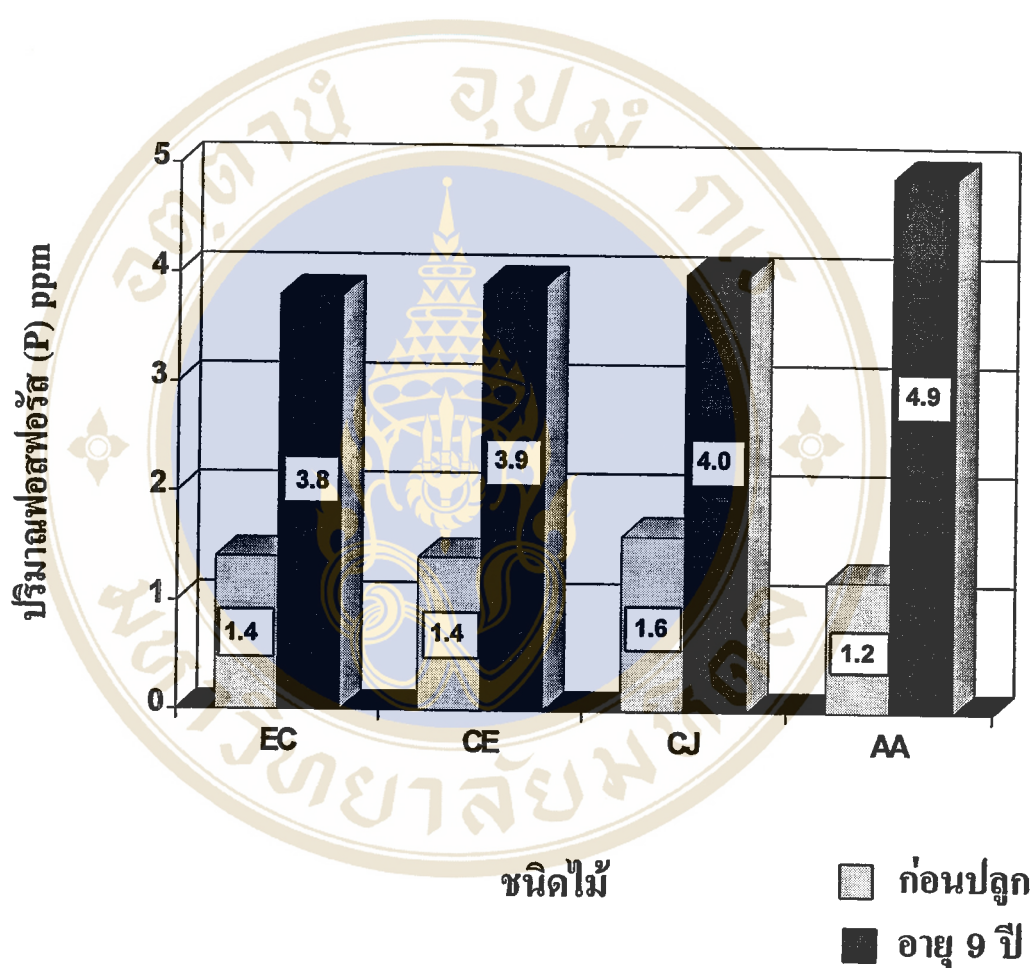
ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี



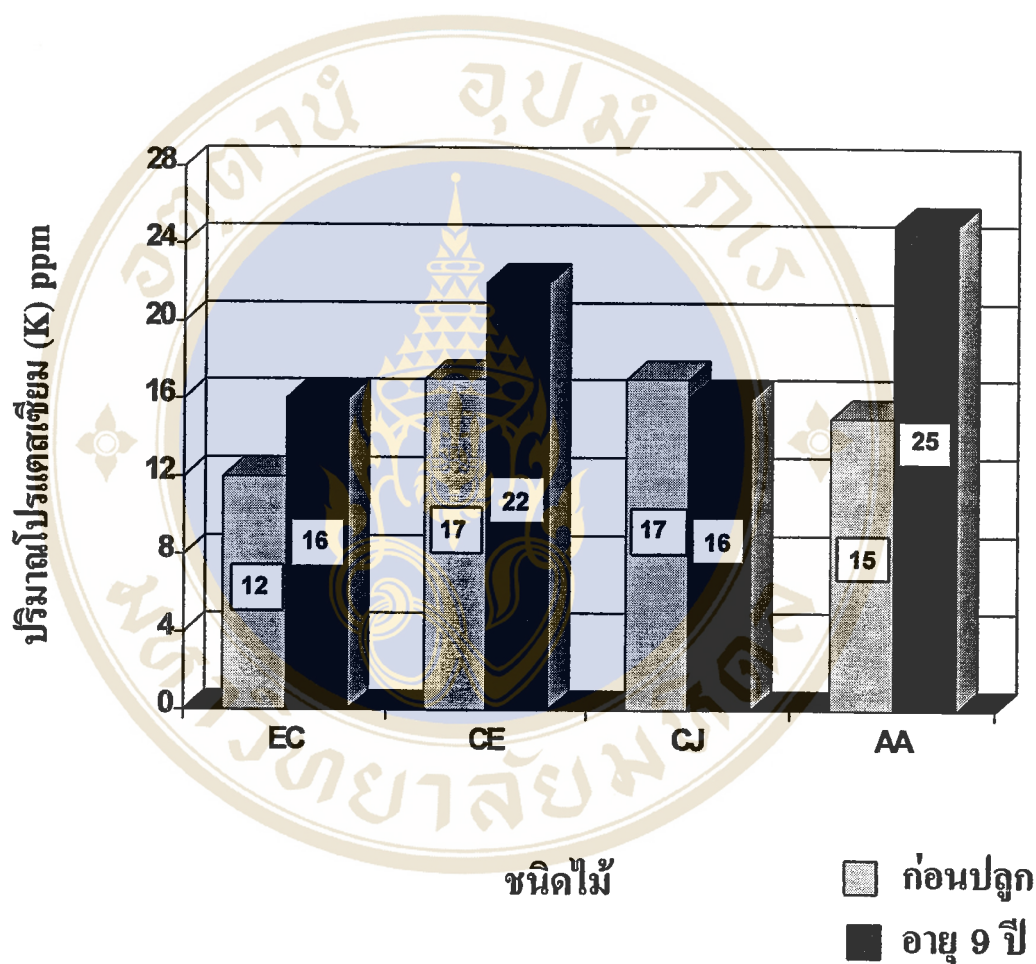
ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี



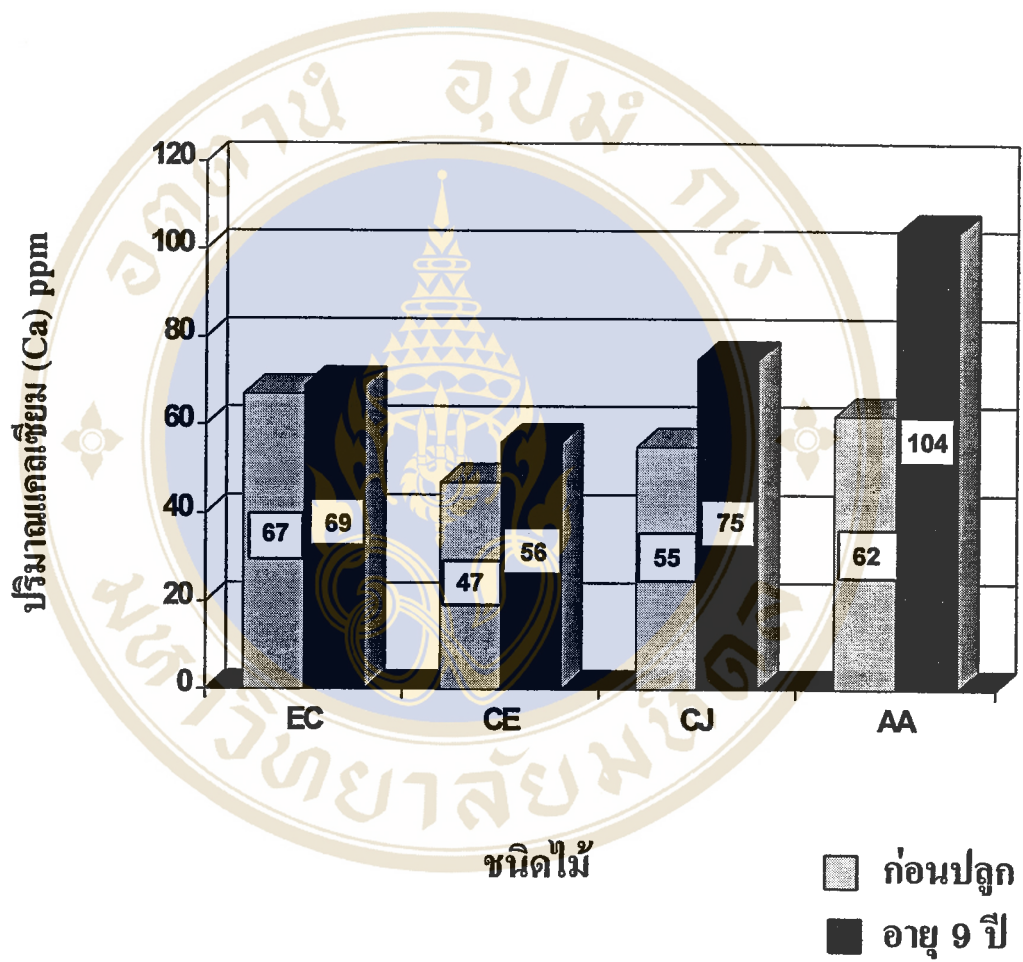
ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี



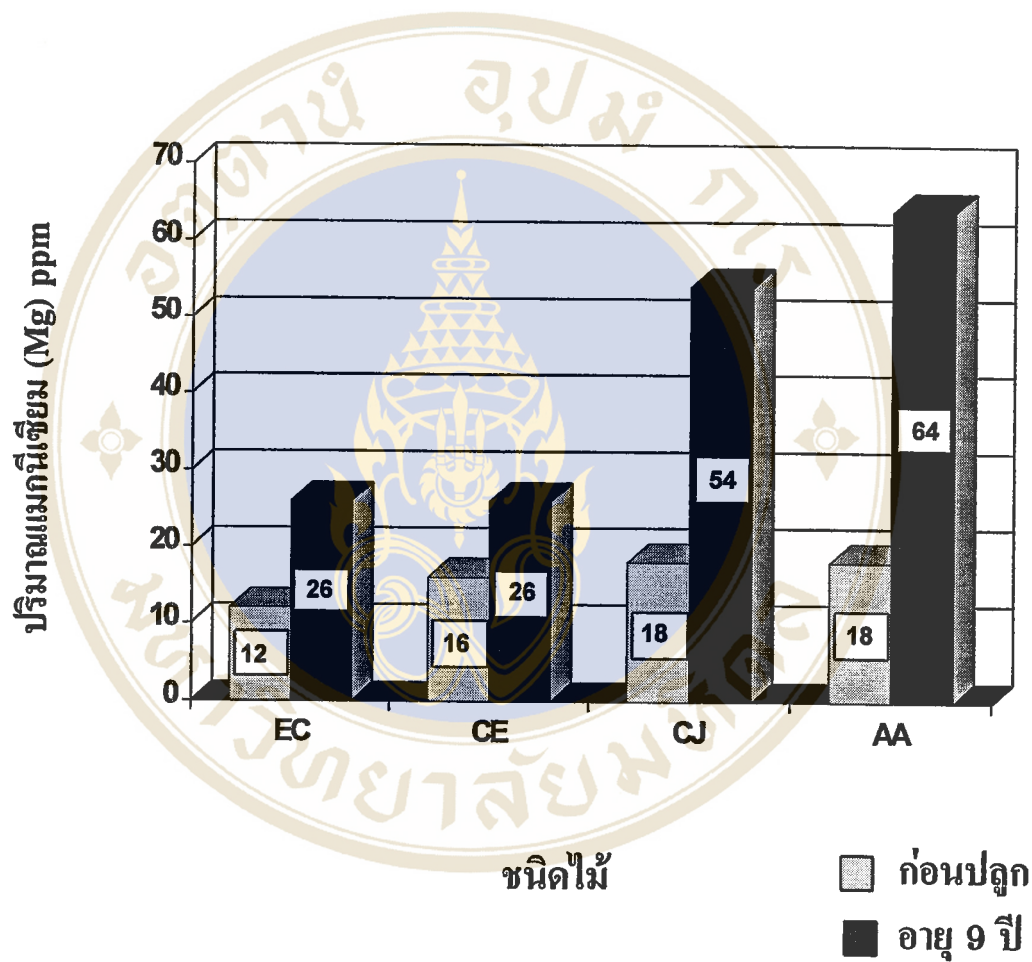
ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในดินของดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี



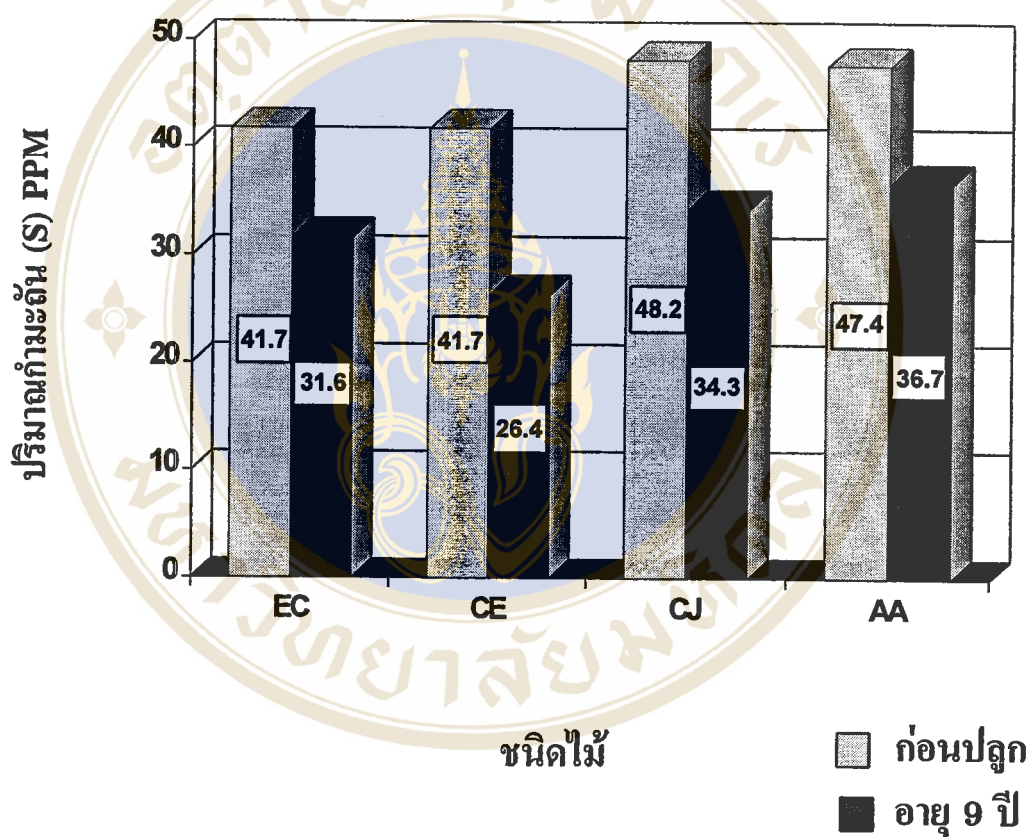
ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมในดินของดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคลเซียมในดินของดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมในดินของดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี



ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกำมะถันในดินของดินที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ก่อนปลูก และเมื่ออายุ 9 ปี

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้สนทะเล ไม้สนประดิพัทธ์ และไม้กระถินณรงค์ กับคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้างบริเวณ ศูนย์วิจัยงานฟื้นฟูพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้ว ตำบลบางรีน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง พอสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1.1 การศึกษาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย ปรากฏว่ามีระดับชนิดดิน (Do) และที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน (DBH) เมื่อต้นไม้อายุ 9 ปี ปรากฏว่า ไม้สนทะเลมีค่าสูงสุด 14.68 และ 13.80 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ไม้ยูคาลิปตัสมีค่าต่ำสุดทั้ง 2 ค่า คือ 9.88 และ 7.03 เซนติเมตร โดยที่ไม้กระถินณรงค์ และไม้สนประดิพัทธ์ มีค่าเท่ากับ 14.56 และ 12.34 กับ 13.60 และ 10.72 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับขนาดความสูงทั้งหมดของต้นไม้เฉลี่ย (HT) พบว่า จะได้ผลในทำนองเดียวกันคือไม้ที่มีความสูงเฉลี่ยสูงสุดเมื่อต้นไม้อายุ 9 ปี ได้แก่ ไม้สนทะเล เท่ากับ 14.71 เมตร รองลงมาได้แก่ ไม้สนประดิพัทธ์ ไม้กระถินณรงค์ และ ไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 11.71, 11.18 และ 7.46 เมตร ตามลำดับ ซึ่งวิรัตน์ และ พงษ์ศักดิ์ (2528) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตพันธุ์ไม้ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ไม้กระถินณรงค์ ไม้สนทะเล และ ไม้ยูคาลิปตัส ในดินเหมืองแร่ร้างที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ปรากฏว่าไม้กระถินณรงค์ เมื่ออายุ 8 ปี วัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 1.30 เมตร จากพื้นดินได้ค่าเฉลี่ย 16.51 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 9.93 เมตร ไม้สนทะเลเมื่ออายุ 11 ปี วัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร จากพื้นดินได้ 14.1 เซนติเมตร และค่าความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 17 เมตร

5.1.2 การศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ปรากฏผลดังนี้ ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นเฉลี่ยต่อต้น (W_s) ปรากฏว่า ไม้สนทะเลมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 55.03 กิโลกรัมต่อต้น รองลงมาได้แก่ไม้กระถินณรงค์ ไม้สนประดิพัทธ์ และ ไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 48.98, 41.28 และ 19.13 กิโลกรัมต่อต้น ตามลำดับ ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นกิ่งเฉลี่ยต่อต้น (W_b) ปรากฏว่า มีค่ามากที่สุดในไม้กระถินณรงค์เท่ากับ 14.16 กิโลกรัมต่อต้น ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นใบเฉลี่ยต่อต้น (W_p) มีมากสุดในไม้กระถินณรงค์

ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.00 กิโลกรัมต่อตัน และผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดเฉลี่ยต่อตัน (Wt) มีมากที่สุดไนไม้กระถินณรงค์เช่นกัน เท่ากับ 74.06 กิโลกรัมต่อตัน เนื่องจากมวลชีวภาพของใบและกิ่งมากนั่นเอง

สำหรับผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ ปรากฏว่า มีค่ามากที่สุดไนไม้สนทะเลเท่ากับ 96.30 ตันต่อเฮกเตอร์ ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นกิ่งต่อหน่วยพื้นที่มีไนไม้กระถินณรงค์มากที่สุด เท่ากับ 26.90 ตันต่อเฮกเตอร์ ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นใบต่อหน่วยพื้นที่ไม้กระถินณรงค์ก็มีค่ามากที่สุดเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 11.91 ตันต่อเฮกเตอร์ ซึ่งที่เป็นเช่นนี้เพราะกระถินณรงค์มีค่าผลผลิตมวลชีวภาพเฉลี่ยต่อตันของใบ และกิ่งมากนั่นเอง

5.1.3 การศึกษาลำต้นของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด ปรากฏผลดังนี้

ปริมาตรลำต้นเฉลี่ยต่อตัน (Vol) ปรากฏว่า ไม้กระถินณรงค์ และไม้สนทะเลมีค่าเท่ากัน เท่ากับ 0.07 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน สำหรับปริมาตรลำต้นต่อหน่วยพื้นที่ปรากฏว่า ไม้ที่มีค่าปริมาตรต่อหน่วยพื้นที่มากที่สุดได้แก่ ไม้กระถินณรงค์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 133.00 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกเตอร์

สำหรับการศึกษาถึงปริมาณมวลชีวภาพในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้นไม้กระถินณรงค์อายุ 8 ปี ที่ วิจารณ์ และ พงษ์ศักดิ์ (2528) ได้ศึกษาเอาไว้ที่ดินเหมืองแร่ร้าง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ปรากฏว่า มวลชีวภาพส่วนที่เป็น ลำต้น เท่ากับ 32.64 ตันต่อเฮกเตอร์ กิ่ง 6.04 ตันต่อเฮกเตอร์ และ ใบ 2.66 ตันต่อเฮกเตอร์

5.1.4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของลำต้นกับมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้น ปรากฏว่า ในไม้ต่างชนิดกันสมการที่เหมาะสมในการประมาณมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ และปริมาตรลำต้นย่อมแตกต่างกัน โดยคัดเลือกจากสมการที่มีค่า r^2 มากที่สุด โดยสมการสำหรับประมาณหาปริมาตรลำต้นโดยดูจากค่า r^2 นั้น จะได้ว่าไม้กระถินณรงค์มีสมการสำหรับประมาณหาปริมาตรลำต้นเป็น $\log \text{Vol} = -3.44563 + 0.70231 \log \text{DHB}^2 \cdot \text{HT}$ ไม้สนทะเลมีสมการสำหรับประมาณหาปริมาตรลำต้นเป็น $\log \text{Vol} = -3.99206 + 0.80389 \log \text{DHB}^2 \cdot \text{HT}$ ไม้สนประดิพัทธ์ มีสมการสำหรับประมาณหาปริมาตรลำต้นเป็น $\log \text{Vol} = -4.17758 + 0.93301 \log \text{DHB}^2 \cdot \text{HT}$ และไม้ยูคาลิปตัสมีสมการสำหรับประมาณหาปริมาตรลำต้นเป็น $\log \text{Vol} = -3.42283 + 0.71079 \log \text{DBH}^2 \cdot \text{HT}$

เมื่อประเมินคุณค่าในการใช้ประโยชน์จากเนื้อไม้และการใช้ประโยชน์ในรูปของ
พลังงานแล้วก็จะเห็นว่าไม้กระถินณรงค์ ไม้สนทะเล ไม้สนประดิพัทธ์ และไม้ยูคาลิปตัส ก็น่า
จะเป็นพันธุ์ไม้ที่ควรได้รับการสนับสนุนต่อไป ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการใช้ประโยชน์และการให้พลังงานความร้อนของพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด

ชนิดไม้	การใช้ประโยชน์	การให้พลังงานความร้อน (Kcal/kg)
ไม้ยูคาลิปตัส	เสาเข็ม, ไม้ค้ำยัน, ทำฟืน,เผาถ่าน เยื่อกระดาษ ผิวไม้อัด	4,800
ไม้สนทะเล	ทำฟืน, เผาถ่าน	4,850-4,950
ไม้สนประดิพัทธ์	เสาเข็ม, ไม้ค้ำยัน, เผาถ่าน	4,850-4,900
ไม้กระถินณรงค์	เยื่อกระดาษ, ทำฟืน, เผาถ่าน	4,800-4,900

อย่างไรก็ตามพันธุ์ไม้ที่ทำการศึกษานี้เป็นเพียงไม้โตเร็ว 4 ชนิด ซึ่งพันธุ์ไม้โต
เร็วยังมีอีกหลายชนิดที่ยังไม่ได้ทำการศึกษา เช่น กระถินเทพา สะเดาช้าง เป็นต้น ซึ่งอาจจะให้ผล
เป็นที่น่าพอใจกว่าไม้ทั้ง 4 ชนิด ข้างต้นก็ได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะบางประการเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป
ในอนาคต

5.3.1 ชนิดพันธุ์ไม้ที่ทำการศึกษานั้นเป็นเพียงไม้โตเร็ว 4 ชนิด เท่านั้น ซึ่งพันธุ์ไม้โต
เร็วยังมีอีกหลายชนิดที่ยังไม่ได้ทำการศึกษา ซึ่งอาจจะให้ผลเป็นที่น่าพอใจกว่าไม้ทั้ง 4 ชนิดข้าง
ต้นก็ได้ จึงควรที่จะมีการทดลองในพันธุ์ไม้ชนิดอื่นเช่น กระถินเทพา สะเดาช้าง เป็นต้น

5.3.2 ในอดีตที่ผ่านมา การศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตมวลชีวภาพในดินเหมือนแร้งยังไม
กว้างขวางนัก โดยเฉพาะกับไม้ยืนต้น จึงเห็นควรที่จะมีการดำเนินงานทางด้านนี้เพิ่มมากขึ้น

5.1.5 การศึกษาคุณสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้างที่ปลูกพันธุ์ไม้ทั้ง 4 ชนิด เมื่อระยะเวลาผ่านไป 9 ปี พอสรุปผลการศึกษาดังนี้ คือ

ค่า pH ในดินมีแนวโน้มมากขึ้นจากก่อนปลูก โดยจากเดิมมีค่าอยู่ระหว่าง 4.1-4.5 เป็น 4.6-5.2

ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เปลี่ยนแปลงจาก 0.43-0.57 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.12-1.85 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณไนโตรเจน (N) เปลี่ยนแปลงจาก 0.53-0.59 ppm เป็น 0.56-0.82 ppm

ปริมาณฟอสฟอรัส (P) เปลี่ยนแปลงจาก 1.4-1.6 ppm เป็น 3.8-4.9 ppm

ปริมาณโปแตสเซียม (K) เปลี่ยนแปลงจาก 12-17 ppm เป็น 16-25 ppm

ปริมาณแคลเซียม (Ca) เปลี่ยนแปลงจาก 46-67 ppm เป็น 56-104 ppm

ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) เปลี่ยนแปลงจาก 12-30 ppm เป็น 26-64 ppm และ

ปริมาณกำมะถัน (S) เปลี่ยนแปลงจาก 41.7-50.4 ppm เป็น 26.4-36.7 ppm

ซึ่งปรากฏว่าพันธุ์ไม้ที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินมากที่สุด ได้แก่ ไม้กระถินณรงค์ เนื่องจากไม้กระถินณรงค์ เป็นไม้ในตระกูลถั่ว จึงทำให้มีปมรากที่ตรึงไนโตรเจนในดินได้ดี และเมื่อกิ่งหรือใบร่วงหล่นลงสู่พื้น ก็สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินได้ จึงทำให้ดินบริเวณนั้นมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าบริเวณที่ปลูกพันธุ์ไม้อื่น ๆ สำหรับแปลงที่ปลูกสนทะเล สนประดิพัทธ์ และยูคาลิปตัส ก็มีการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในดินตามลำดับ ตามปริมาณกิ่งใบ ที่ร่วงหล่นทับถมลงสู่พื้นดิน อีกทั้ง การที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแร่ธาตุมากขึ้น อาจเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกได้แก่ ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักที่ใส่รองพื้นหลุม ก่อนการปลูกก็เป็นได้

5.2 วิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ปรากฏว่า พันธุ์ไม้ที่มีความเหมาะสมที่สุด สำหรับใช้ปลูกในดินเหมืองแร่ร้าง คือ ไม้กระถินณรงค์ รองลงมาคือ ไม้สนทะเล สนประดิพัทธ์ และไม้ยูคาลิปตัสตามลำดับ เนื่องจาก ให้ผลผลิตตอบแทนในรูปของมวลชีวภาพ และปริมาณลำต้น มากน้อยตามลำดับ อีกทั้งยังทำให้มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดิน ได้แก่ pH OM N P K Ca Mg เพิ่มขึ้นด้วย

5.3.3 จากการศึกษาศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้บางชนิดและการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการที่ปลูกบนดินเหมือนแร่แล้วนั้นเป็นเพียงการศึกษารูปแบบหนึ่งที่จะใช้ในการจัดการ พื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้วเท่านั้น ดังนั้นผู้ศึกษาขอเสนอแนวทางในการปรับปรุงฟื้นฟูพื้นที่ภายหลังการทำเหมืองแร่แล้ว ดังกล่าวดังต่อไปนี้

- พื้นที่เพื่ออยู่อาศัยและอุตสาหกรรม
- พื้นที่เพื่อการกีฬาและพักผ่อนหย่อนใจ
- พื้นที่การเกษตรกรรม
- พื้นที่ปลูกป่าทดแทน
- พื้นที่สวนสาธารณะ
- พื้นที่สงวนสำหรับการศึกษามรดกชาติ
- พื้นที่แหล่งเก็บกักน้ำ
- พื้นที่สำหรับฝังกลบขยะ (ชั่วคราว)

5.3.4 การปรับปรุงพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้ว ไม่ควรคำนึงถึงการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างเดียวหนึ่งเป็นสำคัญ การใช้ประโยชน์ใดก็ตามที่มีการลงทุนน้อยที่สุดแต่สามารถลดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ควรนำมาพิจารณาเป็นอันดับแรกด้วย

5.3.5 การปรับปรุงพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้ว จะต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จเป็นแห่ง ๆ และทำให้เกิดประโยชน์คุ้มค่ามากที่สุด

5.3.6 การจัดการพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้วควรจัดทำให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะดิน ความสวยงามตามธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนต้องคำนึงถึงผลประโยชน์ และความต้องการของประชาชนในท้องถิ่นด้วย

5.3.7 การเลือกชนิดพืชที่จะปลูกสามารถคัดเลือกเป็นพืชปกคลุมหรือไม่ขึ้นต้นก็ได้ เพื่อความเหมาะสมและรวดเร็ว ทั้งนี้เพื่อให้ดินสามารถฟื้นคืนตัวได้เร็ว

5.3.8 การศึกษาควรมีการดำเนินการในพื้นที่อื่น ๆ ด้วย ทั้งนี้เพราะปัจจัยภายนอกอีกหลายตัวที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน สภาพภูมิประเทศ เป็นต้น



เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง รูปทรงอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของสวนป่าไม้เลี่ยน อายุ 4 ปี
ที่ปลูกด้วยความหนาแน่นต่างกัน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ, 2533

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา ปฐพีวิทยาเบื้องต้น คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
บางเขน กรุงเทพฯ, 2533

ชรินทร์ รุ่งเรืองศิลป์ สมบัติของดินภายหลังการทำเหมืองแร่ดีบุก วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2526

ชัยสิทธิ์ ตระกูลศิริพาณิชย์ การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนบางชนิดในท้องที่อำเภอ
ละอุ่น จังหวัดระนอง วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ,
2536

ชาชาติ ธรรมครองอาตม์ โครงการฟื้นฟูที่ดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้ว ข่าวสารการธรณี
(ธันวาคม 2527) กรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพฯ, 2528

นงนุช ทองเชตุ การทดแทนของสังคมพืชแลผลผลิตมวลชีวภาพในที่ดินเหมืองแร่ร้าง
วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2527

บพิตร เกียรติคุณินท์ ผลของความหนาแน่นต่อผลผลิตของสวนป่าไม้กระถินณรงค์
วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2528

บุญวงศ์ ไทยอุดสำห, สมศักดิ์ สุขวงศ์, สมคิด สิริพัฒนาดิลก, ชาญชัย ขาวภูมิ และวิสุทธิ์
สุวรรณภินันท์ การทดแทนของสังคมพืชในดินเหมืองแร่ร้าง เอกสารเสนอต่อ
ที่ประชุมวิชาการป่าไม้ประจำปี 2517 ขอนแก่น, 2517

บุญวงศ์ ไทยอุดสำห้ และนางนุช ทองเชตุ สังคมพืชบนที่ดินเหมืองแร่เก่า ในรายงาน
การประชุมสัมมนาปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงพื้นที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้ว
ณ จังหวัดภูเก็ต 8-11 พฤศจิกายน 2528 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ, 2528

บุญวงศ์ ไทยอุดสำห้ อดีต ปัจจุบัน และอนาคตของไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย วารสาร
สัปดาห์ 12(4) : กรมป่าไม้, 2530, 6-14

ปรีกมาส สุวรรณสิงห์, พงษ์เทพ จารุอำพรพรรณ, ชัยชาติ ธรรมครองอาตม์ และ ดุสิต
จันทร์กานต์ การปลูกไม้โตเร็วในพื้นที่ที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้ว กองสิ่งแวดล้อม
ทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพฯ, 2532

ประชุม สันติการ การเสื่อมคุณสมบัติของดินป่าดิบเขาภายหลังถูกแผ้วในช่วงเวลาต่างกัน
บริเวณดอยปุย เชียงใหม่ วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ, 2516

พงษ์เทพ จารุอำพรพรรณ การฟื้นฟูสภาพหลังการทำเหมือง เอกสารประกอบการประชุม
ทางวิชาการเรื่องผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ต่อสิ่งแวดล้อม ณ จังหวัดเชียงใหม่
12-13 พฤษภาคม 2531 กองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพฯ 2531

พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ วนวัฒนวิทยาชั้นสูง เล่ม 1 ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2522

พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ, วิสุทธิ์ สุวรรณภินันท์, สันต์ เกตุปราณีต และ วิรัตน์ ดันภิบาล
ผลผลิตมวลชีวภาพของไม้กระถินณรงค์ อายุ 8 ปี ที่ปลูกบนดินเหมืองแร่ เอกสาร
เสนอต่อที่ประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2522 กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ, 2522

พงษ์ศักดิ์ สหนาฟู, พิทยา เพชรมาก, จักรพล จักรพลวรฤทธิ์ และ ปรีชา ธรรมานนท์
ผลของความหนาแน่นของการปลูกป่าต่อผลผลิตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดู
เลนซิส ที่ปลูกเพื่อการประยุตระบบวนเกษตร วารสารวนศาสตร์ 6(3) ; 2530,
213-238

พิทยา เพชรมาก และ จักรพล จักรพลวรฤทธิ์ การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส
โดยระบบวนเกษตร ในการฝึกอบรมหลักสูตรการปลูกสร้างสวนป่า รุ่นที่ 6
กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ, 2528

พิสุทธิ วิจารณ์ ลักษณะของดินภายหลังการทำเหมืองแร่ ในรายงานการประชุมสัมมนา
ปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้ว ณ จังหวัดภูเก็ต
8-11 พฤศจิกายน 2528 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2528

พิสุทธิ วิจารณ์ และ ปุณณู เผ่าศรีทองคำ รายงานการศึกษาลักษณะดินในบริเวณ
เหมืองแร่ร้าง ที่จังหวัดพังงา ภูเก็ต และระนอง เอกสารทางวิชาการเล่มที่ 22
กองสำรวจดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2521

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา ปฐพีวิทยาเบื้องต้น พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ คณะเกษตร
มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, 2519

มโนชญ์ มาตรพลากร การทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมสำหรับปลูกบนที่ดินเหมืองแร่เก่า
ท้องที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ, 2533

มานพ กำจรเจิด ผลของการตัดสาขายาระยะและใส่ปุ๋ยต่อคุณสมบัติทางเคมีของดิน เคมีของ
ดินในสวนสน กรุงเทพฯ ปัญหาพิเศษปริญญาโท สาขาวนวัฒนวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2519

วิรัตน์ ตันภิบาล มุลดินเหมืองแร่ กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2510

วิรัตน์ ตันภิบาล ระดับปุ๋ยกับผลผลิตมะม่วงหิวนพันธุ์ที่ปลูกบนดินเหมืองแร่ดิบบุก อำเภอดงแก้ว จังหวัดพังงา สายงานบำรุงดิน กองบริการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ, 2519

วิรัตน์ ตันภิบาล และ บุญณรงค์ ธานีรัตน์ ระดับปุ๋ยกับการปลูกยูคาลิปตัส ที่ปลูกบนที่ดินเหมืองแร่ดิบบุกตะกั่วป่า ในรายงานการประชุมวิชาการกองบริการที่ดิน ครั้งที่ 3 ณ โรงแรมเอเชียพญา เมืองพญา 13-16 มีนาคม 2527 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ, 2527

วิรัตน์ ตันภิบาล และ พงษ์ศักดิ์ สหนาฟู การทดลองปลูกพรรณไม้ป่าบนที่ดินเหมืองแร่แล้ว ในรายงานการประชุมสัมมนาปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้ว ณ จังหวัดภูเก็ต 8-11 พฤศจิกายน 2528 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2528

วิรัตน์ ตันภิบาล และ อภิรัตน์ อัมเอบ อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสนประติพัทธ์ที่ปลูกบนดินเหมืองแร่ รายงานวิจัย ฝ่ายปรับปรุงดินเสื่อมโทรมการอนุรักษ์ดิน และน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ, 2532

วันชัย วิจารณ์ท์ การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในบริเวณป่าดิบเขา จังหวัดเชียงใหม่ กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525

ศฤงคาร สีเหลือง, อุทัย ชาญสุข, เกรียงศักดิ์ ศรีเงินขวง, วรพจน์ ทองอุปการ, สาโรจน์ ประพันธ์ และ สมศักดิ์ วันสสกุล การสำรวจปริมาณไม้ยูคาลิปตัส ในท้องที่จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ทุมพร และระนอง รายงานวิจัย เสนอต่อบริษัทเชื้อกระดาศสยาม จำกัด, 2530

สาขันธ์ สุรภาพไมตรี ผลของความหนาแน่นต่อผลผลิตของสวนป่าไม้สัก วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2529

สาขชล สีแดง การวิเคราะห์ทางการเงินของการปลูกไม้ฝนนบนที่ดินเหมืองแร่เก่า อำเภอ
บ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพฯ, 2535

สมพงษ์ ภาครูป ลักษณะโครงสร้างของพรรณพืชในป่าดิบชื้นเขาสก จังหวัดสุราษฎร์ธานี
กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน คู่มือประกอบคำบรรยายความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2518

สุวิทย์ วรรณประดิษฐ์ ความหนาแน่นและลักษณะโครงสร้างของผลผลิตของสวนป่าไม้
สะเดา อายุ 2 ปี วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ,
2532

อภิรักษ์ อนันตศิริวัฒน์ ผลผลิตมวลชีวภาพกับสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้าง บางม่วง
ตะกั่วป่า พังงา วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2529

อำไพ เลขาวีวัฒนกุล และ สมบูรณ์ บุญยีน การศึกษาและดูงานที่สถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์
บางม่วง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ในรายงานการประชุมสัมมนาปัญหาและแนวทาง
ในการปรับปรุงพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้ว ณ จังหวัดภูเก็ต 8-11 พฤศจิกายน 2528
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ, 2528

- Adam, W.A. 1973. the effect of organic matter on the bulk and densities of some uncultivated podzolic soils. *J. Soil Sci.* 24:10-17
- Anderson, D.W. 1977. Early stage of soil formation on glacial till mine spoils in a semiarid climate. *Geoderma*. 19:11-19
- Baker, F.S. 1950. Principle of Silviculture. McGraw-Hill Book company, Inc., New York. 414 p.
- Baskerville, G.L. 1965. Dry Matter Production in Immature Fir Stands. *Forest Sci. Monogr.* 9:1-42
- Bailey, D; A.P. Mazurak. and J. R.Rosowski. 1973. Aggregation of soil particles by slgae. *J. Phycol.* 9:99-101
- Bodman, G.B. and G.K. Constantin. 1965. Influence of particle - size distribution on soil compaction. *Hilgardia* 36:567-591
- Bruce, D. and F.X. Schumacher. 1950. Forest Mensuration. 3d ed., McGraw-Hill book Company, Inc., New York. 483 p.
- Chapman, S.B. 1976. Production Ecology and Nutrient Budgets, pp. 157-229. In *Methods in Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publication, London.
- Chapman, V.J. 1975. Mangrove Biogeograph, pp. 1-22. In G.E. Walsh. S.C. Snedacer and H.J. Teas (eds.) *Proc. Int. Symp. Biol. Manager. Mangr., Inst. Food Agri. Sci, Univ. Florida, Gainesville, Florida.*
- Costigan, P.A. 1978. Characterization and treatment of acid procicing colliery Spoil, pp. 987-993. In M.K. Wali (ed.). *Ecology and coal Resource Development*. Pergamon Press, New York.
- Charley, J.L. Mineral cycling in range land ecosystem. in R.E. Sosobee. (ed.). 1977. *Rangeland plant physiology*. Denver Colorado : Society for Range Management. p. 215-256.
- Costigan, P.A. characterization and treatment of acid prodicing colliery spoil. in M.K. Wali (ed.) 1978. *Ecology and Coal Resource Development*. New York : Pergamon Press. p. 987-993

- Cumming, D.G : W.T. Plass. and C.E. Gentry. 1956. Chemical and physical of spoil bank in eastern Kentucky coal fields. U.S.D.A., Forest Service, Central States Forest Expt. Sta. Res. Paper CS-17.
- Cunningham. P.K. 1963. The effect of clearing a tropical Forest soil. J.Soil Sci. 14(2) : 334-345
- Curry, R.R. Biogeochemical limitations of western reclanation. in M.K. Wali (ed.). 1978 Practices and Problems of Land Reclamation in Western North America. Grand Forks, Univ. North Dakota press.
- Curtis, W.R. 1971. Strip mining erosion and sedimentation. Am. Soc. Agric. eng. Trans. 14(3) : 434-436
- Harthill, M., and C.M. McKell. Ecology Stability-is this a realistic goal for arid land rehabiitation. in M.K. Wali (ed.). 1978. Ecology and Coal Resource Development. New York : Pergamon press. p. 557-567
- Hendry. G.R. 1981. Effect of Acidification on Aquatic Primary Producers and Decomposers. Rep. No. BBL-29793. New York : Brookhaven national Laboratory.
- Hocker, H.W., Jr. 1979. Introduction of Forest Biolgy
- Hunt, C.F. and W.E. Sopper (1973). Renovation of treated municipal sewage effluent and digested liquids sludge through irrigation of bituminous coal strip mine spoil. Pa. State univ. Sch. for. Res. Briefs. 7(1) : 11-14
- Husch, B., C.I. Miller and T.W. Beers. 1972. Forest Mensuration. The ronald Press Company, New York. 410 p.
- Kira, T. and T. shidei. 1967. Primary Production and Turnover of Organic matter in Different forest Ecosystems of the Western Pacific. Jap. J. Ecol. 17 :70-87.
- Kittredge, J. 1944. Estimation of the Amount of Foliage of Trees and Stands. J. For. 42 : 905-912.
- Korstian, C.F. and T.S. Coile. 1983. Plant competition in forest Stands School For. Duke Univ. bull. 3. 125 p.

- Kollman, A.L. Amendment effects on spoil properties and plant productivity. in M.K. Wali (ed.). 1978. *Ecoogy and Coal Resource Development*. New York : Pergamon Press. p. 934-950.
- Kvet, J., J.P. Ondok, J. Necas and P.G. Jarvis. 1971. *Method of Growth Analysis*, pp. 648-752. In Z. Sestank. J. Catsky and P.G. Jarvis. *Plant Photosynthetic Production : Manual of Methods*. the Hauge ; Dr. W. Junk, Versailles.
- McKeague, J.A. and R.J. St. Arnaud. 1969. Pedotranslocation ; Eluviation-illuviation in soil during the Quaternary. *Soil Sci.* 107 : 428-434.
- Monsi, M. and T. Saeki. 1953. *Über den Lichtfaktor inden Pflanzenge-sell schaften und seine Bedeutung fur die Stoffproduktion*. Cited by เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง
รูปทรงอัตราการเจริญเติบโตของสวนป่าไม้เลื้อย อายุ 4 ปี ที่ปลูกด้วยความหนาแน่น
ต่างกัน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
- Munshowr, F.F. and D.R. Neuman. Trace element concentration in plant from reegetated strip mine lands and native range in Southeastern Montana. in M.K. Wali (ed.). 1978. *Ecology and Coal Resource Development*. New York ; Perganmon press. p. 885-891.
- Necker, J.W. and C.R. Walker. 1952. Field test for active sulfides in soil. *Soil Sci.* 74 ; 467-470.
- Newbould, P.J. 1967. *Methods for Estimating the Primary Production of Forests*. Blackwell Scientific Publication, Oxford. 62 p.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia : W.B. Saunders 574 p.
- Ovington. J.D. 1957. Dry Matter Production by *Pinus sylvestris*. *Ann. Bot.* 21 : 288-314.
- Riley, C.V. Chemical alterations of strip mined spoil by furrow grading-revegetation sucess. in R.J. Hutnik and G. Davis (ed.). 1973. *Ecology and Reclamation of Devastated Land*. London : Gordon and Breach. p. 315-331
- Riley. C.V. 1978. Spoil chemistry as modified by surface topography and precipitation, pp. 820-829. In M.K. Wali (ed.). *Ecology and Coal Resource development*. Pergamon Press, New York.

- Satoo, T. and M.Senda. 1958. Materials for the Studies of Growth in stand. Iv. Amount of Leaves and Production of Wood in Young Plantation of *chamaecyparis obtusa*. bull. tokyo Univ. For. 54 : 71-100.
- Schafer, W.M. and G.A. Nielsen. Soil development and plant succession on mine spoils in Southern Montana. in M.K. Wali (ed.). 1978. Ecology and Coal Resource Development. New York : Pergamon Press.
- Shinozaki, K., K. Yoda, K. Hozumi and t. Kira. 1964. A Quantitative Analysis of Plant Form : The Pipe Modle theory. I. Basic Analysis. Jap. J. Ecol. 14 : 97-105.
- Shubert, L.E. and Y.L. Stark. Algal succession on orphaned coal mine spoil. in M.K. Wali (ed.). 1978. Ecology and Coal Resource Development. New York ; Pergamon Press.
- Spurr, S.H. 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company., New York. 467 p.
- Thompson, L.M. 1957. Soil and Soil Fertility. New York : John Willey and Son Inc.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. soil Fertility and Fertilizer. 3rd ed. New York : Macmillan Publishing Co. Inc.
- Tourney, J.W. 1947. foundations of siliviculture : Upon and Ecoogical Basis. John Wiley & Sons., Inc., New York. 468 p.
- Whittaker, R.H. and G.M. Woodwell. 1971. Measurement of Net primary Production of Forest. UNESCO, Paris. 197 p.
- Wilson, H.A. 1965. The microbiology of strip mine spoil. W. Va. Agr. Expt. Sta. Bull. 506 t : 5-44.
- Yamamoto, T. 1978. Mixing overburden to simulate soil Condition, pp. 791-797. In M.K. Wali (ed.). Ecology and Coal Resource Development. Pergamon Press, New York.



คำจำกัดความ

Do	=	เส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับชดดิน
DBH	=	เส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดิน
HT	=	ความสูงทั้งหมด
DBH ² .HT	=	เส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดินยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด
W _s	=	มวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น
W _b	=	มวลชีวภาพส่วนที่เป็นกิ่ง
W _l	=	มวลชีวภาพส่วนที่เป็นใบ
W _t	=	มวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด
Vol	=	ปริมาตรลำต้น
R ²	=	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด
R	=	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
S.D.	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน