



รายงานวนศาสตร์วิจัย

FOREST RESEARCH BULLETIN

เล่มที่ ๔๘

NUMBER 48

มกราคม ๒๕๒๐

JANUARY 1977

ห้องสมุดคณะวนศาสตร์  
FACULTY OF FORESTRY LIBRARY

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของลำไม้ไผ่สามชนิด  
PHYSICAL PROPERTIES OF THREE THAI BAMBOOS

วิรัช ชื่นวาริน

WIRAJ CHUNWARIN

คณะวนศาสตร์

FACULTY OF FORESTRY

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

KASETSART UNIVERSITY

กรุงเทพฯ

BANGKOK 9, THAILAND

1 ๒๗๓๖

รายงานงานวิจัย

FOREST RESEARCH BULLETIN

เล่มที่ ๔๘

NUMBER 48

มกราคม ๒๕๒๐

JANUARY 1977

ห้องสมุดคณะวนศาสตร์  
FACULTY OF FORESTRY LIBRARY

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของลำไม้ไผ่สามชนิด

PHYSICAL PROPERTIES OF THREE THAI BAMBOOS

วิรัช ชื่นวาริน

WIRAJ CHUNWARIN

คณะวนศาสตร์

FACULTY OF FORESTRY

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

KASETSART UNIVERSITY

กรุงเทพฯ ๘

BANGKOK 9, THAILAND

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(๓)
สารบัญภาพ	(๕)
Abstract	(๕)
คำนำ	•
การตรวจเอกสาร	•
ชนิดของไม้ไม้	๗
วิธีการทดลอง	๗
ผลและการวิจารณ์ผล	๑๒
๑. ความกว้างจำเพาะและการพองตัวโดยปริมาตร	๑๒
๒. การดูดและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่	๒๐
๓. ความต้านทานต่อการระเหยไฟฟ้า	๒๓
สรุปผลการทดลอง	๓๓
เอกสารอ้างอิง	๓๔

## สารบัญตาราง

## ตารางที่ (Table)

หน้า

- |   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | The specific gravity ( $G_o$ ) based on oven-dry volume and percent volumetric swelling ( $S_w$ ) of the entire culm wall and of the outer and inner portions of the culm wall. | ๑๓ |
| 2 | The outer to the inner portion ratio of specific gravity and the percent cross section area of vascular bundles.  | ๑๖ |
| 3 | The t test for statistical significance of the specific gravity ( $G_o$ ) and swelling ( $S_w$ ) between the inner and outer portions of the culm wall.                         | ๑๗ |
| 4 | Analysis of variance for the variation of specific gravity ( $G_o$ ) and swelling within and among three species of bamboo.   | ๑๘ |
| 5 | The equilibrium moisture contents (%) for adsorption (A) and desorption (D), and the ratio A/D, and the calculated fiber-saturation points (FSP).                               | ๒๑ |
| 6 | Hailwood and Horrobin coefficients of the adsorption isotherm at 25°C for three species of bamboo from the inner and outer portions of the culm wall.                           | ๒๖ |
| 7 | Equilibrium moisture content (EMC) and resistivity r of bamboos at different relative humidities.   | ๒๗ |
| 8 | Regression coefficients A and B and the correlation coefficient for the fitted equation, $\log r = A - B \log M$ , of 5 culms from each of three species of bamboo.             | ๓๘ |

(6)

ตารางที่ 1 (Table)

๖  
๗๗

- |    |   |    |
|----|---|----|
| 9  | Analysis of covariance of slope and regression of the regression curves of log resistivity vs. log moisture content of the different portions of the culm wall in three species of bamboo.              | ๑๒ |
| 10 | Analysis of covariance of slope and regression of the regression curves of log resistivity vs. log moisture content of the central portion of the culm wall from five culms in three species of bamboo. | ๑๓ |
| 11 | Analysis of covariance of slope and regression of the regression curves of log resistivity vs. log moisture content of the pooled central portions from five culms of each species.                     | ๑๔ |

## สารบัญภาพ

ภาพ (Figure)	(Figure)	หน้า
1	Circuit diagram for measuring the D.C. resistance of wood.	๑๐
2	The adsorption isotherms at 25°C for the inner and the outer portions of the culm wall from <u>B. arundinacea</u> .	๒๒
3	The adsorption isotherms at 25°C for the inner and the outer portions of the culm wall from <u>D. membranaceus</u> .	๒๓
4	The adsorption isotherms at 25°C for the inner and the outer portions of the culm wall from <u>T. siamensis</u> .	๒๔
5	Regression curves of log resistivity vs. log moisture content at 25°C of the different portions of the culm wall in <u>B. arundinacea</u> .	๓๐
6	Regression curves of log resistivity vs. log moisture content at 25°C of the different portions of the culm wall in <u>D. membranaceus</u> .	๓๑
7	Regression curves of log resistivity vs. log moisture content at 25°C of the different portions of the culm wall in <u>T. siamensis</u> .	๓๒
8	Regression curves of pooled log resistivity vs. log moisture content at 25°C of the central portion of the culm wall in three species of bamboo.	๓๕

Abstract

Physical Properties of Three Thai Bamboos

Some physical properties, i. e. specific gravity, swelling, sorption isotherms, and electrical resistivity, of three Thai bamboos, namely, Bambusa arundinacea (Retz.) Willd., Dendrocalamus membranaceus Munro, and Thyrsostachys siamensis Gamble, were determined in order to find the relationships between the physical properties and the anatomical structure or chemical constituents, and to compare to those of wood.

The patterns of variation of specific gravity and swelling across the internode culm wall were governed by the distribution of the fibrovascular bundles. The specific gravity did not have as much effect on the degree of water swelling of bamboo as it does in wood. The variations of specific gravity and swelling among culms within a species and among species were highly significant.

The sorption isotherms of bamboo are similar to those for wood. The adsorption isotherms were consistently higher for the inner portion of the culm wall for all three species at the higher humidities, but were identical at low humidities. The variation among species were not pronounced.

The electrical resistivity of bamboo is also comparable to wood. The variation within the culm wall was not consistent, and there were variations among different culms in the

11  
(26)

same species. The electrical resistivity of B. arundinacea was significantly higher than that of the other two species, between which there was no significant difference.



## คำนำ

การวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของต้นไม้ใบสามชนิดนี้ ได้กระทำสืบเนื่องจากการวิจัยเรื่องลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของต้นไม้ใบสามชนิด (วิรัช ชื่นวาริน ๒๕๑๕) การวิจัยนี้มุ่งที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของต้นไม้ใบกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ รวมทั้งความคล้ายคลึงหรือแตกต่างกันระหว่างเนื้อไม้ใบกับเนื้อไม้ทั่ว ๆ ไปด้วย ผลที่ได้จากการทดลองอาจนำไปใช้ในด้านเทคโนโลยีของการใช้ประโยชน์ไม้ใบ ซึ่งยังมีผู้ศึกษาน้อยกว่าเนื้อไม้ทั่ว ๆ ไป

## การตรวจเอกสาร

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อไม้แปรผันไปตามลักษณะโครงสร้าง องค์ประกอบของผนังเซลล์ และปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้นและอุณหภูมิ รายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อไม้ อาจหาอ่านได้ในตำราหลายเล่ม อาทิเช่น Kollmann และ Côté (1968) Panshin และ de Zeeuw (1970) Skaar (1972) และ Stamm (1964)

เนื้อไม้และไม้ใบมีองค์ประกอบเคมีคล้ายคลึงกัน ดังนั้นจึงเป็นที่คาดว่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัตถุทั้งสองที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี น่าจะคล้ายคลึงกันด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การเรียงตัวของเซลล์และเนื้อเยื่อของวัตถุทั้งสองแตกต่างกัน และน่าจะทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างแตกต่างกันไปด้วย

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่ทำการวิจัย ได้แก่ ความถ่วงจำเพาะ การดูดและการคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ พฤติกรรมเกี่ยวกับการหดตัวและพองตัว และความต้านทานต่อการแสร้งไฟฟ้า

### ๑. ความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะหมายถึงอัตราส่วนระหว่างมวลของปริมาณสารต่อมวล

ของน้ำที่มีปริมาตร เท่ากัน ๗ ลูกหม้อมี ๘"ซ. เนื่องจากทั้งมวลและขนาดของเนื้อไม้รวมทั้งวัสดุที่ติดและคายน้ำอื่น ๆ เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความชื้นของวัตถุนั้น ๆ จึงจำเป็นต้องหาความถ่วงจำเพาะที่สถานะของปริมาณความชื้นที่เฉพาะเจาะจงลงไป น้ำหนักที่ใช้ในการหาความถ่วงจำเพาะเป็นน้ำหนักอมแห้ง ส่วนปริมาตรมักใช้ที่สถานะสด ความถ่วงจำเพาะที่หาจากน้ำหนักและปริมาตร กังกลาว มีชื่อเรียกต่างกันไปหลายชื่อ เช่น ความถ่วงจำเพาะหรือความแน่นมูลฐาน (basic specific gravity on density) ความแน่นทั้งหมด (bulk density) หรือความถ่วงจำเพาะปกติ (normal specific gravity) นอกจากนี้แล้วความถ่วงจำเพาะของเนื้อไม้หรือไม้ไผ่ยังหาได้จากปริมาตรหนึ่งแห่ง (ปริมาณความชื้น ๑๒ %) หรืออบแห้งอีกด้วย (Elliott 1970)

ความถ่วงจำเพาะของไม้บ่งถึงปริมาณของสารที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ในเนื้อไม้ ในกรณีของไม้ไผ่ การกระจายของมัลล่อน้ำพื่ออาหารมีส่วนสำคัญในการแปรผันของความถ่วงจำเพาะ ในส่วนต่าง ๆ ของลำ ทั้งนี้เนื่องจากมัลล่อน้ำพื่ออาหารประกอบด้วยไฟเบอร์ที่มีผนังหนาเป็นส่วนใหญ่

ความถ่วงจำเพาะมูลฐานของไม้ไผ่โตหัวน ๑๔ ชนิด มีค่าอยู่ระหว่าง ๐.๒๖ - ๐.๓๒ และที่หาจากปริมาตรอมแห้งอยู่ระหว่าง ๐.๓๖ - ๐.๕๔ ตามการค้นพบของ Chiang (1973) เขายังได้พบอีกว่าความถ่วงจำเพาะของสารที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ในไม้ไผ่ชนิดต่าง ๆ กังกลาว โดยให้นำเป็นตัวแทนที่ผันแปรไปจาก ๑.๓๗ ± ๐.๑๔ ถึง ๑.๖๗ ± ๐.๑๒

ความถ่วงจำเพาะของไม้ไผ่ชนิดหนึ่งชนิดใด ผันแปรไปตามอายุของลำไม้ไผ่และตำแหน่งที่อยู่ในลำ Sharma และ Mehra (1970) ได้รายงานผลของไม้ไผ่ (Dedrocalamus strictus Nees) ออกเป็นสี่ส่วนเท่า ๆ กันตามแนวรัศมีหรือความหนาของผนังปล้อง และหาความถ่วงจำเพาะจากน้ำหนักและปริมาตรอมแห้งของแต่ละส่วน ได้พบความคาดหมายว่า ส่วนนอกสุดของผนังปล้องมีความถ่วงจำเพาะสูงที่สุด (๐.๕๖๑) ความถ่วงจำเพาะค่อย ๆ ลดลงไปตามส่วนที่อยู่ถัดเข้าไปข้างใน เป็น ๐.๕๒๗ และ ๐.๓๔๔ ตามลำดับ แต่ส่วนในสุดมีความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้น

เล็กน้อย เป็น ๐.๗๗๐

ความฉวมจำเพาะที่หาจากน้ำหนัก และปริมาตรของไผ่ (Bambusa arundinacea (Retz.) Willd.) ที่ปลูกใน ปอร์โต ริโก แปรผันไป ระหว่าง ๐.๔๓ - ๐.๖๔ ในส่วนต่าง ๆ ของปล้อง ไผ่มีค่าเฉลี่ย ๐.๕๔ นอก จากนั้นแล้ว ก็ยังพบว่า ความฉวมจำเพาะของซ็อกจะต่ำกว่าที่เป็นของปล้อง (Shargava 1968)

๒. การดูดและคายน้ำ

ความสามารถในการดูดและคายน้ำ (hygroscopicity) ก่อให้เกิด ขึ้นโดย อนุภาคไฮดรอกซิล ซึ่งส่วนใหญ่พบในโมเลกุลของ เซลลูโลส และสารพวกโพลีแซคคาไรด์ ที่ไม่ใช่เซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเนื้อไม้ โมเลกุลของน้ำถูกยึด โดยแรงที่เรียกว่า "แรงยึดทุติยภูมิ" (secondary valence force) หรือรู้จัก กันในนามของแรงยึดไฮโดรเจน (hydrogen bonding) ของอนุภาคไฮดรอกซิล เหล่านี้

น้ำที่อยู่ในช่อง เซลล์ของเนื้อไม้ หรือว่าติดกันที่คล้ายคลึงกัน แบ่งออกได้ เป็นสองประเภท ประเภทหนึ่งเป็นน้ำที่เกาะอยู่ที่อนุภาคไฮดรอกซิลเป็น โมเลกุลแรก จึงมีแรงยึดค่อนข้างจะแข็งแรง มีชื่อเรียกโดยเฉพาะว่า "water of hydration" หรือ "monomolecularly bound water" ประเภทที่สองเป็น โมเลกุลของน้ำที่ เกาะต่อจากโมเลกุลแรก ซึ่งอาจจะมีจำนวนหลายโมเลกุล และมีแรงยึดที่อ่อนกว่า ประเภทแรก เรียกว่า "dissolved water" หรือ "multilayered water"

ปริมาณความชื้นทั้งหมดของผนังเซลล์ เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความชื้นไอน้ำ สัมผัสของอากาศ ค่าสมดุลที่อุณหภูมิ และความชื้นของบรรยากาศ ระดับหนึ่ง ระดับใด เรียกว่า ปริมาณความชื้นสมดุล (equilibrium moisture content - E.M.C.) EMC ของการคายน้ำ (desorption) สูงกว่า ที่เป็นของการดูดน้ำ (adsorption) (Skaar 1972; Stamm 1964) เนื่องจากการดูดและคายน้ำได้รับผล กระทบจากอุณหภูมิ ดังนั้นจึงได้ใช้ การดูดและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ (sorption isotherm)

### คำว่าไฮสเตรสิสของการดูดและคายน้ำ (sorption hysteresis)

หมายถึงความแตกต่างของเส้นกราฟการดูดและคายน้ำ เมื่อนำค่าปริมาณความชื้นสมดุลที่พลอตกับความชื้นสัมพัทธ์ของไม้ที่อุณหภูมิคงที่ อัตราส่วนไฮสเตรสิส (A/D) คืออัตราส่วนของปริมาณความชื้นสมดุลในการดูดน้ำ (A) ต่อที่มีในการคายน้ำ (D) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ระดับหนึ่งระดับใด และที่อุณหภูมิคงที่ มีค่าอยู่ระหว่าง ๐.๘ ถึง ๐.๙ ขึ้นอยู่กับไม้และอุณหภูมิ (Skaar 1972; Stamm 1964)

Skaar (1972) และ Stamm (1964) ได้กล่าวถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบกระเทือนต่อการดูดและคายน้ำของเนื้อไม้ สัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีของไม้ขึ้นอยู่กับระหว่างไม้ตระกูลสนและไม้ใบกว้าง ถึงแม้ความสามารถในการดูดและคายน้ำของไม้ไม้จริงควรจะคล้ายคลึงกับของเนื้อไม้

### ๓. การหดตัวและพองตัว

การหดตัวและพองตัวของเนื้อไม้มักจะเกิดขึ้นเมื่อไม้สูญเสียหรือได้รับความชื้นเพิ่มขึ้น ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปคามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะบรรยากาศ การดูดและคายน้ำเกิดขึ้นบนผิวหน้าของส่วนคริสต์ลิต์ของไม้แตกเซลลูโลสที่ติดกันเป็นลูกโซ่ และในส่วนที่อยู่รอบ ๆ คริสต์ลิต์หรือส่วนอนอร์ทีส ระหว่างโมเลกุลลูโกโซของเซลลูโลสที่มีการเรียงตัวเป็นระเบียบน้อยกว่า การหดตัวและพองตัวส่วนใหญ่เกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับทิศทางการเรียงตัวของไมโครไฟบริล (Stamm 1964)

การหดตัวและพองตัวของผนังเซลล์ของเนื้อไม้ มักจะเกิดออกไปทางคานนอก มากกว่าเข้ามาทางคานใน โดยที่ช่องว่างภายในเซลล์ยังคงมีขนาดคงที่ (Stamm 1964) ความเป็นเหตุนี้จึงมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระหว่างความกว้างเฉพาะ และขนาดของการหดตัวและพองตัวของเนื้อไม้ แต่ค่าความลาดเอียงเฉลี่ยของกราฟเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทั้งสองอย่างนี้แตกต่างกันไปในกลุ่มต่าง ๆ ของชนิดไม้ (Kelsey 1963; Stamm 1964)

การหดตัวและพองตัวที่แตกต่างกันในคานต่าง ๆ เป็นปรากฏการณ์ที่รู้จักกันดี

ของเนื้อไม้ ซึ่งมีความสำคัญมากในการใช้ประโยชน์ของเนื้อไม้ การหาค่าความยาวของไม้ปกติจากสภาพสด ถึงสภาพอบแห้งอยู่ระหว่าง ๐.๑ ถึง ๐.๓ เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับ การหาค่าความยาวซึ่งอยู่ระหว่าง ๓.๐ ถึง ๑๐.๐ เปอร์เซ็นต์

Kelsey (1963) ได้รวบรวมสมมติฐานต่าง ๆ ที่เสนอขึ้นมาเพื่ออธิบายปัจจัยที่ควบคุมขนาดของการหดตัวและพองตัวของไม้ ทฤษฎีซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางที่สุดนั้น ถือตามมุมมองของเกลียวไมโครไฟบริลในผนังเซลล์ทึบที่มีโดยเฉพาะชั้น  $S_2$  ที่หนา ขนาดของการหดตัวของไม้เพิ่มขึ้นเมื่อมุมระหว่างเกลียวไมโครไฟบริลที่ทำกับแกนยาวของเซลล์เพิ่มขึ้น (Kelsey 1963; Skaar 1972)

นอกจากนี้ยังมีการหดตัวและพองตัวของไม้ที่ไม้เท่ากันเองอีกด้วย กล่าวคือ การหดตัวทางเส้นแวนสูงกว่ทางเส้นเรเดียลประมาณ ๑.๕ ถึง ๒.๕ เท่า ในระหว่างปริมาณความชื้นที่กำหนดให้เท่า ๆ กัน ทฤษฎีบางทฤษฎีที่เสนอขึ้นมาเพื่ออธิบายความแตกต่างระหว่างขนาดของการหดตัวทางเส้นแวน เรเดียลและเรเดียลได้รวบรวมไว้โดย Skaar (1972) ทฤษฎีเหล่านี้แบ่งออกได้เป็นสามกลุ่มด้วยกัน คือ พวกหนึ่งถือตามลักษณะโครงสร้างของเนื้อไม้ เช่น ทฤษฎีการชักขวางของรังสี และทฤษฎีปฏิกิริยาของเนื้อไม้กับเนื้อไม้ละลายลิกนิน อีกพวกหนึ่งถือตามการเรียงตัวของไมโครไฟบริล และพวกที่ถือตามความแปรผันของชั้นต่าง ๆ ของผนังเซลล์

ในไม้ไผ่ถึงแม้ว่าจะไม่มีรังสี แต่ก็ยังมีความแตกต่างในการหดตัวและพองตัว Chiang (1973) ได้วัดการหดตัวของไม้ตามแนวรังสี ตามแนวเส้นสัมผัส และตามปริมาตรของไม้ไผ่พื้นเมือง ๑๔ ชนิดของไทย และพบว่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวของไม้มีตั้งแต่ ๐.๒๖ ถึง ๐.๖๑ ตามแนวรังสี จาก ๐.๘๐ ถึง ๓.๕๘ ตามแนวสัมผัส จาก ๑.๘๒ ถึง ๔.๒๘ และตามปริมาตรจาก ๒.๘๘ ถึง ๑๗.๒๕ เปอร์เซ็นต์ ทั้งแอสคจนถึงอบแห้ง ส่วนใหญ่ของอัตราส่วนระหว่างการหดตัวตามแนวสัมผัส ต่อการหดตัวตามแนวรังสีมีอยู่ระหว่าง ๑.๐๑ ถึง ๑.๒๒ การหดตัวตามเส้นผ่าศูนย์กลาง (๑๓.๕๐ %) ของปล้องต่ำกว่าการหดตัวตามความหนาของปล้อง (ตามแนวรังสี = ๑๖.๕๑ %) ในไม้ไผ่ (*Bambusa arundinacea* (Retz.) Willd.) ตามการวัดของ Rehman และ Mehra (1970) การหดตัวตามเส้นผ่าศูนย์กลางของปล้อง และการหดตัวตาม

แนวแทนแทนต์ของซิมไมไม่เเกิดบจะเท่ากัน ตามการทดลองของ Sharma และ Mehra (1970) การหาค่าความแนวแทนแทนต์ของความหนาแน่นปล่องทั้งหมด เชื่อกันว่าอยู่ในความควบคุมของการหาค่าในแนวเดียวกันของซิมที่อยู่รอบ ๆ ซึ่งมีความจงใจเฉพาะและการหาค่าสูงที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจอธิบายได้โดยความเครียดที่เกิดขึ้นระหว่างระยะเวลาการทำให้แห้ง เนื่องจากขนาดของการหาค่าที่ไม่เท่ากันของเนื้อเยื่อที่อยู่ติดกัน (Sharma and Mehra 1970)

Narayanamurti และ Gupta (1962) ได้หาความจงใจเฉพาะความชื้นที่เกิดจากการพองตัว และการพองตัวของไมเ็นทกชนิด ความชื้นที่เกิดจากการพองตัวของไมเ็นอยู่ระหว่าง ๘.๒๑ ถึง ๒๓.๘๐ กก./ลบ.ซม. และส่วนนอกของผนังปล่องมีค่าสูงกว่าที่เป็นของส่วนที่อยู่ภายในของปล่องเดียวกัน

๘. ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้า

ไมเ็นเป็นฉนวนต่อกระแสไฟฟ้า แต่ความต้านทานจำเพาะต่อกระแสไฟฟ้าของเนื้อไมลดลง เมื่ออุณหภูมิและปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น มีผู้ทดลองหลายคนพบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระหว่างลือกการซึมของความต้านทานจำเพาะ และเศษส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ในพิสัยของปริมาณความชื้นในผนังเซลล์ ความสัมพันธ์เปลี่ยนแปลงไปเป็นโค้งน้อย ๆ ที่ปริมาณความชื้นสูง ๆ (Lin 1965)

ความสัมพันธ์ระหว่างลือกการซึมของความต้านทานจำเพาะ และปริมาณความชื้นในเนื้อไมเป็นเส้นตรงจากสภาพอบแห้ง จนถึงปริมาณความชื้น ๗ เปอร์เซ็นต์ เมื่อปริมาณความชื้นขึ้นไปจนถึงจุดหมาก ลือกการซึมของความต้านทานจำเพาะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับลือกการซึมของปริมาณความชื้น ที่ปริมาณความชื้นเหนือจุดหมาก การเปลี่ยนแปลงในความต้านทานจำเพาะกับปริมาณความชื้นค่อนข้างน้อยมาก (Stamm 1964)

กลไกของการนำกระแสไฟฟ้าในเนื้อไมและวัตถุที่เป็น เซลลูโลสอื่น ๆ เชื่อกันว่าโดยอาศัยไอออนที่นำกระแสไฟฟ้าทฤษฎีของ Hearle (1953) เกี่ยวกับกลไกการนำกระแสไฟฟ้าของวัตถุสิ่งทอ ให้นำไปเปรียบเทียบกับเนื้อไม โดย Brown

และผู้วิจัยคนอื่น ๆ (1963) และโดย Lin (1965) ตามทฤษฎีของ Hearle ความแปรผันของความต้านทานจำเพาะมีสาเหตุจากปัจจัยสองประการ คือจำนวนของไอออนที่นำกระแสไฟฟ้า และการเคลื่อนไหวยของไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเหล่านั้น ในเนื้อไม้ไอออนที่นำประจุไฟฟ้า เชื่อกันว่าประกอบด้วยสารอิเล็กโทรไลต์ที่ละลายน้ำ ซึ่งอยู่ในปริมาณแร่มาก หรือ ซีเมนต์ของเนื้อไม้ (Stamm 1964)

ไม้ไม่มีปริมาณซีเมนต์สูงกว่าเนื้อไม้ ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่า ความต้านทานจำเพาะของกระแสไฟฟ้า อาจสูงกว่าของเนื้อไม้ แต่ก็ยังไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับความต้านทานจำเพาะของกระแสไฟฟ้าของไม้ไผ่

### ชนิดของไม้ไผ่

ไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลองมีอยู่สามชนิดด้วยกันคือ

๑. ไม้ป่า (Bambusa arundinacea (Retz.) Willd.)
๒. ไม้หนานหรือไม้ซาง (Dendrocalamus membranaceus Munro)
๓. ไม้รวก (Thyrsostachys siamensis Gamble)

ส่วนของลำไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดลอง เป็นส่วนของปล้องไม้ไผ่ที่อยู่ประมาณกึ่งกลางของลำ โดยใช้ชนิดละ ๕ ลำ

### วิธีการทดลอง

#### ๑. การหาความดวงจำเพาะ

ความดวงจำเพาะของผนังปล้องไม้ไผ่แต่ละชนิด หาจากน้ำหนักอบแห้ง และปริมาตรอบแห้งกับปริมาตรที่อมน้ำ โดยวิธีคำนวณคล้ายคลึงกันของแคล์ลูล่า แต่ละ

ตัวอย่างมีขนาดกว้างประมาณ ๑ ซม. และยาว ๒ ซม. ทำตัวอย่างแบ่งครึ่งตามความ  
 หนาเป็นส่วนครึ่งนอกและครึ่งในของผนังปล้อง อีกทำตัวอย่างใช้หาทั้งหมดโดยไม่แบ่ง  
 น้ำหนักอบแห้งซึ่งละเอียดถึง  $\pm 0.01$  มิลลิกรัม หลังจากตีอบจนน้ำหนักคงที่ในอุณหภูมิ  
 $105^{\circ}$  ทั้งปริมาณรอบแห้งและปริมาณอิมน้ำ หาจากเครื่องวัดปริมาณโดยแทนที่  
 ปรอท (Amsler mercury volume meter) ซึ่งวัดได้ละเอียดถึง ๐.๐๐๑ ลูก-  
 ษาศกเซนติเมตร ความฉงจำเพาะคำนวณจากสูตร

น.น. อบแห้ง (เป็นกรัม)

$$\text{อ.พ.} = \frac{\text{ปริมาณ (เป็น ลบ.ซม.)} \times \text{ความหนาของน้ำ}}$$

๒. การหาการหดตัวและการพองตัวของความปริมาตร

การหดตัวและการพองตัวของความปริมาตร คำนวณจากผลการวัดปริมาณ  
 อบแห้งและปริมาณอิมน้ำ ตามสูตร

$$\% \text{ การพองตัวของความปริมาตร} = \frac{\text{ปริมาณอิมน้ำ - ปริมาณอบแห้ง}}{\text{ปริมาณอบแห้ง}} \times 100$$

๓. การดูดและความน้ำที่อุณหภูมิคงที่ (sorption isotherms)

ไม้ที่ใช้ในการทดลองหาการดูดและความน้ำที่อุณหภูมิคงที่ เป็นไม้ไผ่  
 ที่บดละเอียด ซึ่งมีขนาด ๒๐ - ๔๐ เมช จากส่วนครึ่งนอกและครึ่งในของปล้องไม้  
 ไผ่ โดยคัดกันจากลำคาง ๆ ของไม้ไผ่แต่ละชนิด แต่ละครึ่งของไม้แต่ละชนิด ใช้  
 ตัวอย่างทดลองประมาณ ๑ กรัมใส่ขวดชั่ง และชั่งหาน้ำหนักอย่างละเอียดจนถึง  
 $\pm 0.01$  มิลลิกรัม หลังจากทำให้แห้งในเคลสิเคเตอร์ที่ใส่ ฟอสฟอริก แอนไฮไดรต์  
 $(P_2O_5)$  และทำให้เป็นสูญญากาศเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า ๒๔ ชม. แล้วจึงนำไปให้  
 ถูกกับอากาศที่มีความชื้นตามที่ต้องการ ที่อุณหภูมิคงที่  $25^{\circ}C$  ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ  
 และความชื้น (Aminco - Aire) เก็บตัวอย่างไว้ในตู้ควบคุม จนกระทั่งถึงสมดุลย์



โดยถือเอาน้ำหนักคงที่ที่ซึ่งทดสอบซ้ำ ๆ กันหลายครั้ง ซึ่งใช้เวลาประมาณหนึ่งสัปดาห์ จึงจะถึงสมดุล สำหรับการดูดน้ำที่อุณหภูมิคงที่ (adsorption isotherm) ทำ ตัวอย่างที่ทดลองให้แห้งในสูญญากาศทุกครั้ง หลังจากถึงสมดุลแล้วในระดับความชื้นแต่ละครั้ง เริ่มค้นคั้งแก่ความชื้นระดับค่า ๆ ขึ้นไปเรื่อย ส่วนการคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ (desorption isotherm) มีให้ค่าให้แห้งในระหว่างการเปลี่ยนแปลงจากสภาพความชื้นในตู้ โดยเริ่มจากความชื้นสัมพัทธ์ที่ ๘๑ % ความชื้นสมดุลของแต่ละตัวอย่างในแต่ละชั้นก่อน คำนวณจก น้ำหนักแห้งในสูญญากาศ และน้ำหนักสมดุล

ข้อมูลที่ได้พลอตในรูปของ  $\frac{H}{M}$  กับความชื้นสัมพัทธ์ (เป็น เปอร์ เซนต์ (M) โดยที่ (M) เป็นปริมาณความชื้น เพื่อที่จะคำนวณหาค่าคงที่ในสมการของ Hailwood และ Horrobin (Skaar 1972) จากกราฟของการ ดูดและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่

๔. ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้า (electrical resistance)

ตัวอย่างที่ใช้ในการวัด มีขนาดกว้างและยาวค่าหนึ่ง ซม. ตัวอย่าง จากแต่ละลำของแต่ละชนิด มีอยู่สี่ชิ้น สองชิ้นไม่แบ่ง แต่อีกสองชิ้นแบ่งออกเป็นสอง ส่วนเท่า ๆ กัน ตามความหนา

ตัวอย่างชิ้นหนึ่งของแต่ละคู่ของตัวอย่างที่เวียงลำค้ำกับ ทาด้วยสีเงิน เพื่อให้เป็นขั้วไฟฟ้าทั้งสองด้าน เพื่อความสะดวกในการวัดความต้านทานต่อกระแส ไฟฟ้า ส่วนอีกชิ้นหนึ่งใช้เป็นตัวอย่างสำหรับตรวจสอบปริมาณความชื้น โดยวางเคียง กันกับตัวอย่างที่ทาสีเงินในตู้ควบคุม ตัวอย่างทั้งหมดถูกกับความชื้นในระดับต่าง ๆ ที่ อุณหภูมิคงที่ ๒๕° C และเมื่อถึงสมดุล ก็วัดความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าของตัว- อยางที่ทาสี พร้อม ๆ กับหาปริมาณความชื้นสมดุลของตัวอย่างที่คู่กัน

วงจรของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าตรง ของตัวอย่างไม้ไผ่ ใกล้เคียงไว้ในรูปที่ ๑

ใช้กระแสไฟตรงขนาด ๕๐ โวลต์คงที่ทุกครั้ง ในการวัดความต้านทาน ของตัวอย่างไม้ไผ่ ส่วนความต้านทาน  $R_s$  ที่คือไว้ในวงจร แปรผันไปตั้งแต่ ๑๐<sup>๒</sup>

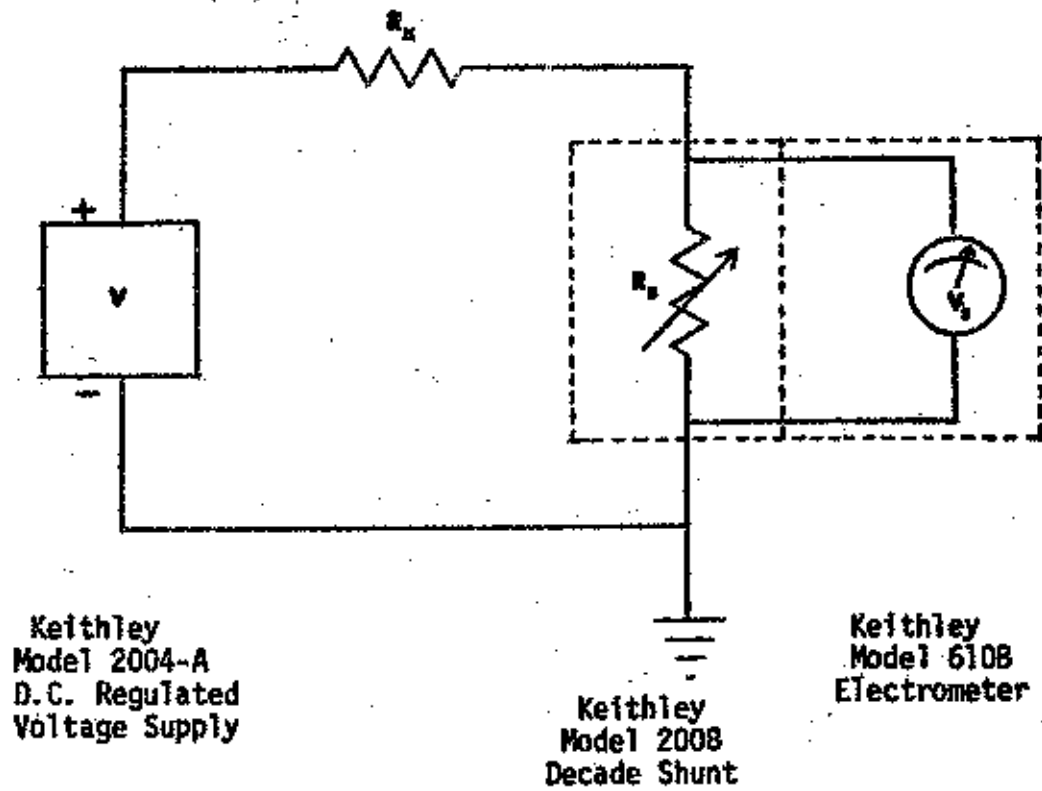


Figure 1. Circuit diagram for measuring the D.C. resistance of wood.

ถึง ๑๐<sup>๕</sup> โอห์ม ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้านทาน  $R_x$  ของตัวอย่างไมใช่ ซึ่งมีค่าแปรผันไปตั้งแต่ ๑๐<sup>๔</sup> ถึง ๑๐<sup>๘</sup> โอห์ม เพื่อที่จะให้ค่าศักย์ไฟฟ้าหรือโวลเตจที่อ่านจากเครื่องวัด อยู่ในระดับ ๑๐๐ มิลลิโวลต์หรือต่ำกว่า

เมื่อตัวอย่างไมใช่ถึงขีดความชื้นสมดุลกับความชื้นภายในตู้ควบคุมแล้ว ก็วัดความต้านทาน  $R_s$  ของตัวอย่าง ตัวอย่างละสองครั้ง โดยกลับขั้วบวกและขั้วลบ และหาค่าเฉลี่ยจากค่าที่อ่านได้สองครั้งนั้น

ค่าความต้านทาน  $R_x$  ของตัวอย่าง คำนวณได้จากสูตร

$$R_x = R_s \left( \frac{V}{V_s} \right)$$

- โดยที่  $R_x$  เป็นความต้านทานของตัวอย่าง (โอห์ม)
- $R_s$  เป็นความต้านทานที่ต่อไว้ในวงจร (โอห์ม)
- $V$  เป็นจำนวนโวลต์เตจที่ชี้ทั้งหมด (โวลต์)
- $V_s$  เป็นจำนวนโวลต์ที่วัดข้ามความต้านทาน  $R_s$  (โวลต์)

สูตรนี้สามารถใช้ในการคำนวณหาความต้านทานของตัวอย่างไม้อย่างถูกต้องก็ต่อเมื่อ  $V_s$  มีค่าน้อยกว่า  $V$  มากเท่านั้น ในการทดลองนี้ ค่า  $V_s$  มีค่าประมาณ ๐.๐๐๑ โวลต์ ดังนั้นสูตรนี้จึงให้ค่าที่ถูกต้องจนถึง ๐.๑ %

ค่า ความต้านทานจำเพาะ (resistivity)  $r$  ของตัวอย่างที่ทดลองหาได้

จากสูตร

$$r = R_x \left( \frac{A}{L} \right)$$

โดยที่  $A$  เป็นเนื้อที่ของขั้วไฟฟ้า (๑ ตร.ซม.) และ  $L$  เป็นระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (๐.๒ - ๐.๘ ซม.)

## ผลและการวิจารณ์ผล

๑. ความดวงจำเพาะและการพองตัวโดยปริมาตร

ตารางที่ ๑ แสดงค่าความดวงจำเพาะที่หาจากน้ำหนักและปริมาตรอบแห้ง และการพองตัวตามปริมาตร ส่วนความดวงจำเพาะที่หาจากปริมาตรอื่นน้ำ  $G_s$  ไม่ได้แสดงไว้ในตาราง อาจคำนวณได้จากความดวงจำเพาะที่หาจากปริมาตรอบแห้ง  $G_o$  และการพองตัว  $s_w$  ตามสมการต่อไปนี้

$$G_s = \frac{G_o}{1 + \frac{s_w}{100}}$$

ในทำนองเดียวกันค่าการหดตัวก็อาจจะคำนวณได้จากสมการ

$$s_1 = \frac{s_w}{1 + \frac{s_w}{100}}$$

ค่าทางสถิติที่แสดงไว้ในตารางที่ ๑ ให้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อดูว่า จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

๓. ความแปรผันภายในผนังปล้อง

จากตารางที่ ๑ จะเห็นได้ว่า ความดวงจำเพาะของเครื่องนอกของผนังปล้อง จะสูงกว่าของเครื่องในเสมอในไม่ในทุกชนิด จากการทดสอบโดย t-test ปรากฏว่า ความดวงจำเพาะของเครื่องนอกและเครื่องในแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในไม่ในทุกค่าของทั้งสามชนิด (ตารางที่ ๓) ซึ่งเป็นสิ่งที่คาดคะเนได้ก่อนจากการ คุณลักษณะ โครงสร้างของผนังปล้อง ซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่สำคัญอยู่สองชนิดคือ เนื้อเยื่อพื้น และมีคottonน้ำหออาหาร มีคottonน้ำหออาหาร ประกอบด้วย เซลล์ผนังหนาเป็นส่วนใหญ่ จึงย่อมมีความดวงจำเพาะสูงกว่า (วิรัช ชีวินาริน ๒๕๑๘)

ตารางที่ ๒ แสดงอัตราส่วนของเนื้อที่มีคottonน้ำหออาหารในเครื่องนอก

Table 1. -- THE SPECIFIC GRAVITY ( $G_o$ ) BASED ON OVEN-DRY VOLUME AND PERCENT VOLUMETRIC SWELLING (Sw) OF THE ENTIRE CULM WALL AND OF THE OUTER AND INNER PORTIONS OF THE CULM WALL.

Statistics	Culm number and position in culm wall	<i>B. aruffdinacea</i>		<i>D. membranaceus</i>		<i>T. siamensis</i>	
		$G_o$	Sw (%)	$G_o$	Sw (%)	$G_o$	Sw (%)
<b>a. Individual culms</b>							
$\bar{x}$	1-entire wall	0.68	24.05	0.82	15.92	0.97	18.83
s		0.02	1.25	0.03	1.36	0.01	0.64
CV		2.35	5.19	3.17	8.53	0.93	3.42
$\bar{x}$	1-outer	0.79	25.71	0.97	17.80	1.04	23.16
s		0.01	3.10	0.05	1.22	0.03	2.94
CV		1.39	12.06	4.85	6.85	3.17	12.69
$\bar{x}$	1-inner	0.52	20.96	0.69	17.59	0.87	20.29
s		0.03	3.76	0.03	3.24	0.01	3.76
CV		5.38	17.94	4.20	18.41	0.80	18.53
$\bar{x}$	2-entire wall	0.71	16.50	0.91	17.63	1.00	20.06
s		0.022	1.921	0.027	2.400	0.018	0.817
CV		3.10	11.64	2.97	13.61	1.80	4.07
$\bar{x}$	2-outer	0.95	28.07	1.03	19.12	1.06	20.47
s		0.043	1.659	0.020	5.270	.016	2.700
CV		4.52	5.91	1.94	27.56	1.51	13.19
$\bar{x}$	2-inner	0.56	20.43	0.77	19.81	0.89	19.27
s		0.013	1.219	0.032	3.190	0.043	3.260
CV		2.32	5.97	4.16	16.10	4.83	16.92
$\bar{x}$	3-entire wall	0.74	25.29	0.80	20.43	0.90	16.43
s		0.03	1.32	0.02	1.79	0.01	1.52
CV		3.37	5.21	2.50	8.74	1.33	9.25
$\bar{x}$	3-outer	0.95	46.59	0.98	21.44	1.03	19.63
s		0.02	10.25	0.02	1.89	0.03	1.54
CV		2.42	22.00	2.45	8.82	3.11	7.85
$\bar{x}$	3-inner	0.56	35.45	0.65	19.33	0.75	12.66
s		0.03	11.61	0.02	3.09	0.04	1.99
CV		5.54	32.75	2.46	15.98	5.47	15.72

Table 1. (Cont.)

Statistics	Culm number and position in culm wall	<i>B. arundinacea</i>		<i>D. membranaceus</i>		<i>T. siamensis</i>	
		G <sub>0</sub>	SW (%)	G <sub>0</sub>	SW (%)	G <sub>0</sub>	SW (%)
<b>a. Individual culms</b>							
$\bar{x}$		0.69	20.21	0.80	17.20	0.97	17.88
s	4-entire	0.03	1.04	0.01	1.47	0.01	1.31
CV	wall	3.82	5.14	0.625	8.55	0.82	7.33
$\bar{x}$		0.88	40.49	0.98	21.04	1.06	21.56
s	4-outer	0.03	7.77	0.03	2.04	0.01	1.14
CV		3.52	19.19	3.16	9.70	0.75	5.29
$\bar{x}$		0.54	29.58	0.66	16.56	0.87	21.42
s	4-inner	0.01	5.14	0.02	1.37	0.02	1.14
CV		1.67	17.38	2.88	8.27	2.18	5.32
$\bar{x}$		0.86	21.48	0.81	11.50	0.96	19.75
s	5-entire	0.03	0.80	0.04	1.70	0.01	1.75
CV	wall	3.37	3.71	4.32	14.78	1.35	8.86
$\bar{x}$		1.02	27.48	0.99	16.87	1.05	23.33
s	5-outer	0.02	2.76	0.02	1.80	0.02	2.02
CV		2.06	10.04	2.42	10.67	2.19	8.66
$\bar{x}$		0.70	24.29	0.75	18.20	0.84	17.39
s	5-inner	0.03	2.64	0.03	2.58	0.02	3.55
CV		4.86	10.87	3.33	14.18	2.74	20.41
<b>b. Summary data from all culms</b>							
$\bar{x}$	1,2,3,4,5	0.74	21.51	0.82	15.65	0.96	18.59
s	entire wall	0.07	3.37	0.04	3.52	0.04	1.79
CV	combined	9.46	15.67	4.46	22.56	3.74	9.602
$\bar{x}$	1,2,3,4,5	0.92	33.67	0.99	19.25	1.05	21.63
s	outer wall	0.09	9.31	0.02	1.99	0.01	1.63
CV	combined	9.78	27.65	2.02	10.32	0.95	7.52
$\bar{x}$	1,2,3,4,5	0.58	26.14	0.70	18.30	0.84	18.21
s	inner wall	0.07	6.35	0.05	1.31	0.06	3.44
CV	combined	12.07	24.30	7.14	7.17	7.14	18.96
$\bar{x}$	1,2,3,4,5	0.75	29.91	0.85	18.78	0.95	19.92
s	outer and	0.08	7.76	0.04	1.20	0.03	2.25
CV	inner wall	10.57	25.96	18.32	6.40	3.47	11.27
	combined						

ต่อครึ่งใน เปรียบเทียบกับอัตราส่วนของความตรงจำเพาะของผนังปล้องครึ่งนอก ในหลายกรณี อัตราส่วนของความตรงจำเพาะก็ใกล้เคียงกับอัตราส่วนของเนื้อที่มีหน่อไม้ทอดอาหาร แต่ในกรณีของไม้ไผ่ป่า อัตราส่วนของความตรงจำเพาะสูงกว่าอัตราส่วนของเนื้อที่มีหน่อไม้ทอดอาหาร ทั้งนี้เป็นเพราะไม้ไผ่ชนิดนี้มีส่วนที่เป็นไฟเบอร์ผนังบาง โดยเฉพาะในส่วนครึ่งในอยู่มาก ซึ่งทำให้ความตรงจำเพาะของมีหน่อไม้ทอดอาหารลดลงไป

ค่าเฉลี่ยของความตรงจำเพาะของผนังครึ่งนอกและครึ่งใน ซึ่งหาค่าแยกจากกัน ควรจะเท่ากับค่าที่หาจากผนังปล้องที่ไม่แยกจากกันทั้งหมด จากการวิเคราะห์ทางสถิติความแตกต่างกันของค่าดังกล่าว ปรากฏว่าค่าทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในไม้ไผ่สองชนิด แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในไม้ไผ่ในวน (ตารางที่ ๓)

ความแตกต่างในการพองตัวของผนังปล้องครึ่งนอกกับครึ่งใน เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วปรากฏว่า ครึ่งนอกของผนังพองตัวมากกว่าครึ่งในอย่างมีนัยสำคัญในไม้ไผ่ป่าและไม้รวก แต่ไม่มีนัยสำคัญในไม้ไผ่ในวน ค่าการพองตัวที่วัดจากผนังปล้องทั้งหมดโดยไม่แยกจากกัน มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของการพองตัวของผนังครึ่งนอกกับครึ่งในที่วัดแยกจากกัน ลักษณะที่ผิดไปจากการคาดหมายเช่นนี้ยากแก่การอธิบาย บางทีอาจจะเป็นเพราะว่า เมื่อแยกผนังปล้องออกเป็นสองส่วนแล้ว จะทำให้ผนังปล้องมีอิสระในการพองตัวมากขึ้น

#### ข. ความแปรผันระหว่างลำของไม้ไผ่ชนิดเดียวกัน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ F-test ปรากฏว่าความตรงจำเพาะของไม้ไผ่ทั้ง ๕ ลำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สำหรับไม้ไผ่ทั้งสามชนิด และการพองตัวก็มีการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเช่นกัน (ตารางที่ ๔)

#### ค. ความแปรผันระหว่างชนิด

ความตรงจำเพาะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในไม้ไผ่ทั้งสามชนิด ค่ามัธยฐานความตรงจำเพาะของไม้ไผ่ป่าเป็น  $0.84 \pm 0.07$ , ของไม้ในวน  $0.82 \pm 0.06$

Table 2. -- THE OUTER TO THE INNER PORTION RATIO OF SPECIFIC GRAVITY AND THE PERCENT CROSS SECTION AREA OF VASCULAR BUNDLES.

The ratio of the outer to the inner portions.	<u>B. arundinacea</u> Culm No.					<u>D. membranaceus</u> Culm No.					<u>I. stamensis</u> Culm No.				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Specific gravity (G <sub>0</sub> )	1.52	1.70	1.70	1.63	1.46	1.41	1.34	1.51	1.48	1.32	1.20	1.19	1.37	1.22	1.25
Percent cross section area of vascular bundles	1.34	1.09	1.18	1.10	1.12	1.56	1.51	1.54	1.31	1.25	1.31	1.38	1.37	1.39	1.40



Table 3, -- THE  $t$  TEST FOR STATISTICAL SIGNIFICANCE OF THE SPECIFIC GRAVITY ( $G_0$ ) AND SWELLING ( $Sw$ ) BETWEEN THE INNER AND OUTER PORTIONS OF THE CULM WALL.

Source of variation	df	Observed $t$						Required $t$		
		<u>B. arundinacea</u> $G_0$	<u>B. arundinacea</u> $Sw$ (%)	<u>D. membranaceus</u> $G_0$	<u>D. membranaceus</u> $Sw$ (%)	<u>Th. stamensis</u> $G_0$	<u>Th. stamensis</u> $Sw$ (%)	10%	5%	1%
The difference between inner and outer portions.	48	14.911**	3.341**	26.926**	1.990	17.262**	4.492**	1.678	2.011	2.684
The difference between the combined entire wall and the combined outer and inner wall.	48	0.470	4.964**	2.652*	4.209**	1.000	2.313*	1.678	2.011	2.684

\*Significant (5%)

\*\*Highly significant (1%)

Table 4. -- ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE VARIATION OF SPECIFIC GRAVITY ( $G_0$ ) AND SWELLING WITHIN AND AMONG THREE SPECIES OF BAMBOO.

Source of variation	Degrees of freedom (df)	Mean square (ms)	Observed F	Required F	
				5%	1%
<b>1. Specific gravity within species.</b>					
<u>B. arundinacea</u>					
Treatments (T)	4	.02665	46.84**	2.87	4.43
Error (E)	20	.00057			
<u>D. membranaceus</u>					
T.	4	.01085	17.85**		
E.	20	.00061			
<u>Th. siamensis</u>					
T.	4	.00675	43.55**		
E.	20	.00016			
<b>2. Specific gravity within species.</b>					
T.	2	.03720	14.94**	2.13	4.92
E.	72	.00249			
<b>3. Percent swelling within species.</b>					
<u>B. arundinacea</u>					
T.	4	59.4137	34.18**	2.87	4.43
E.	20	1.7384			
<u>D. membranaceus</u>					
T.	4	53.1774	16.78**	2.87	4.43
E.	20	3.1690			
<u>Th. siamensis</u>					
T.	4	10.9175	6.66**		
E.	20	1.6382			

\*Highly significant

Table 4. (Cont.)

Source of variation	Degrees of freedom (df)	Mean square (ms)	Observed F	Required F	
				5%	1%
4. Percent swelling among species.					
T.	2	25.75	2.87	3.13	4.92
E.	72	8.97			

และของไผ่รวก  $0.56 \pm 0.04$  เป็นที่คาดหมายว่า ชนิดของไม้ไผ่ที่มีความตรงจำเพาะสูงที่สุดก็จะคงมีไฟเบอร์ชนิดนี้มากอยู่เป็นเปอร์เซ็นต์สูงด้วย ไม้ไผ่ป่าและไผ่สวนมีเปอร์เซ็นต์ของมีคือน้ำอาหารอยู่ ๕๕.๕ และ ๕๗.๖ เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ในไม้ป่ามี ส่วนที่เป็นไฟเบอร์ ชนิดบางเสียมมาก จึง เป็นเหตุให้มีความตรงจำเพาะต่ำกว่าไผ่สวน ไผ่รวกเป็นไม้ไผ่ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งก็มีเปอร์เซ็นต์ของมีคือน้ำอาหารสูงที่สุดด้วย (๖๔.๑ %) และมีไฟเบอร์ชนิดบางในไผ่รวกน้อยกว่าเมื่อเทียบกับไม้ไผ่ชนิดอื่น ๆ

การหาค่าความปริมาตรของไม้ไผ่ทั้งสามชนิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการหาค่าของไม้ไผ่นี้ไม่ได้สัมพันธ์กับความตรงจำเพาะนัก ซึ่งต่างไปจากในกรณีของเนื้อไม้ ในเนื้อไม้การหาค่า  $S_w$  จะมีความสัมพันธ์กับความตรงจำเพาะที่หาจากปริมาตรอบแห้ง ซึ่งเขียนเป็นสมการได้เป็น  $S_w = 27 G_0$  ถ้าค่ามัธยฐานของความตรงจำเพาะของไม้ไผ่สามชนิด (๐.๔๔) แทนค่าในสมการ  $S_w = 27 (0.44) = 11.88$  % ซึ่งสูงกว่าค่ามัธยฐานของ  $S_w$  ๑๔.๕๔ % ที่ได้จากการวัดนับปล้องทั้งหมด

## ๒. การดูและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่

รูปของกราฟการดูและคายน้ำของไม้ไผ่ที่อุณหภูมิคงที่ก็คล้ายคลึงกันกับของวัชพืชที่ดูและคายน้ำชนิดอื่น ๆ รวมทั้งเนื้อไม้ด้วย ข้อมูลสำหรับการดูและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่มีเพียงสามจุดสำหรับแต่ละตัวอย่าง จึงไม่พอเพียงที่จะปรับกราฟให้เข้ากับข้อมูล ข้อมูลสำหรับการดูและคายน้ำ ๑๑ จุด จึงปรับให้เข้ากับทฤษฎีของ Hailwood และ Horrobin

### ก. การดูและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่

ลักษณะของกราฟการดูและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ของไม้ไผ่สามชนิด ไล่แสดงไว้ในรูปที่ ๒, ๓ และ ๔ ข้อมูลในกรณีนี้สำหรับตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งแยกเป็นส่วนครึ่งนอกและครึ่งในของปล้อง ไล่แสดงไว้ในตารางที่ ๕

๑) ความแปรผันในปล้อง - ค่าการดูและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ของส่วนครึ่งใน จะสูงกว่าของส่วนครึ่งนอก ที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง ๆ ในไม้ไผ่ทั้งสามชนิด แต่ที่ความชื้นต่ำ ๆ จะเท่ากัน เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เนื่องจากว่าน้ำในผนังเซลล์ (water of

Table 5. -- THE EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENTS (%) FOR ADSORPTION (A) AND DESORPTION (D), AND THE RATIO A/D, AND THE CALCULATED FIBER-SATURATION POINTS (FSP).

R.H. (%)	<u>B. arundinacea</u>		<u>D. membranaceus</u>		<u>T. siamensis</u>	
	Inner	Outer	Inner	Outer	Inner	Outer
36.5 (A)	5.89	5.95	5.57	5.70	5.94	5.93
51.4 (A)	7.43	7.55	7.19	7.24	7.61	7.51
55.1 (A)	8.16	8.12	8.03	7.95	8.32	8.37
63.6 (A)	9.37	9.35	9.38	9.07	9.67	9.36
71.2 (A)	10.83	10.85	10.77	10.20	10.90	10.68
71.6 (A)	11.28	11.05	11.43	10.91	11.68	11.08
77.0 (A)	12.99	12.56	13.26	12.36	13.50	12.49
80.6 (A)	14.83	14.05	15.20	13.79	15.30	13.61
80.8 (A)	14.63	14.57	14.60	14.14	13.55	14.14
85.4 (A)	15.53	15.12	16.09	14.84	15.61	14.75
91.2 (A)	20.48	19.47	23.74	19.05	20.42	18.78
FSP (A)	30.58	27.80	37.86	27.55	28.58	25.28
36.5 (A)	5.84	5.92	8.01	8.03	11.26	11.11
(D)	6.75	6.91	10.05	10.21	12.78	12.91
A/D	0.86	0.86	0.80	0.79	0.88	0.86
55.0 (A)	8.01	8.03	7.79	7.76	8.11	8.07
(D)	10.05	10.21	9.32	9.63	9.91	10.12
A/D	0.80	0.79	0.84	0.81	0.82	0.80
71.8 (A)	11.26	11.11	11.30	10.79	11.46	11.07
(D)	12.78	12.91	12.24	12.34	12.40	12.59
A/D	0.88	0.86	0.92	0.87	0.92	0.88

Figure 2. The adsorption isotherms at 25<sup>o</sup> C for the inner and the outer portions of the culm wall from B. arundinacea.

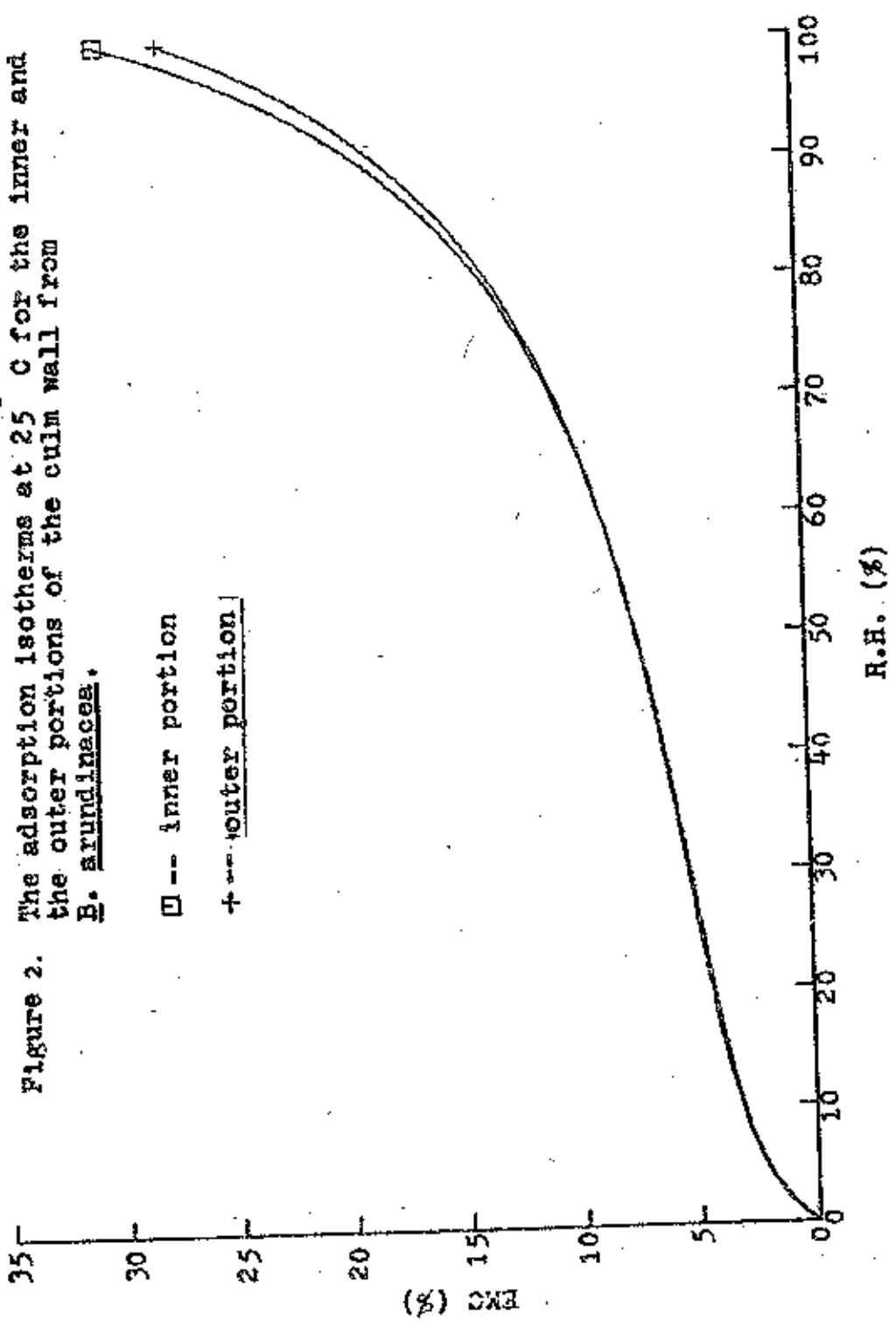


Figure 3. The adsorption isotherms at 25<sup>o</sup> C for the inner and the outer portions of the culm wall from D. membranaceus.

□-- inner portion  
+-- outer portion

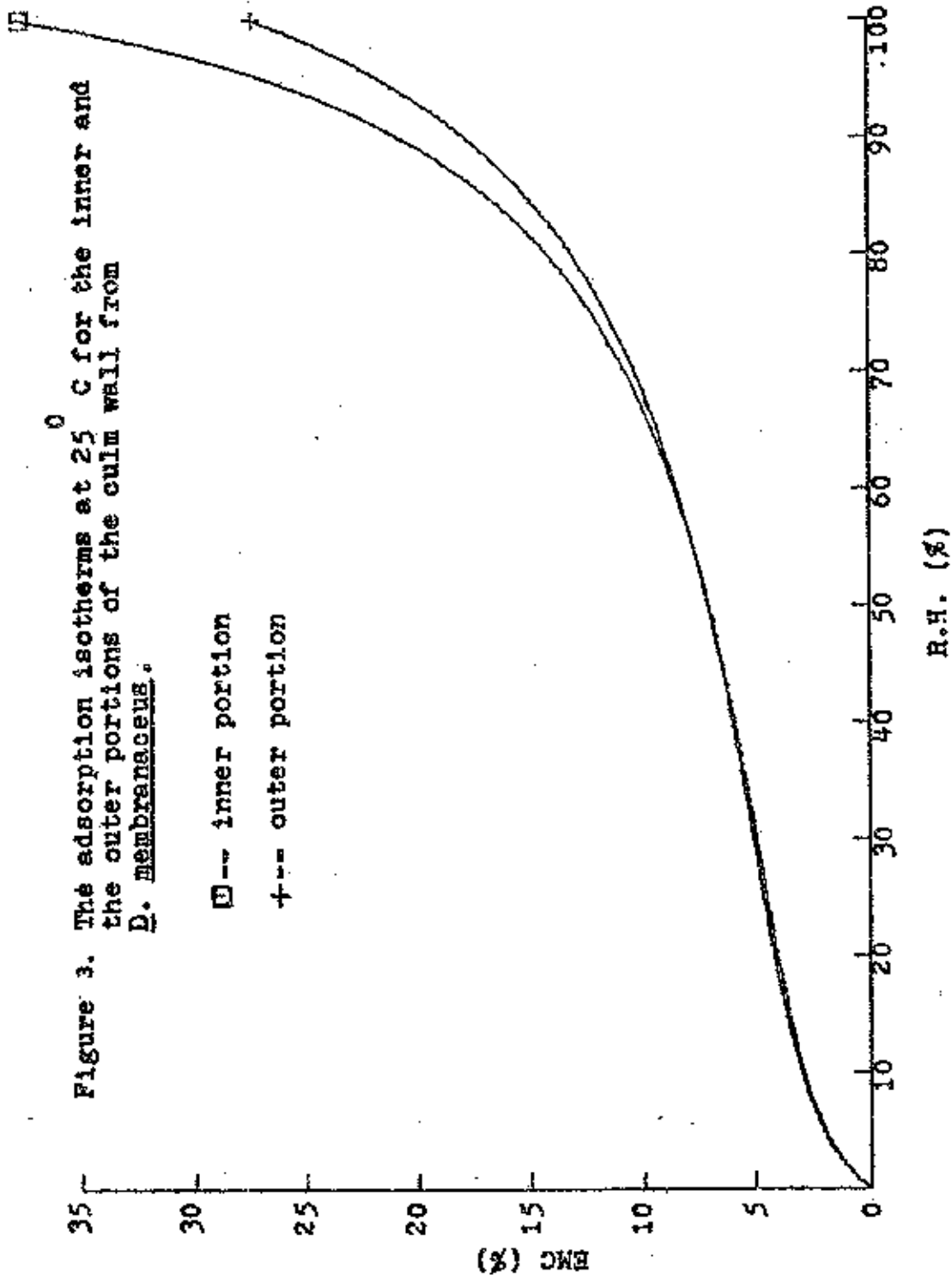
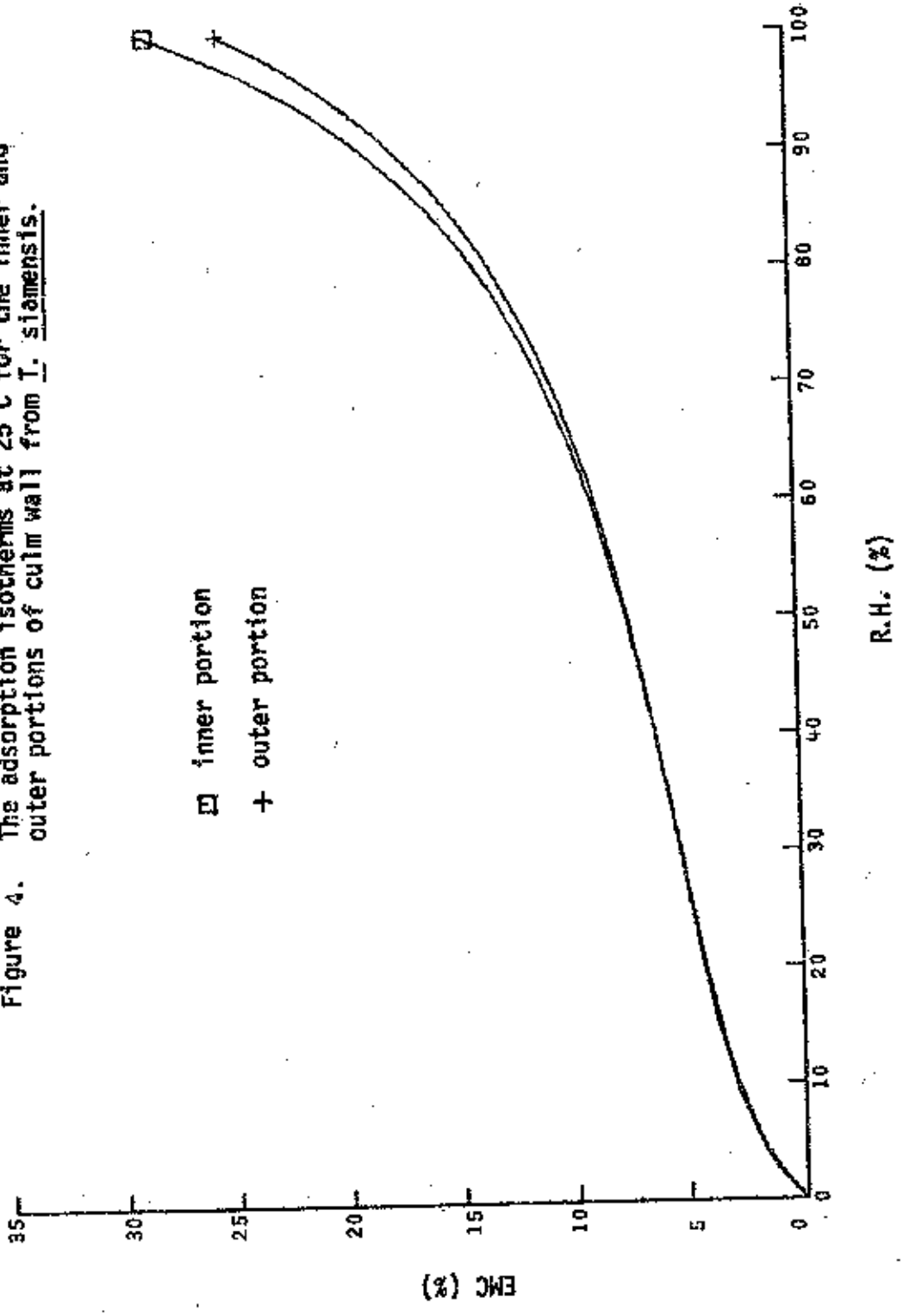


Figure 4. The adsorption isotherms at 25°C for the inner and outer portions of culm wall from T. siamensis.





solution) ในส่วนครึ่งในของปล้องสูงกว่า ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่า เนื้อเยื่อพื้น  
ซึ่งมีมากในส่วนครึ่งในของปล้อง มีการคูดน้ำได้ดีกว่าไฟเบอร์ซึ่งมีอยู่มากในส่วนครึ่งนอก

๒) ความแปรผันระหว่างชนิด - ในไม้ไม่สามชนิดนี้ ปรากฏว่ามี  
ความแตกต่างในการคูดน้ำน้อยมาก นอกจากส่วนครึ่งในของผนังปล้องในไม้ไม่ในวนจะมี  
การคูดน้ำที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง ๆ มากกว่าอีกสองชนิด

ข. การคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่

เนื่องจากไม้ขอมุดเพียงสามจุด จึงไม่สามารถที่จะปรับข้อมูลให้เป็น  
กราฟของการคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ได้ แต่ค่าปริมาณความชื้นสมมูลของการคายน้ำจะ  
สูงกว่าของการคูดน้ำที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เดียวกันเสมอ เช่นเดียวกับในการตีของ  
เนื้อไม้ทั่วไป ค่าอัตราส่วนของการคูดน้ำต่อการคายน้ำ (A/D ratio) ใกล้เคียงไว้  
ในตารางที่ ๕ ค่ามัธยฐานของอัตราส่วนนี้เป็น  $0.26 \pm 0.04$  ซึ่งใกล้เคียงกับค่าปกติ  
ที่พบในเนื้อไม้ทั่วไป (Stamm, 1964)

ค. ค่าคงที่ในสมการของเฮลวูดและฮอโรบิน

การที่ปรับสมการของเฮลวูดและฮอโรบิน ให้เข้ากับการคูดน้ำที่อุณหภูมิ  
คงที่ ก็เนื่องจากมีค่าคงที่อยู่ที่เพียงสามตัวจริงงายคือการปฏิบัติ นอกจากนั้น ค่าคงที่โดย  
เฉพาะ ค่าคงที่ W ซึ่งหมายถึงน้ำหนักโมเลกุลของเนื้อไม้คอดโมล (mole) ของจุดที่  
น้ำไปเกาะ (sorption sites) ค่าคงที่ A B และ C ในสมการของ Hail-  
wood และ Horzobin ใกล้เคียงไว้ในตารางที่ ๖ รวมทั้งค่า  $K_1$   $K_2$  และ W  
ด้วย ค่า  $9400/W$  ที่แสดงไว้ในตารางที่ ๖ นั้น หมายถึงปริมาณความชื้น ในขณะที่ถูก  
จุดในส่วนของผนังเซลล์ที่น้ำสามารถจะเข้าไปเกาะได้ มีน้ำไปเกาะอยู่จุดละหนึ่งโมเลกุล  
ซึ่งตรงกันกับน้ำชั้น เดียวตามทฤษฎี Brunauer Emmett และ Teller (B.E.T.)  
ค่ามัธยฐานของ  $9400/W$  เป็น  $4.62 \pm 0.24$  % ซึ่งใกล้เคียงกับที่พบในไม้ที่อุณหภูมิ  
ปกติ

จุดหมาก (fiber saturation point) คำนวณจากสมการ  
เฮลวูดและฮอโรบินของส่วนครึ่งนอก และครึ่งในผนังปล้องไม้ไม่ทั้งสามชนิด โดยหาค่า

Table 6. -- HAILWOOD AND HORROBIN COEFFICIENTS OF THE ADSORPTION ISOTHERM AT 25°C FOR THREE SPECIES OF BAMBOO FROM THE INNER AND OUTER PORTIONS OF THE CULM WALL.

Position	A	B	C	$K_2$	$K_1$	W	1,800/W
<u>B. arundinacea</u>							
Inner	1.411	0.1979	0.001793	0.854	17.42	400.	4.50
Outer	1.334	0.1954	0.001728	0.836	18.51	392.	4.59
<u>D. membranaceus</u>							
Inner	1.574	0.2089	0.001982	0.889	15.92	426.	4.22
Outer	1.531	0.1992	0.001782	0.840	16.48	405.	4.45
<u>T. siamensis</u>							
Inner	1.923	0.1744	0.001586	0.833	11.89	372.	4.84
Outer	1.747	0.1779	0.001558	0.811	13.56	371.	4.85

ปริมาณความชื้น M ที่ความชื้นสัมพัทธ์ H ๑๐๐ % ได้แสดงไว้ในตารางที่ ๕ ค่า  
มีชดิมของส่วนครึ่งนอกเป็น  $๒๖.๘๘ \pm ๑.๓๕$  % และสำหรับครึ่งในเป็น  $๓๒.๓๘ \pm$   
 $๔.๘๘$  % โดยมีมีชดิมเฉลี่ยทั้งหมด  $๒๘.๖๑$  % ซึ่งใกล้เคียงกับค่าของเนื้อไม้ที่  $๒๕^{\circ}\text{C}$   
(Stamm, 1964) ค่าที่สูงของครึ่งในนั้นก็เป็นด้วยเหตุผลดังได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว

๓. ความต้านทานต่อการกระแสรไฟฟ้า

ความต้านทานจำเพาะต่อการกระแสรไฟฟ้า r ของไม้เนื้อที่ทดลองแปรผัน  
ไปตามปริมาณความชื้น M เช่นเดียวกับเนื้อไม้ ค่าล็อกการริซึมของความต้านทาน  
จำเพาะ ( $\log r$ ) จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับล็อกการริซึมของปริมาณความชื้น  
( $\log M$ ) ในพิสัยของความชื้นจาก ๑๐ ถึง ๒๐ % เช่นเดียวกับกรณีของเนื้อไม้  
นอกจากนี้ยังมีขนาดเดียวกันกับเนื้อไม้ที่ปริมาณความชื้นเท่ากันอีกด้วย ยกตัวอย่าง  
เช่น Brown และคณะ (๑๙๖๓) ได้ให้สมการที่ได้จากการทดลอง  $\log r =$   
 $๑๘.๘๑ - ๑๐.๒๕ \log M$  สำหรับไม้ Douglas fir ที่  $๒๑^{\circ}\text{C}$  ไม้ Douglas  
fir เป็นไม้ที่ใช้ในการเพิ่มค่าความต้านทานต่อการกระแสรไฟฟ้าของเครื่องวัดความชื้น  
ที่ใช้กันอยู่ในสหรัฐอเมริกา ผลที่ได้อาจเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ที่ระบับความชื้นเหมือน  
กัน และที่  $๒๕^{\circ}\text{C}$  ได้เป็นสมการ  $\log r = ๑๘.๑๘ - ๑๐.๓๕ \log M$  โดยที่  
ค่าความต้านทานจำเพาะ r เป็นโอห์ม - เซนติเมตร และ M เป็นเปอร์เซ็นต์  
รูปของเส้นเคอร์ฟเหล่านี้คล้ายคลึงกันกับของวัตถุที่ดูและคายน้ำขึ้น เช่น ฝ้าย และ  
ขนสัตว์ เป็นต้น (Morton and Hearle, 1962)

๓. ความแปรผันภายในผนังปล้อง

รีเกรสชันเคอร์ฟ ของ  $\log r$  กับ  $\log M$  ซึ่งคำนวณออกมา  
สำหรับส่วนต่าง ๆ สามส่วน (ส่วนนอก ส่วนกลาง และส่วนใน) ของผนังปล้อง รวม  
ทั้งความหนาทั้งหมดด้วย ซึ่งได้แสดงไว้ในภาพที่ ๕ - ๗ และ ตารางที่ ๗ การวิเคราะห์  
โควาเรียนซ์ (covariance) ของข้อมูล สำหรับส่วนต่าง ๆ และความหนาทั้งหมด  
เพื่อหาว่ารีเกรสชันเคอร์ฟของส่วนต่าง ๆ ในผนังเซลล์เดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัย  
สำคัญหรือไม่ ค่าเหล่านี้แสดงไว้ในตารางที่ ๘ บ่งว่าไม่มีรูปแบบทั่วไปของการแปรผัน

Table 7. (Cont.)

Species and Culm No.	24.7		25.1		25.0		25.0		25.0	
	Temp. (°C)	R.H. (%)	EMC %	rX10 <sup>8</sup> ohm-cm	EMC %	rX10 <sup>7</sup> ohm-cm	EMC %	rX10 <sup>6</sup> ohm-cm	EMC %	rX10 <sup>5</sup> ohm-cm
<u>I. siamensis</u>										
1 (entire wall)	9.82	8.20	11.35	15.04	12.55	44.97	13.87	14.60	16.87	12.10
1 (inner)	10.10	3.94	11.56	7.71	12.99	21.56	14.13	6.79	18.68	4.26
1 (central)	9.55	7.20	11.11	14.38	12.29	42.73	13.51	14.66	17.31	13.92
1 (outer)	9.21	7.31	10.84	15.40	11.86	48.27	12.87	16.94	16.39	17.05
2 (central)	9.83	7.82	11.28	14.01	12.26	38.42	14.11	11.88	18.14	8.91
3 (central)	9.71	9.94	11.13	18.53	12.46	47.77	14.04	14.07	18.13	8.58
4 (central)	9.55	4.83	11.16	8.26	12.40	20.24	13.83	6.24	18.49	5.14
5 (central)	9.67	5.48	11.07	10.48	12.46	27.86	13.68	8.09	17.81	5.73

Figure 5. Regression curves of log resistivity vs. log moisture content at 25°C of the different portions of the culm wall in B. arundinacea.

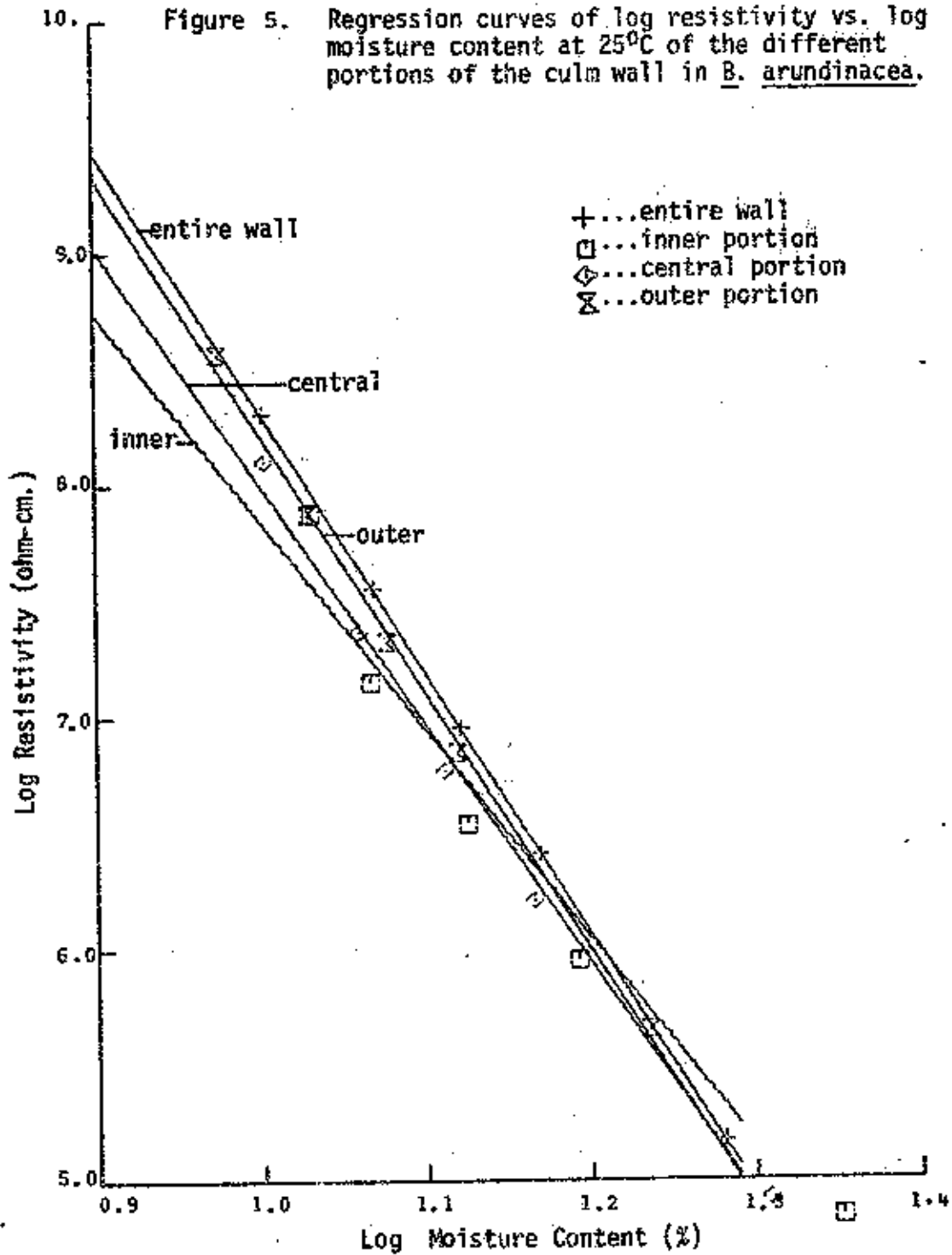


Figure 6. Regression curves of log resistivity vs. log moisture content at 25°C of the different portions of the culm wall in *D. membranaceus*.

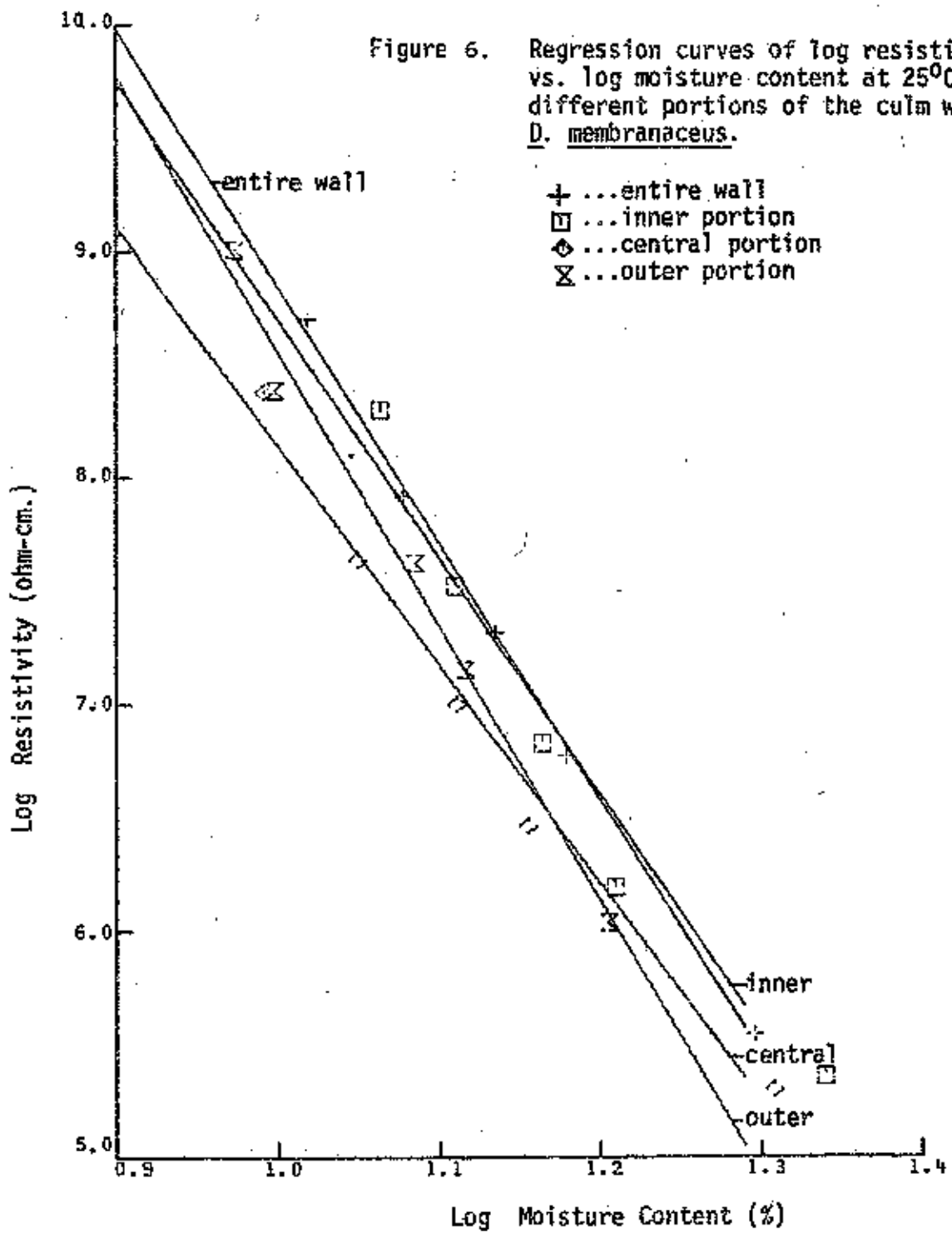
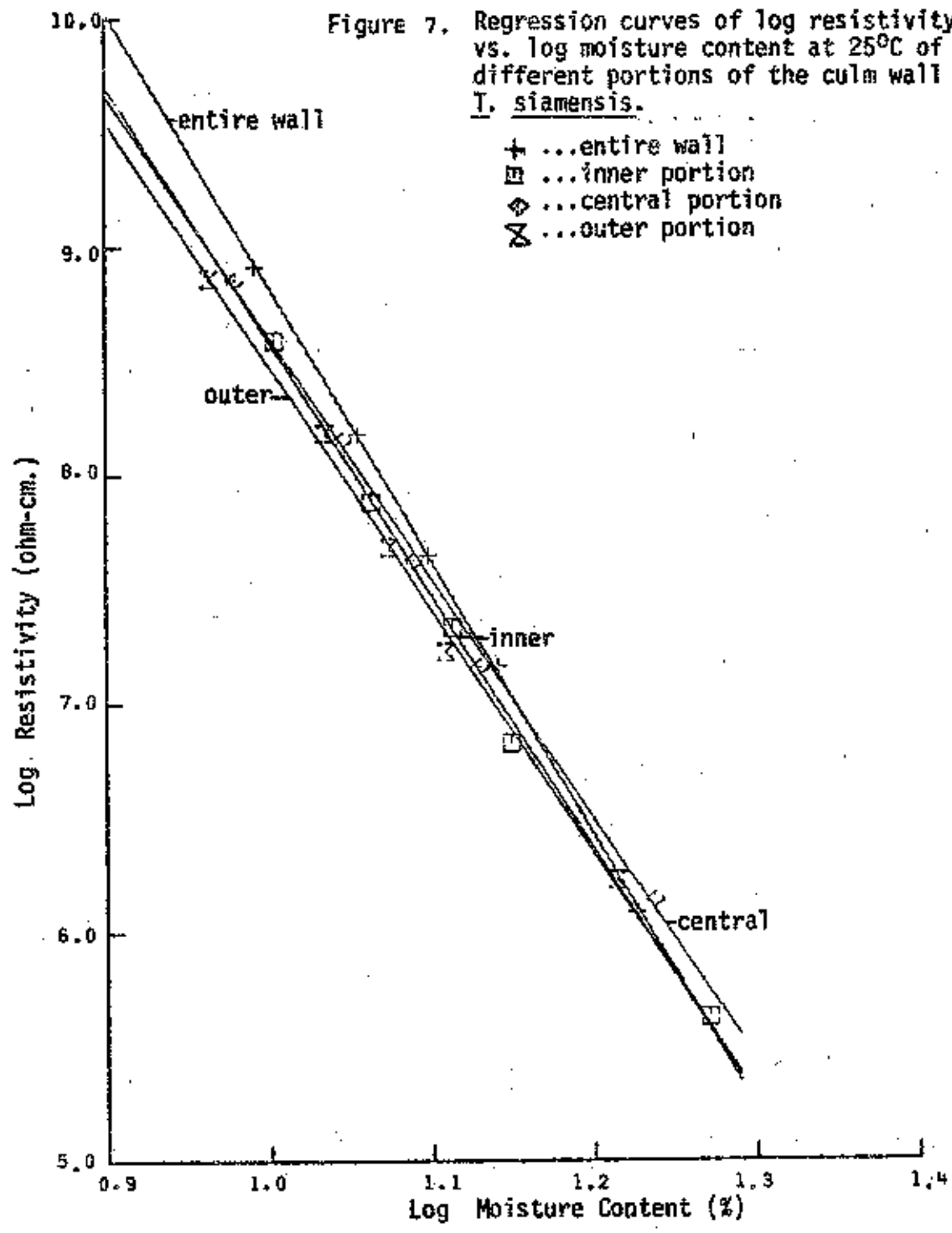


Figure 7. Regression curves of log resistivity vs. log moisture content at 25°C of the different portions of the culm wall in *T. siamensis*.



ของความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าที่ไซโคก็ไม้ไม้ในทุกชนิด ในเกือบทุกกรณี ค่าความลาดเอียง (slope) ของรีเกรสชันเคอร์ฟของ  $\log r$  กับ  $\log M$  ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญภายในผนังปล่อง แต่ในบางกรณีก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเหมือนกัน

### ข. ความแปรผันระหว่างค่าไม้ไม้ต่าง ๆ ในไม้ไม้ชนิดเดียวกัน

สมการรีเกรสชัน คำนวณจากส่วนกลางของค่าไม้ไม้แสดงไว้ในตารางที่ ๘ และค่ามีซิมของ  $\log r$  ที่สัมพันธ์กับ  $\log M$  ของไม้ไม้สามชนิดได้แสดงไว้ในรูปที่ ๘ ผลการวิเคราะห์ที่โควาเรียนซ์ ของกราฟรีเกรสชัน (ตารางที่ ๑๐) ปรากฏว่าในเกือบทุกกรณี ความลาดเอียงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่รีเกรสชันแต่ละอันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความแปรผันระหว่างค่าของไม้ไม้แต่ละชนิด ปรากฏการเช่นนี้พบในเนื้อไม้ซึ่งแต่ละท่อนอย่างมีปริมาณความชื้นเท่ากัน แต่มีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าแตกต่างกัน

### ค. ความแปรผันระหว่างชนิดไม้ไม้

สมการรีเกรสชันของ  $\log r$  กับ  $\log M$  ของไม้ไม้สามชนิดได้ จากค่ามีซิมของส่วนกลางของผนังปล่องไม้ไม้ ตารางที่ ๑๑ ได้สรุปผลการวิเคราะห์ที่โควาเรียนซ์ ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้าของไม้ไม้สูงกว่าของไม้ไม้ อีกสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ของไม้ไม้ และไม้รวก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

### สรุปผลการทดลอง

ความตรงจำเพาะของครึ่งนอกของผนังปล่องไม้ไม้สูงกว่าของครึ่งใน ซึ่งสัมพันธ์กับการที่มีจำนวนมีค่อน้ำพอกอาหารมากในส่วนครึ่งนอก ความตรงจำเพาะของไม้ไม้ไม่มีผลกระทบต่อการพองตัว เมื่อค้อน้ำเข้าไปมากเท่ากับในเนื้อไม้ทั่วไป ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะลักษณะโครงสร้างของไม้ไม้แตกต่างกับของเนื้อไม้ และลักษณะของผนังเซลล์ที่ซับซ้อนของไม้ไม้คาย ความแปรผันของความตรงจำเพาะและ



Table 8. -- REGRESSION COEFFICIENTS A AND B AND THE CORRELATION COEFFICIENT FOR THE FITTED EQUATION,  $\log r = A - B \log M$ , OF 5 CULMS FROM EACH OF THREE SPECIES OF BAMBOO.

Culm Number	Position	A	B	corr. coeff.
<u>B. arundinacea</u>				
1	central	18.94	-10.64	-0.9997
2	"	20.06	-11.70	-0.9990
3	entire wall	19.56	-11.24	-1.0000
3	inner	16.83	-8.98	-0.9823
3	central	18.30	-10.29	-0.9966
3	outer	19.33	-11.11	-0.9987
4	central	18.62	-10.64	-0.9985
5	"	20.53	-11.86	-0.9964
1,2,3,4,5	"	19.28	-11.01	-0.9801
<u>D. membranaceus</u>				
1	entire wall	20.17	-11.32	-0.9991
1	inner	19.19	-10.48	-0.9766
1	central	17.81	-9.66	-0.9930
1	outer	20.60	-12.11	-0.9939
2	central	17.81	-9.66	-0.9930
3	"	19.48	-11.05	-0.9974
4	"	19.24	-10.56	-0.9963
5	"	19.00	-10.59	-0.9972
1,2,3,4,5	"	19.08	-10.58	-0.9772
<u>I. siamensis</u>				
1	entire wall	20.85	-12.01	-0.9998
1	inner	19.72	-11.12	-0.9986
1	central	19.19	-10.58	-0.9988
1	outer	19.18	-10.69	-0.9981
2	central	19.81	-11.04	-0.9994
3	"	20.03	-11.23	-0.9994
4	"	18.77	-10.39	-0.9954
5	"	20.04	-11.47	-0.9979
1,2,3,4,5	"	19.53	-10.90	-0.9886

Figure 8. Regression curves of pooled log resistivity vs. log moisture content at 25°C of the central portion of the culm wall in three species of bamboo.

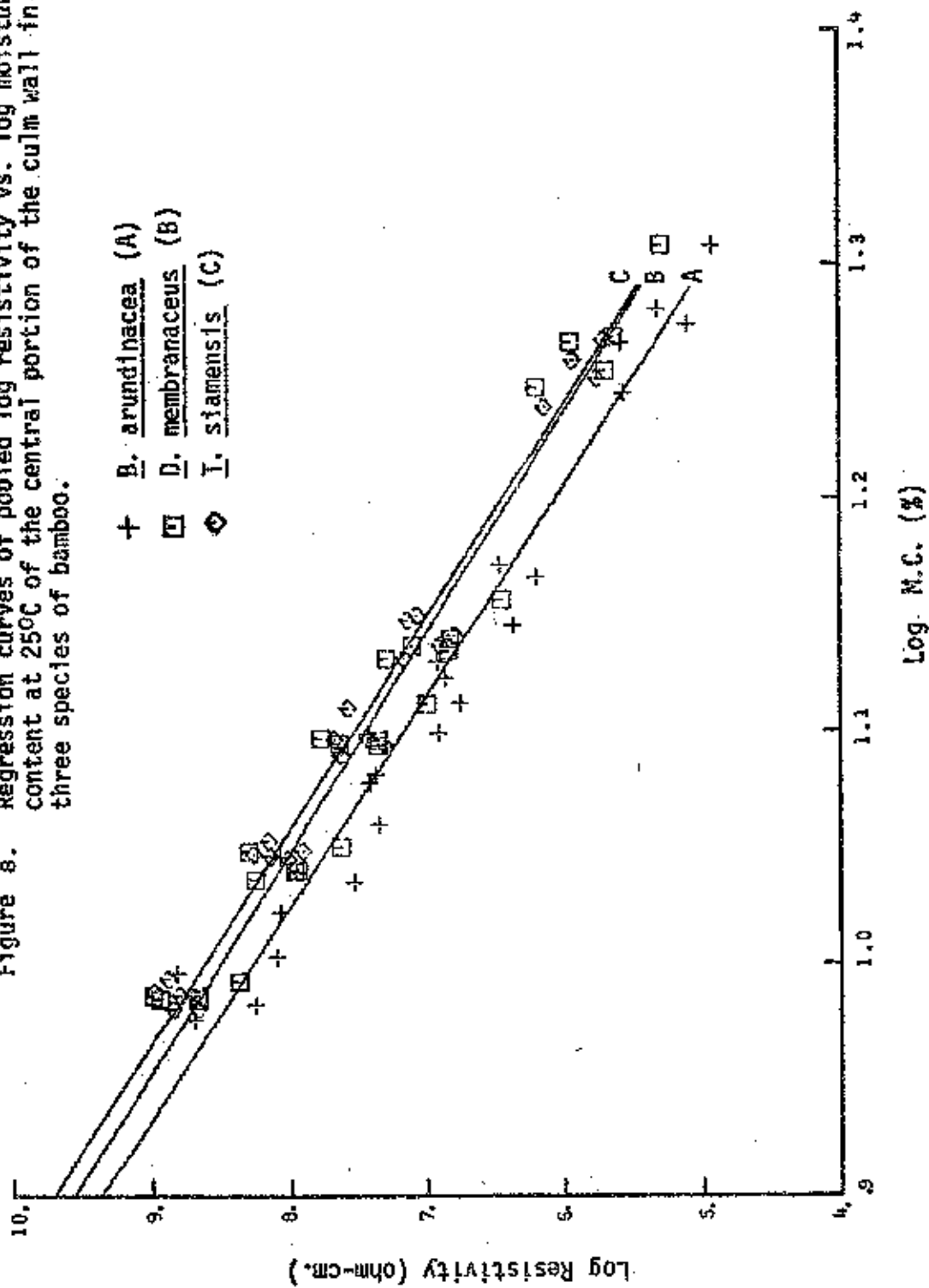


Table 9. ANALYSIS OF COVARIANCE OF SLOPE AND REGRESSION OF THE REGRESSION CURVES OF LOG RESISTIVITY VS. LOG MOISTURE CONTENT OF THE DIFFERENT PORTIONS OF THE CULM WALL IN THREE SPECIES OF BAMBOO.

The Predicted F Value

5% 1%  
 5.99 13.74  
 5.99 12.25

For slope (S) (df. 1 and 6) -----

For regression (R) (df. 1 and 7) -----

Spp.	<u>B. arundinacea</u>			<u>D. membranaceus</u>			<u>T. siamensis</u>		
	Inner	Central	Outer	Inner	Central	Outer	Inner	Central	Outer
Portions in culm wall									
Entire wall	S: 4.26 R: 1.35	S: 3.32 R: 10.49	S: .18 R: 9.63	S: .37 R: .01	S: 4.74 R: 25.56	S: 1.00 R: 24.39	S: 5.22 R: 11.69	S: 17.49 R: 2.18	S: 10.14 R: 19.16
Inner		S: 1.33 R: .04	S: 3.27 R: .91		S: .33 R: 9.00	S: 1.00 R: 4.22		S: 1.48 R: 3.63	S: .73 R: 2.11
Central			S: 1.75 R: 4.17			S: 5.64 R: 2.08			S: .06 R: 12.93

\* Significant at 5% level

\*\* Highly significant at 1% level

Table 10. ANALYSIS OF COVARIANCE OF SLOPE AND REGRESSION OF THE REGRESSION CURVES OF LOG RESISTIVITY VS. LOG MOISTURE CONTENT OF THE CENTRAL PORTION OF THE CULM WALL FROM FIVE CULMS IN THREE SPECIES OF BAMBOO. The predicted F values for both slope and regression are the same as in Table 21.

Culm No.	<u>B. arundinacea</u>					<u>D. membranacea</u>					<u>T. siamensis</u>				
	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5			
1	S: 9.46 R: .64	S: .39 R: 23.62 **	S: .00 R: 89.54 **	S: 3.92 R: 10.12 *	S: 1.75 R: 42.91 **	S: 2.72 R: 1.98	S: 1.10 R: 23.08 **	S: 1.26 R: 3.34	S: 1.56 R: 10.75 *	S: 3.11 R: 11.08 *	S: .07 R: 14.13 *	S: 2.93 R: 7.21 *			
2		S: 5.32 R: 8.91 *	S: 5.15 R: 30.05 **	S: .08 R: 21.51 **		S: .27 R: 67.46 **	S: .07 R: 4.43 **	S: .06 R: 56.35 **		S: .37 R: .17 *	S: 1.03 R: 29.54 **	S: .83 R: 36.14 **			
3			S: .33 R: 1.46	S: 4.25 R: 26.90 **			S: .47 R: 21.54 **	S: .49 R: .19		S: 1.75 R: 29.91 **	S: .27 R: 42.33 **				
4				S: 3.40 R: 55.96 **			S: .00 R: 18.30 **					S: 3.40 R: .93 h:			

\* Significant at 5% level  
\*\* Highly significant at 1% level

Table 11. ANALYSIS OF COVARIANCE OF SLOPE AND REGRESSION OF THE REGRESSION CURVES OF LOG RESISTIVITY VS. LOG MOISTURE CONTENT OF THE POOLED CENTRAL PORTIONS FROM FIVE CULMS OF EACH SPECIES.

The Predicted F Value

5% 1%

For slope (S) (df. 1 and 46) ----- 4.05 7.21  
 For regression (R) (df. 1 and 47) - 4.05 7.20

Species	<u>D. membranaceus</u>	<u>T. siamensis</u>
<u>B. arundinacea</u>	S: .31  ** R: 17.64	S: .26  ** R: 40.39
<u>D. membranaceus</u>		S: .02  R: 2.08

\* Significant at 5% level  
 \*\* Highly significant at 1% level

การพองตัวของลำไม้ไผ่ชนิดเดียวกัน และระหว่างชนิดของไม้ไผ่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

การดูดและคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ของไม้ไผ่คล้ายคลึงกับของเนื้อไม้ การคายน้ำที่อุณหภูมิคงที่ของส่วนครึ่งในผนังปล้องสูงกว่าของส่วนครึ่งนอก ที่ความชื้นสูง ๆ เสมอในไม้ไผ่ทั้งสามชนิด แต่ที่ความชื้นต่ำ ๆ ก็มีค่าตรงกัน ความแปรผันระหว่างชนิดของไม้ไผ่ไม่เด่นชัดมาก

ความต้านทานจำเพาะต่อกระแสไฟฟ้าของไม้ไผ่ก็ใกล้เคียงกับของเนื้อไม้ ความแปรผันในผนังปล้องไม้คงที่เสมอไป แต่มีความแปรผันในระหว่างลำของไม้ไผ่ชนิดเดียวกัน ค่าความต้านทานจำเพาะต่อกระแสไฟฟ้า ของไม้ไผ่สูงกว่าไม้ไผ่อีกสองชนิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่ของไผ่รวกและไผ่หนวนไม้คงที่กันอย่างมีนัยสำคัญ

#### เอกสารอ้างอิง

วิรัช ชื่นวาริน. ๒๕๑๘. ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของลำไม้ไผ่สามชนิด รายงานงานวนศาสตร์วิจัยเล่มที่ ๘๙ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (โร เนียว)

Bhargava, M. P. 1968. Industrial experience in the utilization of bamboo for pulp and paper manufacture. In: FAO, Pulp and Paper Development in Africa and the Near East, Vol. II, pp. 761-783. Proc. Conf. Pulp and Paper Dev. in Africa and the Near East, Cairo 1965, Rome.

Brown, J. H., Davidson, R. W., and Skaar, C. 1963. Mechanism of electrical conduction in wood. For. Prod. J. 13(10): 455-459.

Chiang, F. C. 1973. Experiment on the physical properties of important bamboos in Taiwan. Bull. Taiwan For. Res. Inst. 241. 12 pp.

- 60
- Elliott, G. K. 1970. Wood density in conifers. C. A. B. Tech. Comm. 8, Oxford. 44 pp.
- Hearle, J. W. S. 1953. The electrical resistance of textile materials. IV. Theory. J. Text. Inst. Trans. 44: T177-T198.
- Kelsey, K. E. 1963. A critical review of the relationship between the shrinkage and structure of wood. C. S. I. R. O. Div. For. Prod. Tech. No. 28. Melbourne. 35 pp.
- Kollmann, F., and Côté, W. A. 1968. Principles of Wood Science and Technology. Vol. 1. Springer-Verlag, Berlin. 592 pp.
- Lin, R. T. 1965. A study on electrical conduction in wood. For. Prod. J. 15(11): 506-514.
- Narayanamurti, D., and Gupta, R. C. 1962. Swelling pressure of wood. II. Norsk Skogind. 16(9): 388-390.
- Panshin, A. J., and de Zeeuw, C. H. 1970. Textbook of Wood Technology. Vol. 1, Ed. 3. McGraw-Hill Book Co., New York. 705 pp.
- Rehman, M. A., and Ishaq, S. M. 1947. Seasoning and shrinkage of bamboo. Indian Forest Records (New series), Utiliz., Dehra Dun, U. P. 4(2). 22 pp.
- Sharma, S. N., and Mehra, M. L. 1970. Variation of specific gravity and tangential shrinkage in the wall thickness of bamboo (Dendrocalamus strictus) and its possible influence on the trend of the shrinkage moisture content characteristic. Indian For. Bull. No. 259 (New Series). 10 pp.
- Skaar, C. 1972. Water in Wood. Syracuse Univ. Press, Syracuse, N. Y. 218 pp.
- Stamm, A. J. 1964. Wood and Cellulose Science. Ronald Press. New York, N. Y. 549 pp.

- No 25 Wiraj Chunwarin & Damrong Sri-Aran: Macroscopic and microscopic structure of commercial woods in series Thalamiflorae and Disciflorae of Thailand.\*
- No 26 Suvit Sangtongproaw : Morphological study of pines in Thailand.\*
- No 27 Pricha Dhanmanonda: Site Quality of mixed deciduous forest with teak at Mae Huad, Lampang, as determined by soil aggregate.
- No 28 Choopol Ngampongsai: The distribution and development of teak-root in different ages plantation.\*
- 1974 No 29 Wiraj Chunwarin & Damrong Sri-Aran: Macroscopic and microscopic structure of important woods in Series Calyciflorae, Inferae, Heteromerae, Bicarpeolatae, Micembryae, Daynnales, and Unisexuales.\*
- No 30 Wasan Kaitpraneet & Somsak Sukwong: Height growth of teak (Tectona grandis, Linn. F.) as related to environmental factors.\*
- No 31 Somkid Siripatanadilok: Development of teak flower (Tectona grandis, Linn).\*
- 1975 No 32 Prakong Intrachandra: Efficiency comparison between machanize and hand weeding at Ban Dan Lan Hoy Teak Plantation, Sukhothai Province.\*
- No 33 Wuthipol Hoamuangkaew: Economics of lac production: a case study of the extension and research station of lac at Klangdong, Amphor Packehong, Changwat Nakhonratchasima.\*
- No 34 Tawee Kaewla-ia, Somsak Sukwong: Point sampling trial in dry dipterocarps forest.\*
- No 35 Somneug Pongampai: Morphology of some forest trees in Diptrocarpaceae.\*
- No 36 Charn Boonyasirikool and Wuthipol Hoamuangkaew: Testing accuracy of some log rules.\*
- No 37 Bunvong Thaiutsa, Choob Khemmark, Wisut Suwannapinunt, and Somporn Chaicharus: Soil properties of plantation after thinning.\*
- 1976 No 38 Sanit Aksornkoe: Structure of mangrove forest at Amphoe Khlung Changwat Chantaburi, Thailand.
- No 39 Bunvong Thaiutsa, Wisut Suwannapinunt, Wasan Kaitpraneet, Somsak Sukwong: Changes of soil properties in Teak forest under the Different Silvicultural Systems.\*
- No 40 Pongsak Sahunatu: Foliage Area Estimation of Local Pines.
- No 41 Pitaya Petmak, Bunvong Thaiutsa, Pongsak Sahunatu : Dry weight increment of PINUS KESIYA seedlings after fertilizer application.\*
- No 42 Chow Chutpong, Bunvong Thaiutsa, Choob Khemmark, Wisut Suwannapinunt, Wasan Kaitpraneet : Nutrient composition of needles from fertilized and unfertilized PINUS KESIYA royle ex gordon.\*
- No 43 Wasan Kaitpraneet, Bunvong Thaiutsa, Wisut Suwannapinunt, Manop Kamchornchird: Effects of Thinning and Fertilization on Soil Properties of Pine Plantation.\*
- No 44 Sathit Wacharakitti : Tropical Forest Land-Use Evolution/Northern Thailand.
- No 45 Pongsak Sahunatu, Boonyong Sureepong, Suree Bhumibhamon : Effect of Light on The Germination of Pinus Kesiya Royle ex Gordon Seeds.\*
- No 46 Pongsak Sahunatu, Pramook Likithamanit, Prin Sri-Aran: Diameter and age Distributions of pinus merkusii Jungh and devries and pinus kesiya royle ex gordon stands.
- No 47 Wiraj Chunwarin: Culm structure and Composition of three Thai bamboos.

---

\* In Thai with English summary