



10085

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ด้วยรังสีอินฟราเรด
(Drying of Shelled Corn Seed Using Infrared Ray)

โดย

นางสาว ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

นาง อรทัย เตียวสมบูรณ์กิจ

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

เสี่ยว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2530

RCH

SCH

715

.C6

๒๕๔๗



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 100820
วัน,เดือน,ปี 21 JUN 2009

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณผู้ที่มีรายนามต่อไปนี้ ซึ่งมีส่วนช่วยให้โครงการนี้ดำเนินไปและสำเร็จลงด้วยดี

1. คุณพรศักดิ์ ศิริมนัสเพ็ญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. คุณประเมิน วงศ์อุไร ผู้อำนวยการสถานีทดลองพืชไร่พระพุทธบาท ต. คอนคม
อ. พระพุทธบาท สระบุรี
3. คุณประสาร พรหมสูงวงศ์ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
4. คุณเกษม สุขเจริญ เจ้าของไร่เจริญสุข ต.วังม่วง อ. พระพุทธบาท สระบุรี
5. คุณอัมพวัน ตันสกุล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ
6. บรรณารักษ์หอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ
7. บรรณารักษ์ห้องสมุด คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
8. คุณเพิ่มศักดิ์ เกษมสุข และ คุณสาทร แก้วมีศรี นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
คำขอบคุณ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
2. การตรวจเอกสาร	2
2.1 การลดความชื้น เมล็ดพันธุ์	2
2.2 การเก็บรักษา เมล็ดพันธุ์	4
2.3 ความงอกของ เมล็ดพันธุ์	5
3. การดำเนินการทดลอง	7
3.1 การวางแผนการทดลอง	7
3.2 วัสดุและอุปกรณ์	7
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง	8
4. ผลการทดลอง	10
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	21
5.1 ความบริสุทธิ์ของ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด	21
5.2 ความชื้นของ เมล็ดพันธุ์	21
5.3 อุณหภูมิของ เมล็ดพันธุ์	23
5.4 สภาพอากาศในตู้อบ	23
5.5 ความงอกของ เมล็ดพันธุ์	24
5.6 สรุป	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6. ข้อเสนอแนะ	25
7. เอกสารอ้างอิง	26
8. ภาคผนวก	28
8.1 การทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์	28
8.2 การทดสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์	28
8.3 การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์	28
8.4 รังสีอินฟราเรด	29

บทคัดย่อ

การลดความชื้น เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยรังสีอินฟราเรด

(Drying of Shelled Corn Seed Using Infrared Ray)

การอบลดความชื้น เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ไฮบริด 2606 ใช้ตู้อบอินฟราเรดเป็นตัวให้พลังงานความร้อน เมล็ดพันธุ์ที่ใช้มีความบริสุทธิ์ 99.6 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกเริ่มต้น 96.5 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นเริ่มต้น 13.32 และ 13.54 เปอร์เซ็นต์ ที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 3 และ 5 เซนติเมตรตามลำดับ จากการทดลองโดยควบคุมอุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบอยู่ระหว่าง 42-43 องศาเซลเซียส ความชื้นลดลงเหลือ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออบนาน 75 และ 90 ชั่วโมง ที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 3 และ 5 เซนติเมตร ตามลำดับ สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (M) กับเวลาการอบ (t) ตามสมการ $M = 13.777e^{-0.013t}$ และ $M = 12.95e^{-0.011t}$ อัตราการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ ($\left|\frac{dM}{dt}\right|$) กับเวลาการอบตามสมการ $\left|\frac{dM}{dt}\right| = 10.17e^{-0.013t}$ และ $\left|\frac{dM}{dt}\right| = 10.143e^{-0.011t}$ ที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 3 และ 5 เซนติเมตร ตามลำดับ ในการทดลองนี้เมล็ดพันธุ์มีความงอกอยู่ในช่วง 94-98.5 เปอร์เซ็นต์ และประเภทความผิดปกติของต้นอ่อนเรียงลำดับตามประเภทเกิดขึ้นมากที่สุดไปถึ้นน้อยสุดคือ ความผิดปกติที่ Coleoptile ความผิดปกติอื่น ๆ เช่นความผิดปกติเนื่องจากอาการเน่า เมล็ดไม่งอก เมล็ดที่ไม่มีต้นอ่อนมีแต่ราก ความผิดปกติที่ราก ความผิดปกติ Hypocotile และ Epicotyl

Abstract

Drying of Shelled Corn Seed Using Infrared Ray

Corn seeds (2606 hybrid) using in this experiment have 96.5 percent of germination rate, 99.6 percent of the purity, and about 13 percent of moisture content, initially. Drying of the seed in infrared oven has done at 2 different seed layer thickness, 3 and 5 centimeter, and the temperature in the oven is controlled at 42-43 degree celcius. The moisture is reduced to 5 percent in 75 and 90 hours at 3 and 5 centimeter, respectively. The relationship between seed moisture (M) and drying time (t) are $M = 13.007e^{-0.013t}$ for 3 centimeter and $M = 12.95^{-0.011t}$ for 5 centimeter and the relationship between drying rate ($\frac{dM}{dt}$) and time (t) are $\left| \frac{dM}{dt} \right| = 10.17 e^{-0.113t}$ and $\left| \frac{dM}{dt} \right| = 10.143e^{-0.011t}$ at 3 and 5 centimeter, respectively. The dried seed germination rate is 94-98.5 percent. Abnormalities observed in the seedlings in decreasing order of occurrence are coleoptil; other abnormalities, decay, root, and hypocotyl.

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลการทดสอบความบริสุทธิ์ของ เมล็ดพันธุ์	10
4.2	ผลการทดสอบความชื้นของ เมล็ดพันธุ์	11
4.3	ผลการทดสอบความงอกของ เมล็ดพันธุ์	15
4.4	ประ เภทความผิดปกติของต้นอ่อนและ เปอร์ เซ็นต์ของต้นอ่อน ผิดปกติกับ เวลาที่อบ ที่ความหนาของชั้น เมล็ดพันธุ์ 3 เซนติเมตร	17
4.5	ประ เภทความผิดปกติของต้นอ่อนและ เปอร์ เซ็นต์ของต้นอ่อน ผิดปกติกับ เวลาที่อบ ที่ความหนาของชั้น เมล็ดพันธุ์ 5 เซนติเมตร	19
8.1	คุณสมบัติทางกายภาพของอินฟราพารา	30

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับความชื้นสัมพัทธ์ ของบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ดพันธุ์	3
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความชื้น (M) ของเมล็ดพันธุ์กับเวลา (t)	12
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น ($\frac{dM}{dt}$) กับเวลา (t)	12
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับเวลาที่อบที่ความหนา 3 เซนติเมตร	13
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับเวลาที่อบที่ความหนา 5 เซนติเมตร	13
4.5 สภาพอากาศภายในตู้อบกับ เวลาที่อบ	14
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของ เมล็ดพันธุ์กับ เวลาที่อบ	16
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความงอกกับ เวลาที่อบ	16
4.8 ประเภทความผิดปกติของต้นอ่อน และ เปอร์เซ็นต์ของต้นอ่อนผิดปกติ กับเวลาที่อบที่ความหนา 3 เซนติเมตร	18
4.9 ประเภทความผิดปกติของต้นอ่อน และ เปอร์เซ็นต์ของต้นอ่อนผิดปกติ กับเวลาที่อบที่ความหนา 5 เซนติเมตร	20
5.1 แผนภูมิอากาศชื้น (10 - 120 องศาเซลเซียส)	22
8.1 โครงสร้างของอินฟราพารา	30

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การลดความชื้นของ เมล็ดพืชมีมาช้านานแล้ว ซึ่งวิธีการลดความชื้นในสมัยนั้นทำกัน โดยอาศัยพลังงานจากแสงแดดและอาศัยแรงลมจากธรรมชาติ เช่นการตากแดด ตากลม บนพื้นคอนกรีต ในปัจจุบันได้มีการสร้างเครื่องมือลดความชื้นแบบต่าง ๆ เพื่อประหยัดแรงงาน เวลา ต้นทุน ลดความเสียหายของเมล็ดที่เกิดจากนก หนูหรือแมลงต่าง ๆ เครื่องมือลดความชื้นที่สร้างขึ้นมามีทั้งแบบอาศัยธรรมชาติและปรับสภาพอากาศ แบบอาศัยธรรมชาติ เช่น เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar dryer) แบบปรับสภาพอากาศเช่น เครื่องอบแบบกองสูง (On-the-floor driers) เครื่องอบเมล็ดแบบถัง (In-bin-driers) เครื่องอบเมล็ดแบบอุโมงค์ (Tunnel driers) เครื่องอบเมล็ดแบบถาด (Tray driers) เครื่องอบแบบกระสอบ (Sack driers) สำหรับเมล็ดพันธุ์ถ้ามีความชื้นสูง จะทำให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดพันธุ์เป็นเหตุให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เสื่อมลง เช่นความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ เปอร์เซ็นต์ความงอกและอายุการเก็บรักษาจะลดลง สาเหตุอื่นเช่นพวกจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อราที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา (Seed storage fungi) ซึ่งทำให้ความชื้นและอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์สูงขึ้นเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายได้ดังกล่าวแล้ว การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาจะช่วยยืดเวลาในการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น

การลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยรังสีอินฟราเรดเป็นการลดความชื้นแบบปรับสภาพอากาศแบบหนึ่ง โดยอาศัยความร้อนจากแหล่งทำความร้อนซึ่งผลิตจาก เซรามิคที่มีคุณสมบัติในการแผ่รังสีอินฟราเรดคลื่นยาวเข้าไปในโมเลกุลของ เมล็ดพันธุ์ ทำให้โมเลกุลของเมล็ดพันธุ์เกิดการสั่นสะเทือนทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายใน เมล็ดพันธุ์ทำให้ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดลง

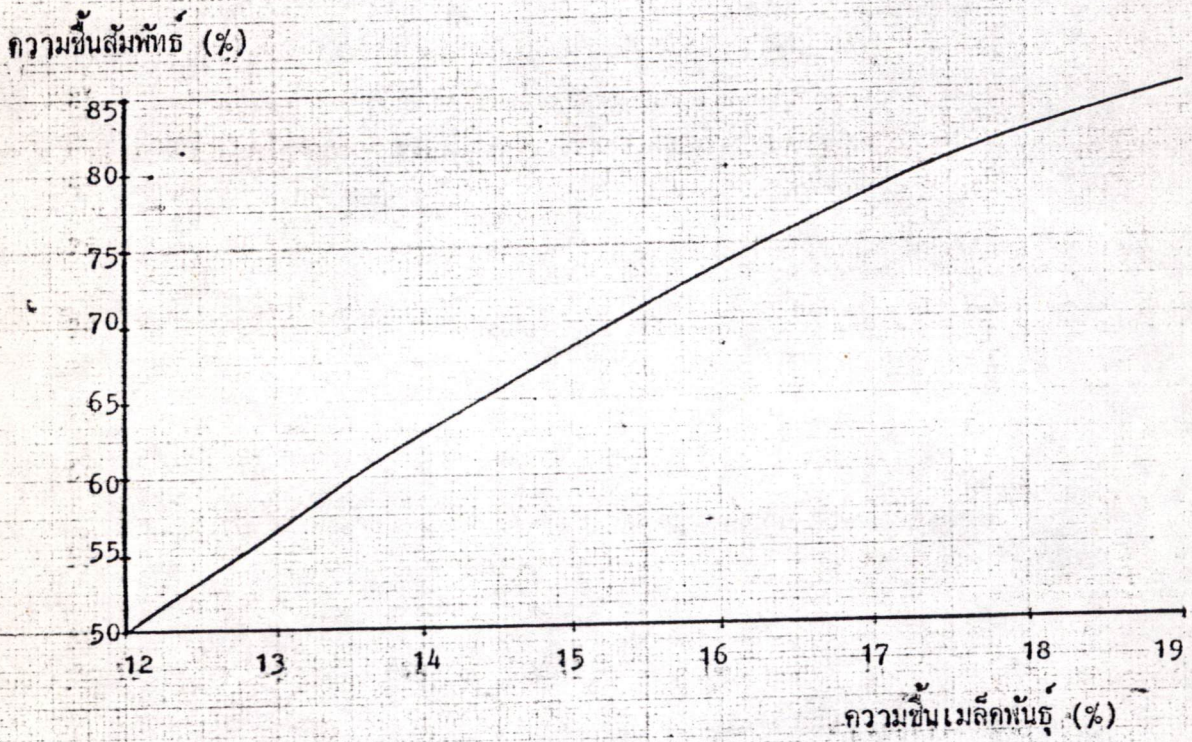
1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการลดความชื้น และประสิทธิภาพในการลดความชื้นด้วยรังสีอินฟราเรด
2. เพื่อศึกษาผลของการอบลดความชื้น เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์

2. การตรวจเอกสาร

2.1 การลดความชื้นของเมล็ด

เมล็ดข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวมาจากไร่ในฤดูฝน จะมีความชื้นสูงมากประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ (Feiatritrer, 1975) ถ้าเมล็ดข้าวโพดดังกล่าวถูกนำไปเก็บรักษาไว้จะทำให้เกิดผลเสียหายต่อคุณภาพของเมล็ด เช่นเมล็ดมีการหายใจสูง เชื้อราและแมลงจะเข้าทำลายได้ง่ายทำให้เมล็ดเน่าเปื่อยเสียหาย (Brooker et al., 1978) ความเสียหายเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากเมล็ดมีความชื้นสูงเกินไป ดังนั้นเพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นอยู่ในระดับที่จะเก็บรักษาไว้ได้อย่างปลอดภัยควรจะตากหรืออบให้มีความชื้นต่ำกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด (จวงจันทร, 2529) โดยจะต้องอบหรือลดความชื้นทันทีหลังจากเก็บเกี่ยว (FAO, 1981) ระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด 13 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับความชื้นที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาในระยะเวลา 1 ปี และระดับความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับความชื้นที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาในระยะเวลา 5 ปี (Brooker et al., 1978) ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ จะปลอดภัยต่อการเข้าทำลายของพวกแมลงเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้น 6 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงถึง 90 องศาเซลเซียส และเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดเมล็ดแข็ง (Hard seed) หรือปฏิกิริยาบางอย่างเกิดขึ้นซึ่งเป็นอันตรายต่อต้นอ่อนในเมล็ด (บุญนาค, 2526) ถ้าความชื้นของเมล็ดลดลงอีก 1 เปอร์เซ็นต์ โดยที่เมล็ดพันธุ์มีความชื้นอยู่ระหว่าง 4-14 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ได้นานอีกเท่าตัว และถ้าอุณหภูมิในเมล็ดลดลง 5 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิของเมล็ดอยู่ระหว่าง 0-50 องศาเซลเซียส จะสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ได้นานอีกเท่าตัว (Harrington, 1960) เนื่องจากเมล็ดเป็นวัสดุที่ดูดและคายความชื้น (Hygroscopic material) คือมีความสามารถที่จะดูดความชื้นจากอากาศเข้ามาไว้ในโครงสร้างของเมล็ด หรือคายความชื้นจากเมล็ดออกสู่อากาศที่ล้อมรอบเมล็ด (Copeland, 1976) สภาพดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ (Relative humidity) ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงก็จะมีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดสูง ในทางตรงกันข้ามถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศลดลงก็จะมีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงด้วย เมล็ดพืชจะหยุดดูดความชื้นและคายความชื้น เมื่อความชื้นของเมล็ดถึงจุดสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ ดังรูปที่ 2.1 (จวงจันทร, 2529) ดังนั้นการที่จะทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงจะต้องทำให้ความชื้นสัมพัทธ์



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมลิคพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์
กับบรรยากาศรอบ ๆ เมลิคพันธ์

ที่มา : (จวงจันทร์, 2529)

ของบรรยากาศลดลง วิธีที่จะลดความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศทำได้ โดยการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศรอบ ๆ เมล็ด (Thomson, 1979)

การลดความชื้นของเมล็ดพืชเพื่อใช้เป็น เมล็ดพันธุ์ทำได้โดยนำเมล็ดพืชมาอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 51 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดพืชในทางกายภาพและทางเคมี (อารมย์, 2524) ก่อนที่จะนำเมล็ดพันธุ์ไปอบลดความชื้นต้องมีการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์เสียก่อนและในระหว่างการลดความชื้นจะต้องมีการทดสอบความงอกเป็นระยะ ๆ ถ้าเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการอบลดความชื้นนั้นไม่ถูกต้องเช่น อุณหภูมิที่ใช้ออบสูงเกินไป (จวงจันทร์, 2529) วิธีการลดความชื้นของเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวมี 2 วิธี คือการลดความชื้นโดยอาศัยธรรมชาติ (Natural drying) และการลดความชื้นโดยการปรับสภาพอากาศ (Artificial drying) (Hall, 1970) การลดความชื้นโดยอาศัยธรรมชาติเป็นวิธีที่ทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลงโดยการตากแดด ตากลม ส่วนวิธีการลดความชื้นโดยการปรับสภาพอากาศ เป็นวิธีที่ทำให้อุณหภูมิของอากาศร้อนขึ้น และอากาศที่ร้อนนี้จะถูกบังคับให้พัดผ่านเมล็ด (Thomson, 1979) การลดความชื้นในระดับครอบครัวจะใช้วิธีธรรมชาติ ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายแต่ความเสียหายของเมล็ดเนื่องจากจุลินทรีย์ เชื้อรา แมลง นก หนู มีมากและใช้เวลานานในการลดความชื้นสำหรับในระดับอุตสาหกรรมนั้นใช้วิธีการลดความชื้นโดยการปรับสภาพอากาศซึ่งค่าใช้จ่ายจะสูงกว่า เกิดความเสียหายและใช้เวลาน้อยกว่า (บัณฑิตและไมตรี, 2528)

2.2 การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มีทั้งเก็บในสภาพอากาศเปิดและการบรรจุเมล็ดพันธุ์ในภาชนะปิดสนิททั้งแบบป้องกันความชื้น เช่นกระป๋องโลหะ กระป๋องอลูมิเนียม และแบบต้านทานความชื้น เช่นบรรจุในกระสอบ ถุงกระดาษ ถุงพลาสติก (Warham, 1986) ในการบรรจุเมล็ดพันธุ์นั้นจะต้องพิจารณาถึงความสะดวกในการขนส่ง ป้องกันความเสียหายที่เกิดจากเครื่องจักรและความเสียหายที่เกิดจากจุลินทรีย์ เชื้อรา แมลง หนู สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเก็บรักษารวมทั้งการโฆษณาเพื่อการขายด้วย (Thomson, 1979) ความเสียหายที่เกิดจากเครื่องจักรกลนั้นเกิดจากการกระทบกันในระหว่างการขนส่ง หรืออาจเกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกลความเสียหายจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่บรรจุเมล็ดพันธุ์ การบรรจุที่ไม่ถูกต้องจะทำให้

เกิดความเสียหายมากขึ้น (Conveney, 1969) ความเสียหายที่เกิดจากแมลงไม่มีวัตถุใดที่สามารถป้องกันแมลงได้อย่างสมบูรณ์ ถ้าเก็บรักษาไว้ในสภาพทั่ว ๆ ไป แต่ถ้าวัตถุที่นำมาใช้บรรจุเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรง ความหนา และความหนาแน่นสูง ก็จะป้องกันแมลงได้ดีขึ้น (Parkin, 1963) กระบองตึกเป็นวัตถุที่ใช้บรรจุเมล็ดพันธุ์ เพื่อป้องกันการกัดกินของหนู (Evans, 1962) จุลินทรีย์จะทำให้การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ลดลงอีกด้วย (Harrington, 1963) และจุลินทรีย์จะมีมากในสภาพที่มีความชื้นสูง (British Standards Institution, 1964) รังสีอุลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) คลื่นยาวเป็นรังสีที่ได้มาจากแสงแดดจะมีผลทำให้วัตถุที่ใช้บรรจุเมล็ดพันธุ์บางชนิดเสื่อมคุณภาพลง ความชื้นของบรรยากาศที่ห้อมล้อมวัตถุที่บรรจุเมล็ดพันธุ์ ถ้าสูงความชื้นจะระเหย และซึมผ่านวัตถุที่บรรจุเข้าไปภายใน ทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพได้นอกจากนี้คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์ก็มีผลอย่างมากต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (Harrington, 1973) การบรรจุเมล็ดพันธุ์ในภาชนะที่ปิดสนิทนี้ เมล็ดพันธุ์จะต้องมีความชื้นต่ำกว่าความชื้นที่เก็บรักษาโดยทั่ว ๆ ไป 2-3 เปอร์เซ็นต์ (จงจันทร, 2529) การบรรจุเมล็ดพันธุ์ในถุงพลาสติก (polyethylene) นั้น ความต้านทานความชื้นจะขึ้นอยู่กับความหนา และความหนาแน่นของถุงพลาสติก ถ้าความหนาและความหนาแน่นสูงก็จะต้านทานความชื้นได้มาก (O'Reilly, 1979)

2.3 ความงอกของเมล็ดพันธุ์

ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ได้แก่ น้ำหรือความชื้น อากาศและอุณหภูมิ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ผ่านการลดความชื้นแล้วจะมีความชื้นประมาณ 6-14 เปอร์เซ็นต์ แต่การที่เมล็ดพันธุ์จะงอกได้นั้น เมล็ดพันธุ์จะต้องมีความชื้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง การงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นขบวนการที่ต้องใช้พลังงาน จึงต้องใช้ออกซิเจนสำหรับการหายใจ เพื่อย่อยสลายอาหารและได้พลังงานที่จำเป็นสำหรับการงอก โดยปกติเมล็ดพันธุ์จะงอกได้ในบรรยากาศที่มีออกซิเจนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ถ้าบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ดพันธุ์มีออกซิเจนเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความงอกก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และโดยปกติเมล็ดพันธุ์จะงอกได้ดีถ้าบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ดมีคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 เปอร์เซ็นต์ ถ้าบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ดมีคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความงอกจะลดลง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด เมล็ดพันธุ์จะมีอัตราการงอกและ เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดที่อุณหภูมิ 8-10 องศา

เซลเซียส เป็นระดับอุณหภูมิที่ต่ำสุดที่เมล็ดข้าวโพดสามารถงอกได้ แต่อัตราการงอกลดลงไปเรื่อย ๆ โดยที่เปอร์เซ็นต์ความงอกไม่ลดลงที่อุณหภูมิ 40-44 องศาเซลเซียส เป็นระดับอุณหภูมิสูงสุดที่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสามารถงอกได้ แต่อัตราการงอกและเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเป็นเมล็ดที่ไม่ต้องการแสงในการงอก (จวงจันทร์, 2529) เมล็ดพันธุ์ที่กระเทาะเมล็ดพันธุ์ด้วยมือจะมีความงอก 95-97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่กระเทาะเมล็ดโดยใช้เครื่องจักรกลซึ่งมีความงอก 89-94 เปอร์เซ็นต์ (Usenko, 1952)

3. การดำเนินการทดลอง

3.1 การวางแผนการทดลอง

3.1.1 กระเทาะ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยมือ เพื่อเป็นการรักษาความงอกของเมล็ดพันธุ์ให้อยู่ในระดับสูง (Usenko, 1952)

3.1.2 อบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิประมาณ 42-43 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดที่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดจะรักษาความงอกไว้ได้ โดยอบเมล็ดพันธุ์ที่ความหนาของชั้นเมล็ดพันธุ์ 2 ระดับ คือ 3 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร

3.1.3 ตรวจสอบความชื้น และความงอกของเมล็ดพันธุ์ ก่อนทำการทดลอง และระหว่างการอบทุก ๆ 5 ชั่วโมง เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของความชื้นและความงอกของเมล็ดพันธุ์ได้ชัดเจน

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

	เมล็ดข้าวโพดพันธุ์ไฮบริด 2606	40 กิโลกรัม
3.2.1	การทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์	
	1. เครื่องชั่งแบบแขวน	1 เครื่อง
	2. ไม้บรรทัด	1 อัน
3.2.2	การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์	
	1. ข้อนตักเมล็ด	1 คัน
	2. กระดาษทดสอบความงอกขนาด 25x35 เซนติเมตร	320 แผ่น
	3. ตะกร้าพลาสติกสำหรับใส่เมล็ดพันธุ์ที่เพาะ	2 ตะกร้า
	4. ถูพลาสติกขนาด 22x35 เซนติเมตร	200 กรัม
3.2.3	การทดสอบความชื้น	
	1. กระบองใส่อบเมล็ดพันธุ์พร้อมฝาปิด	24 กระบอง
	2. คีมสำหรับจับกระบอง	1 อัน
	3. ข้อนตักเมล็ดพันธุ์	1 คัน
	4. โหลตูดความชื้น	1 โหล

5. ถุงมือ	1 คู่
6. ปีกเกอร์	1 ถ้วย
7. ตะกร้าพลาสติกสำหรับใส่กระป๋อง	1 ตะกร้า
8. ตู้อบไฟฟ้า	1 เครื่อง

3.2.4 การลดความชื้น

1. ถาดใส่เมล็ด	1 ถาด
2. เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง	1 ชุด
3. นาฬิกาจับเวลา	1 เรือน
4. ตู้อบไฟฟ้า	1 เครื่อง
5. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ	1 เครื่อง
6. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง	1 เครื่อง
7. หลอดอินฟราเรด แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 500 วัตต์ ความยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.7 เซนติเมตร	2 หลอด

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

1. กระเทาะ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดออกจากฝักด้วยมือ
2. ทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์โดยใช้ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ 500 กรัม จำนวน

3 ตัวอย่าง บันทึกผลการทดสอบในตารางที่ 4.1

3. ทดสอบความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์โดยนำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ประมาณ 10 กรัม จำนวน 2 ตัวอย่าง ใส่กระป๋องเปิดฝาแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิประมาณ 130 องศาเซลเซียส นาน 4 ชม. บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.2

4. ทดสอบความงอกเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ เทาะบนกระดาษเพาะ (Between Paper) บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.3

5. นำเมล็ดพันธุ์มาอบลดความชื้นด้วยรังสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 42-43 องศาเซลเซียส โดยมีระยะห่างระหว่างหลอดกับเมล็ดพันธุ์ประมาณ 30 เซนติเมตรมีความหนาของชั้นเมล็ดพันธุ์ในถาดตะแกรง 3 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร วัดและบันทึกอุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ที่

ประมาณกึ่งกลางของชั้น เมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ และบันทึกผลด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิอัตโนมัติ และวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้อบโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง นำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาทดสอบความชื้นตามวิธีในข้อ 3 และทดสอบความงอกตามวิธีในข้อ 4 ทุก ๆ 5 ชั่วโมง จนกระทั่งความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดเหลือประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

4. ผลการทดลอง

- 4.1 การทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดข้าวโพดก่อนการทดลอง เมล็ดพันธุ์มีความบริสุทธิ์ 99.6 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.1
- 4.2 ผลจากการอบลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยรังสีอินฟราเรด หาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เวลาต่าง ๆ การอบลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ลดลงเหลือประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ความหนาขึ้นเมล็ดพันธุ์ 3 เซนติเมตร ใช้เวลา 75 ชั่วโมง และที่ความหนาขึ้นเมล็ดพันธุ์ 5 เซนติเมตร ใช้เวลา 90 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1
- 4.3 ผลการบันทึกค่าอุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ ที่เวลาต่าง ๆ กัน แสดงในรูปที่ 4.6
- 4.4 สภาพอากาศในตู้อบขณะทำการอบลดความชื้นที่เวลาต่าง ๆ แสดงโดยความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณความชื้นของอากาศ แสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.5
- 4.5 ผลการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ ก่อนอบและหลังจากการอบลดความชื้นที่เวลาต่าง ๆ กัน แสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.7 ความผิดปกติของต้นอ่อนแสดงในตารางที่ 4.4 รูปที่ 4.8 และตารางที่ 4.5 รูปที่ 4.9 ที่ความหนาขึ้นเมล็ดพันธุ์ 3 และ 5 เซนติเมตร ตามลำดับ

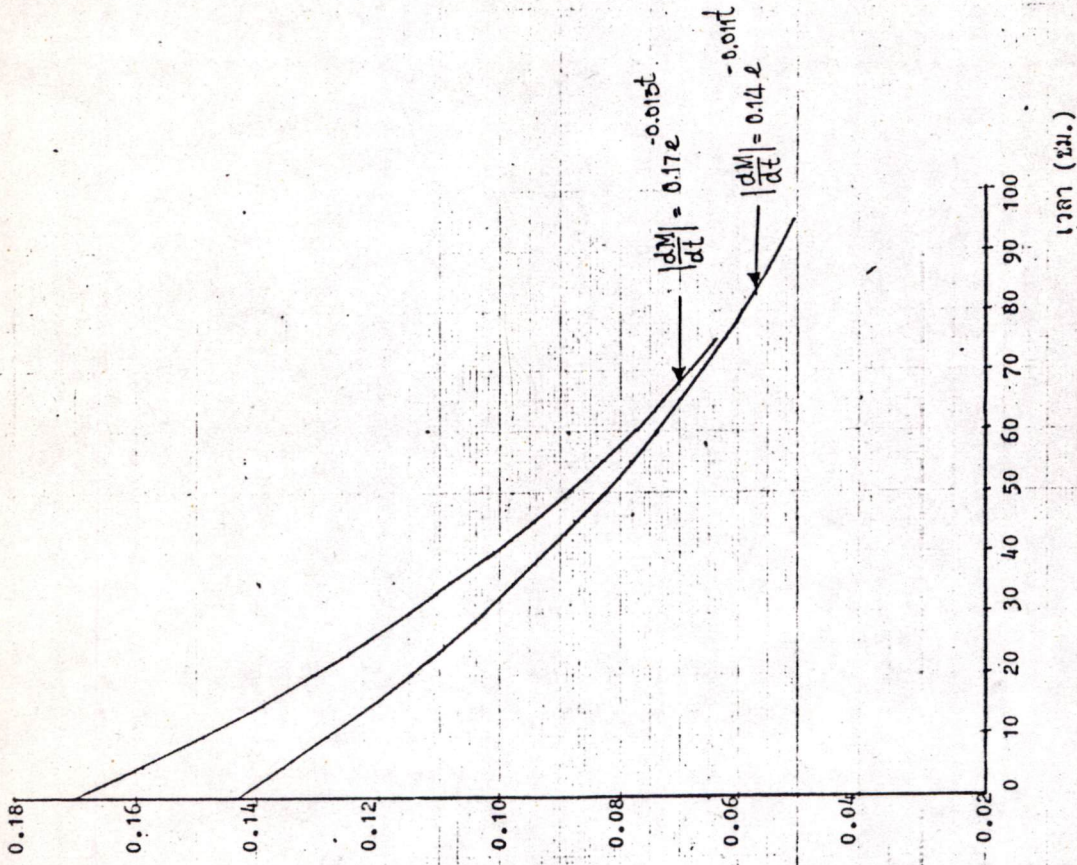
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์

องค์ประกอบของเมล็ดพันธุ์	น้ำหนัก (ก.)	%
เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์	498	99.6
เมล็ดพืชชนิดอื่น	-	-
เมล็ดวัชพืช	-	-
สิ่งเจือปน เช่นกรวด หินทราย		
เศษไม้	2	0.4

ตารางที่ 4.2 การทดสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์

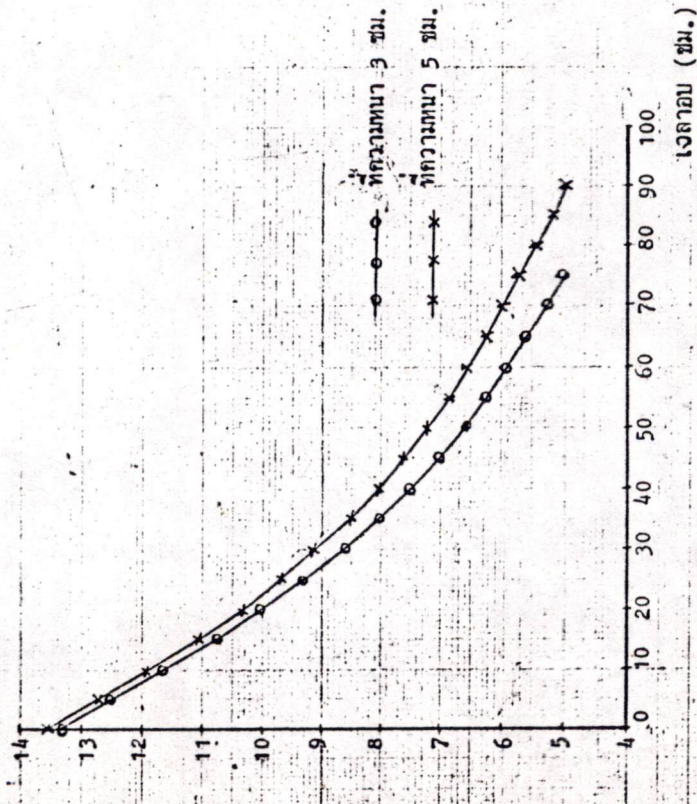
เวลาที่ไซบ (ชม.)	ความชื้นสัมพัทธ์		ปริมาณความชื้นเฉลี่ย ในตูบ กก.น้ำ/กก. อากาศแห้ง		ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ เฉลี่ย (%)	
	เฉลี่ย (%)	เฉลี่ย (%)	3 ชม.	5 ชม.	3 ชม.	5 ชม.
0	54	70	0.0282	0.0360	13.32	13.54
5	76.4	75.4	0.0421	0.0419	12.51	12.75
10	76.8	75.8	0.0410	0.0421	11.68	11.96
15	77.2	76	0.0404	0.0429	10.85	11.04
20	75.2	75.2	0.0396	0.0416	10.04	10.31
25	73.2	73.6	0.0380	0.0405	9.34	9.70
30	69.6	68.2	0.0382	0.0366	8.50	9.08
35	71.6	69.8	0.0397	0.0369	8.02	8.52
40	65.6	69.6	0.0372	0.0365	7.50	8.01
45	65.8	65.6	0.0364	0.0367	7.11	7.58
50	64.8	69	0.0361	0.0377	6.56	7.21
55	60.2	67	0.0337	0.0358	6.30	6.89
60	59	66.8	0.0321	0.0359	6.05	6.58
65	60.4	66	0.0337	0.0358	5.65	6.26
70	62.2	64.4	0.0341	0.0368	5.29	6.02
75	58.4	64	0.0306	0.0359	5.06	5.74
80	-	60	-	0.0332	-	5.47
85	-	58.8	-	0.0332	-	5.17
90	-	57.	-	0.0319	-	5.01

อัตราการความชื้น (%/ชม.)

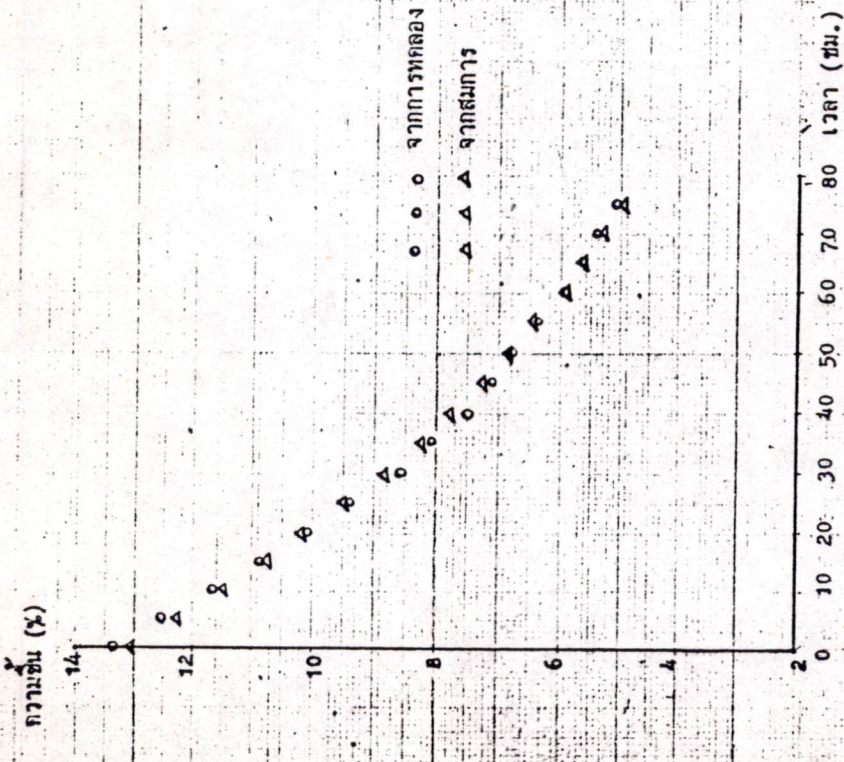


รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการความชื้น กับเวลา (t) ความหนา 3 ซม. $\left| \frac{dM}{dt} \right| = 0.17 e^{-0.013t}$
 ความหนา 5 ซม. $\left| \frac{dM}{dt} \right| = 0.14 e^{-0.011t}$

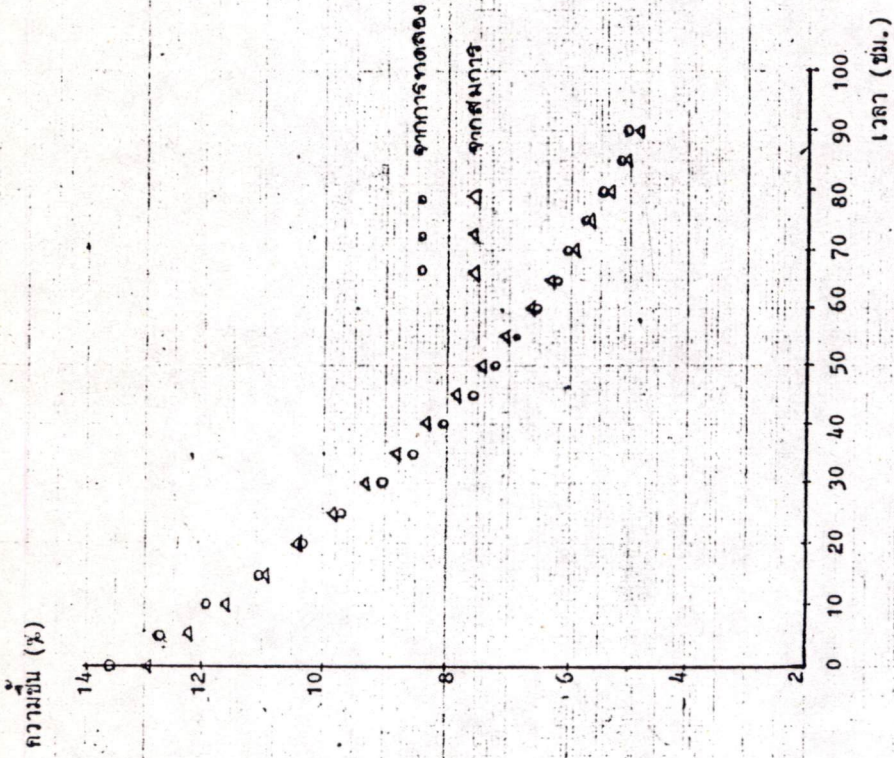
ความชื้นเมล็ดพันธุ์ (%)



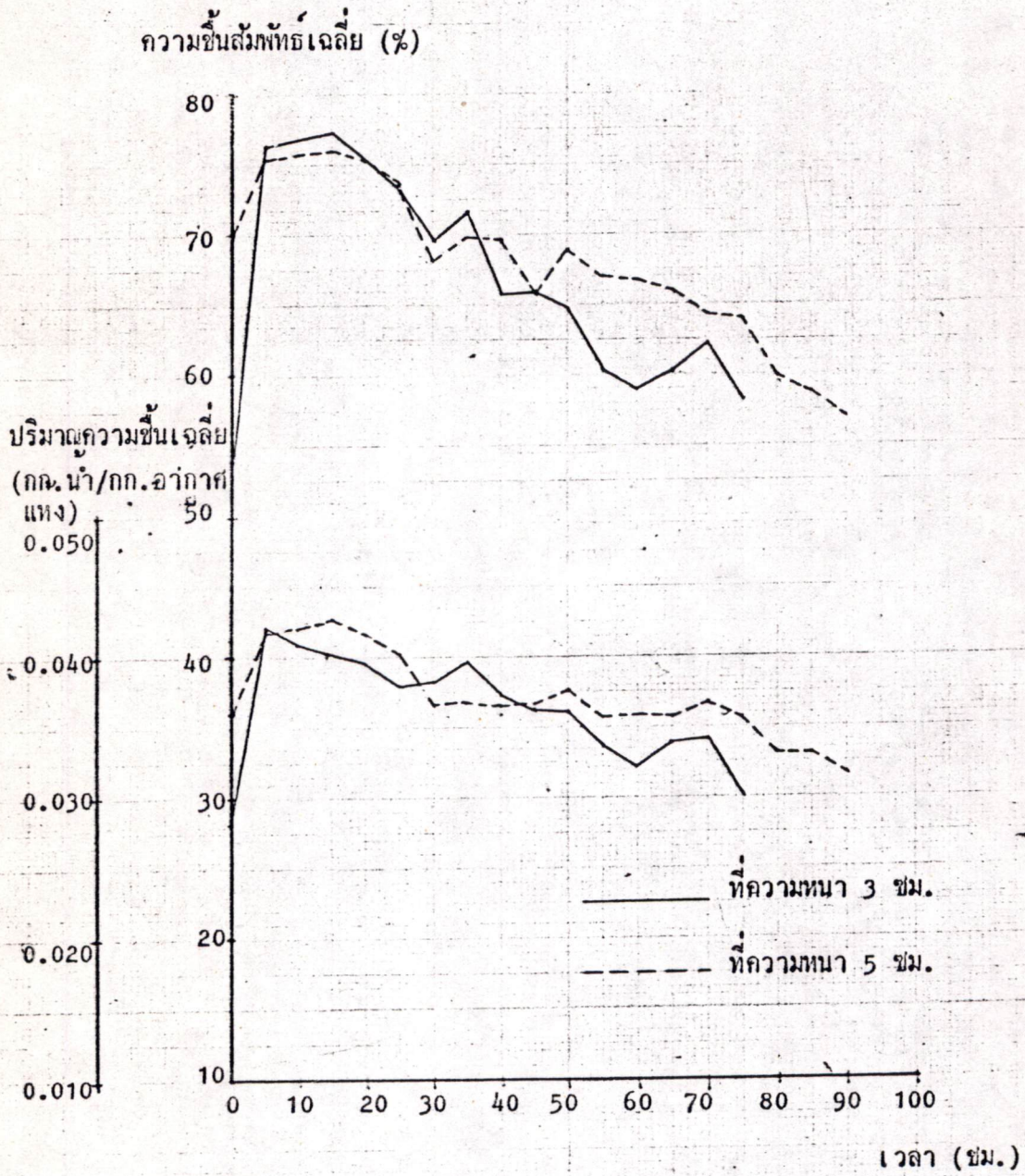
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (%) กับเวลาที่อบ (t)



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากการทดลอง
 กับสมการ $M = 13.077 e^{-0.013 t}$ COR = -0.9980
 ที่ความหนา 3 ซม.



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากการทดลอง
 กับสมการ $M = 2.95 e^{-0.011 t}$ COR = -0.9958
 ที่ความหนา 5 ซม.

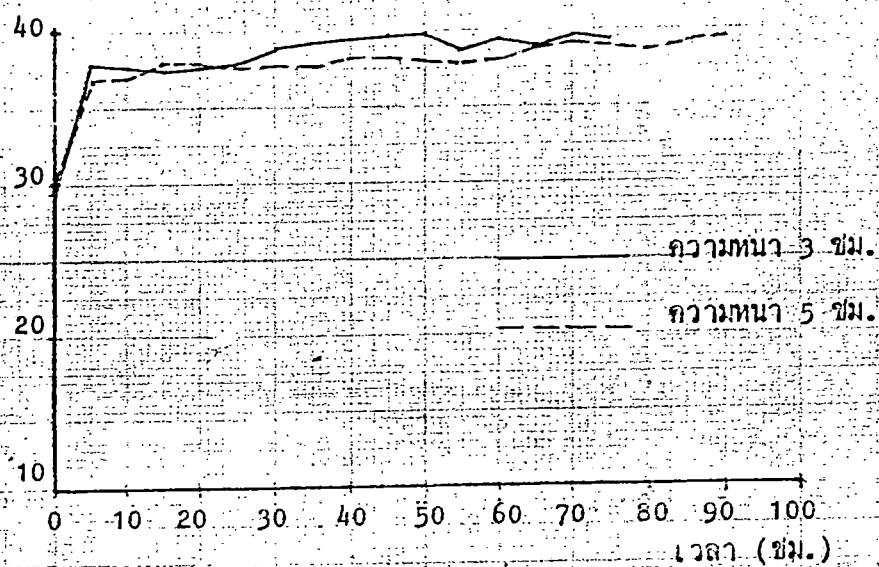


รูปที่ 4.5 สภาพของอากาศภายในตู้อบกับเวลาที่อบ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์

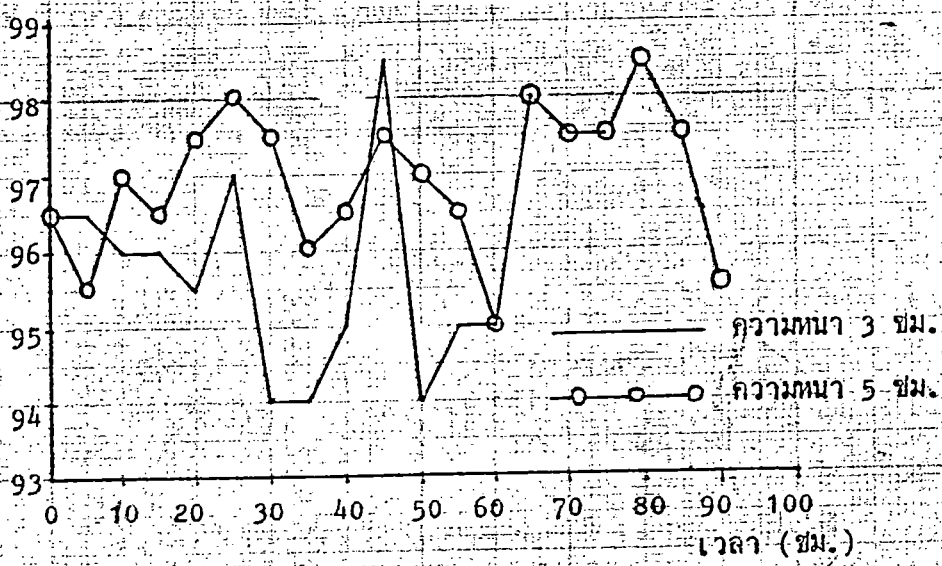
เวลาที่ไซบ (ชั่วโมง)	ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (%)	
	ความหนา 3 เซนติเมตร	ความหนา 5 เซนติเมตร
0	96.5	96.5
5	96.5	95.5
10	96.0	97.0
15	96.0	96.5
20	95.5	97.5
25	97.0	98.0
30	94.0	97.5
35	94.0	96.0
40	95.0	96.5
45	98.5	97.5
50	94.0	97.0
55	95.0	96.5
60	95.0	95.0
65	98.0	98.0
70	97.5	97.5
75	97.5	97.5
80	-	98.5
85	-	97.5
90	-	95.5

อุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ (°ซ.)



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์กับเวลาที่อบ

ความงอก (%)



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความงอกกับเวลาที่อบ

ตารางที่ 4.4 ประเภทความผิดปกติของต้นอ่อน และเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนผิดปกติ กับเวลาที่อบ
ที่ความหนาของชั้นเมล็ดพันธุ์ 3 ซม.

เวลาที่อบ (ชั่วโมง)	ประเภทความผิดปกติของต้นอ่อน (%)				
	A	B	C	D	E
0	-	-	1.5	0.5	1.5
5	-	-	1	2	0.5
10	-	-	1.5	2	0.5
15	-	-	3	0.5	0.5
20	-	-	3	1	0.5
25	-	-	1.5	1	0.5
30	0.5	0.5	3.5	-	1.5
35	0.5	-	2	3	-
40	-	-	4	-	1
45	-	-	1.5	-	-
50	-	0.5	4	-	1.5
55	-	-	2.5	-	2.5
60	-	-	3	0.5	2
65	-	-	1.5	-	-
70	-	-	1.5	-	1
75	-	-	2	-	0.5

A = Root

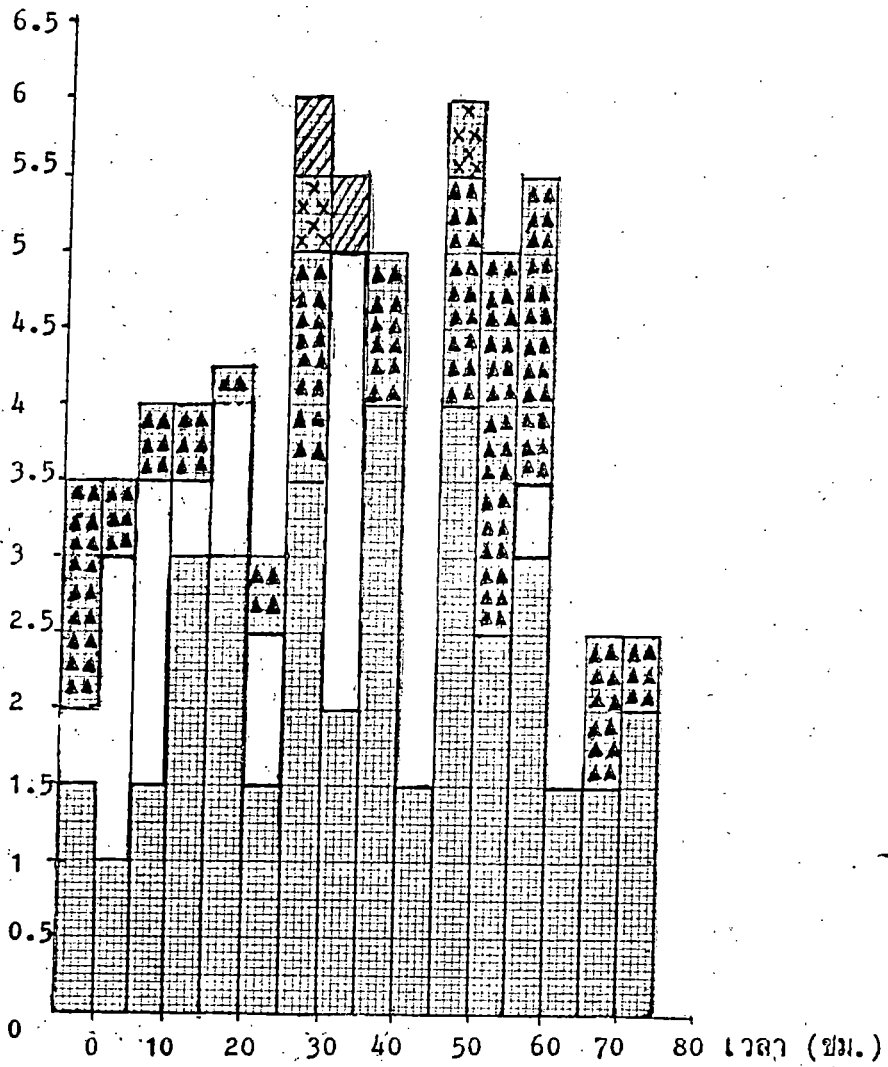
B = Hypocotyl and Epicotyl

C = Coleoptile

D = Decay

E = Other abnormalities

ความผิดปกติของคณอน (%)



รูปที่ 4.8 ประเภทความผิดปกติของคณอน และเปอร์เซ็นต์ของคณอน ผิดปกติกับเวลาหีบ ที่ความหนา 3 ซม.



Root



Decay



Other abnormalities



Coleophile



Hypocotyl and Epicotyl

ตารางที่ 4.5 ประเภทความผิดปกติของต้นอ่อน และเปอร์เซ็นต์ของต้นอ่อนผิดปกติกับเวลาที่อบ ที่ความหนาของชั้นเมล็ดพันธุ์ 5 ซม.

เวลาที่อบ (ชั่วโมง)	ประเภทความผิดปกติของต้นอ่อน (%)				
	A	B	C	D	E
0	-	-	1.5	0.5	1.5
5	-	-	1.5	0.5	2.5
10	-	-	1.5	-	1.5
15	-	-	1.5	0.5	1.5
20	-	-	1.5	-	1
25	-	-	0.5	-	1.5
30	-	-	1	0.5	1.5
35	0.5	-	2.5	0.5	1
40	-	-	1.5	0.5	1
45	-	-	0.5	-	2
50	-	-	0.5	0.5	2
55	-	-	1.5	-	2
60	-	-	3.5	0.5	1.5
65	-	-	1	-	0.5
70	-	-	1	-	1.5
75	-	-	0.5	-	2
80	-	-	0.5	-	1
85	-	-	1	-	1.5
90	-	-	3	-	1.5

A = Root

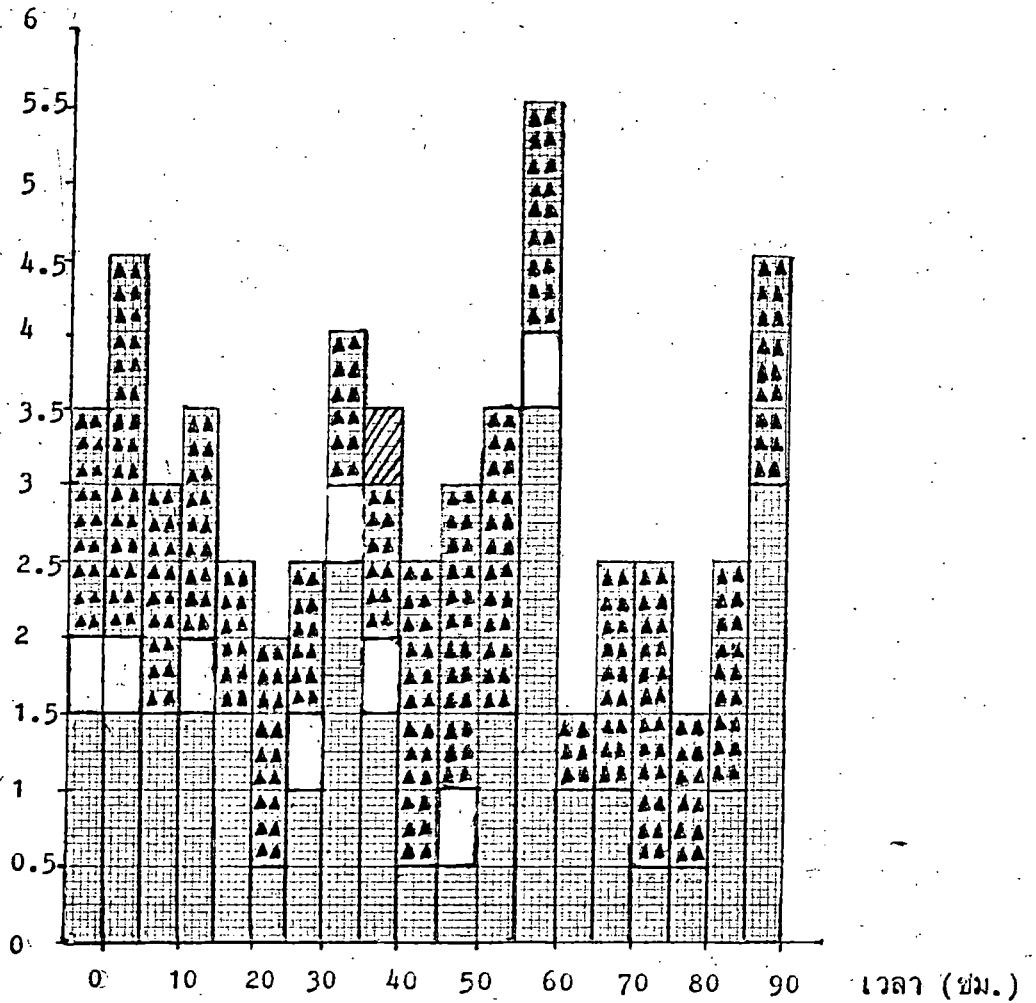
B = Hypocotyl and Epicotyl

C = Coleoptil

D = Decay

E = Other abnormalities

ความผิดปกติของต้นอ่อน (%)



รูปที่ 4.9 ประเภทความผิดปกติของต้นอ่อน และเปอร์เซ็นต์ของต้นอ่อน ผิดปกติกับเวลาที่หีบ ที่ความหนา 5 ซม.



Root



Decay



Other abnormalities



Coleophile



Hypocotyl and Epicotyl

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

จากตาราง 4.1 ได้ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ 99.6 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีเมล็ดวัชพืชและเมล็ดพืชชนิดอื่น มีสิ่งเจือปน เช่นกรวด ทราย และเศษไม้ 0.4 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์มีความบริสุทธิ์มาก เนื่องจากได้กระเทาะเมล็ดพันธุ์ออกจากฝักด้วยมือ

5.2 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์

5.2.1 จากตารางที่ 4.2 รูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 3 เซนติเมตร จากการอบ 15 ชั่วโมงแรกจะเห็นว่าอัตราการลดความชื้นจะสูงและค่อนข้างคงที่ หลังจากนั้นอัตราการลดความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงเวลา 75 ชั่วโมง ความชื้นของเมล็ดพันธุ์จะลดลงเหลือประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์และที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 5 เซนติเมตร อัตราการลดความชื้นจะสูงและค่อนข้างคงที่จนถึงเวลา 20 ชั่วโมง หลังจากนั้นอัตราการลดความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงเวลา 90 ชั่วโมง ความชื้นของเมล็ดพันธุ์จะลดลงเหลือประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

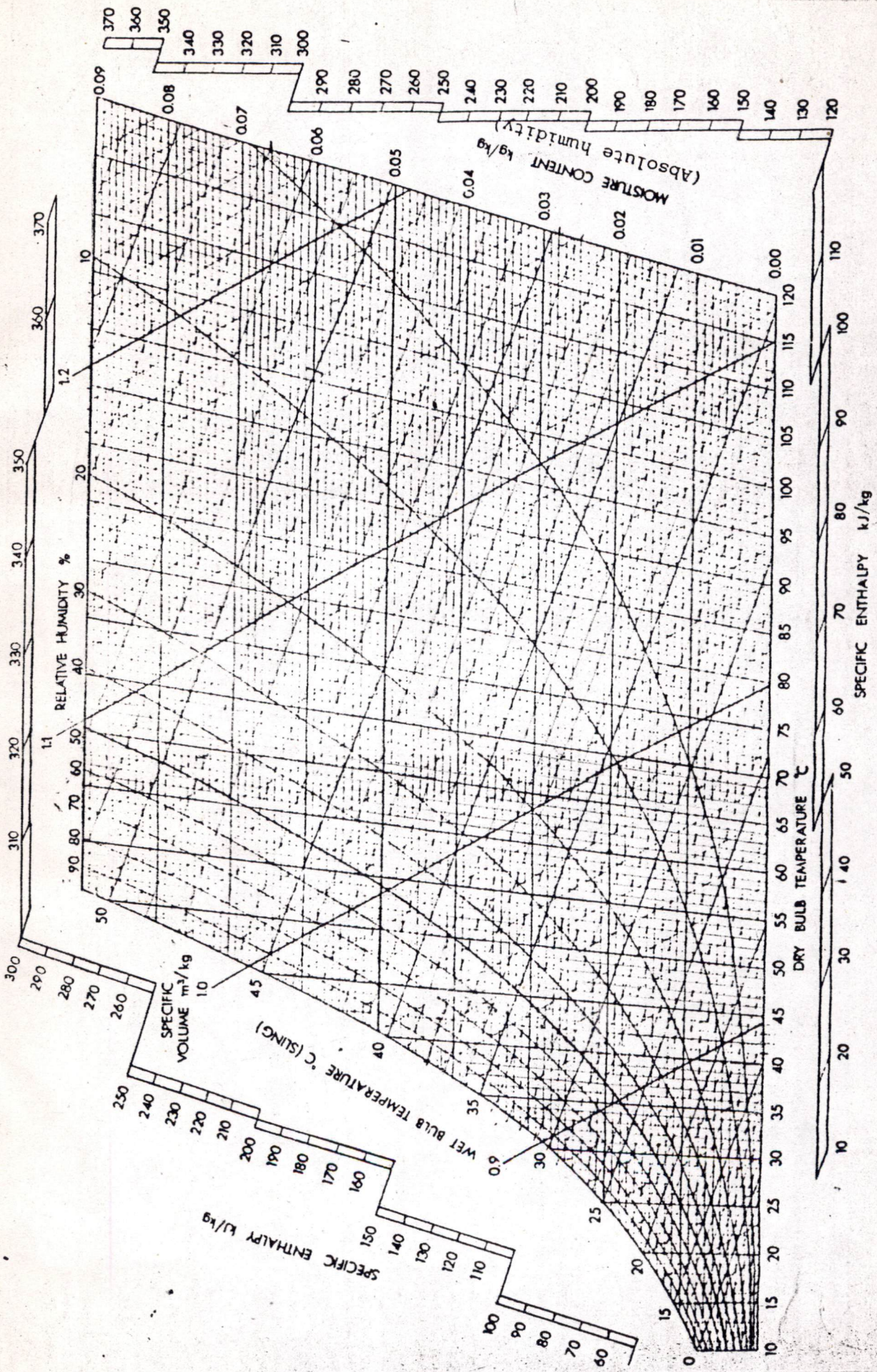
เนื่องจาก ในช่วงแรกของการอบลดความชื้นนั้น เมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงเมื่อได้รับความร้อนจากรังสีอินฟราเรด ความชื้นที่อยู่ในเมล็ดพันธุ์สามารถระเหยออกจากเมล็ดได้รวดเร็ว และมีจำนวนมากจึงทำให้อัตราการลดความชื้นสูง ต่อมาเมื่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ลดน้อยลงความชื้นจะระเหยออกจากเมล็ดได้ช้า และน้อยลงทำให้อัตราการลดความชื้นลดลงเรื่อย ๆ และที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 3 เซนติเมตร อัตราการลดความชื้นจะมากกว่าที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 5 เซนติเมตร เพราะว่าที่ความหนามากกว่าเมล็ดพันธุ์ได้รับรังสีอินฟราเรด เฉพาะชั้นผิวส่วนด้านล่างของชั้นเมล็ดพันธุ์ จะได้รับความร้อนโดยการนำความร้อนระหว่างเมล็ดซึ่งเป็นไปอย่างช้ามาก

5.2.2 จากผลการทดลองได้ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ด (M) กับเวลาการอบ (t) ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งสามารถแสดงเป็นความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$M = 13.077 e^{-0.013t} \quad \text{ที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 3 เซนติเมตร} \quad (5.1)$$

และ
$$M = 12.95 e^{-0.011t} \quad \text{ที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 5 เซนติเมตร} \quad (5.2)$$

ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการลดความชื้น $\left| \frac{dM}{dt} \right|$ กับเวลา (t) ดังรูปที่ 4.2 แสดงเป็นสมการได้ ดังนี้



รูปที่ 5.1 แผนภูมิอากาศชื้น (10 - 120 องศาเซลเซียส) ความดัน 101.325 kPa

$$\left| \frac{dM}{dt} \right| = 10.17 e^{-0.013t} \quad \text{ที่ความหนา 3 เซนติเมตร} \quad (5.3)$$

$$\text{และ} \quad \left| \frac{dM}{dt} \right| = 10.143 e^{-0.011t} \quad \text{ที่ความหนา 5 เซนติเมตร} \quad (5.4)$$

5.3 อุณหภูมิของเมลิตพันธุ์

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของเมลิตพันธุ์ ที่ระดับกึ่งกลางของชั้น เมลิต ทั้งที่ความหนา 3 และ 5 เซนติเมตร มีค่าประมาณ 30 องศาเซลเซียส เมื่ออบลดความชื้นเป็นเวลาประมาณ 15 ชั่วโมง อุณหภูมิของเมลิตจะเพิ่มขึ้นสูงมากเป็น 37 องศาเซลเซียส, 38 องศาเซลเซียส ที่ความหนาชั้นเมลิตพันธุ์ 3 และ 5 เซนติเมตรตามลำดับ หลังจากนั้นจะค่อนข้างคงที่ประมาณ 38 องศาเซลเซียส เพราะช่วงแรกของการอบนั้นอุณหภูมิภายในตู้อบประมาณ 42-43 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิของเมลิตพันธุ์ต่ำกว่ามาก เพราะฉะนั้นจึงมีการถ่ายเทความร้อนสูง และเมื่อเวลาผ่านไปความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในตู้อบกับอุณหภูมิของเมลิตพันธุ์น้อยลง การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดขึ้นน้อยทำให้อุณหภูมิของ เมลิตพันธุ์ค่อนข้างคงที่ และที่ความหนาชั้น เมลิตพันธุ์ 5 เซนติเมตร อุณหภูมิของ เมลิตพันธุ์แตกต่างจากที่ความหนาชั้น เมลิตพันธุ์ 3 เซนติเมตรน้อยมาก เพราะ เมลิตพันธุ์ได้รับความร้อนจากรังสีอินฟราเรด เฉพาะชั้นผิวเท่านั้น ส่วน เมลิตพันธุ์ในความลึก ด้านล่าง ๆ ลงไปได้รับความร้อนโดยการนำความร้อนระหว่าง เมลิตพันธุ์เท่านั้น

5.4 สภาพอากาศในตู้อบ

จากการทดลองวัดอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกภายในตู้อบทุก ๆ 5 ชั่วโมง เพื่อหาค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าปริมาณความชื้นจากแผนภูมิอากาศชื้นปรากฏผล ดังรูปที่ 5.1

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าที่ความหนา 3 เซนติเมตร เมื่ออบลดความชื้นเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณความชื้นของอากาศในตู้อบจะเพิ่มสูงขึ้นเร็ว เพราะ เมลิตพันธุ์ มีความชื้นเริ่มต้นสูง ความชื้นของ เมลิตพันธุ์สามารถระเหยออกไปสู่อากาศภายในตู้อบได้มากและเร็ว ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณความชื้นของอากาศภายในตู้อบสูงขึ้นเร็วในระยะ 5 ชั่วโมงแรก และจะสูงขึ้นด้วยอัตราที่ช้าลงจนกระทั่งสูงสุดที่ 15 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะลดลงเพราะมีการระบายอากาศขึ้นออกทางช่องเปิดเล็ก ๆ ด้านหลังตู้อบและการเปิดตู้อบเพื่อตักตัวอย่าง เมลิตพันธุ์ ข้าวโพดมาทดสอบความชื้นและทดสอบความงอก จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นและลดลงไม่แน่นอนทั้งนี้ เนื่องจากการ เปิดปิดตู้อบใช้ช่วงเวลาไม่แน่นอน ทำให้อากาศภายนอก เล็ดลอดเข้าไปในตู้อบไม่แน่นอน

5.5 ความงอกของเมล็ดพันธุ์

5.5.1 จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.7 จะเห็นว่าทั้งที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 3 และ 5 เซนติเมตร ค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ระหว่าง 94-98.5 % ในการทดลองผลของรังสีอินฟราเรดต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไม่สามารถแสดงได้อย่างชัดเจน แต่สามารถระบุได้ว่ารังสีอินฟราเรดไม่ทำให้เมล็ดพันธุ์สูญเสียความงอกมากนัก ดังจะเห็นได้ว่าการทดลองนี้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์อยู่ในระดับสูงกว่ามาตรฐาน

5.5.2 จากตารางที่ 4.4, 4.5 และรูปที่ 4.8, 4.9 ความผิดปกติของต้นอ่อน ทั้งที่ความหนา 3 เซนติเมตรและ 5 เซนติเมตร จะมีความผิดปกติของต้นอ่อนเรียงลำดับประเภทที่เกิดขึ้นมากที่สุดไปถึ้น้อยที่สุดคือความผิดปกติที่ Coleoptil ความผิดปกติอื่น ๆ เช่น การงอกของต้นยอดข้างด้านรากต้นอ่อนเล็กกว่าต้นปกติมาก อาการเน่า ความผิดปกติที่ราก และความผิดปกติที่ Hypocotyl และ Epicotyl

5.6 สรุป

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด พันธุ์ไฮบริด 2606 ที่ใช้ทดลอง มีความบริสุทธิ์ 99.6 เปอร์เซ็นต์ ความงอกเริ่มต้น 96.5 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นเริ่มต้น 13.32 และ 13.54 เปอร์เซ็นต์ ที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ 3 และ 5 เซนติเมตร ตามลำดับ จากการทดลองอบลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยรังสีอินฟราเรด โดยควบคุมอุณหภูมิของอากาศ ภายในตู้อบให้อยู่ระหว่าง 42-43 องศาเซลเซียส ความชื้นลดลงเหลือ 5% เมื่ออบนาน 75 ชั่วโมง (ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เริ่มต้น 54%) และ 90 ชั่วโมง (ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเริ่มต้น 70%) ที่ความหนาชั้นเมล็ดพันธุ์ (M) กับเวลาการอบ (t) และอัตราการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ $(\frac{dM}{dt})$ กับเวลาการอบ (t) ได้ดังสมการที่ 5.1, 5.2, 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ ทั้งนี้โดยมีช่วงเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 94-98.5% ตลอดการทดลอง ประเภทความผิดปกติของต้นอ่อนเรียงลำดับที่เกิดขึ้นจากมากที่สุดไปถึ้น้อยที่สุดคือ ความผิดปกติที่ Coleoptile ความผิดปกติที่อื่น เช่น เมล็ดไม่งอก เมล็ดไม่มีต้นอ่อนมีแต่ราก ความผิดปกติเนื่องจากอาการเน่า ความผิดปกติที่ราก ความผิดปกติที่ Hypocotyl และ Epicotyl :

6. ข้อเสนอแนะ

การอบลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยรังสีอินฟราเรด มีข้อที่เสนอแนะเพื่อปรับปรุง การทดสอบและแนวทางในการวิจัยต่อไปนี้ คือ

6.1 ความหนาของชั้นเมล็ดพันธุ์

ความหนาของชั้นเมล็ดพันธุ์ในถาด ควรจะให้มีความหนาน้อยลง 1 เซนติเมตร เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ทั้งหมดได้รับรังสีอินฟราเรดเท่า ๆ กัน เพราะถ้าความหนาของชั้นเมล็ดพันธุ์หนาเกินไป เมล็ดพันธุ์ที่ชั้นผิวเท่านั้นที่ได้รับความร้อนจากรังสีอินฟราเรด ส่วนเมล็ดทางด้านล่างของชั้น เมล็ดพันธุ์จะได้รับความร้อนโดยการนำความร้อนระหว่างเมล็ดพันธุ์

6.2 การลดระยะเวลาและการเพิ่มอัตราในการอบลดความชื้น

ถ้าต้องการอบเมล็ดพันธุ์ให้ได้ปริมาณมาก ๆ คือมีความหนาของชั้นเมล็ดพันธุ์มากและ ลดเวลาในการอบลดความชื้นให้ถึงระดับที่ต้องการ ควรจะมีระบบการกลับเมล็ดพันธุ์ในตู้อบให้ ได้รับรังสีในปริมาณเท่า ๆ กัน ควรมีการหมุนเวียนของอากาศภายในตู้อบเพื่อระบายความชื้น

6.3 การปรับปรุงการทดลอง

ไม่ควรมีการเปิดปิดตู้อบเพื่อนำตัวอย่างออก และควรให้มีการบันทึกข้อมูลโดยระบบ อัตโนมัติ ซึ่งไม่ทำให้สภาพอากาศภายในตู้อบเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสภาพอากาศภายนอก เช่น ระบบวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้งกระเปาะเปียก การหาวิธีที่นำเมล็ดออกมาจากตู้อบโดยไม่ กระแทกกระเทือนต่อสภาพอากาศภายในตู้อบ

6.4 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ควรมีการศึกษาผลของความเข้มของรังสี และระยะห่างระหว่างหลอดอินฟราเรดกับ ผิวของเมล็ดพันธุ์ ถ้าการทดลองมีเวลามากพอควรจะมีการปลูกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเพื่อศึกษา ลักษณะของต้นข้าวโพดและผลผลิตก่อนและหลังการอบลดความชื้นด้วยรังสีอินฟราเรดที่เวลาต่าง ๆ

7. เอกสารอ้างอิง

- จวงจันท์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์, กลุ่มหนังสือเกษตร พิมพ์ครั้งที่ 2 การตากหรือลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ : 87-93 น.และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ : 117-131 น.
- นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2528. การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์, O.S. Printing House Co., Ltd. พิมพ์ครั้งที่ 1 การทดสอบความชื้นของเมล็ด : 184-194 น. และการทดสอบความงอก : 195-224 น.
- บุญนาถ วิคแฮม. 2526. วิทยาการเมล็ดพันธุ์ตอนที่ 2, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เอกสารวิชาการ : 1-7 น.
- บัณฑิต จริโมภาส และไมตรี ทองสว่าง. 2528. การลดความชื้นเมล็ดพืชและเครื่องมือลดความชื้นเมล็ดพืช, ฝ่ายวิศวกรรมเก็บรักษาและแปรรูปภาพ กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.
- อารมย์ ศรีพิจิตร. 2524. วิทยาการเมล็ดพันธุ์เบื้องต้น, ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พิมพ์ครั้งที่ 1 การตากหรืออบเมล็ด : 41-48 น.
- Brooker, D.B., F.W. Bakker-Ar Kema and C.W. Hall. 1978. Drying cereal grains. The AVI Publishing Comp. Inc., Westport. 265 p.
- British Standards Institution. 1964. Protection against spoilage of packages and their contents by microorganisms, insects, mites and rodents. BS 1133 Packaging Code, Sections 1-3.
- Conveney, R.D. 1969. Sack for the storage of food grains. Tropical Stored Product Information. NO. 17.
- Copeland, C.O. 1976. Principles of seed science technology. Burgess Publishing comp., Mineapolis. 369 p.
- Evans, D.M. 1962. Biological deterioration of packages and packaging materials. In Fundamentals of packaging, (ed. F.A.Paine). Blackie and Son Ltd., London. 69-83 p.

- FAO.1981. Cereal and grain-legume seed processing. The United Nations, Rome.
- Feistritzer, W.P.1975. Cereal seed technology. FAO Agricultural Development Paper NO. 98.
- Hall, D.W. 1970. Handling and Storage of grains in tropical and subtropical areas FAO Agricultural Development Paper NO. 90.
- Harrington, J.F. 1960. Drying storing, and packing seed to maintain germination and vigor. Proceedings 1959. Short Course for seedmen. Seed technology laboratory, Mississippi State University, Mississippi. 89-107 p.
- Harrington, J.F. 1963. Practical advice and instructions on seed storage. Proceedings of The International Seed Testing Association, 28, 989-994 p.
- Harrington, H.K. 1973. A guide to fumigation with phosphine in the tropics. Tropical Stored Products Science, 19, 141-145 p.
- O'Reilly, M.V. 1979. Agricultural Consultant, St Ives, N.S.W.
- Parkin, E.A. 1963. The protection of stored seeds from insects and rodents. Proceedings of International Seed Testing Association, 28, 893-909 p.
- Teter, N.C. 1981. Southeast Asia Cooperative post-harvest research and development programme. searca, college, laguna, Philippines.
- Thomson, J.R. 1979. An introduction to seed technology. Leonard Hill, Glasgow.
- Usenko, V.V. 1952. Mechanical damage to seed. Seleksiya i Semenovodstvo, May 1952; 62 Translate by E. Harris.
- Warham, E.J. 1986. Seed Sci & Tech, 14, 191-211 p.

8. ภาคผนวก

8.1 การทดสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์

ทำการทดสอบตามกฎมาตรฐานของ Association of official seed analysis (AOSA) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ 500 กรัม จำนวน 3 ตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างแต่ละตัวอย่างมาแยกองค์ประกอบทางกายภาพอันได้แก่ เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ (pure seed) เมล็ดพืชชนิดอื่น (other crop seed) เมล็ดวัชพืช (weed seed) และสิ่งเจือปน (inert material) แล้วนำแต่ละองค์ประกอบไปชั่งน้ำหนัก

8.2 การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์

ทำการทดสอบโดยการเพาะระหว่างกระดาษ (Between Paper หรือ BP method) ซึ่งจะเพาะโดยการม้วน (rolled) ซึ่งเป็นวิธีที่สมาคม International Seed Testing Association (ISTA) ได้กำหนดขึ้นเพื่อทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดทำการเพาะที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส มีการตรวจสอบความงอกครั้งแรกวันที่ 4 หลังจากการเพาะ โดยจะนับเฉพาะต้นอ่อนปกติ (Normal seedling) เท่านั้น และตรวจสอบความงอกครั้งสุดท้ายวันที่ 7 หลังจากการเพาะ โดยจะตรวจสอบต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ (Abnormal seedlings) เมล็ดแข็ง (Hard seeds) เมล็ดสดที่ไม่งอก (Fresh ungerminated seeds) เมล็ดตาย (Dead seeds)

8.3 การทดสอบความชื้น

ทำการทดสอบโดยใช้วิธีอบด้วยอากาศร้อน (Air-oven method) ซึ่งเป็นวิธีทดสอบความชื้นที่ได้กำหนดอย่างละเอียด ในกฎสากลของการทดสอบเมล็ดพันธุ์ (ISTA Rules) หลักการคือ การไล่ความชื้นที่มีอยู่ในเมล็ดพันธุ์ออก โดยการอบด้วยความร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดใช้อุณหภูมิประมาณ 130-133 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หลังจากคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ได้จากสมการ 8.1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์} = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100 \quad (8.1)$$

M_1 = น้ำหนักกระป๋องพร้อมฝาปิด (กรัม)

M_2 = น้ำหนักกระป๋องพร้อมฝาปิดและ เมล็ดพันธุ์ก่อนอบ (กรัม)

M_3 = น้ำหนักกระป๋องพร้อมฝาปิดและ เมล็ดพันธุ์หลังอบ (กรัม)

8.4 รังสีอินฟราเรด

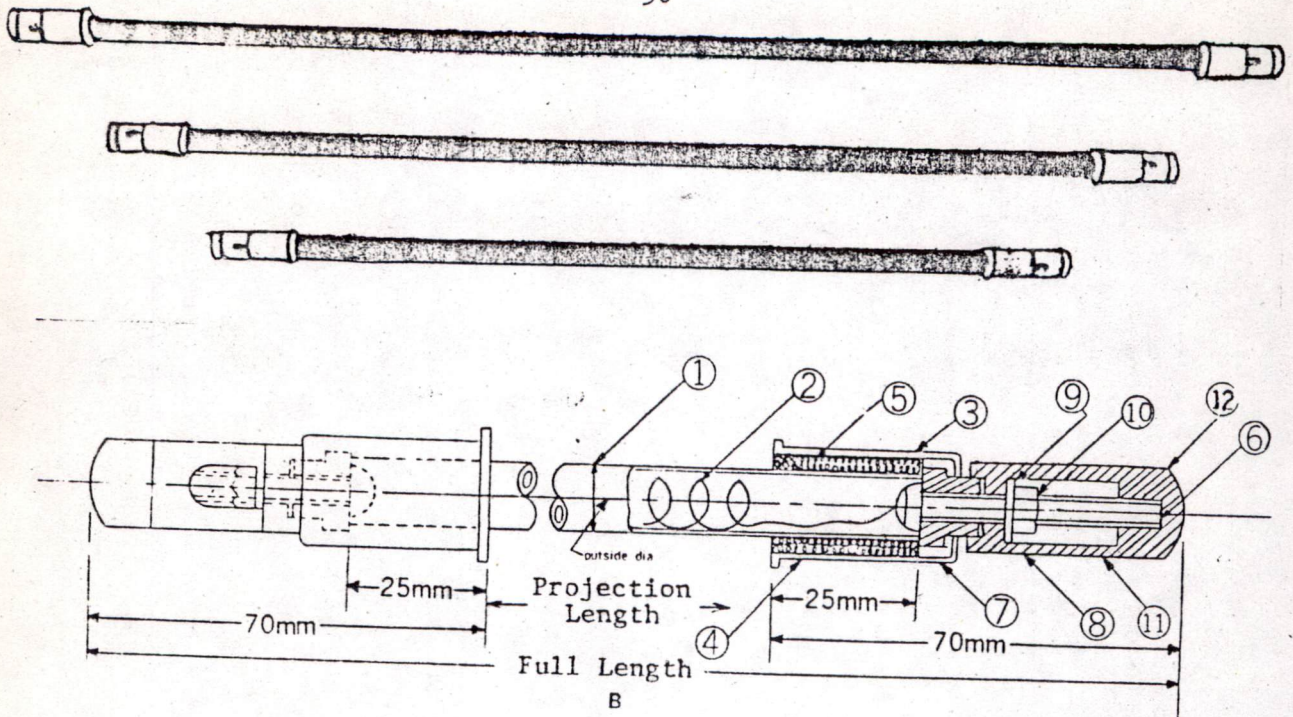
ความยาวคลื่นระหว่าง 10^{-3} - 7.8×10^{-7}

ความถี่ระหว่าง 3×10^{11} - 4×10^{14}

หลอดรังสีอินฟราเรดที่ใช้ในการทดลองมีชื่อทางการค้าว่า อินฟราพารา ซึ่งผลิตขึ้นจากเซรามิคซึ่งประกอบด้วยผลึกออกไซด์ของโลหะที่มีคุณสมบัติในการกระจายรังสี พลังงานที่แผ่ออกมาจากเซรามิคนี้ สามารถทะลุผ่านวัตถุเข้าไป ทำให้โมเลกุลของวัตถุนั้นๆ เกิดการสั่นสะเทือนมากกว่าปกติทำให้วัตถุนั้นร้อน และพลังงานที่แผ่ออกมาจากแท่งทำความร้อนนี้จะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะไม่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุนั้น ๆ ต้องเสียไป

คุณสมบัติพิเศษของอินฟราพารา

1. สามารถกระจายความร้อนได้เท่ากันตลอดพื้นผิว
2. แข็งแรงทนทานและบำรุงรักษาง่าย
3. ถ่ายเทความร้อนได้เร็วและมีประสิทธิภาพ
4. สามารถปรับระดับความยาวคลื่นให้เหมาะสมกับลักษณะของวัตถุได้ง่าย
5. มีความปลอดภัยในการทำงานสูง
6. ทนทานต่ออุณหภูมิที่สูงได้ดี



- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. ปлокเซรามิก | 7. เซรามิกหุ้มฉนวน |
| 2. เส้นลวดนิโครม | 8. เซรามิกปิดหลังฉนวน |
| 3. โลหะหรือเซรามิก | 9. วงแหวนสวมเกลียว (Washer) |
| 4. ฉนวนหุ้มปลอก | 10. แม่เหล็กเกลียว (Nut) |
| 5. ซิเมนต์หรือ แร่ใยหินทนไฟ | 11, 12 ฉนวนเส้นลวดและฝาครอบ |
| 6. สลักเกลียวสแตนเลส (Bolt) | |

รูปที่ 8.1 โครงสร้างของอินฟราพารา

ส่วนประกอบ	$Ti_2O_3, ZrO_2, SiO_2, FeO_3, MnO_2, Clay$
การกระจายรังสี	0.9
ความลามารถในการนำความร้อน	0.7 Kcal/m.h. $^{\circ}C$
สัมประสิทธิ์ของการกระจายความร้อน	2.0×10^{-6}
ความต้านทานไฟฟ้า	300 M Ω -cm($20^{\circ}C$) 1150M Ω -cm($100^{\circ}C$) 5M Ω -($500^{\circ}C$)
Young's Modulus	1.04×10^6 Kg/cm 2
ความแข็งเมื่อโค้งงอ	1.06×10^3 Kg/cm 2
ความคลาดเคลื่อนของขนาด	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก \pm 0.5 มิลลิเมตร ความหนา +0.2 มิลลิเมตร
อุณหภูมิสูงสุดที่ทำให้ชำรุด	$1200^{\circ}C$

ตารางที่ 8.1 คุณสมบัติของอินฟราพารา

