บทที่ 2

ทฤษฎี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การอบแห้งเมล็ดพันธุ์ (8)

การอบแห้งที่กล่าวถึงนี้ไม่ได้มีความหมายเฉพาะการทำให้น้ำในเนื้อเมล็ดพันธุ์ระเหยออกมา เพื่อทำให้เมล็ดพันธุ์แห้งลงเท่านั้น การอบแห้งเมล็ดพันธุ์ ยังต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ไม่ทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดน้อยลง หรือทำให้เนื้อเยื่อภายนอกได้รับผลกระทบกระเทือนจากความร้อน รวมทั้งความแรงของลมร้อนที่พ่นออกมา และคุณลักษณะทางส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดด้วย เช่น ถั่วลิสงมีส่วนประกอบที่เป็น Crude Fat ถึง 45.7 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การอบแห้งทำได้ช้า

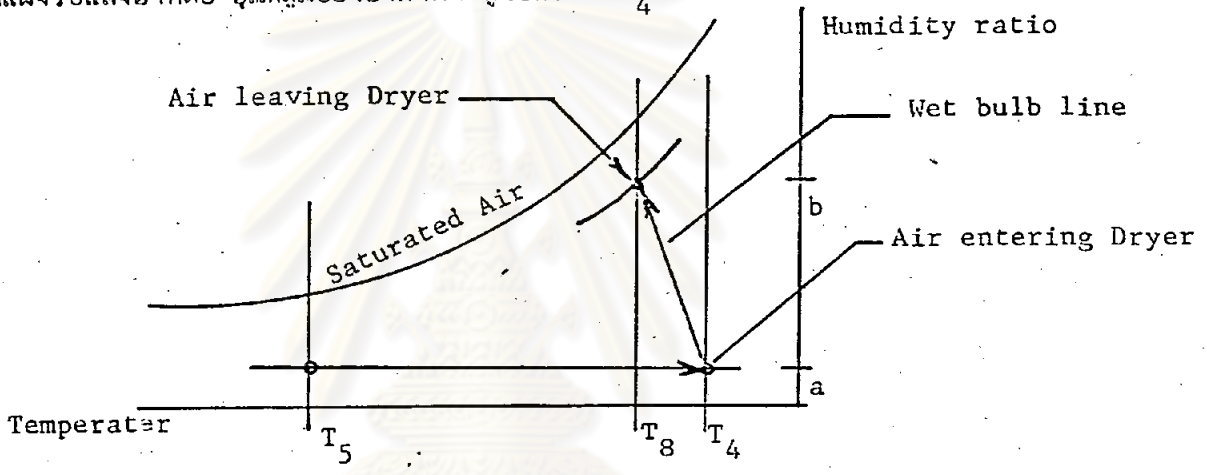
การอบแห้งเมล็ดพันธุ์ ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอนคือ (11)

1. การลำเลียงความชื้นจากผิวของเมล็ดพันธุ์ไปสู่อากาศที่ล้อมรอบ ขึ้นอยู่กับ vapor pressure gradient $(\frac{dP}{dx})$ ระหว่างผิวของเมล็ดพันธุ์และอากาศที่ล้อมรอบ ถ้าอากาศที่ล้อมรอบเมล็ดพันธุ์ไม่เคลื่อนไหว ในขณะที่ได้รับปริมาณความชื้นที่ระเหยมาจากผิวของเมล็ด ความดันแตกต่างของไอน้ำจะมีค่าน้อยลง จนกระทั่งไม่มีการถ่ายเทไอน้ำเกิดขึ้น ดังนั้นการอบแห้งจะเกิดขึ้นได้จะต้องมีการเคลื่อนไหวของอากาศผ่านเมล็ดพันธุ์ เพื่อว่าอากาศที่แห้งกว่าจะเข้ามาแทนที่อากาศที่มีไอน้ำอย่างต่อเนื่องรอบ ๆ เมล็ดพันธุ์ จากหลักการนี้ถ้าอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านเมล็ดพันธุ์เร็วขึ้น จะทำให้การอบแห้งเพิ่มขึ้น และปริมาณของอากาศร้อนที่ให้อัตราการอบแห้งมีค่าเหมาะสมกับสภาพของเมล็ดพันธุ์มีค่า 150 ถึง 200 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อปริมาณของเมล็ดพันธุ์ 1.25 ลูกบาศก์ฟุต ที่ใช้ในการอบแห้ง อากาศร้อนที่ให้แก่เมล็ดพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นจากอัตรานี้จะทำให้การอบแห้งเร็วขึ้นเพียงเล็กน้อย เพราะความล่าช้าในการเคลื่อนที่ของปริมาณความชื้นจากภายในมายังผิวของเมล็ด เนื่องจากคุณสมบัติของเมล็ดพันธุ์ ในทางปฏิบัติการเพิ่มปริมาณการไหลของอากาศมากขึ้นกว่าเดิม 2 เท่า จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 8 เท่า ของกำลังงานที่ต้องใช้ให้กับพัดลมเป่าอากาศตามปกติ ซึ่งไม่มีความจำเป็นในทางปฏิบัติที่จะใช้อากาศมากเช่นนั้น (11) ทั้งนี้เพราะอากาศที่ผ่านเมล็ดพันธุ์ลำมารถทำให้ความดันแตกต่างของไอน้ำ ระหว่างผิว

และอากาศล้อมรอบ แตกต่างกันเป็นสัดส่วนกับอัตราการไหล แต่ไม่ทำให้การส่งผ่านความชื้นภายในสู่บริเวณผิวของเมล็ดพันธุ์ เป็นสัดส่วนกับอัตราการไหลของอากาศที่พัดผ่านเมล็ดพันธุ์นั้นได้

2. การเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในของเมล็ดสู่ผิวของเมล็ดพันธุ์ จะมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซึมน้ำของเมล็ดพันธุ์ (permeability) (12)

เราสามารถเพิ่มความต้นแตกต่างของไอน้ำระหว่างผิวของเมล็ดพันธุ์กับอากาศที่ล้อมรอบได้ โดยการให้ความร้อนกับกากาศในบรรยากาศซึ่งมีอุณหภูมิ T_5 และมีความชื้น a ผ่านแผงรับแสงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศจะสูงขึ้นเป็น T_4

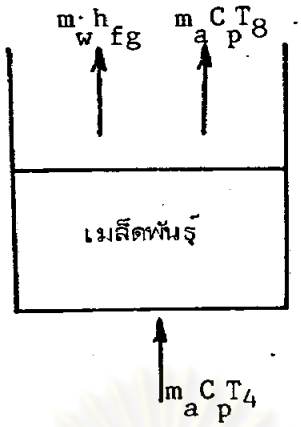


รูปที่ 2-1 แสดงสภาวะของอากาศขณะที่ทำการอบเมล็ดพันธุ์

แต่ปริมาณความชื้นยังมีค่าคงที่ที่ a แต่ความชื้นสัมพัทธ์ลดลง ซึ่งเป็นสภาวะของอากาศร้อนก่อนผ่านวัสดุที่จะอบแห้ง จากนั้นอากาศร้อนผ่านเข้าไปห้องอบเมล็ดพันธุ์ การอบแห้งเกิดขึ้นแบบ adiabatic process ความร้อนจากอากาศเข้าไปในเมล็ดทำให้ความชื้นในเมล็ดพันธุ์ระเหยออกมา อากาศที่ผ่านเมล็ดพันธุ์มาแล้วจะมีอุณหภูมิต่ำลง แต่จะมีปริมาณไอน้ำเพิ่มขึ้น อากาศที่ออกจากห้องอบแห้งจะมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น b ดังแสดงในรูปที่ 2-1

<u>สมดุลย์พลังงาน (Energy balance) สำหรับการอบแห้ง (13)</u>

ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัสดุที่อบแห้งนั้นจะมีค่าเท่ากับความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอน้ำที่มีอยู่ในวัสดุอบแห้ง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2-2



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2-2 แสดงสมการสมดุลย์พลังงาน (energy balance equation) ของอากาศที่ผ่านตู้อบเมล็ดพันธุ์ โดยไม่คิดการสูญเสียพลังงานความร้อนกับสิ่งแวดล้อมภายนอก

$$m_w h_{fg} = \dot{m}_a C_p (T_4 - T_8)\ t$$

หรือ
$$t = \frac{m_w h_{fg}}{\dot{m}_a C_p (T_4 - T_8)}$$

เมื่อ t = เวลาที่ใช้ในการอบ, ชั่วโมง

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลของมวลของอากาศ, กิโลกรัมต่อชั่วโมง

T_8 = อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่ออกจากตู้อบ ^{o}ซ

T_4 = อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ผ่านเข้าตู้อบ ^{o}ซ

C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม - ^{o}ซ

m_w = มวลของน้ำที่ถูกดึงออกจากเมล็ดพันธุ์, กิโลกรัม

h_{fg} = ความร้อนแฝงที่ใช้ในการระเหยน้ำ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม

ระยะเวลาของการอบแห้งสามารถทำให้เร็วขึ้นได้ โดยการเพิ่ม T_4 ให้สูงขึ้น สำหรับการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ การเพิ่ม T_4 มีข้อจำกัดคือ

1. การเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งให้สูงมากขึ้นเพื่อเพิ่มการเคลื่อนที่ของความชื้นจากผิวของเมล็ดพันธุ์ ต้องคำนึงถึงความเค้น (Stress) ที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากความ

แตกต่างของความชื้นในเมล็ด อาจทำให้เมล็ดพันธุ์เกิดแตกขึ้น เป็นสาเหตุให้เมล็ดพันธุ์ไม่คงทน (detrimental to the viability of the seed) (12)

2. การเพิ่มอุณหภูมิให้สูงมากขึ้นถึงค่าหนึ่งจะทำลายความสามารถในความงอกของเมล็ดพันธุ์ (germination ability of seed)

เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายเนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมินี้ การอบเมล็ดพันธุ์ที่ชื้นจึงต้องควบคุมในการอบแห้งให้ได้ 43°C หรือน้อยกว่านี้ (12)

ปริมาณความชื้นสมดุลย์ (Equilibrium moisture content)

ความชื้นสมดุลย์นี้มีความสำคัญมากในเรื่องการอบแห้ง เพราะตามปกติแล้วเมล็ดพันธุ์ที่มีความดันไอ (Vapour Pressure) สูงกว่าความดันไอบรรยากาศ (Atmospheric Vapour Pressure) ความชื้นจะออกจากเมล็ดพันธุ์สู่บรรยากาศรอบ ๆ แต่ถ้าเมล็ดพันธุ์มีความดันไอต่ำกว่าความดันไอบรรยากาศ ความชื้นจากอากาศจะเข้าสู่เมล็ดพันธุ์จนกระทั่งถึงจุด ๆ หนึ่งที่ความดันไอเมล็ดพันธุ์เท่ากับความดันไอบรรยากาศ จุดนี้เรียกว่าจุดที่มีปริมาณความชื้นสมดุลย์ (Equilibrium Moisture Content) ความชื้นสมดุลย์ของเมล็ดพันธุ์ต่าง ๆ มีค่าเท่ากับ 7.2, 9.8 และ 13.5% มาตรฐานเปียก ในขณะที่อากาศมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 60, 75 และ 90% ตามลำดับ

การวัดความชื้นของผลผลิต (10)

การวัดความชื้นของผลผลิตนั้นส่วนมากจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 วิธี ด้วยกันคือ

1.1 การวัดโดยใช้น้ำหนักผลผลิตที่ชื้นเป็นหลัก (Wet basis) โดยสมการดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Wet basis)} = \frac{W_w}{W_w + W_d} \times 100$$

W_w = น้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ, กรัม

W_d = น้ำหนักของวัสดุแห้ง, กรัม

1.2 การวัดโดยใช้น้ำหนักผลผลิตแห้งเป็นหลัก (Dry basis) คำนวณได้โดยสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Dry basis)} = \frac{W_w \times 100}{W_d}$$

การตรวจสอบความชื้น (Determination of Moisture Content) (5)

ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ความชื้นของเมล็ดมีความสำคัญมาก เมล็ดที่มีความชื้นสูงเกินไปจะทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น ทำให้เกิดเชื้อราและมีแมลงเข้าทำลายได้ง่าย เมล็ดที่แห้งเกินไปจะเสียหายได้ง่ายจากการใช้เครื่องมือนวด คัด หรือทำความสะอาด ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เมล็ดจะต้องมีความชื้นที่เหมาะสมกับภาชนะบรรจุและสภาพของที่เก็บ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบความชื้นให้แน่นอนเพื่อจะได้แก้ไขความชื้นของเมล็ดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม

ตัวอย่างเมล็ดที่จะนำมาทำการตรวจสอบความชื้นจะต้องเป็นตัวอย่างที่ส่งมาเพื่อตรวจสอบความชื้นเท่านั้นโดยบรรจุในภาชนะที่กันความชื้นและมีอากาศน้อยที่สุด การทดสอบความชื้นจะต้องรีบจัดทำทันทีที่ได้รับตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ และระหว่างการตรวจสอบจะต้องให้ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถูกอากาศน้อยที่สุด

การบดเมล็ด

เมล็ดที่มีขนาดใหญ่จะต้องทำการบดก่อนที่จะนำมาอบหาความชื้น นอกจากเมล็ดที่มีปริมาณน้ำมันสูง ซึ่งยากแก่การบดหรือโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันของเมล็ดพวกที่มีจำนวนไอโอดีนสูง สำหรับเมล็ดธัญญาพืชและฝ้ายจะต้องบดเมล็ดให้ละเอียด 50% ของเมล็ดที่บดแล้วจะต้องผ่านรูตะแกรงลวดขนาด 0.5 มม. และส่วนที่ยังเหลือค้างอยู่บนตะแกรงลวดที่มีรูตะแกรงขนาด 1.00 มม. จะต้องไม่เกิน 10 % สำหรับเมล็ดถั่วและไม้ยืนต้นอื่น ๆ บดเพียงหยาบ ๆ อย่างน้อย 50 % ของเมล็ดที่บดแล้วจะต้องผ่านรูตะแกรงขนาด 4.00 มม.

เมล็ดที่ต้องบดก่อนนำไปอบเพื่อทำให้ความชื้นออกจากเมล็ดพันธุ์ให้ได้มากที่สุด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ฝ้าย ข้าว ถั่วเขียว ถั่วสันเตา ละหุ่ง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง

013373

การอบเมล็ด

คือการทำให้น้ำในเมล็ดระเหยออกไปให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยใช้ความร้อนแต่ทั้งนี้การเพิ่มอ๊อกซิเจน การสลายตัวหรือการสูญเสียสารที่ระเหยได้อื่น ๆ จะต้องเกิดขึ้นน้อยที่สุด อุณหภูมิที่ใช้อบมี 2 ระดับดังนี้ (5)

1. อบด้วยอุณหภูมิต่ำคงที่ ใช้อุณหภูมิ 103 $\pm$ 2°ซ เป็นเวลา 17 $\pm$ 1 ชั่วโมง ซึ่งเหมาะที่จะใช้กับเมล็ดพืชผักต่าง ๆ เช่น หอมใหญ่ กะหล่ำ พริก มะเขือเทศ ผักกาดหัว และเมล็ดพืชไร่บางชนิด เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ฝ้าย ป่านลินิน ละหุ่ง และงา

2. อบด้วยอุณหภูมิสูงคงที่ ใช้อุณหภูมิ 130 - 133°ซ สำหรับเมล็ดข้าวโพด อบนาน 4 ชั่วโมง ธัญญพืชอื่น ๆ อบนาน 2 ชั่วโมง พืชอื่น ๆ อบนาน 1 ชั่วโมง เช่น เมล็ดแตงโม แตงกวา ผักกาดหอม ถั่วเขียว ถั่วสันเตา

สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีที่ 1 โดยใช้เครื่องมือทดลองของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร กทม.

การคำนวณและรายงานผล

คำนวณความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีทศนิยม 1 ตำแหน่ง โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น (Wet Basis)} = (M_3 - M_1) \times \frac{100}{M_2 - M_1}$$

M_1 คือ น้ำหนักของถ้วยอบพร้อมฝาปิด เป็นกรัม

M_2 คือ น้ำหนักของถ้วยอบพร้อมฝาและตัวอย่างเมล็ดก่อนอบ เป็นกรัม

M_3 คือ น้ำหนักของถ้วยอบพร้อมฝาและตัวอย่างเมล็ดหลังอบ เป็นกรัม

การตรวจสอบความงอก (Germination Test) (5)

วัตถุประสงค์ในการตรวจสอบความงอก ก็เพื่อจะทราบคุณค่าของเมล็ดพันธุ์ก่อนใช้ปลูกในไร่ และผลที่ได้นั้นสามารถใช้เปรียบเทียบคุณค่าของเมล็ดพันธุ์ทั้งกองได้ การตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ สามารถดัดแปลงและควบคุมให้มีสภาพเช่นเดียวกับในไร่ ซึ่งจะทำให้เมล็ด

พันธุ์ส่วนใหญ่งอกอย่างสมบูรณ์สม่ำเสมอในเวลาอันสั้น การควบคุมสภาพของที่เพาะตามมาตรฐานที่กำหนดไว้จะทำให้สามารถได้ผลการทดสอบใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

นำเมล็ดพันธุ์ที่เพาะแล้วไปวางไว้ในที่ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นเหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพืชนั้น ๆ จนถึงกำหนดวันนับจำนวนต้นงอก

การตรวจนับความงอกของเมล็ด

ในการตรวจนับความงอกของเมล็ดพันธุ์ให้จัดแยกเป็น 5 พวก ดังนี้

1. ต้นอ่อนที่มีลักษณะสมบูรณ์ (Normal seedlings)

ในการหาเปอร์เซ็นต์ความงอก จำเป็นที่จะต้องแยกต้นอ่อนที่มีลักษณะสมบูรณ์ออกจากพวกที่ไม่สมบูรณ์ และเพื่อให้การประเมินผลต้นอ่อนที่มีลักษณะสมบูรณ์ได้ถูกต้องและสม่ำเสมอนั้นควรตรวจดูจากลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก. ต้นอ่อนซึ่งแสดงว่าจะเจริญเติบโตเป็นต้นสมบูรณ์ เมื่อนำไปปลูกในดินที่เตรียมไว้อย่างดี มีการให้น้ำ อุณหภูมิ และแสงสว่างที่เหมาะสม

ข. ต้นอ่อนซึ่งเมื่อตรวจสอบบนวัสดุเพาะจะมีส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

1. มีระบบรากเจริญดี รวมทั้งรากแก้วด้วย นอกจากพืชบางชนิดเช่น พืชตระกูลหญ้า ซึ่งเป็นพืชที่มีรากฝอย

2. มีลำต้นอ่อนเจริญเติบโตดี ปราศจากการทำลายเข้าไปถึงเนื้อเยื่อภายใน (Conducting Tissue) และในพืชใบเลี้ยงคู่ มีตายอดที่สมบูรณ์

ค. ต้นอ่อนซึ่งมีส่วนที่กล่าวแล้วข้างต้นผิดปกติเพียงเล็กน้อย แต่ส่วนสำคัญอื่น ๆ เจริญเป็นปกติ ดังนี้

1. ต้นอ่อนของข้าวโพด พืชตระกูลถั่ว, ปอ พืชตระกูลแตงทุกชนิด และถั่วเมล็ดใหญ่ซึ่งเสียหายเฉพาะรากแก้ว แต่มีรากฝอยและรากแขนงซึ่งยาวและแข็งแรงพอที่จะพยุงต้นอ่อนในดินได้

2. ต้นอ่อนซึ่งเน่าหรือเสียหายบริเวณผิวของส่วนสำคัญของต้นอ่อนเพียงเล็ก-

น้อย และไม่กระทบกระเทือนต่อเนื้อเยื่อภายใน

3. ต้นอ่อนของพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีใบเลี้ยงเพียงใบเดียว

ง. ต้นอ่อนซึ่งเน่าและเสียหายจากเชื้อราหรือแบคทีเรียอย่างรุนแรง แต่มีลักษณะแสดงอย่างเด่นชัดว่า ความเสียหายนั้นไม่ได้เกิดจากเมล็ดเดิม และมีส่วนสำคัญต่าง ๆ ของต้นอ่อนอยู่ครบบริบูรณ์

2. ต้นอ่อนที่ไม่สมบูรณ์ (Abnormal seedlings)

ต้นอ่อนที่ไม่สมบูรณ์หมายถึงต้นอ่อนซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นปกติได้เมื่อนำไปปลูกในดินซึ่งได้เตรียมไว้อย่างดี และมีการให้น้ำ อุณหภูมิ และแสงสว่างที่เหมาะสม

ต้นอ่อนที่มีลักษณะต่อไปนี้ จัดว่าเป็นต้นอ่อนที่ไม่สมบูรณ์

1. ต้นอ่อนซึ่งได้รับความเสียหาย ได้แก่ต้นอ่อนที่ไม่มีใบเลี้ยง ต้นอ่อนที่คอดมีรอยฉีกขาด แตกหรือช้ำที่ส่วนสำคัญของลำต้น ต้นอ่อนซึ่งไม่รากแก้วของพืชที่มีรากแก้วเป็นสิ่งสำคัญ ยกเว้นพืชพวกถั่ว เมล็ดใหญ่ต่าง ๆ ข้าว พืชตระกูลฝ้าย ปอ พืชตระกูลแตงทุกชนิดซึ่งมีรากแขนงและรากฝอยจำนวนมากและแข็งแรงพอที่จะพยุงต้นอ่อนในดินได้

2. ต้นอ่อนที่มีลักษณะผิดปกติได้แก่ต้นอ่อนซึ่งอ่อนแอหรือส่วนสำคัญต่าง ๆ เจริญเติบโตไม่สมดุลย์กัน เช่น ลำต้นอ่อนยอดอ่อนบิดงอหรือหดสั้น ยอดด้วนรากกุดสั้น ยอดอ่อนแตกแยก(Coleoptile)ไม่มีใบอยู่ภายใน ต้นอ่อนอวบน้ำ และแลดูใส หรือไม่มีการเจริญต่อไปหลังจากใบเลี้ยงโผล่พ้นออกมาแล้ว

3. ต้นอ่อนที่ส่วนสำคัญต่าง ๆ เป็นโรคหรือเน่ามากจนไม่สามารถเจริญอย่างปกติได้ ยกเว้นพวกที่สามารถเห็นได้ชัดว่าสาเหตุของการเสียหายนั้นไม่ได้เกิดจากตัวของมันเอง

3. เมล็ดแข็ง (Hard seeds)

เมล็ดพืชตระกูลถั่ว และตระกูลฝ้าย ปอ ซึ่งเมล็ดยังคงมีลักษณะแข็งอยู่ จนถึงวันนับครั้งสุดท้าย ตามที่ได้กำหนดไว้ เพราะน้ำไม่อาจซึมผ่านเข้าไปทางเปลือกหุ้มเมล็ดได้ เมล็ด

ตารางที่ 2-1 วิธีการทดสอบความงอกสำหรับเมล็ดพันธุ์พืชไร่ (5)

ลำดับที่	ชนิดพืช	วิธีการเพาะ*	อุณหภูมิ** (^{o}C)	นับครั้งแรก (วัน)	นับครั้งสุดท้าย (วัน)
1	ข้าวโพด	BP; S	20-30; 25	4	7
2	ข้าวฟ่าง	BP	20-30;20-35	4	10
3	ข้าว	BP; TP,S	20-30;30;25	5	14
4	ฝ้าย	BP; S	20-30;25;30	4	12
5	ถั่วเขียว	BP; S	20-30;25	3	7
6	ถั่วเขียวเมล็ดดำ	S	20;25	4	7
7	ถั่วเหลือง	BP; S	20-30;25	5	8
8	ถั่วลิสง	BP; S	20-30;25	5	10
9	ละหุ่ง	BP; S	20-30;25;30	5	14
10	ปอแก้ว	BP; S	20-30;20	4	8
11	ปอกระเจา	BP; S	30	3	5
12	งา	TP	20-30;25	3	6

* BP = การเพาะแบบวางเมล็ดระหว่างกระดาษ 2 ชั้น (5)

TP = การเพาะแบบวางเมล็ดบนกระดาษ (5)

S = การเพาะในทราย

** 20-30^{o}C = อุณหภูมิสลับ คืออุณหภูมิ 20^{o}C เป็นเวลา 16 ชม. อุณหภูมิ 30^{o}C เป็นเวลา 8 ชม.

ข้อแนะนำ 1. เมล็ดถั่วลิสง ถั่วเหลือง และละหุ่ง ควรคลุกยากันราก่อนเพาะ

2. เมล็ดฝ้าย ต้องแช่น้ำให้ขุ่นก่อนเพาะ

3. เมล็ดข้าวแช่น้ำอุ่น 40^{o}C เป็นเวลา 24 - 48 ชม. ก่อนเพาะ

4. ข้าวฟ่างวางเมล็ดในวัสดุชื้นเก็บในอุณหภูมิ 5 - 10^{o}C เป็นเวลาไม่เกิน 7 วัน ก่อนนำมาไว้ในอุณหภูมิที่กำหนดให้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหล่านี้จัดว่าเป็นเมล็ดแข็ง

4. เมล็ดสดที่ไม่งอก (Fresh ungerminated seeds)

เมล็ดซึ่งยังคงรูปเดิมอยู่ แต่ไม่จัดว่าเป็นเมล็ดแข็ง และสามารถงอกได้โดยการผ่านวิธีการทำลายการพักตัว เมล็ดเหล่านี้จัดว่าเป็นเมล็ดสดที่ไม่งอก

5. เมล็ดตาย (Dead seeds)

เมล็ดซึ่งเมื่อถึงวันสุดท้ายของการตรวจสอบ ซึ่งไม่ถูกจัดว่าเป็นเมล็ดแข็งหรือเมล็ดสดที่ไม่งอก และไม่สามารถงอกเป็นต้นอ่อน เมล็ดนั้นจัดเป็นเมล็ดตาย

เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาตรวจสอบตามที่กำหนดไว้แล้ว ถ้ายังมีบางเมล็ดเพิ่งจะเริ่มงอก การตรวจสอบอาจยืดเวลาไปอีก 7 วัน การตรวจสอบอาจสิ้นสุดก่อนเวลาที่กำหนดก็ได้ ถ้าผลความงอกสูงเป็นที่น่าพอใจ การนับครั้งแรกนั้นกำหนดระยะเวลาเอาไว้อย่างคร่าว ๆ แต่ต้องนานพอที่จะประเมินค่าต้นอ่อนได้อย่างถูกต้อง และอาจจะไม่มีการนับครั้งแรกก็ได้ การนับระหว่างการทดสอบ ควรทำการนับแยกต้นอ่อนที่โตเพียงพอแล้วออกเพื่อป้องกันมิให้ต้นอ่อนงอกพันกัน แต่จำนวนครั้งที่นับควรจะน้อยที่สุดเพื่อป้องกันความเสียหายกับต้นอ่อนที่ยังไม่เติบโตเพียงพอ สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่แห้งแล้วจะงอกได้ก็ต่อเมื่อได้มีการดูดซึมน้ำจากภายนอกเข้าไปใหม่จนมีระดับความชื้นตั้งแต่ 33 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ การรายงานผลความงอก รายงานเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดซึ่งงอกเป็นต้นอ่อนที่สมบูรณ์และรายงานเป็นจำนวนเต็ม

แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น (Flat Plate Collector)(4)

เป็นอุปกรณ์สำหรับรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกบนระนาบ และแปลงพลังงานนี้เป็นพลังงานความร้อน ซึ่งสะดวกในการนำไปใช้ประโยชน์ ในกรณีของเครื่องอบเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงด้วยพลังแสงอาทิตย์นี้ แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นจะรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ตกลงบนแผง แล้วแปลงเป็นพลังงานความร้อนที่แผ่นดูด จากนั้นแผ่นดูดจะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับอากาศที่ถูกดูดผ่านแผง ทำให้อากาศร้อนขึ้น อากาศร้อนนี้จะถูกเป่าเข้าตู้อบ ผ่านชั้นของเมล็ดพันธุ์ ทำให้น้ำในเนื้อของเมล็ดพันธุ์ระเหยออกมา ไอน้ำจะถูกพาออกจากตู้อบ โดยอุณหภูมิของอากาศจะลดต่ำลง

ส่วนประกอบสำคัญของแผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่น จะประกอบด้วยแผ่นดูดพลังงาน (Absorber Plate) ซึ่งทำหน้าที่รับพลังงานจากแสงอาทิตย์และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่ไหลผ่านแผ่นดูด ด้านบนของแผ่นดูดจะเป็นวัสดุโปร่งใส เป็นกระจก ซึ่งเรียกแผ่นด้านบนว่า แผ่นปิดด้านบน (Top cover) มีหน้าที่ช่วยลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากแผ่นดูดที่จะไหลกลับสู่บรรยากาศภายนอก

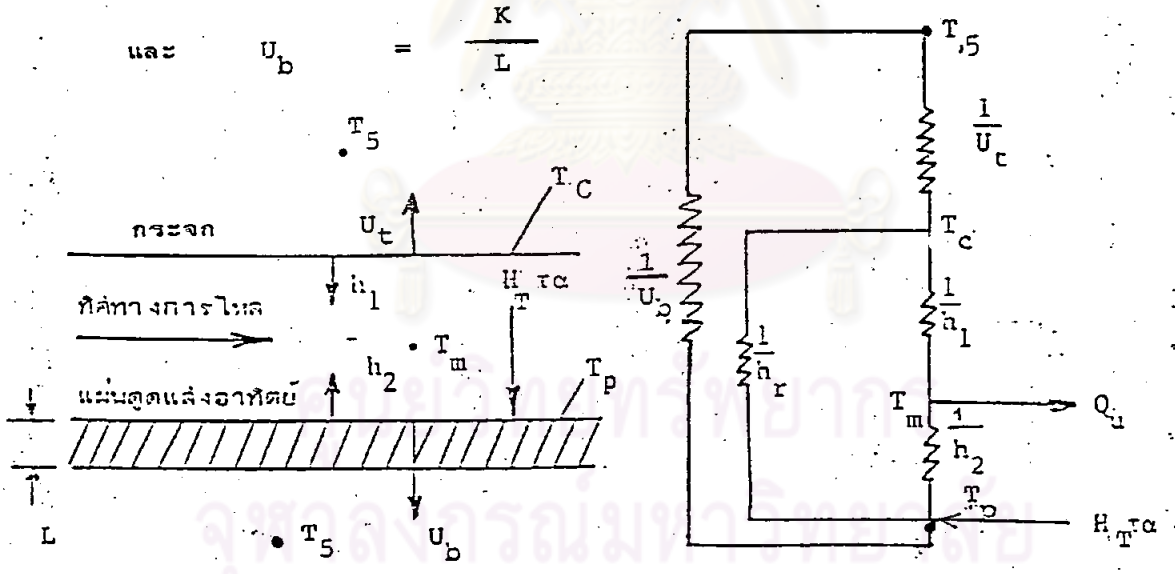
จากรูป 2-3 จะได้สมการสมดุลย์ของการถ่ายเทความร้อนของกระจก อากาศที่ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์และแผ่นดูดแสงอาทิตย์ดังนี้ (15)

$$U_t(T_5 - T_c) + h_r(T_p - T_c) + h_1(T_m - T_c) = 0 \quad \ldots\ldots\ldots(1)$$

$$H_T\tau\alpha + U_b(T_5 - T_p) + h_2(T_m - T_p) + h_r(T_c - T_p) = 0 \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

$$h_1(T_c - T_m) + h_2(T_p - T_m) = \frac{Q_u}{A} \quad \ldots\ldots\ldots(3)$$

และ $U_b = \frac{K}{L}$



รูปที่ 2-3 แสดงภาพตัดขวางของแผงรับแสงอาทิตย์และแผนภูมิการถ่ายเทความร้อน

และจากสมการสมดุลย์พลังงานทั้ง 3 สมการข้างต้น สามารถคำนวณหาอัตราการสะสมพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์ได้ดังนี้

$$Q_u = A.F' \{ H_T.\tau.\alpha - U_L(T_m - T_5) \}$$

โดยที่ $$F' = \frac{h_r h_1 + h_2 U_t + h_2 h_r + h_1 h_2}{(U_t + h_r + h_1)(U_b + h_2 + h_r) - h_r^2}$$

และ $$U_L = \frac{(U_b + U_t)(h_1 h_2 + h_1 h_r + h_2 h_r) + U_b U_t (h_1 + h_2)}{h_1 h_r + h_2 U_1 + h_2 h_r + h_1 h_2}$$

และ $$h_r = \frac{3.6\sigma(T_p^2 + T_c^2)(T_p + T_c)}{\frac{1}{\varepsilon_p} + \frac{1}{\varepsilon_g} - 1}$$

$$h_w = 5.8 + 3.7\ w$$

$$U_t = 3.6\ [\varepsilon\sigma(T_p^2 + T_s^2)(T_p + T_s) + h_w\ ]\ (15)\ (16).$$

เมื่อ K = สภาพการนำความร้อนของฉนวน วัตต์ ต่อ เมตร °ซ

Q_u = เป็นอัตราการสะสมพลังงานของแผงรับแสงอาทิตย์ , กิโลจูลต่อชั่วโมง

A = พื้นที่ของแผงรับแสงอาทิตย์, ตร.เมตร

F' = Collector efficiency factor

H_T = ความเข้มของแสงอาทิตย์บนแผงรับแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อ ตร.เมตร-ชม.

τ = ค่าการผ่านทะลุกระจกของแสงอาทิตย์

α = ค่าการดูดพลังงานของแผ่นดูดแสงอาทิตย์

U_L = สัมประสิทธิการสูญเสียความร้อนทั้งหมดของแผงรับแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อ ตร.เมตร-ชม.-°ซ

T_m = อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในแผงรับแสงอาทิตย์, $^{o}_{ค} = \frac{T_4 + T_5}{2}$

U_b = สัมประสิทธิการสูญเสียความร้อนด้านหลังของแผงรับแสงอาทิตย์,กิโลจูล ต่อ ตร.เมตร-ชม.-°ซ

T_5 = อุณหภูมิแวดล้อมของอากาศ, องศาเคลวิน

h_r = สัมประสิทธิการแผ่รังสีของแผ่นดูดแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อ ตร.เมตร-ชม.-°ซ

h_w = สัมประสิทธิของการถ่ายเทความร้อนอันเกิดจากลมพัดผ่านแผ่นปิดด้านบน, วัตต์/ตร.ม.°ซ

h_1 = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศจากกระจก, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.-^{o}ซ

h_2 = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศจากแผ่นดูดแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.-^{o}ซ

U_t = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนด้านบนของแผงรับแสงอาทิตย์, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.-^{o}ซ

T_c = อุณหภูมิของกระจก, องศาเคลวิน

T_p = อุณหภูมิที่แผ่นดูดแสงอาทิตย์, องศาเคลวิน

T_s = อุณหภูมิของท้องฟ้า, องศาเคลวิน

σ = ค่าคงที่สตีเฟน-โบลท์แมนน์, วัตต์ต่อตร.เมตร-องศาเคลวิน^4

ε_g = ค่าการปล่อยพลังงานของกระจก

ε_p = ค่าการปล่อยพลังงานของแผ่นดูดแสงอาทิตย์

w = ความเร็วลม, เมตรต่อวินาที

ส่วนการคำนวณอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์, T_4 และประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์, η หาได้จากสมการ

$$T_4 = T_5 + \frac{Q_u}{\dot{m}_a . C_p}$$

และ $$\eta = \frac{Q_u}{A . H_T} \times 100$$

เมื่อ T_4 = อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากแผงรับแสงอาทิตย์, องศาเคลวิน

η = ประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์, %

$\dot{m}_a$ = อัตราการไหลของมวลของอากาศที่ผ่านแผงรับแสงอาทิตย์, กิโลกรัมต่อชม.

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ, กิโลจูลต่อกิโลกรัม-^{o}ซ

H_T = พลังงานของแสงอาทิตย์บนพื้นเอียง, กิโลจูลต่อตร.เมตร-ชม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย