

อิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการงอกของเมล็ดถั่วเขียว

Effects of Light Quality on Germination of Mung Bean Seeds

(*Phaseolus aureus*. Roxb.)

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดุสิต ๑๖ พระโขนง กรุงเทพฯ ๑๐ โทร. ๖๑๒๑๖๗๘, ๖๑๑๕๐๘๐

ปริญญานิพนธ์

ของ

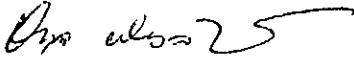
สง่า ก้อนในเมือง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กันยายน ๒๕๒๐

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้.

 ประธาน

เลอสินี จีระวิมล กรรมการ
กันยายน 2520

ประกาศคุณประการ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อองอาจ ผ่องลักณ์ ประธานที่ปรึกษา
ทำปริญญานิพนธ์ และ อาจารย์เสริมสิน ศิริวัฒนา กรรมการที่ปรึกษา ซึ่งได้กรุณาให้คำ
ปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้ไข จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณพยอม ก้อนในเมือง ที่ให้ความช่วยเหลือและทิ้งให้กำลังใจและ
กำลังใจทรัพย์ จนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ.

สง่า ก้อนในเมือง

กันยายน 2520

สารบัญ

บท	หน้า
บทนำ	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
การดำเนินการทดลอง	
เครื่องมือทดลองและวิธีการทดลอง	11
การทดลองที่ 1	
คำนำ	16
การดำเนินการทดลอง	17
ผลการทดลอง	18
สรุปและอภิปรายผล	29
การทดลองที่ 2	
คำนำ	31
การดำเนินการทดลอง	32
ผลการทดลอง	33
สรุปและอภิปรายผล	46
การทดลองที่ 3	
คำนำ	48
การดำเนินการทดลอง	54
ผลการทดลอง	59
สรุปและอภิปรายผล	97

บท

หน้า

สรุปและอภิปรายผล

99

บรรณานุกรม

บทคัดย่อ

บัญชีตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 เปอร์เซนต์เฉลี่ยการงอกของ เมล็ดถั่วเขียวที่มีอายุต่างกัน ในแสงชนิดต่าง ๆ	19
1.2 Analysis of Variance a 2-way classification ของตารางที่ 1	20
1.3 เปอร์เซนต์เฉลี่ยการงอกของ เมล็ดถั่วเขียว เมื่อได้รับแสง สีแดง สลับกับแสงอินฟราเรด	26
1.4 Analysis of Variance a 2-way classification ของตารางที่ 3	27
2.1 การเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว เมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ วันละ 9 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน	34 ก.
2.2 การเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว เมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ วันละ 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน	34 ข.
3.1 การเพิ่มขึ้นและลดลงของเนื้อที่ใบในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียว ที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	60
3.2 การเพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของใบในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	64
3.3 การเพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของลำต้นในเวลาต่าง ๆ กัน ของ ต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	68
3.4 การเพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของรากในเวลาต่าง ๆ กัน ของต้น ถั่วเขียวที่เจริญเติบโตจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	72
3.5 การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งรวมและผลในเวลาต่างกันของต้นถั่วเขียวที่เจริญ เติบโตจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	75
3.6 ความยาวของลำต้นและราก ในเวลาต่าง ๆ ของต้นถั่วเขียวที่เจริญ เติบโตจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	80

การวาง	หน้า
3.7 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งรวมในเวลาต่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียวที่เจริญมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	86
3.8 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของใบต่อน้ำหนักแห้งรวมในเวลา ต่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตจากเมล็ดที่เพาะในแสง ชนิดต่าง ๆ	90
3.9 การเปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของใบในเวลาต่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	94

บัญชีภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แสดงคุณสมบัติของแสงชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง	12
1.2	การจัดเตรียมอุปกรณ์ และ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	14
1.3	แสดงเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการงอกของเมล็ดถั่วเขียวที่มีอายุต่าง ๆ เมื่อเพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	22
2.1	ภาพแสดงการเจริญพัฒนาของต้นกล้าถั่วเขียว เมื่อเพาะในแสงชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 5 วัน	36
2.2	แสดงความยาวของลำต้นและรากของต้นกล้าถั่วเขียว เมื่อเพาะ ในแสงชนิดต่าง ๆ	38
2.3	แสดงการ เจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียว เมื่อเพาะในแสงชนิดต่าง ๆ วันละ 9 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน	40
2.4	แสดงการ เจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียว เมื่อเพาะในแสงชนิดต่าง ๆ วันละ 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน	42
3.1	แสดงแผนผัง การปลูกต้นกล้าถั่วเขียว เพื่อการสุ่มตัวอย่าง	57
3.2	แสดงการ วางระบบการปลูกและการให้น้ำต้นถั่วเขียวโดยวิธี Automatic subirrigation	58
3.3	แสดงการ เพิ่มขึ้นและลดลงของเนื้อที่ใบในระยะ เวลาต่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ	62
3.4	แสดงการ เพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของใบในระยะ เวลาต่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียว	66
3.5	แสดงการ เพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของลำต้นถั่วเขียว ในระยะ เวลาต่าง ๆ กัน	70
3.6	แสดงการ เพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของรากถั่วเขียว ในระยะ เวลาต่าง ๆ กัน	74

ภาพที่	หน้า	
3.7	แสดงการ เพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งของ ผลัดว้เขียวในเวลาต่าง ๆ กัน	78
3.8	แสดงความยาวของลำต้นถั่วเขียวที่เพิ่มขึ้นในเวลาต่าง ๆ กัน	82
3.9	แสดงความยาวของรากถั่วเขียวที่เพิ่มขึ้นในเวลาต่าง ๆ กัน	84
3.10	การ เปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งรวมของถั่วเขียว ในเวลาต่าง ๆ กัน	88
3.11	การ เปรียบเทียบอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งใบต่อน้ำหนักแห้งรวม ของต้นถั่วเขียวในเวลาต่าง ๆ กัน	92
3.12	การ เปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของใบถั่วเขียว ในเวลาต่าง ๆ กัน	96

บทนำ

การงอกของเมล็ด เป็นขบวนการเจริญเติบโตของพืชที่เปลี่ยนสภาพจากเมล็ดมาเป็นต้นกล้า องค์ประกอบสำคัญที่ช่วยในการงอกของเมล็ดมี น้ำ ออกซิเจน และอุณหภูมิที่เหมาะสม ในการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพืชนั้น จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. องค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อม (Environment)
2. องค์ประกอบทางพันธุกรรม (Heredity)

องค์ประกอบทางพันธุกรรม จะเป็นตัวกำหนด ความคุม และถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ในพืช โดยอาศัยหน่วยพันธุกรรมคือยีน (gene) เป็นตัวควบคุม ส่วนองค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมนั้น Wilson (1962) ได้ศึกษาพบว่า องค์ประกอบที่สำคัญอันหนึ่งที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงในพืช คือ แสงสว่าง (Light) จากการศึกษาถึงอิทธิพลของแสงสว่างที่พืชได้รับ Wassink (1954) พบว่า แสงสว่างนอกจากจะเป็นตัวให้พลังงานแสง (Photoenergetic reaction) ที่พืชสามารถนำไปใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสงแล้ว แสงยังเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองในพืช (Photostimulus function) ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงทางรูปร่างลักษณะ (Photomorphogenesis) ในพืชอีกด้วย เช่น การงอกของเมล็ด (Seed Germination) การเจริญของต้นกล้า (Seedling) และการเกิดหรือการผลิดอก (Flowering) เป็นต้น (Mohr, 1964)

แสงที่มีอิทธิพลต่อพืช พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ นั่นคือแสงที่มองเห็นได้ (Visible light) ซึ่งมีความยาวคลื่นขนาดปานกลาง ตั้งแต่ 400 nm ถึง 760 nm (Smith, 1975) อิทธิพลของแสงที่พืชจะได้รับจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสภาพทางสรีรวิทยาของพืช ช่วงเวลาของการได้รับแสง ความเข้มของแสง และขึ้นอยู่กับแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน (Hatab, 1968)

จากการศึกษาอิทธิพลของแสงต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของพืช พบว่า

แสงทางชนิกันจะมีผลต่อพืชแตกต่างกัน เช่น เมล็ดผักกาด (Lettuce) เมื่อได้รับแสงสีแดง การงอกของเมล็ดจะมีเปอร์เซ็นต์สูง แต่การงอกของเมล็ดจะมีเปอร์เซ็นต์ต่ำลง เมื่อได้รับแสง Far-red (Flint and Mc. Alister, 1935) และจากการทดลองของ Borthwick, Hendricks และคณะ (1952) ได้ใช้ spectograph วิทยาศาสตร์ของแสงเพื่อทดสอบการงอกของเมล็ดผักกาด พบว่าแสงสีแดงจะช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด แต่แสง Infra-red จะยับยั้งการงอกของเมล็ด นอกจากนี้ยังพบว่า การให้เมล็ดได้รับแสงสีแดงสลับกับแสง Infra-red นั้น เปอร์เซ็นต์ของการงอกจะขึ้นอยู่กับแสงชนิดสุดท้ายที่ได้รับ ดังตัวอย่าง

Irradiation	% Germination
None (dark Control)	8.5
Red	98
Red + IR	54
Red + IR + Red	100
Re + IR + Red + IR	43

(Brothwick และคณะ, 1952)

จากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของแสงที่มีต่อขบวนการเจริญเติบโตของพืช พบว่าพืชแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อแสงแตกต่างกันออกไป (Leopold, 1964)

นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะเวลาที่พืชได้รับแสง อุณหภูมิและความชื้นก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย

การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชนี้ ได้มีการศึกษามากแล้วในต่างประเทศ แต่สำหรับประเทศไทย การศึกษาเรื่องนี้โดยเฉพาะยังไม่ใคร่กระทำกันอย่างกว้างขวาง ดังนั้น การศึกษาค้นคว้าจากจะโคประโยชน์ในด้านการเรียนการสอนแล้ว ยังอาจจะเป็นแนวทางในการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ทางเกษตรกรรมได้อีกด้วย

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

- ✓ 1. ศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดเมื่อได้รับแสงสว่างต่างชนิดกัน
- ✓ 2. ศึกษาอัตราการเจริญของต้นกล้าตัวในระยะสัปดาห์แรก เมื่อได้รับแสงต่างชนิดกันในเวลาเท่ากัน
- 3. ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมื่อได้รับแสงตามธรรมชาติ ภายหลังจากที่ได้รับแสงชนิดต่าง ๆ มาแล้วในเวลาเท่ากัน
- 4. ศึกษาการลำเลียงอาหารสะสมจากใบเลี้ยงไปใช้ยังส่วนต่าง ๆ ของลำต้น

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

- ✓ 1. ผลของการศึกษาจะทำให้ทราบถึงอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการงอกของเมล็ดตัวเขียวในระยะต่าง ๆ และต่อการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของพืช เพื่อเป็นแนวทางและเป็นรากฐานที่จะนำไปทดลองกับพืชชนิดอื่น ๆ เพื่อการปรับปรุงลักษณะของพืชให้ดีขึ้นตามความต้องการ
- 2. รายงานการศึกษาค้นคว้า สามารถนำไปใช้เป็นเอกสารประกอบการเรียนในระดับอุดมศึกษาได้
- ✓ 3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้า ทางด้านสรีรวิทยาของพืช เพื่อเป็นประโยชน์ในทางวิชาการต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

- 1. ศึกษาอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการงอกของเมล็ดถั่วเขียว โดยให้เมล็ดถั่วเขียวได้รับแสงชนิดต่าง ๆ กันจากหลอด Fluorescent
- 2. ศึกษาการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้า ในระยะสัปดาห์แรก โดยศึกษาในเรื่องต่อไปนี้
 - 2.1 เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียว
 - 2.2 การเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าเขียว ดังนี้

- 2.2.1 ความยาวของราก
- 2.2.2 ความยาวของลำต้น
- 2.2.3 น้ำหนักแห้งของราก
- 2.2.4 น้ำหนักแห้งของลำต้น
- 2.2.5 น้ำหนักแห้งของใบเลี้ยง
- 2.2.6 น้ำหนักแห้งรวมทั้งหมด

3. ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นถั่วที่ได้รับแสงชนิดต่าง ๆ ในขณะที่เป็นต้นกล้า แลวนำมาปลูกให้ได้รับแสงสว่างตามธรรมชาติ โดยศึกษาการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของต้นถั่วดังนี้

- 3.1 ความยาวของลำต้น
- 3.2 ความยาวของราก
- 3.3 อัตราส่วนความยาวของต้น/ราก
- 3.4 พื้นที่ของใบ
- 3.5 น้ำหนักแห้งของลำต้น
- 3.6 น้ำหนักแห้งของราก
- 3.7 น้ำหนักแห้งของใบ
- 3.8 น้ำหนักแห้งของผล

เอกสารประกอบการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาวิถีพลของแสงที่พืชนั้น ได้มีการศึกษากันมานานแล้ว ในสมัยศตวรรษที่ 17 JAN Ingen-Housz ได้ศึกษาพบว่าในการเจริญเติบโตของพืช จะมีออกซิเจนออกมา และเมื่อนำพืชที่ทดลองไปไว้ในที่ที่ไม่มีแสง พบว่าพืชนั้นให้ออกซิเจนลดลง และเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่ากับในขณะที่อยู่ในที่ที่มีแสงสว่าง จึงสรุปได้ว่า "แสง" มีบทบาทสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช (Devlin, 1969)

ในสิ่งมีชีวิตจำพวกพืช การดำรงชีวิตเป็นแบบ Autotrophic Nutrition พลังงานที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของชีวิตได้มาจากการเผาผลาญอาหารที่พืชนั้นสร้างเอง อาหารที่พืชสร้างขึ้นนั้นส่วนใหญ่เป็นอาหารจำพวกแป้ง โดยอาศัยน้ำ (H_2O) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และคลอโรฟิลล์ ซึ่งอยู่ในสภาวะที่มีแสงเป็นตัวให้พลังงาน ขบวนการสร้างอาหารของพืชนี้เรียกว่า การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ในการสังเคราะห์แสงของพืชนั้นยังต้องมียอดประกอบภายนอกเข้ามาช่วย เช่น อุณหภูมิ ลม น้ำ แสงแดด และก๊าซ เป็นต้น แต่สิ่งขาดไม่ได้ต่อการสังเคราะห์แสงมากที่สุดคือ "คาร์บอนไดออกไซด์ และแสงสว่าง" (Watson and Rober, 1967)

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาวิถีพลของแสงที่พืชในท่านอื่น ๆ เช่น Wassink (1954) พบว่าแสงมีผลต่อพืช 2 ประการ คือ

1. ให้พลังงานแสงแก่พืช (Photoenergetic Reaction)
2. กระตุ้นให้เกิดการเจริญเปลี่ยนแปลงในพืช (Photo stimulus functions) ซึ่งจะทำให้พืชมีรูปร่างลักษณะ (Morphology) แตกต่างกันไป

Garner และ Allard (1920) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของแสงที่มีต่อการเจริญเปลี่ยนแปลงทางรูปร่างลักษณะในพืช (Photomorphogenesis) โดยทดลองให้พืชได้รับแสงในช่วงเวลานานต่าง ๆ กัน หรือที่เรียกว่า "Photoperiodism" พบว่าช่วงความยาวของการได้รับแสงของพืชนั้น มีอิทธิพลต่อการออกดอกของพืช (Flowering) และจากการศึกษาทดลองต่อมาโดย Curry, Stolwizk, Wassink (1956), De Lint (1960), Mohr (1962) Withrow (1964), Borthwick and Hendricks (1965)

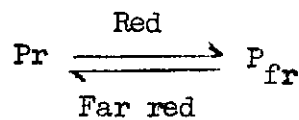
El Hattab (1968) ได้ทดลองให้พืชได้รับแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน พบว่ามีอิทธิพลต่อการงอกของเมล็ด (Seed Germination) การเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช (Seedling) และการออกดอกของพืช (Flowering) เป็นต้น

การศึกษาถึงอิทธิพลของแสงต่อการงอกของเมล็ด

Flint and Mc Alister, (1937), Evenari (1951) ได้ศึกษาและรายงานถึงอิทธิพลของแสงต่อการงอกของเมล็ดผักกาด (Lettuce) ไม่อย่างละเอียดว่าแสงจะเป็นทั้งตัวช่วยส่งเสริมและยับยั้งการงอกของเมล็ด แสงที่มีความยาวคลื่นสูง เช่น แสงสีม่วงจะช่วยในการงอกของเมล็ดผักกาด ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำ และแสง Infra-red จะไม่ช่วยในการงอกของเมล็ด และยังจะเป็นตัวยับยั้งการงอกของเมล็ดอีกด้วย ต่อมา Borthwick และคณะ (Borthwick, 1952) ได้ใช้ spectrograph วัดความสามารถของการทำงานของแสงในการช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ด ยืนยันว่าอิทธิพลของแสง Far red ที่มีความเข้มต่ำ จะแสดงผลในทางตรงกันข้ามกับแสงสีม่วง และยังแสดงให้เห็นถึงปฏิกิริยาที่เปลี่ยนกลับกันระหว่างการได้รับแสงสีม่วง และ Far red ที่มีต่อการงอกของเมล็ดว่า แสงที่พืชได้รับทั้งกลางวันจะเป็นตัวที่มีอิทธิพลมากที่สุด ในการออกดอกของพืช (Flowering) และการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช (Seedling) ซึ่งมีสภาพเช่นเดียวกันคือเกิดจากปฏิกิริยาเปลี่ยนกลับกันระหว่าง Red/Far-red

ในการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มพลังงานแสงให้แก่พืช Wassink และ Stolwizk พบว่าการให้พืชได้รับแสงเพียงชนิดเดียวที่มีพลังงานสูง จะให้ผลตรงกันข้ามกับการให้แสงสีขาว (White) แล้วตามด้วยการให้แสงชนิดเดียวกันที่มีพลังงานต่ำในระยะยาวสั้น ๆ ปรากฏการณ์ดังกล่าว Seigelman, Hondricks และ Mohr (1957) ได้พบว่า High Energy Reaction ซึ่งจะมีผลให้พืชตอบสนองมากที่สุดต่อแสงสีน้ำเงิน (Blue และ Far-red Hendricks and Brothwick (1959) เชื่อว่าเกิดเนื่องจากระบบวงจรชีวิตที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนกลับกันเมื่อได้รับแสงสีม่วง และ Far-red และให้ชื่อวงจรชีวิตว่า Phytochrome (Kroes, 1970) ซึ่งเกิดขึ้นในรูปที่สามารถเปลี่ยนกลับกันได้ 2 รูป คือ

เมื่อรังควัตถุนี้ได้รับแสงสีขาว (White) หรือสีแดง (Red) จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ
 รังควัตถุที่ดูดแสง Far-red (P_{fe} form) และเมื่อ P_{fe} ได้รับแสง Far-red
 มันจะกลับไปอยู่ในรูปของการดูดแสงสีแดง (Pr form) และ P_{fr} จะเปลี่ยนเป็น Pr
 ในทันทีได้ ดังแผนภาพต่อไปนี้



เมื่อ Pr และ P_{fr} แทนรูปของการเปลี่ยนกลับกันของปฏิกิริยาทั้งสองของ
 รังควัตถุนี้

ต่อมา Flint และ Mc Alistar (1935), Borthwick, Hendricks,
 Toole and Toole (1952) ทดลองนำเมล็ดผักกาดหอมมาแช่น้ำทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา
 16 ชั่วโมง แล้วนำมาผ่านแสงชนิดต่าง ๆ พบว่า การงอกของเมล็ดผักกาดจะงอกได้ดีใน
 แสงสีแดง แต่การงอกจะถูกยับยั้งโดยแสง Far-red นอกจากนี้ Borthwick และคณะ
 (1952) ได้ทดลองเพาะเมล็ดพืชโดยใช้ให้ได้รับแสงสลับชนิดกัน ทดลองเพาะเมล็ดผักกาด
 โดยนำเมล็ดมาแช่น้ำทิ้งไว้ในที่มืด 16 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดเหล่านั้นผ่านแสงสลับกันระหว่างแสง
 สีแดงกับ Infra-red โดยใช้ให้รับแสงสีแดง 1 นาที แล้วตามด้วยแสง Infra-red อีก
 4 นาที สลับกันไป แล้วเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 20°C ผลการทดลอง
 ปรากฏว่าแสงชนิดสุดท้ายที่พืชได้รับจะมีอิทธิพลต่อการงอกของเมล็ด

ระยะเวลาของการได้รับแสง

(Photoperiodism)

การให้เมล็ดได้รับแสงในช่วงระยะเวลาต่างกัน จะมีผลต่อการงอกของเมล็ด
 การงอกของเมล็ดจะสัมพันธ์กับช่วงระยะเวลาที่เมล็ดอยู่ในที่มืด แต่จะไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณ
 ของแสง ในทางปฏิบัติได้มีการทดลองกับเมล็ด Betula pubescens ซึ่งเป็นพืชที่
 เจริญขึ้นในช่วงการได้รับแสงยาวนาน (long day Seed) พบว่าการยับยั้งการงอกของเมล็ด

จะสัมพันธ์กับช่วงระยะเวลาที่พืชอยู่ในที่มืด และจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย แต่ทำให้เมล็ดได้รับแสงเพิ่มเป็นช่วงสั้น ๆ ในช่วงของการอยู่ในที่มืด จะทำให้อิทธิพลของการยับยั้งการงอกของเมล็ดเปลี่ยนไป (Koler, Mayer, 1968)

การศึกษาถึงผลของระยะเวลาที่ได้รับแสงของเมล็ด Nemophila insignis โดยให้ได้รับแสงในช่วงเวลาสั้น ปรากฏว่าการงอกของเมล็ดจะสัมพันธ์กับระยะเวลาของการได้รับแสง และขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เหมาะสม นอกจากนั้นยังพบว่าการงอกของเมล็ดจะถูกยับยั้งโดยแสงสีน้ำเงิน และจะถูกยับยั้งมากขึ้นในแสง Far-red

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า อิทธิพลของระยะเวลาของการได้รับแสงจะมีผลต่อการงอกของเมล็ดเมื่ออยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม แต่จะไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป

อายุของเมล็ดกับการงอกของเมล็ด

อายุของเมล็ดที่เพิ่มผลต่อการงอก จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เมล็ดพืชส่วนใหญ่ต้องการช่วงระยะเวลาพักก่อนที่จะงอกเป็นต้นใหม่ แต่เมล็ดพืชบางชนิดจะงอกได้ทันทีที่สัมผัสสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม เช่นเมล็ดของโกก้าง (Rhizophora sp.) จะงอกเป็นต้นใหม่ ในขณะที่เมล็ดยังเกาะอยู่กับ placenta ก่อนที่จะหล่นจากต้น เมล็ดพืชบางชนิดจะงอกทันทีที่ได้รับสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม แต่บางชนิดจะใช้เวลาชานกว่าจะงอกภายหลังจากรับสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมแล้ว ที่เป็นเช่นนี้เป็นผลเนื่องมาจากการปรับสภาพภายในของพืช ทำให้การงอกช้ากว่าปกติ เช่น เนื่องจากการพักตัวของเมล็ด (Dormancy) นอกจากนี้การงอกของเมล็ดยังขึ้นอยู่กับความสามารถของเมล็ดในการที่ชีวิตอยู่ ความสามารถที่จะงอกเป็นต้นกล้าได้ (Viability) และอายุของเมล็ดที่เรียกว่า Longevity (Cronquist, 1961)

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแสงต่อการงอกของเมล็ด

เมล็ดพืชบางชนิดจะงอกได้ในที่มืด ณ อุณหภูมิหนึ่งที่เหมาะสม และต้องการแสงช่วยในการงอกถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น มีเมล็ดพืชบางชนิดซึ่งจำเป็นต้องใช้แสงช่วยในการงอกของเมล็ด ณ อุณหภูมิที่อื่นหนึ่ง แต่จะงอกได้ในที่มืดที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป Toole, Hendricks

และ Borthwicks (Toole และคณะ, 1956) ได้ทำการทดลองและพบว่า เมล็ดผักกาด (Lettuce) ปลูกจะงอกได้ดีทั้งในที่ที่มีแสง และในที่มืด แต่จะตอบสนองต่อแสง (Light Sensitive) ได้ถ้าแช่เมล็ดไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ $29^{\circ} - 30^{\circ} \text{C}$ เป็นเวลาหลายวัน เมล็ดของ *Lepidium* การงอกจะเกิดขึ้นภายหลังจากที่ได้รับแสงเท่านั้น แต่ที่อุณหภูมิคงที่ 15°C หรือ 25°C การงอกจะไม่ค่อยสมบูรณ์นัก ถึงแม้ว่าจะได้รับแสงอย่างเต็มที่ แต่ที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปในระหว่าง $15 - 25^{\circ} \text{C}$ ก่อนที่จะเริ่มให้แสง เปอร์เซนต์การงอกจะดีขึ้น

Koller (Koller และคณะ 1962) กล่าวถึงการงอกของเมล็ด *Lepidium* ว่า การงอกของเมล็ดจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อให้อุณหภูมิต่ำ ๆ ก่อน แล้วตามด้วยการให้แสงสีแดง แล้วจึงให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในตอนหลัง ถึงแม้ว่าการให้อุณหภูมิสูง ๆ ในช่วงสั้น ๆ ก่อนหรือหลังการให้แสง จะกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ แต่การสนองตอบต่อแสงจะดีขึ้นเมื่อเมล็ดได้รับอุณหภูมิสูง ๆ ก่อนการได้รับแสง

สรุปได้ว่า การให้เมล็ดได้รับอุณหภูมิสูงขึ้น จะไปเพิ่มการสนองตอบต่อแสงสีแดงได้มากขึ้น และจะลดลงเมื่อให้แสง Far-red

ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับการพักตัวของเมล็ด (Dormancy) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะบอกถึงจำนวนการงอกของเมล็ด จากการทดลองของ (Shuck, 1935) โดยแช่เมล็ดผักกาดในน้ำในที่ที่มีแสงสว่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเมล็ดขึ้นมาผึ่งทั้งในที่มืดและในแสงชนิดต่าง ๆ กัน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำเมล็ดไปเพาะในที่มืด อุณหภูมิ 20° ผลการทดลองปรากฏว่า แสงที่มีความยาวคลื่นสั้น ๆ ที่เมล็ดได้รับในตอนแรกนั้น จะมีผลทำให้เมล็ดพักตัวไ้มากกว่าแสงสว่างตามธรรมชาติในเวลากลางวัน

อิทธิพลของแสงกับการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช

F.W. Went และ Lillian Overland, (1941) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของแสง และพบว่าแสงมีความสำคัญต่อพืชในทุก ๆ ด้าน นอกจากนี้จากการศึกษาการทำให้เกิดสภาพ etiolation ในต้นกล้าพืช พบว่าพืชที่อยู่ในที่มืดจะมีลำต้นขยายยาวมากขึ้น มี Plumular hook ใบไม่เจริญ และจะไม่สังเคราะห์คลอโรฟิลล์

ในปี 1956 Klein และคณะ พบว่าอิทธิพลของแสงมีความสัมพันธ์กับการหายไปของ Plumular hook แล้วอิทธิพลของแสงสีแสดจะแสดงผลกลับกันกับแสง Far red

ในปี 1970 Robert W. Withrow ก็ได้ทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช ของถั่วแขก ข้าวโพด มะเขือเทศ โดยปิดแผ่นกรองแสง (Filter) ชนิดต่าง ๆ กรองแสงจากหลอดไฟฟ้า ให้ได้แสงออกมามีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน ที่มีค่าความเข้มของแสงต่ำ ผลจากการทดลองปรากฏว่า แสงสีแสด และแสงสีเขียวรวมกับแสงสีเหลือง จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเปลี่ยนแปลงทางคานูรูปร่างลักษณะของพืชมากที่สุด แสงสีน้ำเงิน และ Infra-red ที่มีค่าความเข้มสูง (High Light Intensity) จะมีอิทธิพลน้อย แสงที่มีความยาวคลื่นสูงจะทำให้ขนาดของใบใหญ่ขึ้น Hypocotyl สั้น ไม่มีการงอโค้งงอโรฟิลล์ ในใบ Plumular hook หายไป และการลำเลียงอาหารสะสมไปยังรากก็จะมีมากขึ้นด้วย

วิธีการศึกษาทดลอง

การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. การเตรียมอุปกรณ์ทางแสง

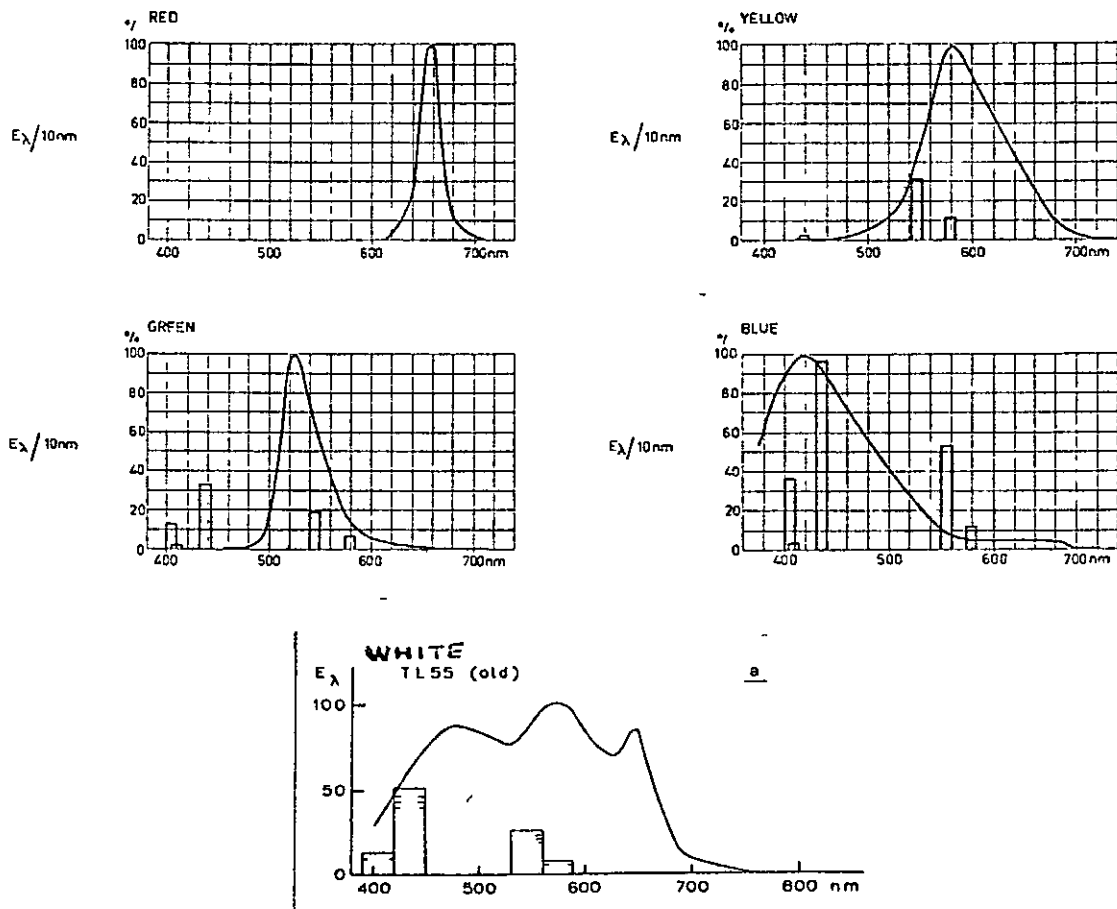
การทดลองทำภายในห้องซึ่งมีขนาดกว้าง 2.5 เมตร ยาว 4 เมตร และสูง 2.5 เมตร เป็นห้องที่ปิดมิดชิด มีประตูเปิดปิด 1 ประตู มีเครื่องปรับอากาศ และพัดลมสำหรับระบายอากาศ เพื่อที่ควบคุมอุณหภูมิของห้อง ภายในห้องติดตั้งโครงไม้รูปสี่เหลี่ยม กว้าง 1.20 เมตร ยาว 3 เมตร และสูง .60 เมตร โครงไม้ถูกแบ่งออกเป็นห้องเล็กๆ 6 ห้อง โดยใช้ฉากผ้าสีดากั้น ด้านบนของโครงไม้แต่ละช่อง ติดหลอดไฟฟ้า Philips TL Fluorescent lamp ชนิดสี ขนาด 40 watt จำนวนสี่ละ 2 หลอด มีสีต่างๆกัน เรียงตามลำดับ คือ

- สีขาว (White-light)
- สีน้ำเงิน (Blue-light)
- สีเหลือง (Yellow-light)
- สีแดง (Red-light)
- Infra-red (IR) ใช้หลอด Infrared ขนาด 250 Watt 1 หลอด
- และในที่มืด (Dark) (แผนผังการวางหลอดไฟ ดังภาพที่ 1.2)

แสงชนิดต่างๆที่ให้แก่พืชในการทดลอง เป็นแสงที่มีระดับความเข้มสูง (High intensity) ประมาณ $9500 \text{ erg/cm}^2 / \text{sec.}$ เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของต้นถั่ว ได้จึงให้พืชได้รับแสงชนิดต่างๆที่มีระดับความเข้มของแสงเท่าๆกัน ยกเว้นในแสงอินฟราเรด การควบคุมอุณหภูมิสำหรับการทดลอง ประมาณ 27°C

ลักษณะของแสงชนิดที่ใช้ในการทดลอง เป็นแสงที่ได้จากหลอดสีชนิด- Fluorescent
ของ Philips ขนาด 40 Watt

RELATIVE SPECTRAL ENERGY DISTRIBUTION



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะของแสงที่ใช้ในการทดลอง (จากเอกสารประกอบการขายสินค้า
ของบริษัท Philips)

2. การเตรียมเมล็ดถั่วเขียว และอุปกรณ์ในการเพาะ

2.1 การเตรียมเมล็ดถั่วเขียว

เมล็ดถั่วเขียวที่ใช้ในการทดลอง พันธุ์ Cloosy green จากสถานีทดลอง
ถั่วเขียว อำเภอนิคมสูง จังหวัดนครราชสีมา เมล็ดที่แก่แล้วเก็บมาไว้เป็นเวลานานต่าง ๆ
กันก่อนที่จะนำมาเพาะ

การคัดเลือกเมล็ดที่ใช้ในการทดลอง จะคัดเลือกเฉพาะเมล็ดที่สมบูรณ์
มีลักษณะและขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด

2.2 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะ

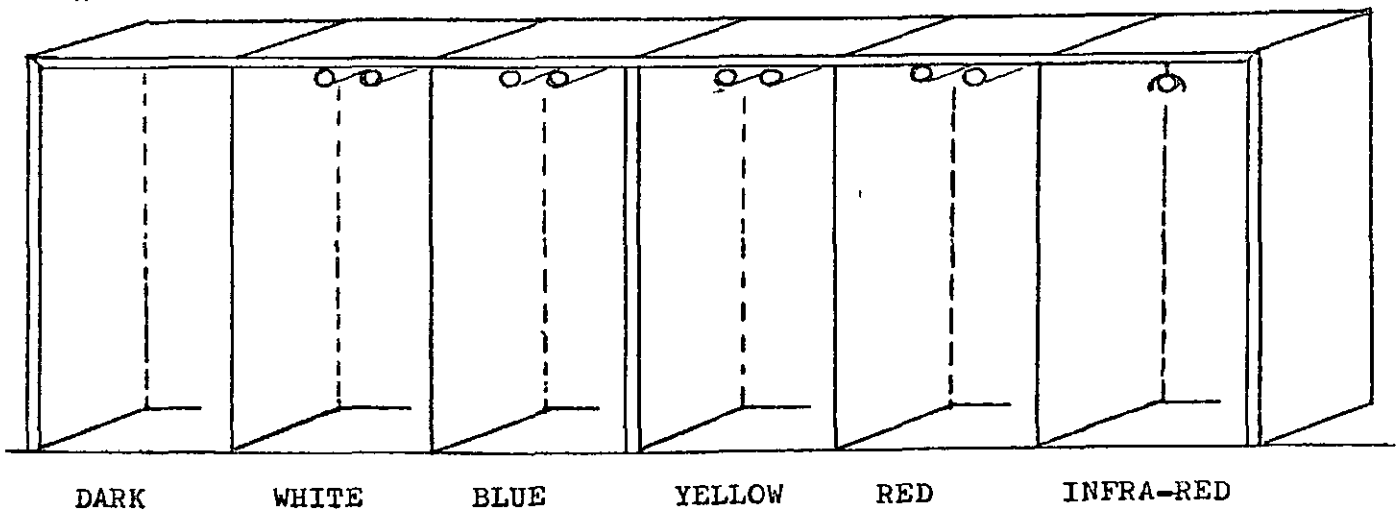
อุปกรณ์ที่มี

- Petri dish
- กระดาษกรอง (Filter paper) No. 1
- ถาดอะลูมิเนียม ขนาด 8" x 12"
- น้ำกลั่น

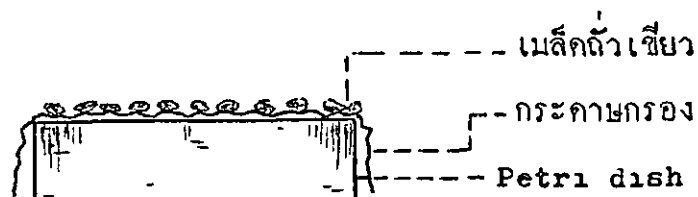
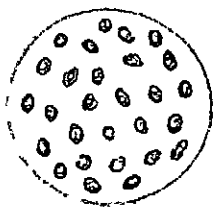
วิธีเตรียม

หุ้ม Petri dish ด้วยกระดาษกรอง No. 1 ใ้ห้ขอบกระดาษ
กรองหุ้มเลยลงมาถึงขอบของ Petri dish นำ Petri dish ที่หุ้มด้วยกระดาษกรอง
แล้วนี้ ไปวางเรียงลงในถาดอะลูมิเนียม เทน้ำกลั่นลงในภาชนะที่หุ้มด้วยกระดาษ
กรอง แต่ไม่ท่วม Petri dish วิธีนี้จะช่วยให้กระดาษกรองชุ่มน้ำ และให้ความชื้นแก่
เมล็ดถั่วเขียวอยู่ตลอดเวลา (ดังรูปที่ 1.2)

ก



ข



ภาพที่ 1.2

การเตรียมอุปกรณ์ทดลอง

ก. อุปกรณ์ในการให้แสงชนิดต่าง ๆ

ข. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะ เมล็ดถั่วเขียว

การทดลอง

แบ่งเป็น 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1

เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียวในแสงชนิดต่าง ๆ

การทดลองที่ 2

อิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญพัฒนาของต้นกล้าถั่วเขียว

(Seedling)

การทดลองที่ 3

การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว ที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะ
ในแสงชนิดต่าง ๆ

การทดลองที่ 1

เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดในแสงชนิดต่าง ๆ

กาน้ำ

การงอกของเมล็ด (Seed germination) ต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญ คือ น้ำ ออกซิเจน และอุณหภูมิที่เหมาะสม จากการศึกษถึงการงอกของเมล็ด มีหลักฐานน้อยมากที่จะกล่าวได้ว่า แสงเป็นปัจจัยสำคัญที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดเลย เพราะเมล็ดพืชแทบทุกชนิดสามารถงอกได้ค่อนข้างดีทั้งในที่มืด และในที่ที่แสงสว่าง แต่มีบางชนิดจะงอกได้เมื่อมีแสง บางชนิดจะงอกเมื่ออยู่ในที่มืด บางชนิดจะงอกได้ภายหลังจากที่ได้รับแสงแล้ว ซึ่งพืชนั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิดของพืช (Smith, 1975)

ในปี 1926 Kanzei ทดลองนำเมล็ดพืชแต่ละชนิดมาเพาะ ทั้งในที่ที่มืดและอุณหภูมิสูงกว่า 20°C ประมาณ 270 ชนิด และในที่ที่มืดประมาณ 114 ชนิด พบว่า จะมีเมล็ดที่งอกในที่ที่มืดแสง 190 ชนิด และงอกในที่ที่มืด 81 ชนิด แต่ทำให้ไอน้ำและสิ่งแวดลอมอัน ๆ ลงไปเลย การงอกของเมล็ดจะคล้ายคลึงกัน คือจะงอกในที่ที่มืดแสง 52 ชนิด และในที่ที่มืด 32 ชนิด (Mayer, 1963)

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้แสงจะไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการงอกของเมล็ด แต่จากการศึกษาต่อมา Flint and Mc Alister (1937), Evenari (1951) ได้รายงานถึงอิทธิพลของแสงต่อการควบคุมการงอกของเมล็ด คือแสงจะเป็นได้ทั้งส่งเสริมการงอกของเมล็ด และสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ด้วย ในปีต่อมาจากการศึกษาของ Borthwick และคณะ (1952) ได้ศึกษาอิทธิพลของแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กันที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด โดยทดลองกับเมล็ดผักกาดหอม (Lettuce) พบว่า แสงสีแดงจะช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ด ตรงข้ามกับแสงอินฟราเรด ซึ่งจะเป็นตัวยับยั้งการงอกของเมล็ด และในการทดลองให้เมล็ดได้รับแสงสีแดงสลับกับแสงอินฟราเรด พบว่า เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดจะขึ้นอยู่กับแสงชนิดสุดท้าย ซึ่งเป็นอิทธิพลของ Phytochrome

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างแสงและอุณหภูมิที่มีต่อการงอกของเมล็ด

Toole และคณะ (1956) พบว่า เมล็ดผักกาด ซึ่งปกติจะงอกได้ดีในที่มืดและในที่ที่แสงสว่าง การงอกของเมล็ดในที่ที่แสงนั้น เมล็ดจะตอบสนองต่อแสงได้ดี ถ้าแช่เมล็ดไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ $29^{\circ} - 35^{\circ}$

Smith (1975) พบว่าเมล็ดผักกาดพันธุ์ 'Grand Rapids' ซึ่งค่อนข้างต้องการแสงช่วยในการงอกของเมล็ด จะงอกได้ดีในที่ที่อุณหภูมิ $20^{\circ} - 25^{\circ} \text{C}$ แต่ที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น การงอกจะลดลงและต้องการแสงเข้ามาช่วย แต่ที่อุณหภูมิสูงมากขึ้นจะไปยับยั้งการงอกทั้งในที่มืดและที่แสง

เกี่ยวกับอายุของเมล็ดกับการงอกของเมล็ดนั้น Cronquist (1961) กล่าวว่าอายุของเมล็ดจะมีผลต่อการงอกของเมล็ดแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด ซึ่งพืชขึ้นอยู่กับระยะการพักตัวของเมล็ด (Dormancy) และความมีอายุยืนนาน ที่จะสามารถงอกเป็นต้นพืชได้

ในการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้ถั่วเขียวเป็นพืชทดลอง เพื่อศึกษาจำนวนการงอกของเมล็ดที่มีอายุต่าง ๆ กัน และในแสงชนิดต่าง ๆ กัน ผลจากการทดลองและวิธีการทดลองนี้อาจเป็นแนวทางนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงในการปรับปรุงทางคานเกษตรกรรม และกับพืชชนิดอื่น ๆ ด้วย

วิธีทดลอง

นำเมล็ดถั่วเขียวที่คัดเลือกแล้ว แช่ลงในน้ำที่อุณหภูมิ 20°C ที่ทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง . แล้วล้างน้ำมาเรียงลงบน Petri dish ที่ใช้ในการเพาะ Petri dish ละ 50 เมล็ด โดยคว่ำทางคาน Hilum ของเมล็ดลงทางคานล่าง เพื่อให้สัมผัสกับกระดาษกรองที่เปียกชื้นอยู่ จะช่วยให้เมล็ดได้รับความชื้นอยู่ตลอดเวลา นำ Petri dish ที่มีเมล็ดถั่วเขียวแล้วไปวางเรียงลงในถาดคลุมด้วยเนยขนาด $8" \times 12"$ ซึ่งในแต่ละถาดจะวาง Petri dish ได้ 4 ใบ เติมน้ำกลั่นลงในถาดให้ระดับน้ำสูงถึงปลายกระดาษกรองที่หุ้ม Petri dish อยู่ แต่ไม่ท่วม Petri dish น้ำกลั่นจะทำให้กระดาษกรองเปียกชื้นให้ความชื้นแก่เมล็ดอยู่ตลอดเวลา จำนวนเมล็ดที่เพาะ petri dish และถาดมีจำนวนมากพอ

เท่ากับที่ใช้ทดลอง คือ ในแต่ละชนิดของแสง (Treatment) จะมี 4 Petri dish (Replicates) นำเมล็ดถั่วที่เตรียมเสร็จแล้วไปเพาะในแสงชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1. การทดลองที่ให้ได้รับแสงชนิดเดียว (Treatment) โดยแต่ละ Treatment จะให้ได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง ติดต่อกัน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้น 75 % เมล็ดถั่วที่ใช้ทดลองจะมีอายุแตกต่างกัน โดยทำการทดลอง 2 ครั้ง (repeat) ในแต่ละอายุของเมล็ด

2. การทดลองที่ให้เมล็ดได้รับแสง ระหว่างแสงสีแสงสลับกับแสงอินฟราเรด (ผลการทดลอง) โดยให้เมล็ดได้รับแสงชนิดละ 3 ชั่วโมงต่อวัน ติดต่อกัน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้นประมาณ 75 %

การหาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด โดยการนับหาค่า

- รายเฉลี่ย (Mean) ของเปอร์เซ็นต์การงอก
- หาค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย (Standard error of Mean)
- เปรียบเทียบความแตกต่างของการทดลองโดยใช้ Analysis of

Variance (ANOVA) และ L.S.D (Snedecor, 1967)

ผลการทดลอง

1. จากกาเพาะเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ Cloosy green โดยนำเมล็ดที่เก็บไว้มีอายุต่าง ๆ กัน มาเพาะในแสงชนิดต่าง ๆ ชนิดเดียว เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดจากการทดลองปรากฏผลดังตารางที่ 1.1, 1.2 และ รูปที่ 1.3

ตารางที่ 1.1 เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียวที่อายุต่าง ๆ กัน เมื่อเพาะในแสงชนิดต่าง ๆ วันละ 6 ชั่วโมง
เป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้น 75 %

ชนิดของแสง	อายุของเมล็ด									
	1 สัปดาห์		2 สัปดาห์		4 สัปดาห์		12 สัปดาห์		22 สัปดาห์	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
Dark	84.5 $\pm$ 2.45	88.5 $\pm$ 1.10	96.5 $\pm$ 0.97	95.5 $\pm$ 1.55	92.0 $\pm$ 1.82	89.0 $\pm$ 1.29	70.5 $\pm$ 2.50	72.5 $\pm$ 2.72	78.5 $\pm$ 2.06	80.0 $\pm$ 1.41
White	88.0 $\pm$ 1.87	89.0 $\pm$ 1.29	92.5 $\pm$ 1.48	92.5 $\pm$ 1.26	92.0 $\pm$ 2.16	92.5 $\pm$ 1.12	78.5 $\pm$ 2.14	79.5 $\pm$ 2.22	77.0 $\pm$ 1.91	78.0 $\pm$ 1.82
Blue	89.0 $\pm$ 1.73	91.0 $\pm$ 1.00	95.5 $\pm$ 1.02	93.5 $\pm$ 1.04	93.5 $\pm$ 2.40	93.5 $\pm$ 1.04	80.0 $\pm$ 3.16	81.0 $\pm$ 2.02	74.0 $\pm$ 3.16	75.5 $\pm$ 2.4
Yellow	92.0 $\pm$ 0.81	91.0 $\pm$ 1.41	96.0 $\pm$ 1.82	93.5 $\pm$ 0.95	97.5 $\pm$ 0.5	95.5 $\pm$ 1.26	78.5 $\pm$ 2.50	79.0 $\pm$ 1.29	72.0 $\pm$ 1.63	75.0 $\pm$ 1.91
Red	89.0 $\pm$ 0.43	90.5 $\pm$ 1.11	94.0 $\pm$ 1.93	94.0 $\pm$ 0.81	97.0 $\pm$ 1.29	97.0 $\pm$ 1.29	90.0 $\pm$ 2.16	90.0 $\pm$ 1.52	86.0 $\pm$ 1.41	86.5 $\pm$ 2.09
Infra-red	81.5 $\pm$ 2.46	83.0 $\pm$ 2.08	93.5 $\pm$ 1.33	94.5 $\pm$ 1.44	88.0 $\pm$ 1.82	87.5 $\pm$ 1.71	83.0 $\pm$ 1.91	79.5 $\pm$ 2.56	68.5 $\pm$ 2.75	65.5 $\pm$ 3.31
เฉลี่ย	87.33	88.66	94.66	93.91	93.33	92.5	80.08	80.25	76.0	76.75
L.S.D. P = 0.05	8.816	6.22	—	—	7.298	5.42	8.07	8.95	9.91	7.42

ตารางที่ 1.2 Analysis of Variance of a 2-way Classification
 ของตารางที่ 1.1 จากการทดลองหาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด
 ข้าว ครั้งที่ 1

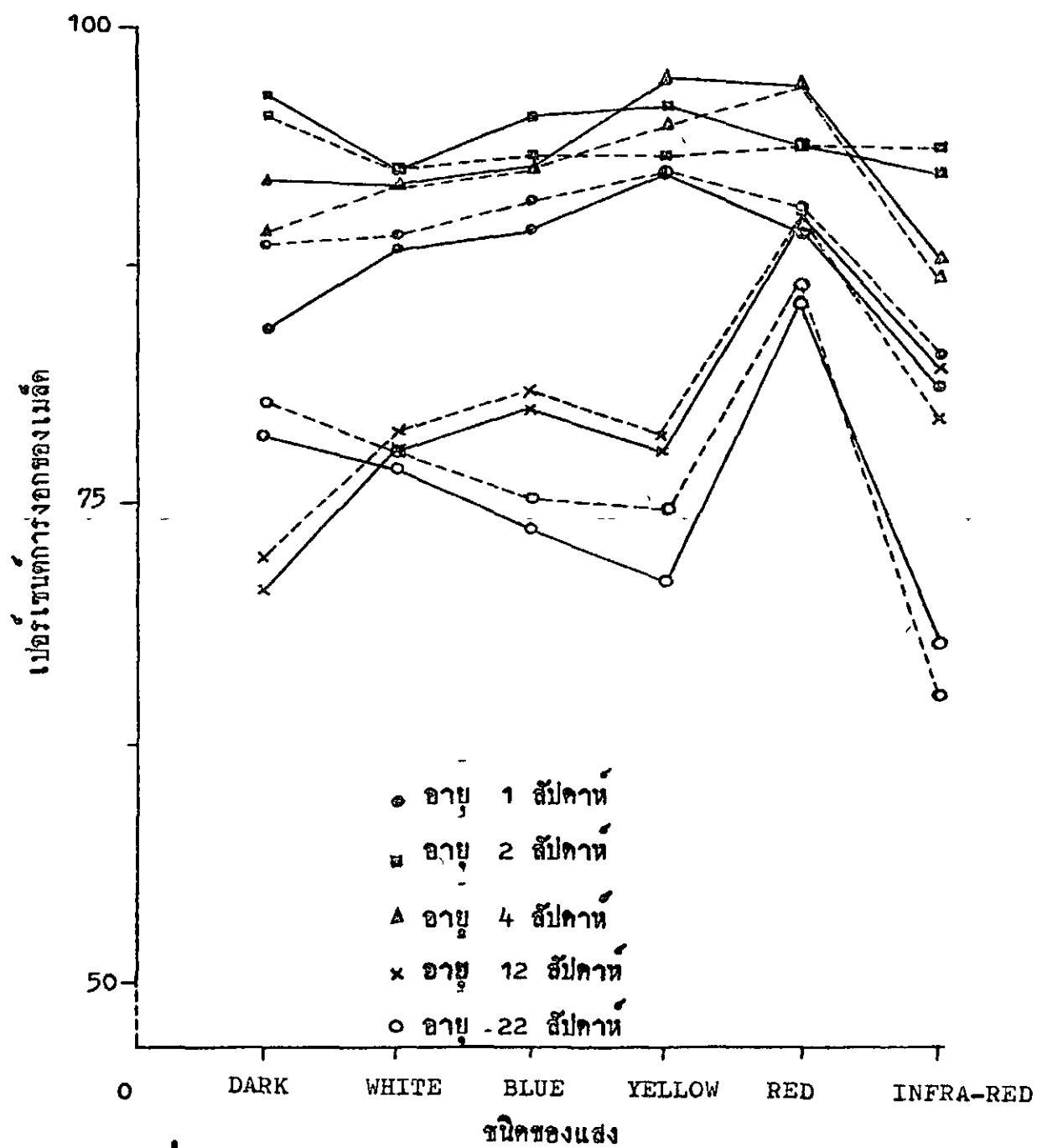
อายุเมล็ด (Age of seed)	Source of Variation	D.F	Sum of Squares	Mean Squares	F. ratio
1 สัปดาห์	Replications	3	113.34	37.78	3.317*
	Treatments	5	279.34	55.86	
	Residual (Error)	15	252.66	16.84	
	Total	23	645.34		
2 สัปดาห์	Replications	3	36	12	1.743
	Treatments	5	63.34	12.66	
	Residual (Error)	15	109	7.26	
	Total	23	208.34		
4 สัปดาห์	Replications	3	45.34	15.11	3.83*
	Treatments	5	251.34	50.26	
	Residual (Error)	15	196.66	13.11	
	Total	23	493.34		
12 สัปดาห์	Replications	3	37.84	12.61	6.12**
	Treatments	5	814.84	162.96	
	Residual (Error)	15	399.16	26.61	
	Total	23	1251.84		
22 สัปดาห์	Replications	3	45.33	15.11	4.93**
	Treatments	5	734.0	146.8	
	Residual (Error)	15	446.63	29.77	
	Total	23	1224.0		

* แยกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05

** แยกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

ภาพที่ 1.3 เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียว ที่มีอายุต่างกัน
 ทั้งในที่มืด และในแสงชนิดต่าง ๆ

○ ————— ○	ทดลองครั้งที่ 1
○ - - - - - ○	ทดลองครั้งที่ 2



ภาพที่ 1.3

จากตาราง 1.1 ตาราง 1.2 และ รูป 1.3 เมื่อนำเมล็ดถั่วเขียวที่อายุต่าง ๆ กันมาเพาะโดยให้ได้รับแสงชนิดเดียว เป็นเวลานานละ 6 ชั่วโมง ติดต่อกัน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้น 75 % ปรากฏผลดังนี้

เมล็ดที่อายุ 1 สัปดาห์

การทดลองครั้งที่ 1 เปอร์เซนต์ การงอกของเมล็ดในแสงสีเหลืองสูงที่สุดคือ 92 % รองลงมาคือในแสงสีแดง และแสงสีน้ำเงิน 89 % และเปอร์เซนต์การงอกต่ำที่สุดในแสงอินฟราเรด คือ 81.50 % ส่วนในที่มืดซึ่งเป็นกลุ่มเปรียบเทียบ จะงอกเพียง 84.5 % เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในแสงสีเหลืองกับในแสงอินฟราเรด จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

การทดลองครั้งที่ 2 เปอร์เซนต์การงอกในแสงสีเหลืองสูงที่สุด 91.0 % ส่วนในแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดง จะมีเปอร์เซนต์การงอกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เปอร์เซนต์การงอกต่ำที่สุดในแสงอินฟราเรด คือ 83.0 % ส่วนในที่มืด จะงอก 88.5 % ความแตกต่างของเปอร์เซนต์การงอกในแสงสี น้ำเงิน เหลือง และแดง กับในแสงอินฟราเรด จะมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมล็ดที่อายุ 2 สัปดาห์

ทดลองครั้งที่ 1 เปอร์เซนต์การงอกสูงที่สุดในที่มืด และในแสงสีเหลือง คือ 96.5 และ 96.0 % ต่ำรองลงมาในแสงสี น้ำเงิน สีแดง และอินฟราเรด และแสงสีขาว คือ 95.0 % , 94 % , 93.5 % และ 92.5 % ตามลำดับ ความแตกต่างของเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองครั้งที่ 2 เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในที่มืด และในแสงสีเหลืองสูงที่สุด เช่นเดียวกับการทดลองครั้งที่ 1 ส่วนในแสงชนิดอื่น ๆ มีเปอร์เซนต์การงอกใกล้เคียงกัน เปอร์เซนต์การงอกทั้งในที่มืด และในแสงชนิดต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมล็ดที่มีอายุ 4 สัปดาห์

การทดลองครั้งที่ 1 เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดสูงที่สุดในแสงสีแดงและแสงสีเหลือง คือ 97 % รองลงมาในแสงสีน้ำเงิน และสีขาว และต่ำสุดในแสงอินฟราเรด คือ 88 % ส่วนในที่มืด เมล็ดจะงอก 92 % เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในแสงสีเหลือง และสีแดง แตกต่างจากเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในแสงอินฟราเรดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

การทดลองครั้งที่ 2 เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ด ในแสงสีแดงสูงที่สุด คือ 97.0 % รองลงมาในแสงสีเหลือง น้ำเงิน แสงสีขาว และต่ำสุดในแสงอินฟราเรด คือ 95.5 %, 93.5 %, 92.5 % และ 87.5 % ตามลำดับ ส่วนในที่มืดซึ่งเป็นกลุ่มเปรียบเทียบการงอกของเมล็ดเพียง 89.0 % ความแตกต่างของเปอร์เซนต์การงอกในแสงสีแดง แสงสีเหลือง และแสงสีน้ำเงิน กับในแสงอินฟราเรด และในที่มืด มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมล็ดที่มีอายุ 12 สัปดาห์

ทดลองครั้งที่ 1 เปอร์เซนต์การงอกสูงที่สุดในแสงสีแดง คือ 90.0 % ต่ำรองลงมาในแสงอินฟราเรดคือ 83.0 % ในแสงสีน้ำเงิน 80 % และต่ำสุดในแสงสีเหลืองและแสงสีขาว 78.5 % ส่วนในที่มืดการงอกของเมล็ดจะมีเพียง 70.5 % เปอร์เซนต์การงอกในแสงสีแดงแตกต่างจากในที่มืดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

การทดลองครั้งที่ 2 ได้ผลเช่นเดียวกับครั้งที่ 1 คือ เปอร์เซนต์การงอกยังสูงที่สุดในแสงสีแดง คือ 90.0 % ต่ำรองลงมาในแสงสีน้ำเงิน แสงสีขาว แสงอินฟราเรด และแสงสีเหลือง คือ 79.5 % และ 79.0 % ตามลำดับ

ข้อสังเกต จากผลการทดลอง เอาเมล็ดถั่วเขียวที่มีอายุ 12 สัปดาห์มาเพาะในแสงชนิดต่าง ๆ เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดทั้งในแสงชนิดต่าง ๆ และในที่มืด จะค่อย ๆ ลดลงตามอายุของเมล็ดที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นในแสงสีแดง เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดยังคงสูงอยู่มาก และเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในแสงอินฟราเรด ยังคงอยู่ในเกณฑ์สูงเหมือนการงอกของเมล็ดในแสงชนิดอื่น ๆ แต่จะแตกต่างกับเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในแสงสีแดงอย่างมีนัยสำคัญ

เมล็ดพันธุ์อายุ 22 สัปดาห์

ทดลองครั้งที่ 1 เปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุดคือในแสงสีแดง 86.0 % เปอร์เซ็นต์การงอกต่ำสุดในแสงอินฟราเรด 68.5 % ส่วนในแสงสีเหลือง น้ำเงิน และแสงสีขาว เปอร์เซ็นต์การงอกอยู่ระดับปานกลาง คือประมาณ 74.0 % เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดในแสงสีแดง แตกต่างจากเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดในแสงอินฟราเรด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และแตกต่างจากในแสงสีเหลือง สีน้ำเงิน และสีขาว ที่ระดับ .05 ส่วนในที่มืด เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดประมาณ 78.5 %

การทดลองครั้งที่ 2 ได้ผลเช่นเดียวกันกับครั้งที่ 1 คือ เปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุดในแสงสีแดง คือ 86.5 % และต่ำสุดในแสงอินฟราเรด 65.5 % ส่วนในแสงสีน้ำเงิน เหลือง และแสงสีขาว เปอร์เซ็นต์การงอกประมาณ 75.0 % และในที่มืด การงอกของเมล็ด 80 %

2. การทดลองเพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียว ซึ่งให้เมล็ดที่เพาะได้รับแสงมากกว่าหนึ่งชนิดสลับกัน ในการทดลองใช้แสง 2 ชนิด คือ แสงสีแดง จากหลอด Fluorescent และแสงอินฟราเรด จากหลอดแสงอินฟราเรด โดยให้ได้รับแสงชนิดละ 3 ชั่วโมงสลับกัน การทดลองปรากฏผลดังนี้

ตาราง 1.3 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของการงอกของเมล็ดถั่วเขียว เมื่อได้รับแสงสลับกัน
 2 ชนิด คือ แสงสีแสด และแสงอินฟราเรด ชนิดละ 3 ชั่วโมง
 เป็นเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้น 75 %

ชนิดของแสง	อายุของเมล็ด			
	2 สัปดาห์		12 สัปดาห์	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
Red → IR	96.0 ± 0.816	93.5 ± 1.984	78.0 ± 1.414	79.0 ± 2.380
IR → Red	96.5 ± 0.968	98.0 ± 0.816	83.5 ± 0.957	83.5 ± 1.506
Red → IR → Red	97.0 ± 1.732	95.5 ± 1.713	83.0 ± 1.290	84.0 ± 1.154
IR → Red → IR	92.5 ± 0.957	91.5 ± 1.713	80.0 ± 3.464	77.5 ± 2.217

ตารางที่ 1.4 Analysis of Variance of a 2-way classification
 ของตารางที่ 1.3 จากการหาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียว
 ในการทดลองครั้งที่ 1

อายุเมล็ด	Source of Variations	D.F	Sum of Squares	Mean Squares	F-ratio
2 สัปดาห์	Replications	3	10	3.33	2.678
	treatments	5	50	16.66	
	Residual (Error)	9	56	6.22	
	Total	15	116		
12 สัปดาห์	Replications	3	26.75	8.916	1.406
	treatments	5	80.75	26.91	
	Residual (Error)	9	172.25	19.138	
	Total	15	279.75		

แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการทดลองจากตาราง 1.3 และ 1.4 โดยเฉพาะเมล็ดถั่วเขียวที่ได้รับแสงชนิดต่างกัน สองชนิดสลับกัน คือ แสงสีแดง กับแสงอินฟราเรด เมล็ดถั่วเขียวนำมาเพาะมีอายุต่าง ๆ กัน คือ

เมล็ดที่มีอายุ 2 สัปดาห์ เมื่อเพาะโดยให้ได้รับแสงสีแดงสลับกับแสงอินฟราเรด การทดลองครั้งที่ 1 เพอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียวที่เมื่อได้รับแสงสีแดง เป็นครั้งสุดท้าย จะมีจำนวนสูงมากกว่า เพอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดที่ได้รับแสงอินฟราเรดเป็นครั้งสุดท้าย โดยไม่ว่าการให้เมล็ดได้รับแสง จะสลับกันกี่ครั้งก็ตาม คือ เมื่อให้เมล็ดได้รับแสงสีแดงก่อน แล้วตามด้วยแสงอินฟราเรดเป็นครั้งสุดท้าย เมล็ดถั่วเขียวจะงอก 96.0 และ 92.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าวินแสงอินฟราเรดก่อนแล้วตามด้วยการให้แสงสีแดงเป็นครั้งสุดท้าย เมล็ดถั่วเขียวจะงอกถึง 96.5 และ 97.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ให้ผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

การทดลองในครั้งที่ 2 ได้ผลเช่นเดียวกับการทดลองในครั้งที่ 1 คือ เมื่อให้เมล็ดถั่วเขียวได้รับแสงสีแดงก่อน และให้แสงอินฟราเรดเป็นครั้งสุดท้าย เมล็ดจะงอก 93.5 และ 91.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าวินแสงอินฟราเรดก่อน แล้วตามด้วยการให้แสงสีแดงเป็นครั้งสุดท้าย เมล็ดถั่วเขียวจะงอก 98.0 และ 95.5 เปอร์เซ็นต์

ส่วนเมล็ดที่มีอายุ 12 สัปดาห์ เมื่อนำมาทดลองเพาะโดยวิธีเดียวกัน ผลการทดลองในครั้งที่ 1 เมล็ดที่ได้รับแสงสีแดงก่อน และได้รับแสงอินฟราเรดเป็นครั้งสุดท้ายจะงอก 78.0 และ 80.0 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าวินแสงอินฟราเรดก่อนแล้วให้ได้รับสีแดงเป็นครั้งสุดท้าย จะให้เปอร์เซ็นต์การงอกที่สูงกว่า คือ 83.0 และ 83.50 เปอร์เซ็นต์

ในการทดลองครั้งที่ 2 ได้ผลเช่นเดียวกันกับครั้งแรกคือ เมื่อให้เมล็ดถั่วเขียวได้รับแสงสีแดงเป็นครั้งสุดท้ายในขณะที่ทำการเพาะเมล็ด จะให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าเมื่อให้เมล็ดได้รับแสงอินฟราเรดเป็นครั้งสุดท้าย

สรุปผลและอภิปรายผล

จากการทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ *Cloosy green* ในแสงชนิดต่าง ๆ และในที่มืดซึ่งใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ ผลปรากฏว่าเมล็ดถั่วเขียวจะงอกได้ทั้งในที่มืด และเมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ กัน แต่การงอกของเมล็ดจะงอกได้ดีขึ้นเมื่อได้รับแสงสีแดงและสีเหลือง เพอร์เซนต์การงอกของเมล็ดจะลดลง ในแสงสีน้ำเงิน แสงสีขาว และจะต่ำสุดในแสงอินฟราเรด ทั้งเมล็ดที่มีอายุ 1, 4, 12 และ 22 สัปดาห์ ความแตกต่างของเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในแสงสีแดงกับแสงอินฟราเรดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตาราง 1.1 และ 1.2) ส่วนเมล็ดที่มีอายุ 2 สัปดาห์ เมื่อนำมาเพาะในแสงชนิดต่าง ๆ และในที่มืดเช่นกัน เพอร์เซนต์การงอกของเมล็ดทั้งในแสงชนิดต่าง ๆ และในที่มืด จะไม่ค่อยแตกต่างกันนัก อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในแสงชนิดต่าง ๆ ยกเว้นแสงอินฟราเรดแล้ว ก็ยังคงสูงกว่าเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในที่มืด โดยเฉพาะเมล็ดที่มีอายุน้อย ๆ เช่น 1, 2, 4 และ 12 สัปดาห์ แต่สำหรับเมล็ดที่มีอายุมากขึ้น (22 สัปดาห์) เพอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในที่มืด มีแนวโน้มจะสูงกว่าในแสงชนิดอื่น ๆ ยกเว้นในแสงสีแดง

ข้อสังเกตจากการทดลอง ถึงแม้ว่าเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียวทั้งในแสงชนิดต่าง ๆ และในที่มืดจะไม่ค่อยแตกต่างกันนัก แต่เมื่อผลจากการทดลองจะเห็นว่า เพอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในแสงสีแดงจะสูงกว่าเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในแสงอินฟราเรดเสมอ ไม่ว่าเมล็ดนั้นจะมีอายุกี่สัปดาห์ก็ตาม ซึ่งผลการทดลองนี้จะสอดคล้องกับการทดลองของ Borthwick และ Hendricks (1952) ซึ่งได้ทดลองกับเมล็ดผักกาดหอม (Lettuce) และปรากฏผลว่า แสงสีแดงจะช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดดีขึ้น ส่วนแสงอินฟราเรดจะไปยับยั้งการงอกของเมล็ด ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของ *Phytochrome*

ในการเพาะเมล็ดถั่วเขียวที่มีอายุต่าง ๆ กัน (1, 2, 4, 12 และ 22 สัปดาห์) เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสมของอายุของเมล็ดกับการงอก ปรากฏว่าเมล็ดที่มีอายุ 2 และ 4 สัปดาห์ จะให้เปอร์เซนต์การงอกสูงที่สุด ทั้งการเพาะในที่มืด และในแสงชนิดต่าง ๆ (ภาพที่ 4) แต่เมื่ออายุของเมล็ดมากขึ้น เพอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในทุกแสงจะลดลง ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถของเมล็ดในการมีชีวิตอยู่ และสามารถที่จะงอกเป็นต้นกล้าได้ (Viability)

การพักตัวของเมล็ด (Dormancy) และอายุของเมล็ดที่เรียกว่า longevity (Cronquist, 1961) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดจะลดลงเมื่อเมล็ดมีอายุมากขึ้น แต่แสงสีแดงก็ยังช่วยในการกระตุ้นให้การงอกของเมล็ด มากกว่าในแสงชนิดอื่น ๆ และในพืชที่ต้องการเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดต่ำเช่น เมื่อทำการเพาะเมล็ดโดยให้ได้รับแสง 2 ชนิด สลับกัน คือแสงสีแดง และแสงอินฟราเรด เมล็ดที่งอกขึ้นมาเพาะมีอายุ 2 และ 12 สัปดาห์ จากผลการทดลอง เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดที่มีอายุ 2 สัปดาห์จะสูงกว่า เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดที่มีอายุ 12 สัปดาห์ และในการให้เมล็ดได้รับแสงสีแดง หรือแสงอินฟราเรดเป็นครั้งสุดท้าย เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดก็ไม่แตกต่างกันนัก โดยเมล็ดที่ได้รับแสงสีแดงเป็นแสงชนิดสุดท้าย จะงอกเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าเมล็ดที่ได้รับแสงอินฟราเรดเป็นครั้งสุดท้ายในขณะทำการเพาะ เมื่อการสลับแสงจะกระทำครั้งก็ตาม ซึ่งการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Berwick และ Hendricks (1952) ซึ่งได้สรุปผลออกมาว่า แสงสีแดงช่วยส่งเสริมในการงอกของเมล็ด และแสงอินฟราเรดจะยับยั้งการงอกของเมล็ดผักกาด (Lettuce) ซึ่งพบนี้เกิดจากอิทธิพลของ Phytochrome เอง.

การทดลองที่ 2

อิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียว

ความรู้

การศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของต้นกล้าของพืชชั้นสูง ได้มีการศึกษากันมานาน ตั้งแต่ในศตวรรษที่ 17 John Ray (Ray, 1686) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชในหมึกเป็นครั้งแรก แต่ผลการทดลองถูกนำมาเผยแพร่ต่อมา ในปี 1754 โดย Bonnet. หลังจากนั้นก็มีการศึกษาทดลองต่อกันมาเรื่อย ๆ จนในปี 1903 Mac Dougal (1903) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของแสงที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงภายในต้นพืช และรูปร่างลักษณะของพืช จึงพบว่าแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช

การเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชในที่มืด (etiolation) นั้น พบว่า จะมีการขยายยาวของลำต้น ใบจะไม่เจริญเติบโต (ในพืชใบเลี้ยงคู่ แต่จะไม่ปรากฏในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว) และปรากฏมีการม้วนงอของส่วนยอด (Plumular hook) แต่เมื่อให้ต้นกล้าพืชได้รับแสงสว่างตามธรรมชาติ การเจริญเติบโตจะเปลี่ยนแปลงไป Mohr และคณะ (1972) ที่ Freiburg ได้ทำการศึกษาค้นคว้ากับต้น Sinapis alba พบว่า การเจริญเติบโตของต้นกล้าเมื่อได้รับแสง การขยายยาวของ Hypocotyl และการเคลื่อนย้ายอาหารจากใบเลี้ยงจะถูกยับยั้ง แต่ใบจะขยายใหญ่ขึ้น และ Hypocotylar hook จะหายไป ใบจะสร้างรงควัตถุ การเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้จะไม่ปรากฏในต้นกล้าที่เจริญในที่มืด ซึ่งเป็นผลจากการทำงานของ Phytochrome และ High-energy reaction

เกี่ยวกับอิทธิพลของแสงต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช พบว่า การขยายยาวของส่วนปล้อง (Internode) ทั้งในพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จะถูกยับยั้งโดยแสง การขยายใหญ่ของแผ่นใบจะถูกกระตุ้นโดยแสง จากการศึกษาของ Went ในปี 1941 (Went, 1941) โดยสังเกตการเจริญของต้นถั่ว พบว่า การเจริญของปล้องแรก ๆ จะถูกยับยั้ง แต่ปล้องที่อยู่เหนือขึ้นไปจะถูกกระตุ้นโดยแสง และในปี 1950 (Thomson, 1950) ได้ศึกษาอิทธิพลของแสงต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโอ๊ต พบว่า Coleoptile ปล้อง

และใบที่มีอายุน้อย ๆ จะถูกกระตุ้นการเจริญโดยแสง แต่จะถูกยับยั้งเมื่อส่วนต่าง ๆ เหล่านี้มีอายุมากแล้ว

การศึกษาถึงอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืช ในปี 1949 Parker และคณะ ที่ Beltsville (Parker, 1949) ได้แสดงให้เห็นถึงการขยายตัวของใบ ของต้นกล้า *Pisum* ที่ถูกกระตุ้นโดยแสงสีแดง เช่นเดียวกับ Borthwick และคณะ (1951) ที่พบว่า แสงสีแดงจะไปยับยั้งการขยายยาวของปล้องของต้นกล้าของชาวบาเคม เกี่ยวกับความยับยั้งการขยายยาวของปล้องและการเจริญของใบนี้ Downs (Downs, 1955) ได้พิสูจน์ให้เห็นถึงผลของปฏิกิริยาที่เปลี่ยนกลับกันของรงควัตถุในระหว่างที่ได้รับแสงสีแดงและ Far-red และในปี 1970 Withrow ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อความเข้มของสีและการเจริญเติบโตของต้นกล้า ถั่วแขก ข้าวโพด มะเขือเทศ พบว่า แสงสีแดงและแสงสีเขียวไปเหลือง จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตมาก ส่วนแสงสีน้ำเงินและแสงอินฟราเรดที่มีความเข้มสูง จะมีอิทธิพลน้อย ในแสงที่มีความยาวคลื่นสูง ๆ ใบจะขยายใหญ่ Hypocotyle จะสั้น Plumular hook จะหายไป และมีการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมจากใบเลี้ยง ไปยังรากมากขึ้น

สำหรับการทดลองในครั้งนี้ ได้ทำการทดลองกับถั่วเขียว ซึ่งจัดเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยอันหนึ่ง ในการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียวในแสงชนิดต่าง ๆ ประโยชน์ที่จะได้รับ คือทราบถึงอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตในช่วงสัปดาห์แรก และหากจะมีการปรับปรุงวิธีการนี้ไปใช้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่น ๆ ก็อาจจะได้ประโยชน์ทางานกสิกรรมได้

วิธีการศึกษาทดลอง

ในการทดลองใช้เมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ Cloosy green ชนิดเขียว น้ำเมล็ดถั่วที่คัดเลือกและเตรียมไว้แล้ว แสงในที่อุณหภูมิ 20°C เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำเมล็ดมาวางเรียงบน Petri dish ที่หุ้มด้วยกระดาษกรอง ที่เตรียมไว้สำหรับใช้เพาะเมล็ดถั่ว โดยวางเมล็ดเอาด้าน Hilum ลงด้านล่าง เพื่อให้เมล็ดถั่วงอกขึ้น

จำนวนเมล็ด Petri dish ละ 50 เมล็ด ในการทดลอง ให้เมล็ดได้รับแสงชนิดต่าง ๆ ในขณะที่ยอก 5 ชนิด และในที่มืด รวมเป็น 6 กลุ่มทดลอง (Treatment) ในแต่ละ Treatment จะทำการทดลอง 4 Replicates

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. พวกที่ได้รับแสงในช่วงเวลาสั้น (Shortday treated Seedling) โดยให้ได้รับแสงชนิดต่าง ๆ เพียงชนิดเดียว วันละ 9 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน ที่อุณหภูมิ 27 °C ความชื้น 75%

2. พวกที่ได้รับแสงในช่วงเวลานาน (Longday treated Seedling) โดยให้ได้รับแสงชนิดเดียว วันละ 12 ชั่วโมง 5 วันติดต่อกัน ที่อุณหภูมิ 27 °C ความชื้น 75% จะศึกษาถึงการเจริญเติบโตของต้นกล้าดังนี้

1. ความยาวของลำต้น
2. ความยาวของราก
3. อัตราส่วนความยาวต้น/ราก
4. น้ำหนักแห้งของต้น
5. น้ำหนักแห้งของราก
6. อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต้น / ราก
7. น้ำหนักแห้งของใบ
8. น้ำหนักแห้งของใบเลี้ยง
9. น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้น

ผลการทดลอง

จากการเพาะเมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ Cloosy green ในแสงชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 5 วัน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ตอบสนองต่อแสงชนิดต่างกัน ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 2.1 การเจริญเติบโตของก้นกล้าถั่วเขียว* ในแสงชนิดต่าง ๆ ที่ 9500
 $\text{erg/cm}^2/\text{sec}$ วันละ 9 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน อุณหภูมิ 27°C
 ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %

ชนิดของแสง	ความยาว (มม.)				น้ำหนักแห้ง (มก.)					
	ต้น	ราก	รวม	ต้น/ราก	ต้น	ราก	ใบ	ใบเลี้ยง	รวม	ต้น/ราก
Dark Control	58.77 ± 3.08	36.62 ± 0.94	95.39	1.604	10.90 ± 0.72	8.20 ± 0.47	2.15 ± 0.27	14.64 ± 0.54	36.89	1.329
White	78.27 ± 5.69	38.57 ± 1.94	116.84	2.029	10.12 ± 0.51	5.10 ± 0.62	7.10 ± 0.43	12.05 ± 0.34	38.87	1.984
Blue	79.25 ± 5.47	33.94 ± 2.66	113.19	2.246	10.07 ± 0.63	5.65 ± 0.55	8.10 ± 0.51	12.52 ± 0.50	36.34	1.782
Yellow	82.02 ± 7.46	48.87 ± 3.87	130.89	1.678	10.30 ± 0.69	5.85 ± 0.42	11.20 ± 0.51	9.22 ± 0.29	36.57	1.760
Red	81.45 ± 6.43	61.10 ± 4.46	142.55	1.333	10.15 ± 0.72	6.82 ± 0.51	10.32 ± 0.33	8.63 ± 0.25	35.92	1.488
Infra-red**	65.05 ± 3.21	48.57 ± 1.73	113.62	1.339	8.02 ± 0.51	6.12 ± 0.25	8.40 ± 0.49	13.46 ± 0.56	36.00	1.310
L.S.D. P=0.05	7.047	4.143			2.782	2.987	2.391	4.774		

* 100 ต้น/ 1 treatment

** ความเข้มแสงปรับให้เป็น $30,000 \text{ erg/cm}^2/\text{sec}$

Least significant difference

ตาราง 2.2 การเจริญเติบโตของคอกเทลเลีย* ในแสงชนิดต่าง ๆ ที่ 500
 $\text{erg/cm}^2/\text{sec.}$ วันละ 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน
 อุณหภูมิ 27°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 %

ชนิดของแสง	ความยาว (มม.)				น้ำหนักแห้ง (มก.)					
	ตน	ราก	รวม	ตน/ราก	ตน	ราก	ใบ	ใบเลี้ยง	รวม	ตน/ราก
Dark Control	58.77 ± 3.08	36.62 ± 0.94	95.39	1.604	10.90 ± 0.72	8.20 ± 0.47	2.15 ± 0.27	14.67 ± 0.54	37.89	1.329
White	76.47 ± 2.95	31.02 ± 1.08	107.49	2.465	7.77 ± 0.38	4.50 ± 0.33	5.22 ± 0.31	18.12 ± 0.90	35.61	1.726
Blue	81.35 ± 4.17	33.82 ± 2.06	115.17	2.405	9.0 ± 0.42	5.02 ± 0.33	9.32 ± 0.33	15.57 ± 0.50	38.41	1.792
Yellow	77.55 ± 3.63	45.17 ± 2.91	122.72	1.716	8.82 ± 0.33	5.07 ± 0.33	6.20 ± 0.33	15.17 ± 0.44	33.26	1.739
Red	96.12 ± 4.11	71.07 ± 4.20	167.19	1.352	10.17 ± 0.52	6.07 ± 0.25	10.55 ± 0.42	9.90 ± 0.33	36.69	1.675
Infra-red**	68.62 ± 2.76	45.72 ± 1.59	114.34	1.50	8.07 ± 0.38	6.37 ± 0.33	9.67 ± 0.70	12.92 ± 0.81	37.03	1.265
L.S.D P=0.05	7.17	3.75			2.62	2.29	2.78	4.32		

100 ตน/ 1 treatment

** ความเข้มแสงปรับเป็น $30,000 \text{ erg/cm}^2/\text{sec.}$

ภาพที่ 2.1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียวพันธุ์ Gloosy green
 เมื่อทำการเพาะเมล็ดเป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้น 75%
 พลังงานแสง 9500 erg/cm² /sec. โดยได้รับแสงชนิด

สีขาว (White-light)

สีน้ำเงิน (Blue-light)

สีเหลือง (Yellow-light)

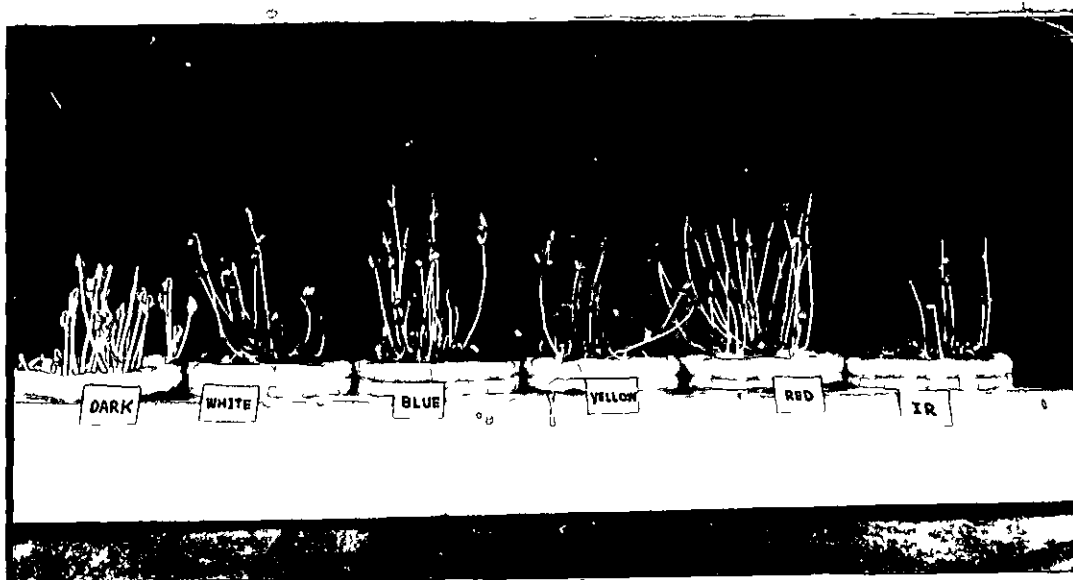
สีแดง (Red-light)

แสงอินฟราเรด (Infra-red-light)

และในที่มืด (Dark)



การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวเมื่อได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง

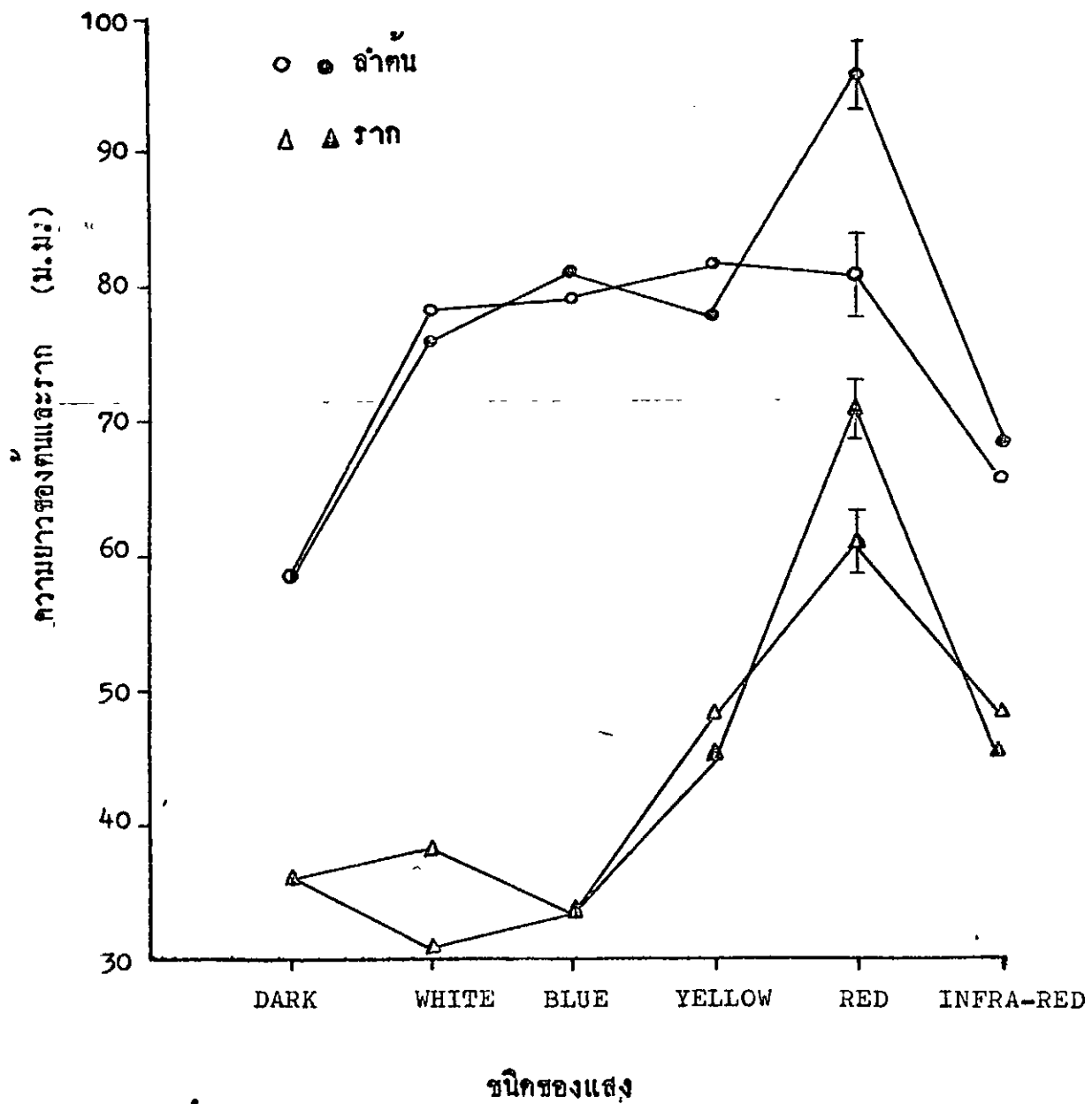


ภาพที่ 2.1 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวเมื่อได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง

ภาพที่ 2.2 ความยาวของลำต้นและราก ของต้นกล้าถั่วเขียวที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ
เป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้น 75 %

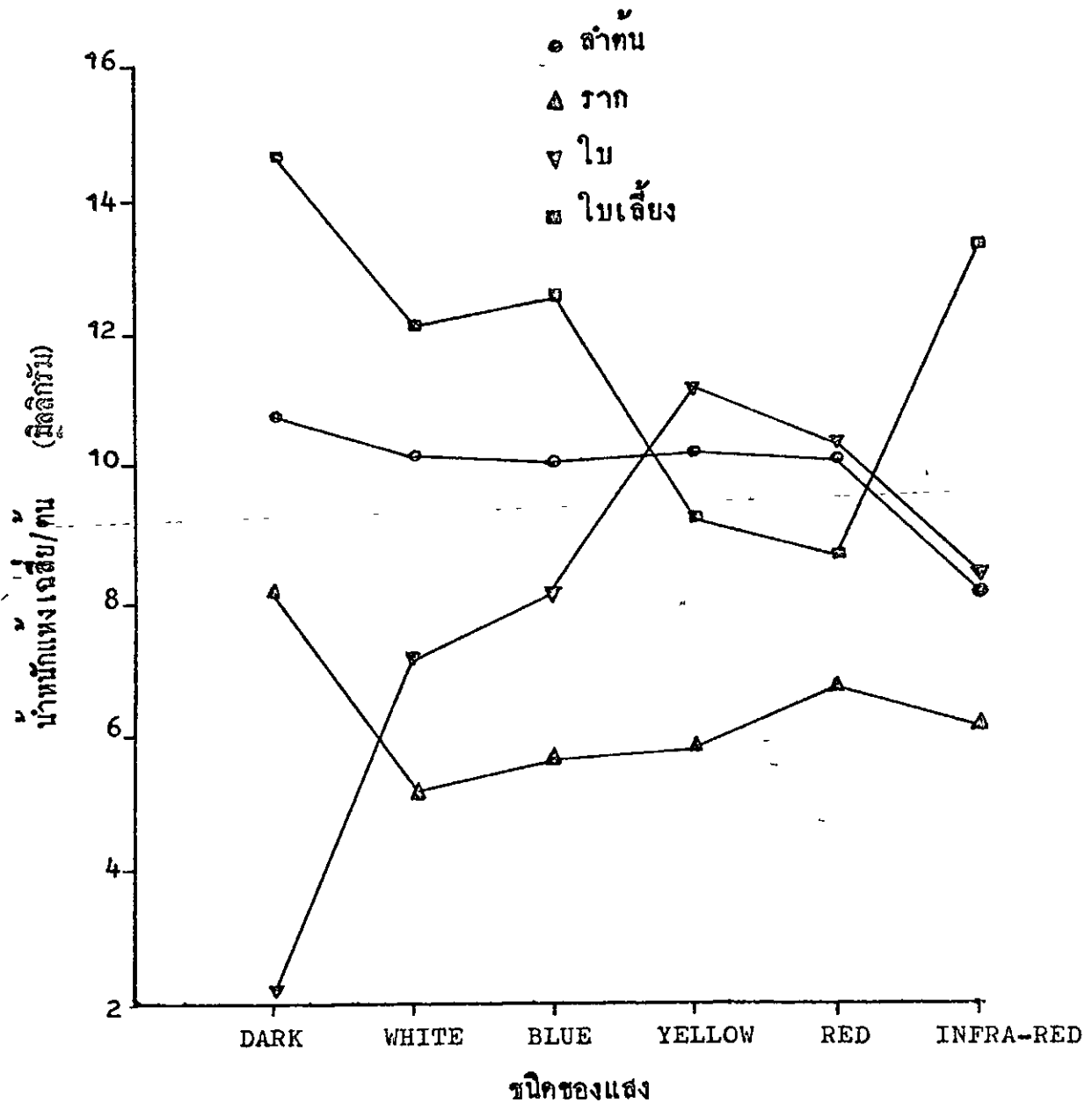
○ △ เมื่อให้แสงเป็นเวลา 9 ชั่วโมง/วัน

⊗ ▲ เมื่อให้แสงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง/วัน



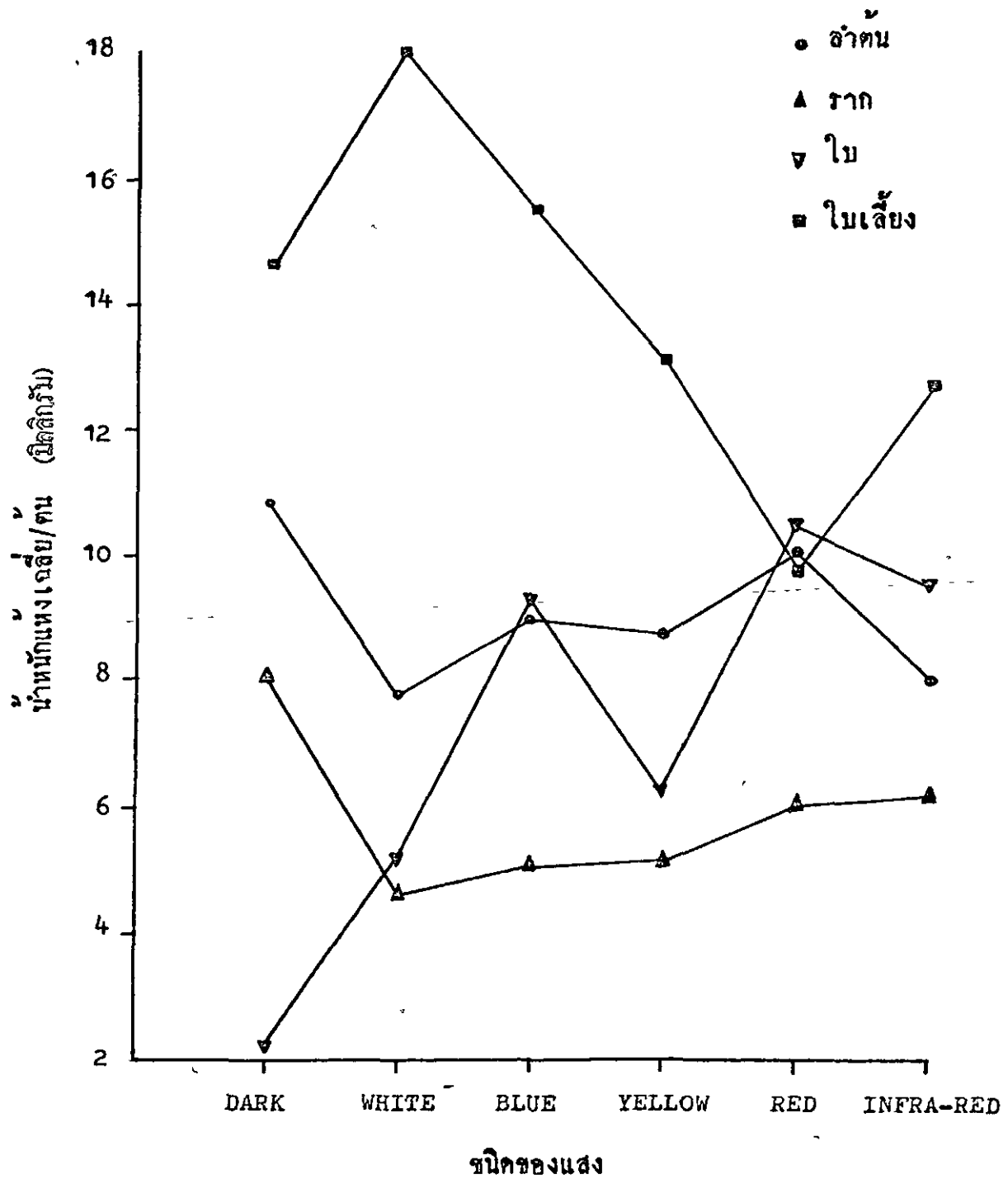
ภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.3 การเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าตัวเขียว เมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ
วันละ 9 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้น 75%



ภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.4 การเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าถั่วเขียว เมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ
วันละ 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้น 75 %



ภาพที่ 2.4

ความยาวของลำต้น

จากการทดลองจะเห็นว่า การเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียว จะแตกต่างกันในแสงต่างชนิดกัน แสงที่มีอิทธิพลต่อความยาวของต้นมากที่สุด คือ แสงสีแสดและสีเหลือง ต้นกล้าที่ได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง แสงสีแสดและสีเหลือง จะทำให้ลำต้นยาวที่สุด คือ 82.02 มม. รองลงมาคือแสงสีน้ำเงินและสีขาว ส่วนแสงอินฟราเรดที่มีความเข้มสูง และในที่มืดทำให้ลำต้นสั้น คือ 65.05 มม. และ 5.8.77 มม. ตามลำดับ

เมื่อให้ได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง แสงสีแสดจะทำให้ความยาวของต้นสูงขึ้น คือ 96.12 มม. ส่วนในแสงสีเหลืองลำต้นจะสั้นลงกว่าเมื่อได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง ส่วนในแสงสีน้ำเงิน ความยาวต้นจะเพิ่มขึ้น ในแสงสีขาวไม่แตกต่างกัน ในแสงอินฟราเรด ความยาวต้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 2.1, 2.3, 2.4)

ความยาวของราก

แสงที่มีอิทธิพลมากที่สุด คือแสงสีแสด สีเหลือง และอินฟราเรด ในแสงสีแสด ความยาวรากจะมากที่สุด คือ 71.07 มม. เมื่อได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง และ 61.10 มม. เมื่อได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง ในแสงสีเหลือง และแสงอินฟราเรด ความยาวรากประมาณ 48 มม. ความยาวของรากในที่มืด ในแสงสีขาวและน้ำเงิน ไม่แตกต่างกัน ทั้งเมื่อให้ได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ก็จะมีมีความยาวประมาณ 35 มม. (กึ่งตารางที่ 2.1, 2.2)

อัตราส่วนความยาวของต้นต่อราก

เมื่อให้ได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง ในแสงสีขาวจะมีค่ามากที่สุด คือ 2.029 ค่าอัตราส่วนนี้จะคอยลดค่าลงในต้นกล้าถั่วที่เจริญเติบโตในแสงที่มีความยาวคลื่นสูงขึ้น คือ 1.33 ในแสงสีแสดและแสงอินฟราเรด ในที่มืด 1.604 แสดงให้เห็นว่าการเจริญของรากจะเพิ่มมากขึ้นในแสงที่มีความยาวคลื่นสูงขึ้น และการเจริญของรากจะมากกว่าในที่มืด และเมื่อให้ได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง จะให้ผลเช่นเดียวกัน ก็อยู่ในแสงที่มี

ความยาวคลื่นต่ำ ๆ การเจริญของรากจะน้อย และการเจริญในคันความยาวของรากจะมากขึ้น
ในแสงที่มีความยาวคลื่นที่สูงขึ้น (ตารางที่ 2.1, 2.2)

น้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้งของลำต้น

การเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ได้รับแสงชนิดต่าง ๆ วันละ 9 ชั่วโมง

ในแสงสีขาว น้ำเงิน เหลือง แดง และในที่มืด น้ำหนักแห้งของลำต้นไม่
แตกต่างกัน คือประมาณ 10 มิลลิกรัม แต่จะแตกต่างจากน้ำหนักแห้งของลำต้นกล้าที่เขียว
ที่เจริญในแสงอินฟราเรดซึ่งมีน้ำหนัก 8.02 มิลลิกรัม การลำเลียงอาหารสะสมจากใบเลี้ยง
ไปยังลำต้น ในแสงสีขาว น้ำเงิน เหลือง และแดง มีผลใกล้เคียงกัน และดีกว่าในแสง
อินฟราเรด

น้ำหนักแห้งของลำต้นกล้าที่เจริญเติบโตเมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ วันละ 12 ชั่วโมง

น้ำหนักแห้งของลำต้นในแสงสีแดง และในที่มืดจะมากกว่าในทุก ๆ แสง น้ำหนัก
แห้งของลำต้น ในแสงสีขาว น้ำเงิน เหลือง จะลดลงกว่าเมื่อได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง
แต่ในแสงอินฟราเรด น้ำหนักแห้งลำต้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามในแสงสีแดงและ
ในที่มืด การลำเลียงอาหารสะสมจากใบเลี้ยงไปยังลำต้น ยังสูงกว่าในแสงอื่น ๆ
(ตารางที่ 2.1, 2.2)

น้ำหนักแห้งของราก

ในต้นกล้าที่เจริญเติบโตเมื่อได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง และในที่มืด ปรากฏว่า
ต้นกล้าที่เจริญในที่มืดจะมีน้ำหนักแห้งของรากสูงกว่าต้นกล้าที่เจริญในแสงชนิดต่าง ๆ ส่วนต้นกล้า
ที่เจริญในแสงชนิดต่าง ๆ น้ำหนักแห้งของรากจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามความยาวคลื่นของแสง
ที่เพิ่มขึ้น

ในต้นกล้าที่ได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง น้ำหนักแห้งของรากของต้นกล้าที่เจริญ
ในที่มืดจะสูงกว่าต้นกล้าที่เจริญในแสงชนิดต่าง ๆ และน้ำหนักแห้งของรากของต้นกล้าที่เจริญ
ในแสงชนิดต่าง ๆ จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามความยาวคลื่นแสงที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าการลำเลียง-

อาหารสะสมไปยังรากจะเพิ่มมากขึ้นตามความยาวคลื่นของชนิดแสง

อัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของต้นทอราก

ในต้นกล้าถั่วเขียวที่ได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง ในแสงสีขาว จะมีค่าสูงสุดคือ 1.984 และลดลงตามลำดับความยาวคลื่นแสงที่สูงขึ้น และค่าต่ำสุดในแสงอินฟราเรด คือ 1.31

ส่วนในต้นกล้าถั่วเขียวที่ได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง จะมีค่าสูงที่สุดในแสงสีน้ำเงิน คือ 1.82 ในแสงสีขาวและเหลือง 1.73 ต่ำสุดในแสงอินฟราเรด คือ 1.26 แสดงให้เห็นถึง การลำเลียงอาหารสะสมไปยังราก จะค่อยเพิ่มมากขึ้นในต้นกล้าถั่วเขียวที่เจริญเติบโตในแสงที่มีความยาวคลื่นสูง ๆ ขึ้น (ตารางที่ 2.1, 2.2)

น้ำหนักแห้งของใบ

ต้นกล้าที่เจริญเติบโตเมื่อได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง ในแสงสีเหลือง และสีแดง ใบจะขยายใหญ่ มีน้ำหนักแห้งมากกว่า คือมีน้ำหนักถึง 11.20 และ 10.32 มิลลิกรัม ตามลำดับ รองลงมาคือใบของต้นกล้าถั่วเขียวที่เจริญในแสงอินฟราเรด แสงสีน้ำเงิน และสีขาว ส่วนในที่ที่มีต้นใบจะไม่เจริญเติบโต และไม่แผ่ขยาย น้ำหนักน้อยเนื่องจากการลำเลียงอาหารไปยังใบน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ (ตารางที่ 2.1, 2.2)

ในต้นกล้าถั่วที่เจริญเติบโตเมื่อได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง ในแสงสีแดง ใบยังคงขยายใหญ่ มีน้ำหนักแห้งมากที่สุด ส่วนในสีเหลือง น้ำหนักแห้งของใบลดลงจากเมื่อได้รับแสงวันละ 9 ชั่วโมง ในแสงอินฟราเรด และแสงสีน้ำเงินน้ำหนักแห้งของใบจะเพิ่มขึ้น และน้ำหนักแห้งใบจะน้อยที่สุดในต้นกล้าที่เจริญในที่มืด คือเพียง 2.15 มิลลิกรัม

น้ำหนักแห้งของใบเลี้ยง

ต้นกล้าถั่วเขียวที่เจริญเติบโตเมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ วันละ 9 ชั่วโมง น้ำหนักแห้งของใบเลี้ยงมากที่สุด ในต้นกล้าถั่วที่เจริญในที่มืด คือประมาณ 14.70 มิลลิกรัม และน้ำหนักแห้งของใบเลี้ยงจะลดต่ำลงมาเรื่อย ๆ ในต้นกล้าถั่วที่เจริญในแสงที่มีความยาวคลื่นสูงขึ้น และจะต่ำสุดในแสงสีแดง คือประมาณ 8.60 มิลลิกรัม แต่จะสูงขึ้นอีกเล็กน้อย

ในแสงอินฟราเรด แสดงให้เห็นว่า ในแสงที่มีความยาวคลื่นสูงชันมีผลต่อการลำเลียงอาหารสะสมไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช มากกว่าในแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำและในที่มืด

ส่วนต้นกล้าถั่วเขียวที่เจริญเติบโตเมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ วันละ 12 ชั่วโมง น้ำหนักแห้งใบเลี้ยงจะสูงสุดในแสงสีขาว ประมาณ 18.20 มิลลิกรัม ซึ่งมากกว่าน้ำหนักแห้งใบเลี้ยงของต้นที่เจริญเติบโตเมื่อได้รับแสงสีขาววันละ 9 ชั่วโมง แสดงให้เห็นได้ว่าการได้รับแสงสีขาวในช่วงระยะเวลายาวนานในแต่ละวัน จะทำให้การลำเลียงอาหารสะสมจากใบเลี้ยงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืชลดลงด้วย แต่ในแสงชนิดอื่น ๆ ที่มีความยาวคลื่นสูงชัน จะทำให้การลำเลียงอาหารสะสมจากใบเลี้ยงไปใช้ได้ดีขึ้น (ตารางที่ 2.1, 2.2)

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการเจริญเติบโตและการตอบสนองต่อแสงชนิดต่าง ๆ ทั้งที่ให้ได้รับแสงต่างชนิดกันวันละ 9 ชั่วโมง และ 12 ชั่วโมง ปรากฏว่าแสงสีแดงและสีเหลืองจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของถั่วเขียวมากที่สุด ส่วนแสงที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตน้อย คือ แสงสีน้ำเงิน แสงสีขาว แสงอินฟราเรด และในที่มืด

การเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียวในที่มืด ในระยะสัปดาห์แรกขนาดของลำต้นจะอวบใหญ่ และสั้นกว่าลำต้นถั่วที่เจริญในแสงชนิดอื่น ๆ ใบมีขนาดเล็ก ไม่แผ่ขยายออก ใบไม่สังเคราะห์คลอโรฟิลล์ มีการปรากฏของลักษณะ Plumular hook อยู่ด้วย ซึ่งผลการทดลองจะได้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของ Mac Dongal ซึ่งทดลองกับต้นถั่วในปี 1903

การเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียวในแสงชนิดต่าง ๆ เมื่อได้รับแสงลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียวจะแตกต่างไปจากลักษณะที่เจริญเติบโตในที่มืด คือ ลำต้นจะยาวขึ้นแต่ปล้องจะสั้น (ตาราง 2.1 และ 2.2) ใบจะแผ่ขยายใหญ่ขึ้น มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เช่นเดียวกับการทดลองในต้น Sinapis alba โดย Mohr (1972)

ในแสงสีแดงและสีเหลือง การเจริญเติบโตของลำต้นและรากจะดีกว่าในแสงชนิดอื่น รากจะเจริญยาวและแตกแขนงมาก ใบจะแผ่ขยายใหญ่ มีสีเขียวของคลอโรฟิลล์ Plumular hook จะหายไป เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตในแสงอินฟราเรด ความยาวของลำต้นและรากจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแสงที่มีความยาวคลื่นสูงชัน และจะสัมพันธ์กับช่วงเวลา

ของการได้รับแสงสีแดง แต่จะตรงข้ามกับการเจริญเติบโตในแสงสีเหลือง คือการเจริญเติบโตจะลดลงเมื่อได้รับแสงสีเหลืองในช่วงเวลายาวนานขึ้นในแต่ละวัน (รูปที่ 2.1, 2.3, 2.4)

ในแสงสีขาวและแสงสีน้ำเงิน และแสงอินฟราเรดที่มีความเข้มสูง ความยาวของลำต้นและรากจะน้อยกว่าในแสงสีเหลืองและสีแดง ใบแผ่ขยายและมีสีเขียวพอมประมาณ ลักษณะ Plumular hook หายไป ความยาวของลำต้นและรากจะลดลง เมื่อเพิ่มเวลาให้ได้รับแสงสีขาวในแต่ละวันมากขึ้น แต่จะให้ผลตรงข้ามกับในต้นที่ได้รับแสงสีน้ำเงิน (รูปที่ 2.1, 2.3, 2.4)

ผลของน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ ของพืชในแสงต่างชนิดกันจะแตกต่างกัน ในต้นกล้าที่ได้รับแสงสีแดง น้ำหนักแห้งของลำต้นและรากจะสูงกว่าในต้นที่ได้รับแสงชนิดอื่น ๆ ซึ่งแสดงถึงอัตราเร่งของการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมจากใบเลี้ยงไปยังส่วนปลายของยอดและรากมากขึ้น เช่นเดียวกับต้นกล้าถั่วที่เจริญเติบโตในที่มืด

อัตราส่วนน้ำหนักแห้งของต้น : ราก จะมีค่าสูงในแสงสีขาวและสีน้ำเงิน และมีแนวโน้มจะลดต่ำลงในแสงที่มีความยาวคลื่นสูง ๆ ขึ้น แสดงว่า การลำเลียงอาหารสะสมไปยังรากจะเพิ่มมากขึ้นในแสงที่มีความยาวคลื่นสูงขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Withrow (1970) ที่ได้ทดลองกับต้นถั่วแขก มะเขือเทศ และข้าวโพด

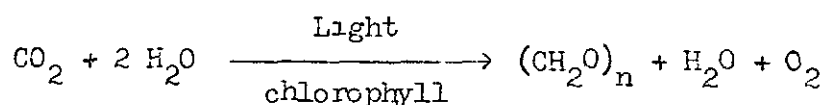
ส่วนน้ำหนักแห้งของใบ จะมากที่สุดใแสงสีเหลืองและสีแดง และน้อยที่สุดในต้นกล้าที่เจริญในที่มืด แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของแสงสีเหลืองและแสงสีแดงที่มีต่อการลำเลียงอาหารสะสมไปยังส่วนต่าง ๆ ของลำต้นได้ดีกว่าแสงสีอื่น ๆ

การทดลองที่ 3

การศึกษากการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวที่เจริญมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ

คำนำ

องค์ประกอบที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น ต้องอาศัย อากาศ น้ำ แสงแดด และแสงสว่าง ซึ่งพืชสีเขียวสามารถใช้ใบสร้างอาหารจากสิ่งเหล่านี้ได้ การสร้างอาหารของพืชซึ่งเป็นจำพวกคาร์โบไฮเดรตนั้น จำเป็นต้องใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ แสงสว่าง มีคลอโรพลาสต์ในใบเป็นตัวช่วย ซึ่งเรียกว่าการสังเคราะห์แสง ดังสมการ



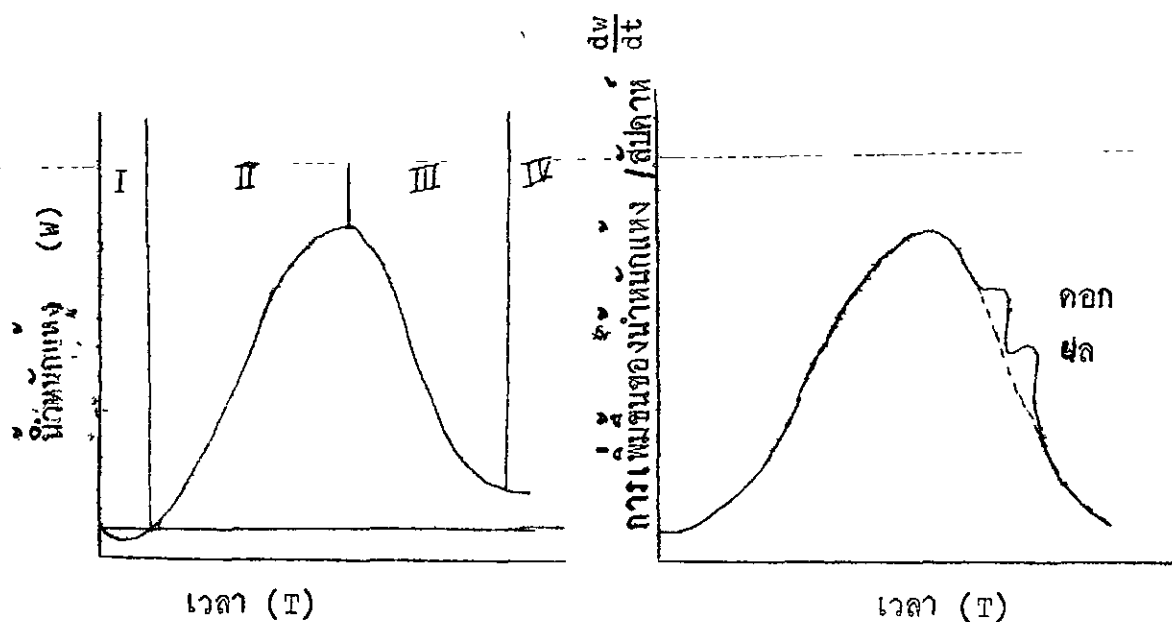
(Strafford, 1970; Wilson and Loomis, 1966)

ผลจากการสังเคราะห์แสงของพืชจะได้ออกคาร์โบไฮเดรต พลังงาน น้ำ และออกซิเจน เกิดขึ้น พลังงานที่ได้นี้พืชจะนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและสืบพันธุ์ นอกจากนี้อาหารบางส่วน จะถูกนำไปใช้ในการหายใจ ถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น ๆ หรือไขมัน หรือโปรตีน บางส่วนที่เหลืออยู่จะถูกนำไปเก็บไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น ผล เมล็ด เป็นต้น (Wilson and Loomis, 1966)

การสังเคราะห์แสงของพืชจะมีปากน้อยเพียงใด ก็โดยการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งทราบได้จากการวัดปริมาณของผลผลิต หรือสารที่ใช้ไปในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามองค์ประกอบ คือ น้ำ ความเข้มข้นของแสง และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนการดูดแสงของใบนั้นอาจถูกควบคุมโดยการเคลื่อนที่ของ chloroplast การจัดเรียงตัวของใบ ชนิดของใบ และพื้นที่ของใบ สิ่งเหล่านี้เป็นตัวเสริมให้น้ำแสงมาใช้ประโยชน์มากที่สุดที่จะทำได้ เราอาจพยากรณ์อัตราการสังเคราะห์แสงได้ โดยการหาดัชนีของพื้นที่ใบ (Leaf area index) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่รวมต่อหนึ่งหน่วย-

พื้นที่ทำการเพาะปลูก และมักพบว่าถ้าความเข้มของแสงยิ่งมาก อัตราของการสังเคราะห์แสงจะยิ่งมากขึ้น เมื่อความเข้มของพื้นที่ใบมีค่ามากขึ้น แต่ความเข้มของพื้นที่ใบมีค่าต่ำ ถึงแม้จะมีความเข้มของแสงมากกว่า การสังเคราะห์ก็เกิดขึ้นได้น้อย และผลรวมของพื้นที่ใบตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตเรียกว่า Leaf area duration (Fogg, 1972)

อัตราการเจริญเติบโตของพืชเราสามารถทราบได้โดยการวัดน้ำหนักแห้งในแต่ละระยะของการเจริญเติบโต แล้วนำไปทำเป็นกราฟ จะได้กราฟของการเจริญเติบโต มีลักษณะคล้ายตัว S หรือรูปกลับอย่างตัว C (Briggs, Strafford, 1970)



กราฟแสดงการเจริญเติบโตของพืช

(growth curve of a plant)

แสดงการเจริญเติบโตของข้าวโพด

(growth rate curve of maize)

กราฟของการเจริญเติบโตนั้น ในระยะแรกจะมีการสูญเสียน้ำหนักไป (I) ซึ่งเกี่ยวกับการนำคาร์โบไฮเดรต หรือไขมันที่สำรองไว้ไปใช้ในการหายใจ ในระยะที่ 2 (II) จะมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์แสงประมาณ 80 - 90 % นอกนั้นก็ได้อาจมาจากการดูดซึมพวกแร่ธาตุต่าง ๆ ไปใช้ หลังจากระยะที่มีการเจริญเติบโตอย่างมาก

(บางครั้งเรียกว่า Grand Period of Growth) ก็จะมีน้ำหนักแห้งลดลง เนื่องจากมีอัตราการหายใจมากกว่าอัตราการสังเคราะห์แสงในระยะนี้ (III) . หลังจากนั้นแล้วก็จะเป็นระยะที่ 4 ซึ่งพืชจะตายและเหลือส่วนที่เป็นโครงสร้างไว้ (Strafford, 1970)

ฉะนั้นในการวัดอัตราการเจริญเติบโต ก็ทำได้โดยการวัดน้ำหนักแห้งของพืชในแต่ละระยะ เพราะน้ำหนักแห้งมีความสำคัญมากกว่าน้ำหนักสด (fresh weight) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดนั้น เป็นผลเนื่องมาจากน้ำเข้าไปอยู่ และการขึ้นลง ๆ ของน้ำในน้ำหนักสดมักจะเกิดขึ้นเนื่องจากการขึ้นลงของปริมาณของน้ำในพืช (Street and Opik, 1971)

ในการเอาน้ำหนักแห้งของพืชมาทำการวิเคราะห์ สามารถทราบได้ว่าการเจริญเติบโตของพืชแต่ละการทดลองนั้น มีอะไร เป็นปัจจัยที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับผลผลิต อัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์ ระยะเวลาของการเจริญเติบโตของพืช และระยะปลูกของพืช หรือกล่าวได้ว่า เป็นการวิเคราะห์ถึงความสามารถของพืช ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใดต่อการผลิตผลเท่านั้น นอกจากนี้ก็นำไปใช้ในการวิเคราะห์รูปทรงของพืช (Plant morphology) และสรีรวิทยาของพืช (Plant physiology) (องอาจ มอญ โภกณ, 2518)

อัตราความเจริญสัมพัทธ์ (Relative growth rate) มีดังนี้
(Black man, 1919)

$$\begin{aligned} \text{RGR} &= \frac{1}{w} \cdot \frac{dw}{dt} \\ &= \frac{d}{dt} (\log_e W) \\ &= \frac{\log W_2 - \log W_1}{t_2 - t_1} \end{aligned}$$

RGR = Relative growth rate

W_1, W_2 = dry weight at times t_1, t_2

t_1, t_2 = the first and the second harvesting times

อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งนั้น จะมากขึ้นเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถที่พืช จะทำการสังเคราะห์แสงได้ เพราะน้ำหนักแห้งคือผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง

หักออกจากขบวนการหายใจ แล้วนำไปผสมไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของพืช ใบจะทำการสังเคราะห์แสงได้มากน้อยแค่ไหนก็สุดแต่ปริมาณของใบว่าจะถูกแสงมากน้อยเท่าใด ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของใบ หรือ Net Assimilation Rate (Gregory, 1926)

การคำนวณหา Net Assimilation Rate มีสูตรดังนี้

$$\begin{aligned} \text{NAR หรือ } E &= \frac{1}{L} \cdot \frac{dw}{dt} \\ &= \frac{(W_2 - W_1)(\log_e L_2 - \log_e L_1)}{(t_2 - t_1)(L_2 - L_1)} \end{aligned}$$

NAR หรือ E = net assimilation rate

L_1, L_2 = leaf area at times t_1 and t_2

W_1, W_2 = dry weight at times t_1 and t_2

t_1, t_2 = the first and the second harvesting times

นอกจากนี้ Gregory (1926) ได้นำเอาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งกับเนื้อที่ใบ มาทำการวิเคราะห์หาระยะการเจริญเติบโตของพืช แต่น้ำหนักแห้งนั้นจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ขึ้นอยู่กับปริมาณของเนื้อที่ของใบ ด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาถึงอัตราส่วนของเนื้อที่ใบที่เพิ่มมากขึ้นต่อน้ำหนักแห้งในระยะเวลาเดียวกัน เรียกว่าอัตราส่วนของเนื้อที่ใบ (leaf area ratio) ในกรณีนี้ Watson (1952) ได้สรุปการวิเคราะห์ไว้ว่า Relative growth rate นั้น ได้แก่การวิเคราะห์ถึง Net assimilation rate และ Leaf area ratio รวมกัน ดังสมการ

$$\text{RGR} = \text{NAR} + \text{LAR}$$

$$\text{LAR} = \frac{L_2 - L_1}{W_2 - W_1} \times \frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{\log_e L_2 - \log_e L_1}$$

สำหรับถั่วเขียว (*Phaseolus aureus* Roxb.) ซึ่งเป็นพืชพื้นเมืองของอินเดีย (Hupes, Manrice, Heat และ Metcalte, 1951) ปลูกกันมานานแล้วในแถบภาคใต้ของเอเชียและแหลมมลายู ในประเทศไทยมีปลูกกันมากทางภาคเหนือและภาคกลาง

ในการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวนั้น นอกจากจะปลูกให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติแล้ว ยังสามารถที่จะปรับปรุงหาวิธีการ เพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตขึ้นได้หลายทางด้วยกัน เช่นการใส่ปุ๋ยต่าง ๆ เกี่ยวกับการใส่ปุ๋ย Bjacifue (1957) ได้รายงานว่าการใส่ปุ๋ยโปแตสเซียมหรือฟอสฟอรัสอย่างเคียวแก่ถั่วเขียว จะทำให้ผลผลิตของถั่วเขียวเพิ่มขึ้น แต่ถ้าให้รวมกันจะทำให้ผลผลิตน้อยลง หลังจากนั้น Bjacifue (1960) ยังได้รายงานอีกว่า ถ้าปลูกถั่วเขียวในดินทราย โดยใส่ P_2O_5 และ K_2O ในอัตรา 100 - 200 mg/Kg ของดิน ปรากฏผลว่าจะเกิดปมที่รากมาก และให้ผลผลิตสูงเมื่อใส่ฟอสฟอรัสมา และโปแตสเซียมน้อย แต่ถ้าใส่โปแตสเซียมมากจะทำให้ประสิทธิภาพของฟอสฟอรัสลดลง และถ้าใส่โปแตสเซียมอย่างเคียว จะไม่ช่วยในการสร้างปมเลย

ถั่วเขียวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสามารถกว่าพืชชนิดอื่น ๆ คือสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ได้ เนื่องจากมีแบคทีเรียชนิดหนึ่งอาศัยอยู่ เรียกว่า Nodule bacteria ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาเป็นสารประกอบที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นในการช่วยให้พืชตระกูลถั่วเจริญเติบโตได้ทางหนึ่งคือ การทำให้เกิดปมที่รากของถั่ว โดยการเพาะเชื้อ Nodule bacteria ลงดิน หรือคลุกให้กับเมล็ดก่อนปลูก

Robinson (1947) ใช้วิธีคลุกเชื้อเข้ากับเมล็ดก่อนปลูก ทำให้แบคทีเรียช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ผลดีมาก Abel และ Erdmon (1964) ได้คลุกเชื้อ *Rhizobium japonicum* ให้กับถั่วเหลือง ปรากฏว่าผลผลิตของถั่วเหลืองหลายพันธุ์สูงขึ้น นอกจากนี้ Bonner (1957) ได้ทำการคลุกเชื้อแบคทีเรียให้แก่เมล็ดถั่วเขียวที่ใส่ปุ๋ยเพื่อทำเป็นปุ๋ยพืชสด พบว่าจะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำหนักพืชสดสูงขึ้น Kharkov (1949) รายงานว่า การเพาะเชื้อโดยการใส่ลงในดินพร้อมกับการใส่ปุ๋ยพวก Phosphate และ Potassium จะให้ผลผลิตสูงกว่าการคลุกเชื้อเพียงอย่างเดียว

ส่วนวิธีการอื่น ๆ นอกเหนือไปจากการใส่ปุ๋ยแล้ว

เกษม เก่งกล้า (1975) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวและอื่น ๆ

โดยการควบคุมปริมาณของแสงที่ให้กับพืชใช้ในการสังเคราะห์แสง การศึกษาทดลองได้แบ่งพืชที่ปลูกเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มให้ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์เป็น 40 % 60 % 80 % และ 100 % ตามลำดับ ผลการศึกษาทดลองพบว่า พืชที่ได้รับแสงตามธรรมชาติ 100 % เต็มจะเจริญเติบโตทั้งในด้านการยาวและน้ำหนักแห้งของส่วนต่าง ๆ เช่น ต้น ราก ใบ และผลผลิตมากกว่าพืชที่เจริญเติบโตเมื่อได้รับแสง 80 % 60 % และ 40 % แสดงให้เห็นถึงปริมาณของแสงกับการสังเคราะห์แสงของพืช แสงที่มีความเข้มมาก พืชจะสังเคราะห์แสงได้มากกว่า และเจริญเติบโตกว่าพืชที่ได้รับแสงที่มีความเข้มน้อย ๆ ส่วนผลผลิตนั้นพบว่าต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตเมื่อได้รับแสง 100 % จะให้ผลผลิตสูงที่สุด และจะให้ผลผลิตต่ำลงเมื่อได้รับความเข้มแสงต่ำลง และจากการศึกษาของ Garner และ Allard (1920) พบว่าน้ำหนักแห้งของผลผลิตของถั่วเขียวจะลดลง เมื่อปลูกในที่ที่มีความเข้มของแสงต่ำหรือมีร่มเงา

นอกจากวิธีการดังกล่าวมาแล้ว ยังมีวิธีอื่น ๆ ที่ควรคำนึงถึง ซึ่งได้แก่สภาพของสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่มีต่อผลผลิต Fletcher รายงานว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญของ *Rhizobium* อยู่ระหว่าง $18^{\circ} - 28^{\circ}$ จะทำให้ถั่วเขียวและผลผลิตของถั่วเขียวสูงขึ้น

ปัจจุบันนับได้ว่า ถั่วเขียว เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่งของประเทศไทย สามารถที่จะส่งเป็นสินค้าออกเพิ่มขึ้นได้ทุกปี นอกจากนี้ความต้องการของประเทศก็เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้กลุ่เกษตรกรหันมานิยมปลูกถั่วเขียวกันมากขึ้น ทั้งในฤดูกาลปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว ทั้งนี้เพราะถั่วเขียวเป็นพืชที่ปลูกง่าย อายุสั้น รายได้ดี ลงทุนน้อย และถ้าจะกล่าวถึงคุณค่าทางอาหารแล้ว ถั่วเขียวเป็นอาหารที่มีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง (บำรุง เวศศิลป์ 2505)

วิธีการ เพาะ เมล็ดถั่วเขียวในแสงชนิดต่าง ๆ แล้วนำมาปลูกตามสภาพธรรมชาติเป็นวิธีหนึ่งที่จะศึกษาการเจริญเติบโต และการเพิ่มผลผลิตของถั่วเขียว เพื่อจะได้มีการปรับปรุงและหาวิธีการที่เหมาะสมที่จะได้นำไปใช้เป็นประโยชน์ทางด้านเกษตรต่อไป

วิธีดำเนินการทดลอง

1. การเตรียมวัสดุเพื่อใช้ในการทดลอง

1.1 การเตรียมแปลงเพาะปลูก

แปลงที่ใช้สำหรับปลูกพืชทดลองในครั้งนี้ ทำด้วยกระบะไม้ขนาด 1×1 เมตร สูง 20 เซนติเมตร จำนวน 6 กระบะ ใช้แผ่นพลาสติกขนาด 120×120 เซนติเมตร บุพื้นก้นในของกระบะ ให้ขอบของแผ่นพลาสติกสูงขึ้นมาตามขอบก้นในของกระบะทั้ง 4 ด้าน และให้ขอบของแผ่นพลาสติกสูงเท่า ๆ กับขอบของกระบะ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำในกระบะ ไหลออกจากกระบะได้ ที่มุมทั้งสี่ของกระบะแต่ละกระบะ ใช้กระดางปลูกต้นไม้ที่มีรูทะลุทางก้น กระดาง วางลงที่มุมด้านในทั้ง 4 ของกระบะทุก ๆ กระบะ กระดางแต่ละกระดางคงเป็น ขนาดเดียวกัน ใช้ไม้แผ่นเล็ก ๆ กันที่มุมของกระบะ เพื่อไม่ให้ดินในกระบะพังลงในกระดาง ปลูกต้นไม้ขึ้น จากนั้นจึงนำดินมาใส่กระบะ ยกเว้นตรงที่อยู่ของกระดางมุมกระบะ เคล้าดิน ให้เข้ากัน สำหรับปลูกพืชทดลองต่อไป

1.2 การควบคุมปริมาณของน้ำ และระดับน้ำในกระบะ

หลังจากเตรียมดินในกระบะเรียบร้อยแล้ว ให้นำดินในหลุมและทั่วถึงกัน เพื่อเป็นการควบคุมน้ำในดินให้สม่ำเสมอ จึงใช้วิธีการควบคุมปริมาณของน้ำ และระดับน้ำ ในกระบะ โดยวิธี Automatic subirrigation โดยการให้น้ำลงในกระบะทางกระดาง ที่วางไว้ตรงมุมของกระบะ จนระดับน้ำในกระบะสูง $2 \frac{1}{2}$ เซนติเมตร ใช้ขวดขนาดเดียวกัน ที่ปากขวดสามารถวางลงในกระดางที่อยู่มุมของกระบะได้ และให้ปากขวดอยู่สูงจากพื้นก้นของ กระบะ $2 \frac{1}{2}$ เซนติเมตร หรือให้เท่ากับผิวของระดับน้ำในกระบะ ใส่น้ำในขวดให้เต็ม คว้าขวดลงในกระดางของแต่ละมุม ทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมระดับน้ำให้คงที่ เพราะเมื่อ น้ำใน กระบะถูกพืชใช้หรือสูญเสียไปเพราะการระเหยของน้ำ น้ำที่อยู่ในกระบะก็จะซึมผ่านจากก้น กระบะมาหล่อเลี้ยงดินที่อยู่ทางด้านบนเสมอ ทำให้น้ำในกระบะลดลง น้ำในขวดก็จะไหลลง มาแทนที่ ทำให้น้ำในกระบะสูงเท่าเดิมตลอดเวลา

2. การทดลอง

2.1 พืชทดลอง ใช้ถั่วลันเตาเขียวที่ได้จากการทดลองที่ 2 คือ เพราะเมล็ด

ถั่วเขียวในแสงชนิดต่าง ๆ เป็นเวลานานละ 12 ชั่วโมง ติดต่อกัน 5 วัน เมื่อได้นกกกล้าถั่วเขียว แล้วจึงนำมาปลูกลงในกระบะที่เตรียมไว้ โดยแยกต้นกล้าที่มาจากแสงชนิดต่าง ๆ ชนิดละ

1 กระบะ

การปลูกถั่วเขียวทำเหมือนกันทุก ๆ กระบะ คือ ปลูกเป็นแถว ใต้ท้องทางระหว่างแถว 5 เซนติเมตร และระหว่างเมล็ด 5 เซนติเมตร แถวที่อยู่ริมสุด ให้ห่างจากขอบกระบะ 5 เซนติเมตร ดังนั้นในแต่ละกระบะจะปลูกพืชได้ 19 แถว ๆ ละ 19 ต้น แยกที่ตรงมุมของกระบะถูกใช้ไปเพื่อควบคุมปริมาณของน้ำ จึงทำให้ปลูกได้เพียง 325 ต้น ดังแสดงไว้ในภาพ

2.2 การเลือกพืช เป็นกลุ่มตัวอย่าง

การทดลองจะนำเอาต้นถั่วเขียวที่ทนเจริญเติบโตมาจากต้นกล้าที่เพาะ ในแสงชนิดต่าง ๆ และในที่มืด มาหาอัตราการเจริญเติบโต โดยการนำกลุ่มตัวอย่างจาก กระบะมา 6 ครั้ง ในเวลาต่าง ๆ กัน คือ หลังจากทำการปลูกถั่วเขียวไปแล้วเป็นเวลา 15 วัน และ 25, 32, 39, 46 และ 53 วัน ตามลำดับ การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง (Random sampling)

2.3 การหาพื้นที่ใบ โดยใช้วิธี Blue print paper (ผ่องลักบณ, 2517) โดยวางใบถั่วเขียวที่ได้จากในแต่ละต้น ลงบนกระดาษพิมพ์เขียว นำไปผ่านแสงแล้วผ่านไอระเหย ของแอมโมเนีย จะได้ภาพของใบถั่วเขียวบนกระดาษ จากนั้นจึงตัดกระดาษตามขนาดของใบ ไปชั่ง แล้วคำนวณหาน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบกับขนาดมาตรฐาน

2.4 การหาน้ำหนักแห้งของลำต้น ราก ใบ และผล โดยนำมาอบที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 2 วัน แล้วนำมาชั่ง ทำเช่นเดียวกันทุกครั้งจนสิ้นสุดการทดลอง

2.5 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวที่เจริญมาจากต้นกล้า ที่เพาะในแสงชนิดต่าง ๆ และในที่มืด ในเรื่องต่อไปนี้

- ความยาวของต้น
- ความยาวของราก
- พื้นที่ใบ
- น้ำหนักแห้งของลำต้น

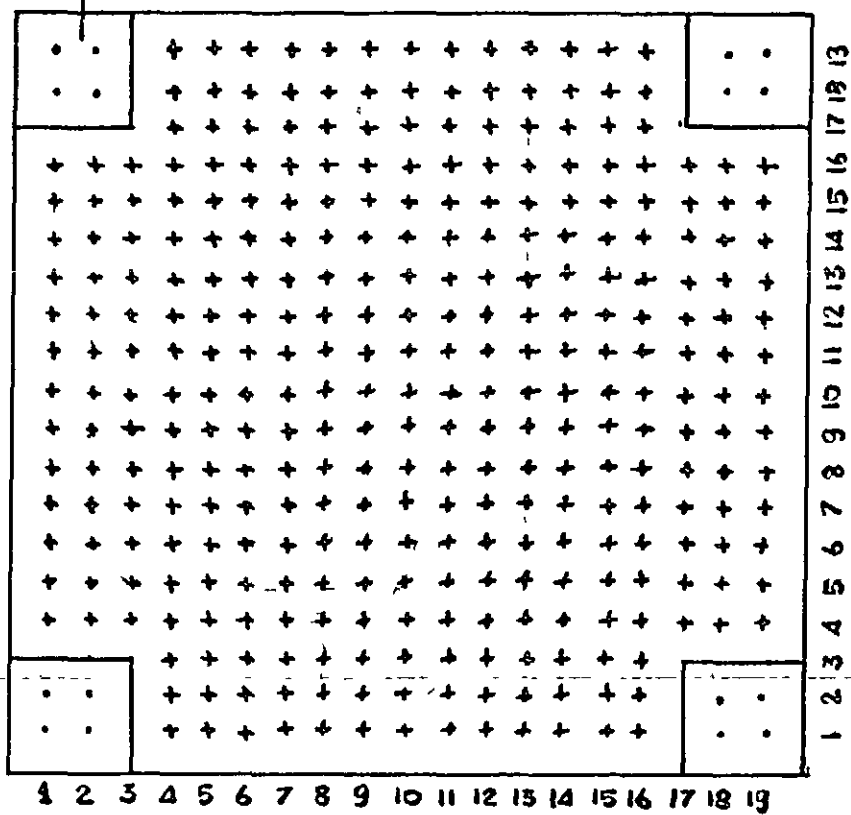
- น้ำหนักแห้งของราก
- น้ำหนักแห้งของใบ
- น้ำหนักแห้งของผล
- อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งรวม (leaf area ratio)
- อัตราส่วนของน้ำหนักแห้งใบต่อน้ำหนักแห้งรวม (leaf weight ratio)
- อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งใบ (specific leaf weight)

๒.๖ สถิติที่ใช้วิเคราะห์

ค่าเฉลี่ย (Mean)

ค่าความผิดพลาด (Standard error)

ช่องว่างที่มุมของกระเบื้อง

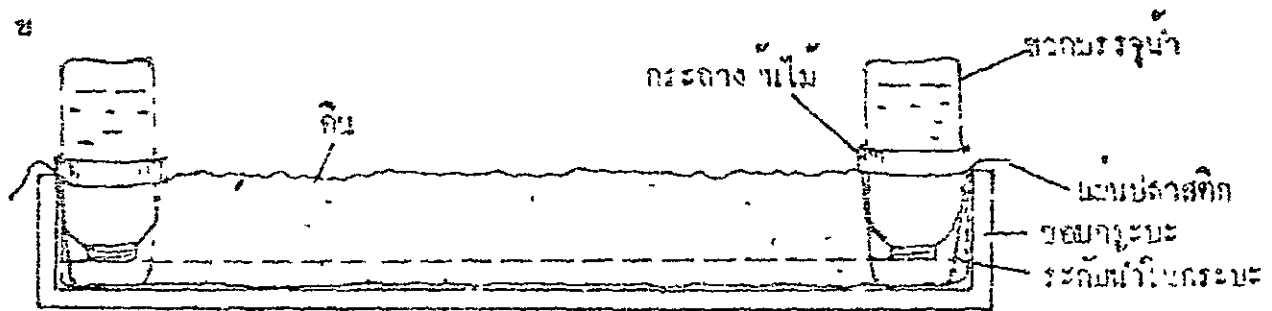
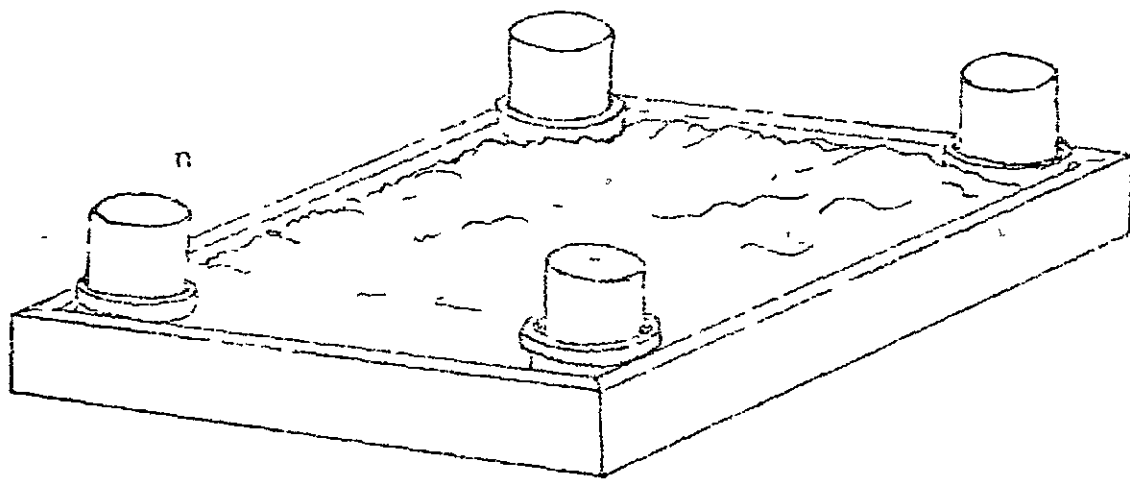


แถวบนที่

แผนภาพแสดงการปลูกพืชทดลองเพื่อประกอบการเลือกพืชตัวอย่าง

แถวตั้งที่

ภาพที่ 3.1



ภาพที่ ๑.๒ แสดงวิธีการควบคุมความชื้นในดินและระดับน้ำในระบบทดลองโดยวิธี

Automatic Subirrigation

ก. แสดงให้เห็นทั้งกระเพาะทดลอง

ข. แสดงภาพประกอบของกระเพาะทดลอง (เกษม เก่งกล้า, 1975)

ผลการทดลอง

จากการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของตัวเหี่ยวพันธุ์ Cloesy green ที่เพาะเมล็ดในแสงชนิดต่าง ๆ คือ ในที่มืด ในแสงสีขาว น้ำเงิน เหลือง แดง และแสงอินฟราเรด เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำต้นกล้ามาปลูกลงแปลงให้ได้รับแสงตามธรรมชาติ การศึกษาทดลองปรากฏผลดังนี้

1. พื้นที่ใบ

จากตาราง 3.1 และภาพที่ 3.3 พื้นที่ใบที่วัดเมื่อต้นตัวเหี่ยวมีอายุได้ 15 วัน ปรากฏว่า ต้นตัวเหี่ยวที่มาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาว มีพื้นที่ใบมากที่สุด รองลงมาคือต้นที่เจริญมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง และเมล็ดที่เพาะในที่มืด ส่วนต้นที่มาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีแดง และแสงอินฟราเรด มีพื้นที่ใบน้อยที่สุด

เมื่อมีอายุได้ 25 วัน ต้นที่มาจากเมล็ดเพาะในที่มืดในแสงสีขาว น้ำเงิน และแสงสีเหลือง ยังคงมีพื้นที่ใบเพิ่มมากขึ้นที่สุด ส่วนในแสงสีแดง และแสงอินฟราเรด พื้นที่ใบเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่พื้นที่ใบก็ยังคือน้อยที่สุด

เมื่ออายุ 32 วัน ต้นที่มาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีน้ำเงินในที่มืดและแสงสีขาว ยังคงมีพื้นที่ใบมากที่สุดตามลำดับ ต้นที่มาจากเมล็ดเพาะในแสงสีเหลืองและแสงสีแดง มีพื้นที่ใบในระดับปานกลาง ส่วนในแสงอินฟราเรดมีพื้นที่ใบน้อยที่สุด

เมื่ออายุ 39 วัน การเจริญของต้นตัวเหี่ยวมีระดับสูงสุด พื้นที่ใบของต้นตัวเหี่ยวในทุกแสงมากที่สุด และเป็นระยะที่ต้นตัวเหี่ยวเริ่มออกดอก พื้นที่ใบของต้นที่มาจากเมล็ดเพาะในแสงสีน้ำเงิน สีขาว และในที่มืดสูงที่สุด รองลงมาปานกลางในแสงสีเหลืองและแดง และต่ำสุดในแสงอินฟราเรด

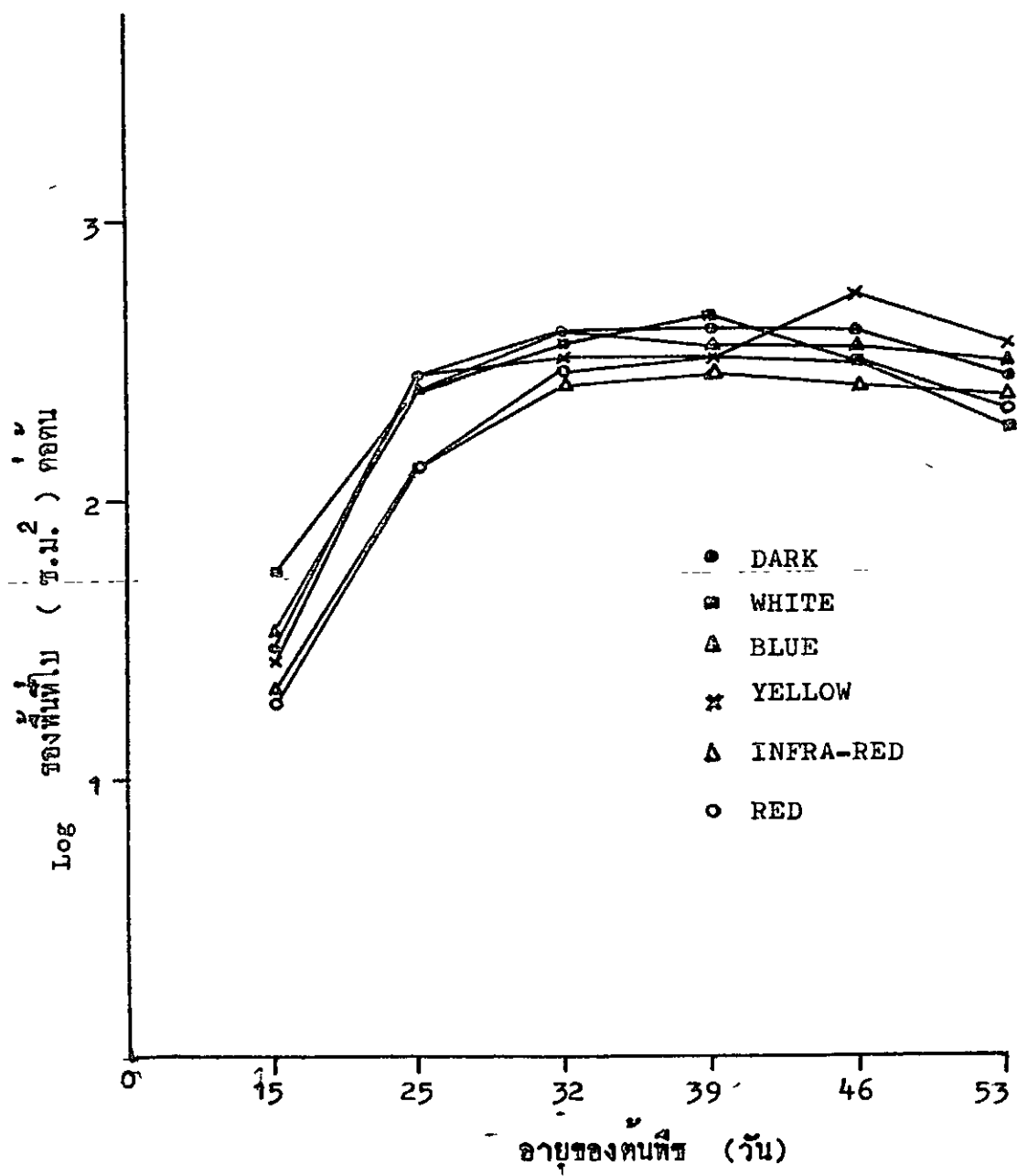
เมื่ออายุได้ 46 วัน พื้นที่ใบของต้นตัวเหี่ยวลดลงในทุก Treatment ยกเว้นใน Treatment ที่มาจากแสงสีเหลืองที่พื้นที่ใบยังคงเพิ่มขึ้น และมากที่สุด ส่วนในแสงอินฟราเรด ถึงแม้พื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังคือน้อยที่สุด

เมื่อมีอายุได้ 53 วัน ซึ่งเป็นระยะที่เกิดผลแล้ว พื้นที่ใบของต้นตัวเหี่ยวทุก ๆ Treatment ลดลงทุก เพราะใบตัวเหี่ยวเริ่มตายลงใน Treatment แสงสีน้ำเงิน เหลือง และในที่มืด ยังคงมีพื้นที่ใบมากที่สุด และในแสงอินฟราเรดน้อยที่สุด

ตารางที่ 3.1 การเพิ่มขึ้นและการลดลงของเนื้อที่ใบในระยะเวลาต่าง ๆ กม ของต้นตาเขียว
ที่เจริญเติบโต หลังจากการเพาะเมล็ดในแสงชนิดต่าง ๆ

อายุของต้น พืช (วัน)	เนื้อที่ใบ (ซม. ²)					
	Dark	White	Blue	Yellow	Red	Infra-red
15	31.03 ± 2.51	57.05 ± 3.93	34.32 ± 2.84	30.14 ± 4.31	20.29 ± 2.93	22.68 ± 3.18
25	274.62 ± 13.41	263.88 ± 8.73	269.67 ± 19.15	272.83 ± 15.13	150.24 ± 11.78	149.93 ± 7.93
32	438.10 ± 18.37	424.12 ± 11.61	486.2 ± 13.87	345.55 ± 14.32	302.9 ± 8.43	280.43 ± 17.41
39	461.07 ± 17.56	483.09 ± 15.67	475.36 ± 21.23	367.81 ± 8.72	332.37 ± 11.08	295.05 ± 14.31
46	410.66 ± 13.11	345.51 ± 17.20	436.93 ± 18.10	544.08 ± 19.02	354.09 ± 12.31	253.20 ± 19.30
53	303.37 ± 26.43	250.42 ± 19.36	329.95 ± 25.40	379.0 ± 19.26	237.62 ± 15.18	249.57 ± 21.08

ภาพที่ 3.3 การเพิ่มขึ้นและลดลงของเนื้อที่ใบในระยะเวลาต่าง ๆ ของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างชนิดกัน



ภาพที่ 3.3

2. น้ำหนักแห้งของใบ

การศึกษาการเจริญเติบโตของใบ โดยนำใบถั่วเขียวแต่ละต้นไปอบที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 2 วัน แล้วนำไปชั่ง ปรากฏผลดังตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.4

เมื่อต้นถั่วเขียวอายุ 15 วัน ต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาว มีน้ำหนักแห้งของใบมากที่สุด ต้นที่เจริญจากเมล็ดที่เพาะในที่มืด ในแสงสีน้ำเงิน แสงสีเหลือง และแสงอินฟราเรด ใกล้เคียงกัน แต่น้อยกว่าในแสงสีขาว ส่วนในแสงสีแดง น้อยที่สุด

อายุ 25 วัน ต้นที่เจริญมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาวยังสูงสุด รองลงมาคือ ต้นจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง และในที่มืด ส่วนในแสงสีแดงและอินฟราเรด ต่ำที่สุด

เมื่ออายุ 32 วัน ระยะนี้น้ำหนักใบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ต้นถั่วเขียวที่เจริญจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาวและในที่มืด ยังคงสูงที่สุด รองลงมาคือในแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง สีแดง และต่ำที่สุดในแสงอินฟราเรด

อายุ 39 วัน เป็นระยะเวลาที่ต้นถั่วเขียวเจริญเติบโตถึงขีดสุด และเป็นช่วงที่มีการออกดอก ต้นที่เจริญเติบโตจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาว และในที่มืดยังคงสูงที่สุด รองลงมาคือในแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง สีแดง และต่ำที่สุดในแสงอินฟราเรด

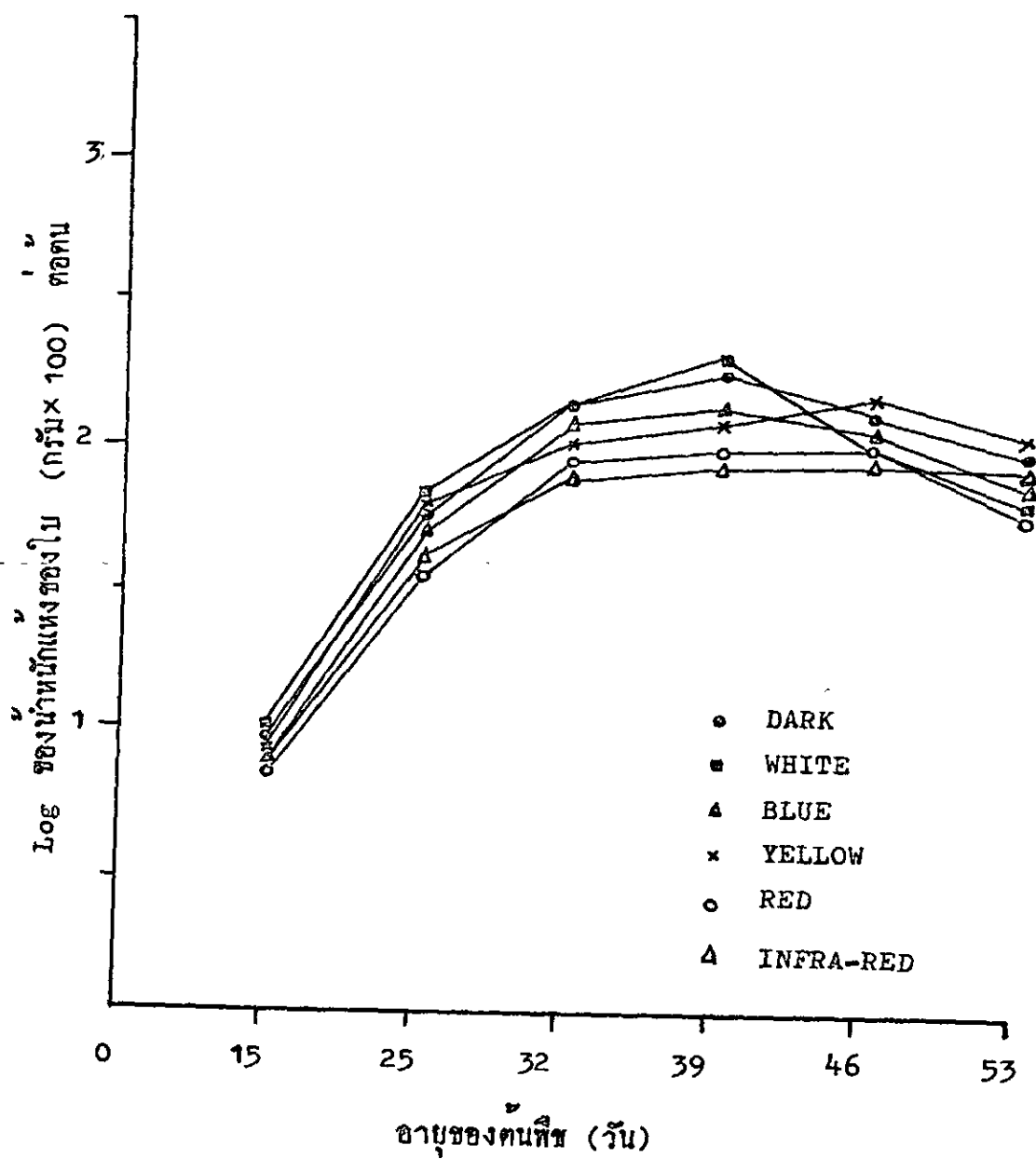
เมื่ออายุ 46 วัน ต้นถั่วเขียวเริ่มออกผล และการเจริญเติบโตของผลมีมากขึ้น น้ำหนักของใบจะเริ่มลดลง ยกเว้นในแสงสีเหลืองและแสงสีแดง น้ำหนักของใบยังคงเพิ่มขึ้น และสูงที่สุด ส่วนในแสงอินฟราเรดยังคงต่ำที่สุด

เมื่ออายุ 53 วัน การเจริญเติบโตของผลมากขึ้น การตายของใบเพิ่มขึ้น น้ำหนักแห้งของใบลดลงในทุก ๆ ต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงทุกชนิด ที่ทำการทดลอง

ตารางที่ 3.2 การเพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของใบในระยะเวลาต่าง ๆ กับของต้นถั่วเขียว
ที่เจริญเติบโต ภายหลังจากเพาะเมล็ดในแสงต้นคาง ๆ

อายุของต้น พืช (วัน)	น้ำหนักแห้งของใบ (กรัม)					
	Dark	White	Blue	Yellow	Red	Infra-red
15	0.068 ± 0.008	0.122 ± 0.009	0.061 ± 0.006	0.080 ± 0.008	0.075 ± 0.009	0.079 ± 0.007
25	0.61 ± 0.15	0.666 ± 0.15	0.568 ± 0.13	0.66 ± 0.31	0.368 ± 0.14	0.38 ± 0.06
32	1.472 ± 0.21	1.46 ± 0.24	1.334 ± 0.57	1.044 ± 0.46	0.94 ± 0.18	0.812 ± 0.17
39	1.81 ± 0.32	1.98 ± 0.96	1.49 ± 0.35	1.37 ± 0.24	0.98 ± 0.14	0.96 ± 0.16
46	1.31 ± 0.37	1.18 ± 0.77	1.45 ± 0.46	1.52 ± 0.47	1.20 ± 0.27	0.94 ± 0.21
53	0.96 ± 0.32	0.70 ± 0.24	0.80 ± 0.18	1.18 ± 0.27	0.63 ± 0.26	0.84 ± 0.13

ภาพที่ 3.4 การเพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของใบในระยะเวลาด่าง ๆ กัน
ของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างชนิดกัน



ภาพที่ 3.4

3. น้ำหนักแห้งของต้น

จากการวางที่ 3.3 และภาพที่ 3.5 ปรากฏผลดังนี้

เมื่อต้นถั่วเขียวอายุได้ 15 วัน น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาวจะมากที่สุด รองลงมาคือในแสงสีน้ำเงิน แสงสีเหลือง แสงสีแดง และในที่มืด ส่วนในแสงอินฟราเรดน้อยที่สุด

อายุ 25 วัน น้ำหนักแห้งของต้นจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาวและในแสงสีเหลือง ยังคงสูงที่สุด รองลงมาซึ่งใกล้เคียงกันคือในแสงสีน้ำเงินและในที่มืด ส่วนในแสงสีแดงและในแสงอินฟราเรดยังคงน้อยที่สุด

อายุ 32 วัน น้ำหนักแห้งของลำต้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทุก ๆ แสง ในแสงสีขาวและแสงสีน้ำเงินมากที่สุด ในแสงสีน้ำเงิน และในที่มืดอยู่ในกลุ่มปานกลาง ส่วนในแสงสีแดงและแสงอินฟราเรดต่ำที่สุด

อายุ 39 วัน การเจริญเติบโตของลำต้นจะถึงขีดสูงสุดในบาง Treatment คือลำต้นที่เจริญมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาว และในที่มืดจะมีน้ำหนักแห้งมากถึงขีดสูงสุด และมากที่สุด ส่วนในแสงสีแดงและในแสงอินฟราเรดยังคงน้อยที่สุด

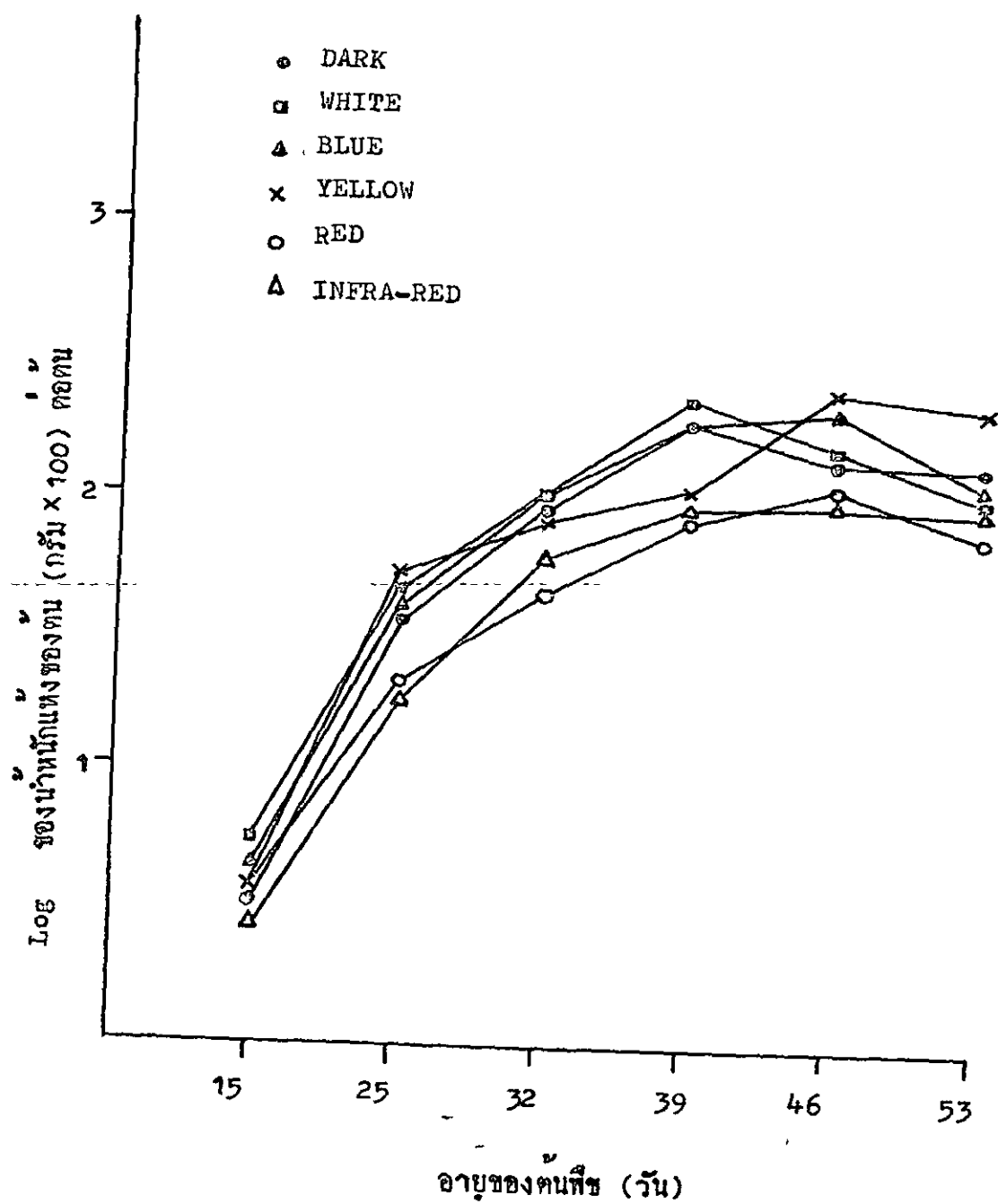
เมื่ออายุ 46 วัน น้ำหนักแห้งของลำต้นที่เจริญจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาว และในที่มืด เริ่มลดต่ำลง แต่ใน Treatment ที่มาจากแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง สีแดง และแสงอินฟราเรด มากขึ้นถึงขีดสูงสุดซึ่งเพิ่มขึ้นจากเมื่อมีอายุ 39 วัน

เมื่ออายุ 53 วัน น้ำหนักแห้งของลำต้นจะลดลงในทุก ๆ Treatment เพราะเป็นช่วงของการออกผล จึงไม่มีการเจริญเติบโตของลำต้น

ตารางที่ 3.3 การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งของสัตว์ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ของคนกัวเจียว
ที่เจริญเติบโต ภายหลังจากเพาะเมล็ดในแสงชนิดต่าง ๆ

อายุของต้น พืช (วัน)	น้ำหนักแห้งของลำต้น (กรัม)					
	Dark	White	Blue	Yellow	Red	Infra-red
15	0.032 ± 0.006	0.056 ± 0.007	0.047 ± 0.007	0.037 ± 0.005	0.036 ± 0.005	0.026 ± 0.004
25	0.376 ± 0.17	0.49 ± 0.13	0.40 ± 0.12	0.51 ± 0.28	0.208 ± 0.06	0.206 ± 0.04
32	0.994 ± 0.08	1.032 ± 0.22	1.012 ± 0.52	0.826 ± 0.12	0.436 ± 0.07	0.636 ± 0.08
39	1.90 ± 0.18	2.45 ± 0.27	1.85 ± 0.27	1.20 ± 0.29	0.89 ± 0.11	0.94 ± 0.11
46	1.56 ± 0.29	1.55 ± 0.63	2.16 ± 0.65	2.23 ± 0.32	1.19 ± 0.23	1.08 ± 0.32
53	1.48 ± 0.11	1.21 ± 0.27	1.24 ± 0.24	2.13 ± 0.65	0.78 ± 0.26	1.03 ± 0.15

ภาพที่ 3.5 การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งของลำต้นในระยะเวลาด่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียว
ที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างชนิดกัน



ภาพที่ 3.5

4. น้ำหนักแห้งของราก

ปรากฏผลดังตารางที่ 3.4 และภาพที่ 3.6 ดังนี้

เมื่อต้นตัวเขียวมีอายุ 15 วัน ต้นที่เจริญมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีแดง และแสงอินฟราเรด จะมีน้ำหนักแห้งของรากมากที่สุด รองลงมาคือต้นในแสงสีน้ำเงินและในที่มืด และต้นในแสงสีเหลืองและสีขาวต่ำที่สุด

อายุ 25 วัน การเจริญเติบโตของรากเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน ยกเว้นในที่ที่เจริญจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาวและสีเหลือง ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งของรากเร็วกว่าเล็กน้อย

เมื่ออายุ 32 วัน ต้นที่เจริญมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาวและในที่มืด จะมีน้ำหนักแห้งของรากมากที่สุด แสดงว่าการเจริญเติบโตของรากรวดเร็ว ส่วนในแสงสีน้ำเงิน สีเหลือง สีแดง และแสงอินฟราเรด น้ำหนักแห้งของรากใกล้เคียงกันและน้อยกว่าในที่มืด และในแสงสีขาว

อายุ 39 วัน ต้นที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีน้ำเงินและแสงสีขาว จะมีน้ำหนักแห้งมากถึงขีดสูงสุด และมากที่สุด

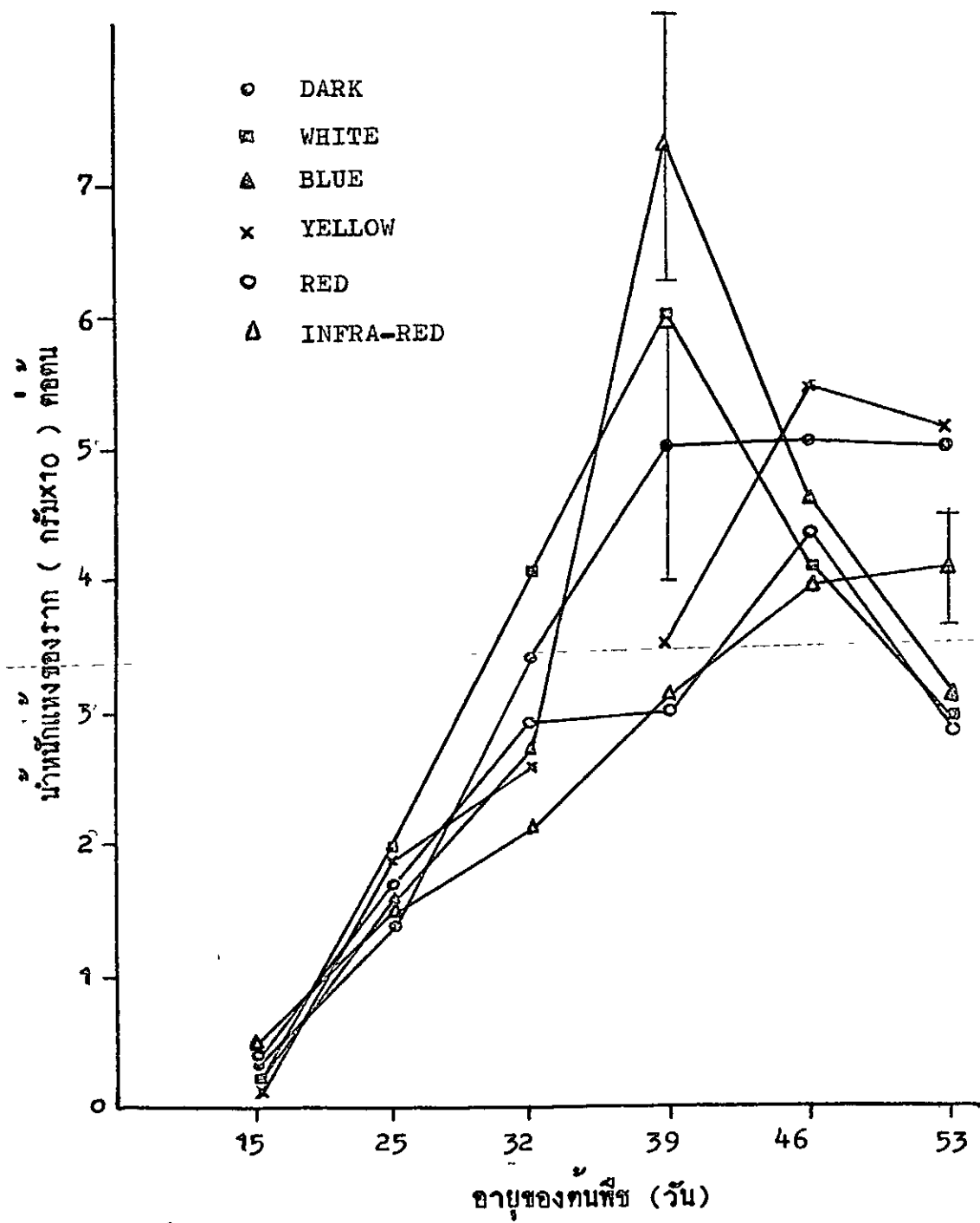
เมื่ออายุ 46 วัน ต้นที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีเหลือง สีแดง และแสงอินฟราเรด น้ำหนักแห้งของรากยังคงเพิ่มมากขึ้นจนถึงขีดสูงสุด แต่เพิ่มขึ้นไม่มากนัก ซึ่งน้อยกว่าน้ำหนักแห้งของราก จากต้นในแสงสีขาว และสีน้ำเงินซึ่งเริ่มลดแล้ว

เมื่ออายุ 53 วัน น้ำหนักแห้งของรากในทุก ๆ Treatment เริ่มลดลง ยกเว้นในแสงอินฟราเรด ซึ่งยังคงสูงขึ้นเล็กน้อย ถึงแม้จะมีการลดลงของน้ำหนักแห้งของรากนั้นเนื่องมาจากการเจริญเติบโตของผลและการไม่เจริญเติบโตของราก แต่น้ำหนักแห้งของรากใน Treatment สีแดงและในที่มืด ก็ยังคงสูงอยู่

ตารางที่ 3.4 การเพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของรากในระยะเวลาด่าง ๆ กับ ของต้นกล้วย
ที่เจริญเติบโต ภายหลังจากเพาะเมล็ดในแสงต้นต่าง ๆ

อายุของต้น พืช (วัน)	น้ำหนักแห้งของราก (กรัม)					
	Dark	White	Blue	Yellow	Red	Infra-red
15	0.032 ± 0.007	0.026 ± 0.006	0.032 ± 0.006	0.028 ± 0.006	0.047 ± 0.005	0.046 ± 0.005
25	0.148 ± 0.12	0.208 ± 0.03	0.162 ± 0.07	0.180 ± 0.06	0.160 ± 0.02	0.152 ± 0.04
32	0.338 ± 0.07	0.414 ± 0.05	0.272 ± 0.06	0.264 ± 0.07	0.284 ± 0.06	0.210 ± 0.04
39	0.50 ± 0.11	0.60 ± 0.05	0.73 ± 0.10	0.35 ± 0.07	0.30 ± 0.05	0.31 ± 0.06
46	0.52 ± 0.07	0.41 ± 0.08	0.46 ± 0.09	0.54 ± 0.07	0.43 ± 0.06	0.39 ± 0.07
53	0.50 ± 0.07	0.29 ± 0.06	0.31 ± 0.08	0.51 ± 0.18	0.29 ± 0.03	0.41 ± 0.04

ภาพที่ 3.6 การเพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งของรากในระยะเวลาด่าง ๆ กัน
ของต้นกล้วยที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างชนิดกัน



ภาพที่ 3.6

5. น้ำหนักแห้งรวมของต้นถั่วเขียว และน้ำหนักแห้งของผล

จากตารางที่ 3.5 และภาพที่ 3.7 ปรากฏผลดังนี้

น้ำหนักแห้งรวมของต้นถั่วเขียว ซึ่งเป็นน้ำหนักแห้งของราก ลำต้น ใบ และผล รวมกัน ตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโตจนถึงอายุ 39 วัน เป็นระยะที่ต้นถั่วเจริญเติบโตทางลำต้น ราก ใบ อย่างรวดเร็ว ใน 15 วันแรก น้ำหนักแห้งรวมของต้นถั่วเขียวทุก ๆ Treatment ไม่แตกต่างกันนัก

เมื่ออายุ 32 วัน น้ำหนักแห้งรวมของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาว สีนํ้าเงิน สีเหลือง และในที่มืด มีจำนวนใกล้เคียงกัน และสูงกว่าต้นที่เจริญมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีแดง และแสงอินฟราเรด ซึ่งแสดงว่ามีการเจริญของทุกส่วนของลำต้นเร็วกว่า

เมื่อมีอายุ 46 วัน เป็นระยะที่น้ำหนักแห้งรวมของต้นถั่วเขียวในทุก ๆ Treatment สูงถึงขีดสุด ซึ่งเป็นระยะที่ผลกำลังเจริญเติบโต จะเห็นได้ว่าน้ำหนักแห้งรวมของต้นที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีนํ้าเงินและแสงสีเหลืองจะสูงที่สุด และในแสงสีแดง และแสงอินฟราเรดจะต่ำที่สุด

เมื่ออายุ 53 วัน น้ำหนักแห้งรวมของต้นถั่วเขียวในทุก ๆ Treatment เริ่มลดลง เพราะเป็นระยะที่ผลเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว การเจริญเติบโตของลำต้น ราก ลดลง และใบเริ่มตายไป

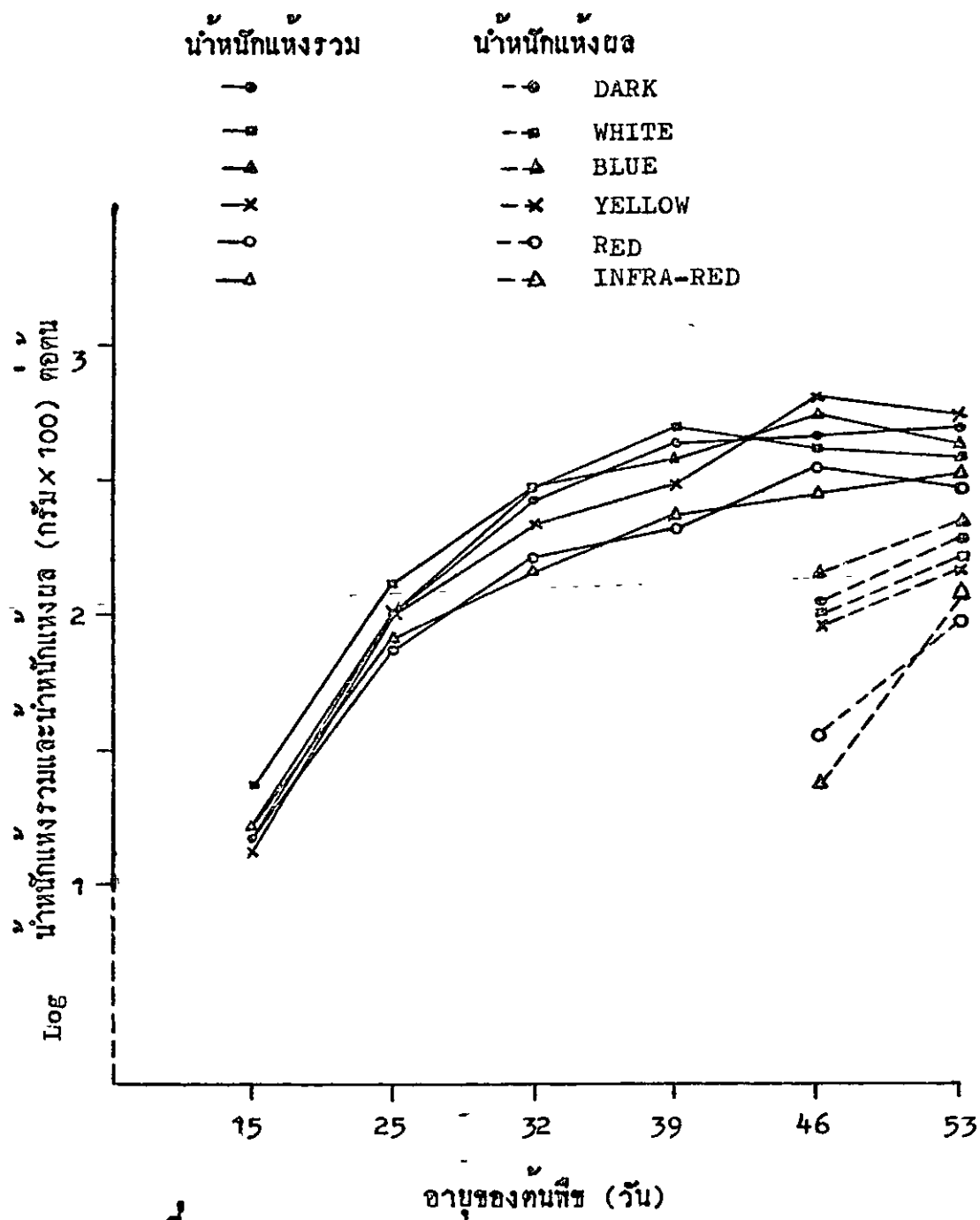
น้ำหนักแห้งของผล

จะเริ่มมีผลเกิดขึ้นเมื่อต้นถั่วเขียวมีอายุได้ 46 วัน จนกระทั่งผลแก่เมื่ออายุ 53 วัน ปรากฏว่าน้ำหนักแห้งของผลจากต้นถั่วที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาว สีนํ้าเงิน และในที่มืด สูงที่สุด รองลงมาคือ จากต้นที่มาจากเมล็ดเพาะในแสงสีเหลือง และในแสงอินฟราเรด ส่วนในแสงสีแดงต่ำที่สุด

ตารางที่ 3.5 การเพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งรวม (Total dry matter) และน้ำหนักผลในระยะเวลาด่าง ๆ กัน
ของกณดัวเขียวที่เจริญเติบโต ภายหลังจากเพาะเมล็ดในแสงชนิดต่าง ๆ

อายุของ กณพ	น้ำหนักแห้ง (กรัม)											
	Dark		White		Blue		Yellow		Red		Infra-red	
	รวม	ผล	รวม	ผล	รวม	ผล	รวม	ผล	รวม	ผล	รวม	ผล
15	.153±0.01	—	.245±0.03	—	.154±0.03	—	.146±0.02	—	.158±0.02	—	.152±0.03	—
25	1.13±0.76	—	1.36±0.28	—	1.13±0.74	—	1.21±0.64	—	0.72±0.21	—	0.74±0.38	—
32	2.80±0.88	—	2.91±0.73	—	2.62±0.82	—	2.14±0.83	—	1.66±0.70	—	1.65±0.64	—
39	4.21±1.28	—	5.03±0.83	—	4.07±0.93	—	2.92±0.76	—	2.09±0.53	—	2.23±0.67	—
46	4.41±1.06	1.12±3.21	4.23±0.89	1.09±0.27	5.62±1.23	1.53±0.11	5.95±0.65	.92±0.31	3.5±0.48	.32±0.05	2.64±0.60	.23±0.10
53	4.87±0.74	1.92±0.31	3.86±0.76	1.65±0.35	4.18±0.87	1.83±0.37	5.29±0.92	1.47±0.37	2.62±0.93	0.92±0.88	3.59±0.89	1.32±0.34

ภาพที่ 3.7 การเพิ่มขึ้นและลดลงของน้ำหนักแห้งรวม และน้ำหนักแห้งของผล ในระยะเวลา
ต่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างชนิดกัน



ภาพที่ 3.7

6. ความยาวของลำต้นและราก

ปรากฏผลดังตารางที่ 3.6 และภาพที่ 3.8 และ 3.7 ดังนี้

ความยาวของต้น

เมื่ออายุ 15 วัน ความยาวของต้นที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีขาวและแสงสีน้ำเงินจะมีความยาวมากที่สุด ส่วนในแสงสีอื่น ๆ และในที่ปักมีขนาดใกล้เคียงกัน

เมื่ออายุ 25 ถึง 39 วัน การเจริญเติบโตของลำต้นเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ต้นที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีน้ำเงินยังคงสูงที่สุด รองลงมาคือในแสงสีขาว สีเหลือง และในที่มืด ส่วนในแสงสีแดง และในแสงอินฟราเรด น้อยที่สุด

เมื่ออายุ 46 – 53 วัน เป็นระยะที่ต้นถั่วเขียวเจริญเติบโตถึงขีดสุด ต้นที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงสีน้ำเงินยังคงสูงที่สุด รองลงมาคือในแสงสีขาว แสงสีเหลือง และในที่มืด ส่วนในแสงสีแดงและแสงอินฟราเรด การเจริญเติบโตของลำต้นเป็นไปอย่างช้า ๆ จึงทำให้ลำต้นสั้นที่สุด

ความยาวของราก

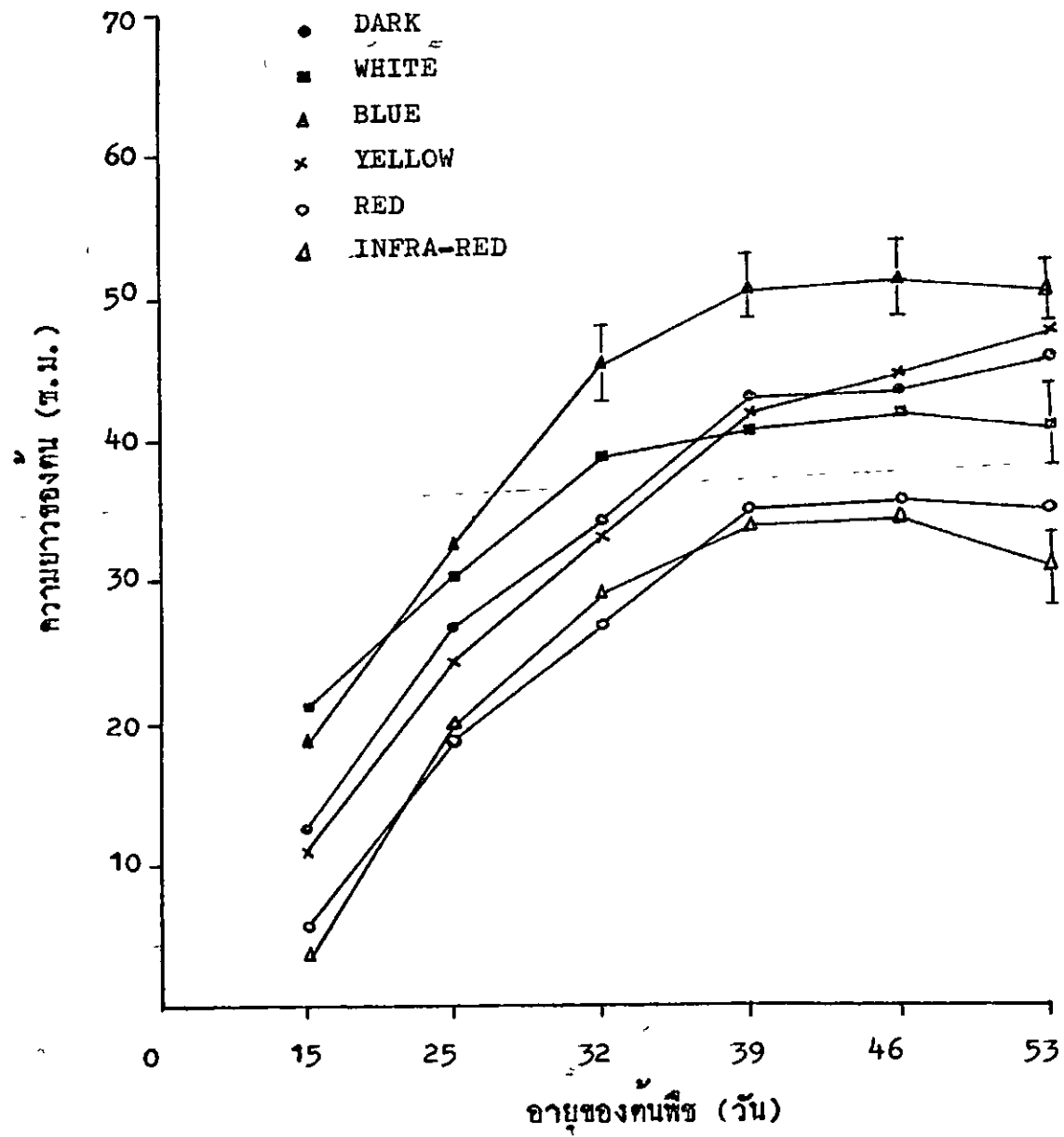
เมื่ออายุ 15 วัน ในทุก ๆ Treatment ความยาวของรากไม่แตกต่างกันมากนัก

เมื่ออายุ 46 – 53 วัน การเจริญเติบโตของรากทางด้านความยาวมีน้อยมาก ความยาวของรากจึงเพิ่มขึ้นจากเมื่ออายุ 15 วัน เพียงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามในทุก ๆ Treatment ความยาวของรากก็ยังมีขนาดใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3.6 การเพิ่มขึ้นและลดลงของความยาวของลำตัว และราก ในระยะเวลาด่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียว
ที่เจริญเติบโต ภายหลังจากเพาะเมล็ดในแสงชนิดต่าง ๆ

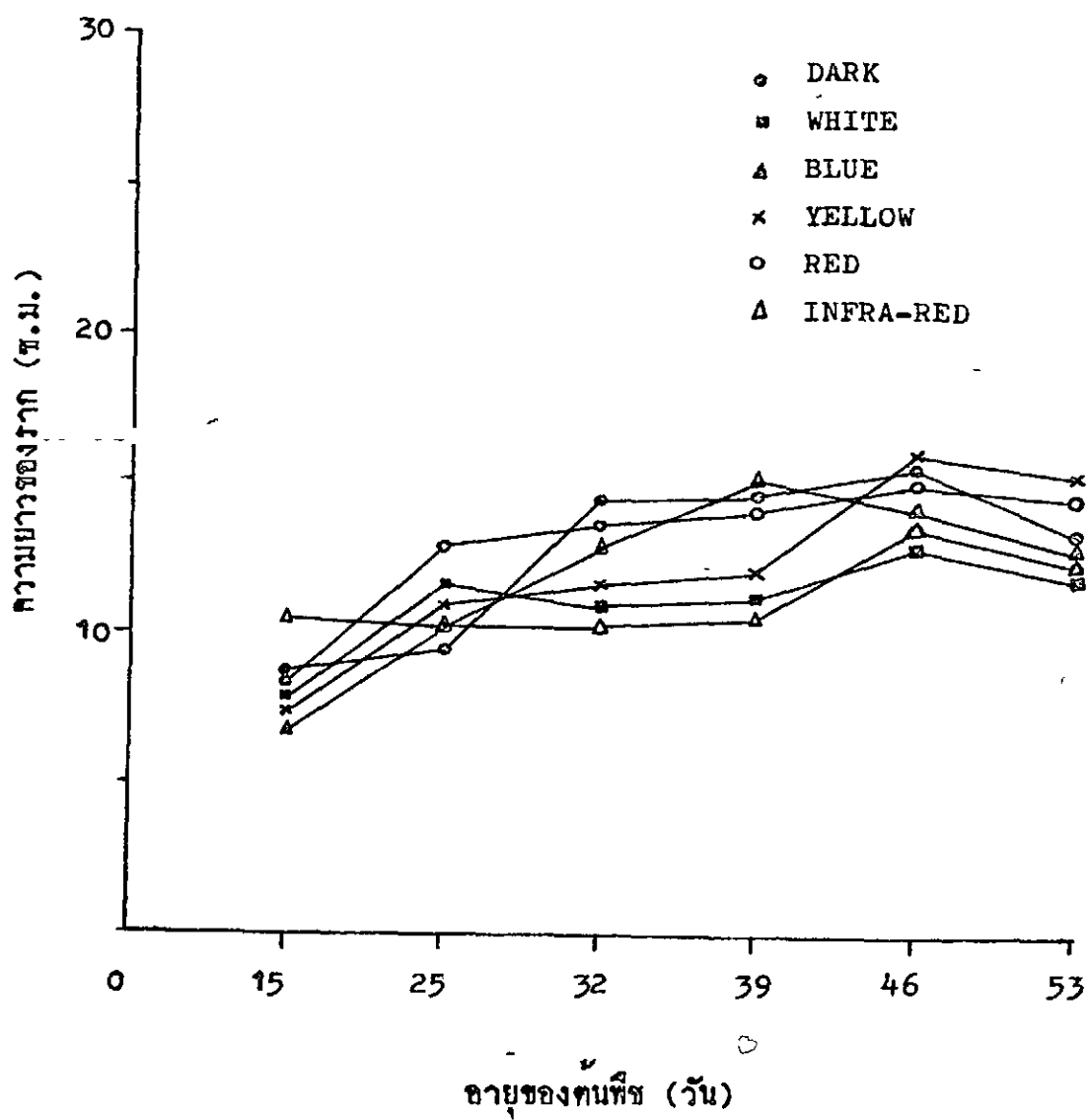
อายุของต้น พืช (วัน)	ความยาว (ซม.)											
	Dark		White		Blue		Yellow		Red		Infra-red	
	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก
15	12.26±0.87	8.62±0.63	21.33±0.92	7.6±0.84	18.6±0.97	7.3±0.91	11.5±0.89	7.74±0.86	9.58±0.94	8.52±0.87	9.32±0.90	10.84±0.73
25	27.2±2.06	9.2±1.05	30.4±2.01	11.8±1.02	32.7±1.04	10.4±0.91	24.5±1.09	11.4±1.24	18.4±2.07	13.2±2.05	19.6±2.04	10.5±1.09
32	34.8±2.18	14.2±1.72	38.0±2.61	11.6±1.21	45.2±2.81	12.9±1.02	33.0±2.32	11.9±1.04	27.1±1.66	13.5±1.03	29.2±2.87	10.6±0.81
39	43.0±2.89	14.5±1.03	40.8±2.08	11.7±1.06	50.6±2.32	15.0±1.04	42.0±2.73	12.0±1.01	35.0±2.28	13.8±1.07	34.2±2.42	10.9±1.08
46	43.5±2.64	15.5±1.77	42.0±2.18	12.9±1.07	51.4±2.31	14.2±1.02	44.2±2.64	16.0±1.89	36.0±1.27	15.0±1.10	34.5±2.17	14.0±1.43
53	45.8±2.86	13.6±1.12	41.0±2.74	12.3±1.36	50.8±2.38	13.5±1.03	47.6±2.74	15.6±1.04	35.0±2.71	14.6±1.06	31.8±2.56	12.8±1.01

ภาพที่ 3.8 การเพิ่มขึ้นและลดลงของความยาวของต้นไม้ในเวลาต่าง ๆ กัน ของต้นไม้เขียว
ที่เจริญเติบโตจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างชนิดกัน



ภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.9 การเพิ่มขึ้นและลดลงของความยาวของรากในเวลาต่าง ๆ กัน ของต้นถั่วเขียว
ที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างชนิดกัน



ภาพที่ 3.9

7. เปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งรวมต่อต้น ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ดังตารางที่ 3.7 และกราฟที่ 3.10 ซึ่งแสดงถึงปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของต้น อันเนื่องมาจากการสังเคราะห์แสงของใบ โดยพิจารณาถึงอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งรวม

จากตารางจะเห็นว่า ในระยะ 15 วันแรกพื้นที่ใบมีน้อย น้ำหนักแห้งรวมมีมาก ค่าของอัตราส่วนจะน้อย

เมื่อมีอายุเกิน 25 วันขึ้นไป การเจริญเติบโตของใบมากขึ้นอย่างรวดเร็ว พื้นที่ใบมีมาก ค่าของอัตราส่วนมากขึ้น และหลังจากนั้น ค่าอัตราส่วนจะลดลงเมื่อต้นถึงวัยที่มีอายุมากขึ้น ซึ่งเนื่องมาจากการสังเคราะห์แสงของใบมาก ลำต้นสะสมคาร์โบไฮเดรตมาก น้ำหนักแห้งรวมของต้นมีมากขึ้น และพื้นที่ใบลดลงอันเกิดจากการตายของใบ

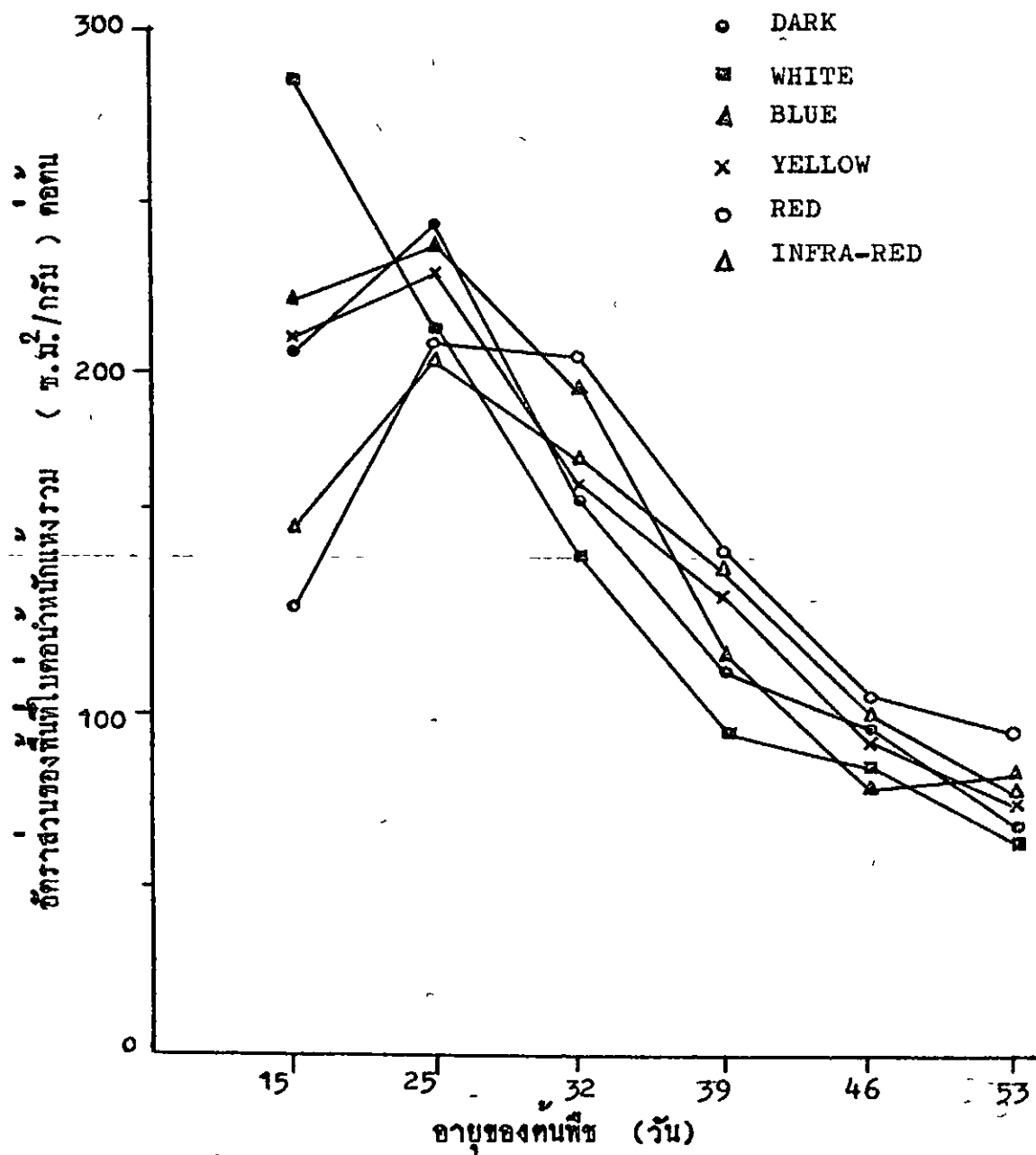
ตารางที่ 3.7 เปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ใบก่อนพัฒนาในระยะเวลาต่าง ๆ กับ ของกณฉวย
ที่เจริญเติบโต ภายหลังการเพาะเมล็ดในแสงต้นต่าง ๆ
(Leaf area ratio per plant at different harvest)

อายุของกณ พืช (วัน)	อัตราส่วนของพื้นที่ใบก่อนพัฒนา (มม. ² /กรัม)					
	Dark	White	Blue	Yellow	Red	Infra-red
15	205.88 ± 2.14	282.7 ± 3.24	220.23 ± 3.78	208.87 ± 3.92	130.51 ± 4.88	154.03 ± 4.32
25	243.05 ± 6.51	211.40 ± 4.32	238.63 ± 3.61	228.64 ± 3.35	208.91 ± 4.26	203.54 ± 9.73
32	161.07 ± 4.78	146.68 ± 3.89	195.48 ± 3.03	166.41 ± 3.08	202.37 ± 3.87	172.94 ± 4.17
39	111.19 ± 3.02	95.52 ± 2.43	117.13 ± 4.13	132.29 ± 3.87	144.81 ± 2.81	142.71 ± 3.27
46	94.21 ± 4.48	84.73 ± 2.73	79.91 ± 2.41	90.82 ± 3.01	101.42 ± 3.56	95.41 ± 9.36
53	64.95 ± 5.87	63.93 ± 3.42	80.69 ± 3.02	72.08 ± 3.75	92.03 ± 9.87	76.69 ± 3.20

ภาพที่ 3.10 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งรวมของต้นถั่วที่เจริญ
เติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างชนิดกัน

(Leaf area ratio per plant at different harvest)

Leaf area ratio = Leaf area per unit plant dry weight.



ภาพที่ 3.10

8. เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของใบต่อน้ำหนักแห้งรวมต่อต้น ในระยะเวลาต่างกัน ดังตารางที่ 3.8 และภาพที่ 3.11 ค่าตัวเลขอัตราส่วนที่ปรากฏอยู่ในตารางจะบอกให้ทราบถึง ปริมาณการไ้ไฮโดรคาร์บอนที่สะสมอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของลำต้น ถ้าค่ามาก การสะสมคาร์บอนไฮโดรคาร์บอนตามลำต้นจะมีน้อย ถ้าค่าน้อยการสะสมคาร์บอนไฮโดรคาร์บอนตามส่วนต่าง ๆ ของลำต้นจะมีมากขึ้น

จากตารางจะเห็นว่า ในระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโตจะมีการสะสม คาร์บอนไฮโดรคาร์บอนตามส่วนต่าง ๆ ของลำต้นน้อยในทุก ๆ Treatment และเมื่ออายุของต้น ถั่วเขียวเพิ่มมากขึ้น จะมีการสะสมคาร์บอนไฮโดรคาร์บอนตามส่วนต่าง ๆ ของลำต้นมากขึ้นในทุก ๆ Treatment

ตารางที่ 3.8 เปรียบเทียบอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของใบต่อน้ำหนักแห้งรวม ในระยะเวลาด่าง ๆ กัน
ของต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตภายหลังจากเพาะเมล็ดในแสงชนิดต่าง ๆ

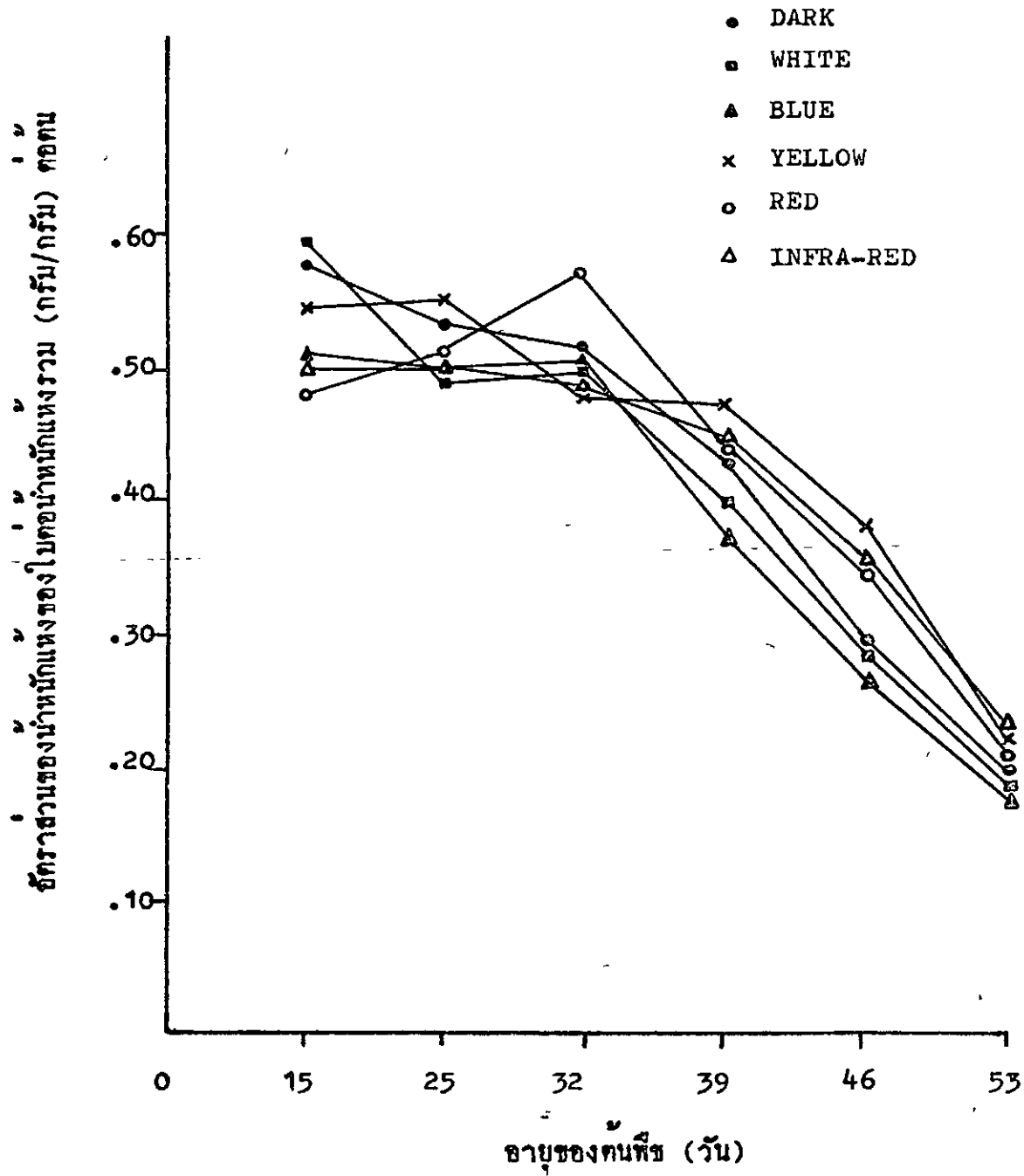
(Leaf weight ratio per plant at different harvest)

อายุของต้น พืช	อัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของใบต่อน้ำหนักแห้งรวม (กรัม/กรัม)					
	Dark	White	Blue	Yellow	Red	Infra-red
15	.579 ± 0.04	.595 ± 0.08	.519 ± 0.07	.549 ± 0.03	.479 ± 0.05	.518 ± 0.04
25	.536 ± 0.06	.488 ± 0.02	.502 ± 0.02	.551 ± 0.03	.507 ± 0.02	.516 ± 0.03
32	.524 ± 0.07	.505 ± 0.07	.510 ± 0.05	.481 ± 0.06	.572 ± 0.06	.493 ± 0.04
39	.430 ± 0.07	.392 ± 0.07	.371 ± 0.06	.473 ± 0.06	.429 ± 0.05	.436 ± 0.06
46	.295 ± 0.05	.284 ± 0.07	.263 ± 0.05	.382 ± 0.06	.342 ± 0.04	.359 ± 0.12
53	.20 ± 0.01	.180 ± 0.03	.175 ± 0.02	.222 ± 0.04	.203 ± 0.03	.227 ± 0.01

ภาพที่ 3.11 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของน้ำหนักแห้งของใบต่อน้ำหนักแห้งรวมของต้นถั่วเขียว
ที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างชนิดกัน

(leaf-weight ratio per plant at different harvest)

Leaf weight ratio = Leaf weight per unit plant weight.



ภาพที่ 3.11

9. เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใบต่อน้ำหนักแห้งของใบในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ดังตารางที่ 3.9 และภาพที่ 3.12

การเจริญเติบโตระยะ 25 วันแรก น้ำหนักแห้งของใบน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ใบทำให้ค่าอัตราส่วนสูง

เมื่ออายุของต้นถั่ว 25 - 46 วัน ค่าอัตราส่วนลดลง การสังเคราะห์แสงของใบมีมาก น้ำหนักแห้งของใบมากขึ้นทุก ๆ Treatment เช่นเดียวกัน

แต่เมื่ออายุของต้นถั่วได้ 53 วัน ค่าอัตราส่วนเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นช่วงการเจริญของผลถั่วเขียว จะมีการย้ายคาร์โบไฮเดรตไปยังผลมากขึ้น ทำให้น้ำหนักแห้งของใบน้อยลง เช่นเดียวกันในทุก ๆ Treatment

ตารางที่ 3.9 เปรียบเทียบผลผลิตของพืชที่ปลูกในแปลงของไปในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ของพันธุ์เขียว
ที่เจริญเติบโต ภายหลังจากเพาะเมล็ดในแสงสีต่าง ๆ

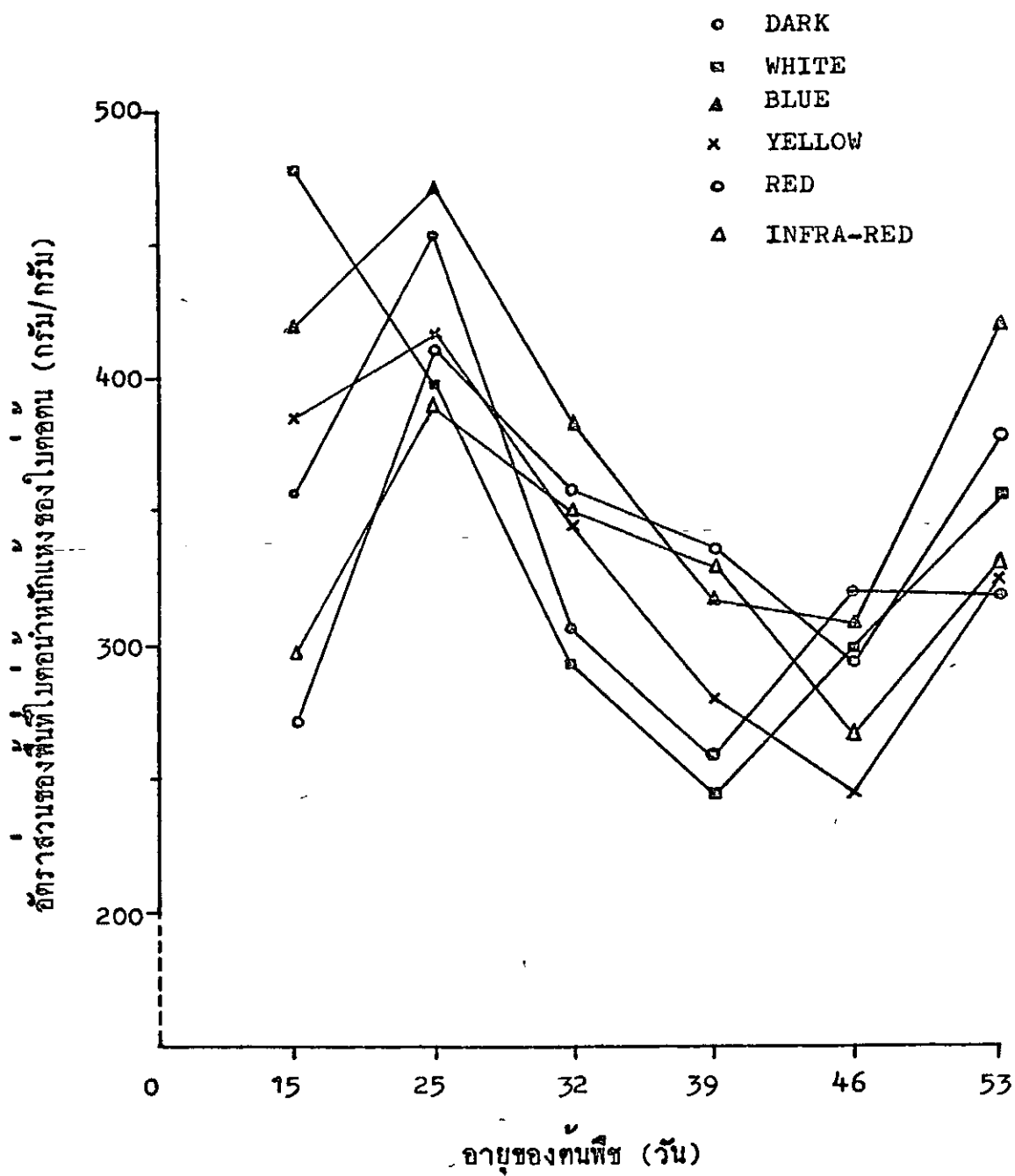
(Specific leaf area per plant at different harvests)

อายุของต้น พืช (วัน)	อัตราส่วนของพื้นที่ปลูกสีต่าง ๆ (ม. ² /กรัม)				
	Dark	White	Blue	Yellow	Red
15	355.74±17	479.52±12.17	422.72±11.38	382.31±12.96	272.14±6.73
25	452.2±7.76	398.44±7.52	474.08±11.69	414.53±13.13	412.74±14.31
32	306.2±9.08	291.96±8.43	382.96±6.45	347.74±6.44	358.31±8.24
39	258.3±9.57	245.3±13.41	314.59±11.82	279.22±11.37	337.75±11.72
46	320.7±8.14	300.72±7.34	309.12±10.12	244.36±5.62	295.51±4.87
53	320.89±19.14	357.92±17.61	423.52±22.80	325.64±15.42	378.94±18.34
					299.43±8.25
					395.25±13.67
					350.22±9.33
					334.81±12.61
					268.27±15.50
					329.36±14.37

ภาพที่ 3.12 การเปรียบเทียบอัตราส่วนของพื้นที่ใบ ต่อน้ำหนักแห้งของใบของต้นถั่วเขียว
ที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงต่างกัน

(Specific leaf area per plant at different harvest)

Specific Leaf area = Leaf area per unit leaf weight.



ภาพที่ 3.12

สรุปและอภิปรายผล

ในการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว โดยเพาะ เมล็ดและต้นกล้าในแสงชนิดต่าง ๆ คือ แสงสีขาว สีนํ้าเงิน สีเหลือง สีแดง แสงอินฟราเรด และในที่มืด แล้วจึงนำต้นกล้านี้ไปปลูก จากการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวในระยะเวลาต่าง ๆ กัน พบว่า

เกี่ยวกับพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งของใบ เมื่อเริ่มปลูกนั้นพื้นที่ใบจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และจะมีปริมาณมากที่สุด เมื่อต้นถั่วเขียวอายุได้ประมาณ 46 วัน ในระยะเวลานี้น้ำหนักแห้งของใบจะมากที่สุดด้วย เนื่องจากการสร้างและสะสมคาร์โบไฮเดรตไว้ พื้นที่และน้ำหนักแห้งของใบจากต้นที่ได้รับแสงสีขาว และแสงสีนํ้าเงินจะสูงที่สุด และต้นที่ได้รับแสงสีแดงและแสงอินฟราเรดจะต่ำที่สุด หลังจากนั้นพื้นที่และน้ำหนักแห้งของใบจะลดลง เนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต ไปยังผลมากขึ้น และมีการตายของใบเกิดขึ้น ปริมาณของพื้นที่ใบและน้ำหนักแห้งใบจะลดลงมาก เป็นลำดับตามชนิดแสงที่มีความยาวคลื่นที่สูงขึ้น

เกี่ยวกับน้ำหนักแห้งของต้นและราก ในระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้งของต้นและรากจะใกล้เคียงกัน แต่เมื่อต้นถั่วเขียวมีอายุมากขึ้น น้ำหนักแห้งของลำต้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตไปยังลำต้นมากกว่าราก น้ำหนักแห้งของต้นและรากจะเพิ่มมากขึ้นที่สุดเมื่อต้นถั่วเขียวอายุได้ 39 - 46 วัน หลังจากนั้นจะลดลงเมื่อมีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตไปยังผล ต้นถั่วเขียวที่มาจากเมล็ดและต้นกล้าที่เพาะในแสงสีนํ้าเงิน และสีเหลือง จะมีน้ำหนักแห้งของต้นและรากสูงที่สุด ส่วนในแสงสีแดงและแสงอินฟราเรดจะต่ำที่สุด

น้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นและน้ำหนักแห้งของผล พบว่าต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดและต้นกล้าที่ได้รับแสงสีนํ้าเงินและสีเหลือง จะมีน้ำหนักรวมสูงที่สุด ส่วนต้นที่ได้รับแสงสีแดงและแสงอินฟราเรด จะต่ำที่สุด ซึ่งจะปรากฏให้เห็นตั้งแต่วันที่ 25 หลังการปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยว ส่วนน้ำหนักแห้งของผลนั้น ได้ทำการเก็บผลเมื่อถั่วอายุได้ 53 วัน ปรากฏว่าน้ำหนักแห้งของผลไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เป็นต้นาส่งเกตได้ว่า น้ำหนักแห้งของผลที่ได้จากต้นถั่วที่เจริญเติบโตมาจาก เมล็ด และต้นกล้า ที่ได้รับแสงสีนํ้าเงินและในที่มืด จะมีน้ำหนักสูงที่สุด

ทั้งนี้เนื่องมาจากมีการเจริญเติบโตของลำต้นมาก และพื้นที่ใบมีมาก จึงสามารถสร้างและเก็บสะสมคาร์โบไฮเดรตได้มากกว่า ส่วนน้ำหนักแห้งของผลที่ได้จากต้นถั่วเขียวที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดและต้นกล้าที่ไว้รับแสงสีแดงและแสงอินฟรา เรดจะต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งของผลที่นำมาเปรียบเทียบนี้ เป็นผลที่ได้มาจากการเก็บจากต้นถั่วที่อายุได้ 53 วัน เท่านั้น

สรุปอภิปรายผลทั่วไป

จากการศึกษาถึงอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการงอกของเมล็ดถั่วเขียว การเจริญพัฒนาของต้นกล้า และการ เจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวภายหลังการได้รับแสงชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปปลูกในสภาพธรรมชาติ พอที่จะกล่าวได้ว่า

การงอกของเมล็ดถั่วเขียวนั้น จะมีความสัมพันธ์และตอบสนองต่อชนิดของแสงที่ได้รับ และในที่มืด แตกต่างกันไป ในการงอกของเมล็ดถั่วเขียว เมล็ดจะงอกได้ดีทั้งในที่มืดและเมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ แต่ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์การงอกจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุของเมล็ด ชนิดของแสงที่ได้รับ ช่วงเวลาของแสงที่ได้รับ ความชื้น และอุณหภูมิเป็นต้น จากการทดลองนำเมล็ดถั่วเขียวที่มีอายุหลังการ เก็บเกี่ยวต่าง ๆ กันมาเพาะ ทั้งในที่มืด และในแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน โดยแยกตามสี เป็นสีขาว น้ำเงิน เหลือง แดง และแสงอินฟราเรด ที่อุณหภูมิ 27°C ความชื้นสัมพัทธ์ 75 % เป็นเวลาวันละ 9 ชั่วโมง 2 วันติดต่อกัน พบว่าไม่ว่าจะเป็นในที่มืดหรือในที่ที่มีแสงชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว เมล็ดถั่วเขียวก็สามารถงอกได้ดีเช่นเดียวกัน โดยเปอร์เซ็นต์การงอกไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากในแสงอินฟราเรด เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดจะต่ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดในแสงสีแดงที่มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Borthwick และ Hendricks (1952) ที่ได้ทดลองกับการงอกของเมล็ดผักกาด และสรุปว่าอิทธิพลของแสงสีแดงนั้นจะเป็นตัวช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด ตรงข้ามกับแสงอินฟราเรดซึ่งจะเป็นตัวยับยั้งการงอกของเมล็ด ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของ Phytochrome และในการศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดถั่วเขียวที่มีอายุต่าง ๆ กันนั้น ทำให้ทราบได้ว่าเมล็ดที่เก็บมาจากต้นใหม่ ๆ (ประมาณ 1 สัปดาห์) และเมล็ดที่มีอายุมาก ๆ (12 - 22 สัปดาห์) นั้น เปอร์เซ็นต์การงอกจะต่ำ ส่วนเมล็ดถั่วเขียวที่มีอายุ 2 - 4 สัปดาห์ จะมีเปอร์เซ็นต์การงอกที่สูง ทั้งในที่มืดและเมื่อได้รับแสงชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากอายุของเมล็ด ระยะพักตัวของเมล็ด (Dormancy) และความสามารถในการที่จะงอกได้ของเมล็ด (Viability)

เกี่ยวกับการเจริญพัฒนาของต้นกล้าตัวเขียว (Seedling) จากการศึกษาถึงอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางด้านการปรากฏลักษณะของต้นกล้าตัวเขียวในระยะสัปดาห์แรก พบว่าการเจริญเติบโตทางด้านการปรากฏลักษณะของต้นกล้าตัวเขียว จะตอบสนองต่อชนิดของแสงแตกต่างกันไป คือในที่มืด ต้นกล้าตัวเขียวจะมีขนาดใหญ่ สั้น น้ำหนักแห้งมากกว่าราก เนื่องจากมีอาหารสะสมถูกส่งมายังส่วนนี้มากกว่า ใบมีขนาดเล็กใบเจริญเติบโต และใบไม่มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ส่วนในแสงชนิดต่าง ๆ ขนาดของลำต้นจะยาวขึ้น การลำเลียงอาหารสะสมไปยังส่วนของลำต้นจะเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับตามชนิดของแสงที่มีความยาวคลื่นที่สูงขึ้น ใบเจริญเติบโตที่มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ที่ใบ แสงสีน้ำเงินและแสงสีแดงจะให้ต้นกล้าที่เจริญเติบโตดี ลำต้นสูง รากและใบเจริญเติบโตมากที่สุด ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของ Phytochrome

เมื่อนำต้นกล้าตัวเขียวที่เจริญเติบโตในที่มืด และในแสงชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 5 วันแล้ว มาปลูกในสภาพที่ได้รับแสงตามธรรมชาติ เป็นเวลา 60 วัน เพื่อศึกษาการเจริญเติบโต พบว่าต้นกล้าตัวเขียวที่มาจากต้นกล้าที่ได้รับแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำ ๆ มาก่อน จะมีการเจริญเติบโตทางด้านพื้นที่ใบ ความสูงของลำต้น และน้ำหนักแห้งรวม มากกว่าต้นกล้าตัวเขียวที่เจริญเติบโตมาจากต้นกล้าที่เพาะในแสงที่มีความยาวคลื่นสูง ๆ เช่น แสงสีแดง และแสงอินฟราเรด ส่วนน้ำหนักแห้งของผลนั้น ไม่แตกต่างกันนัก แต่ก็เป็นที่น่าสนใจได้ว่า ต้นที่เจริญเติบโตมาจากต้นกล้าที่เพาะในแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำ ๆ เช่น แสงสีขาว น้ำเงิน เหลือง มีแนวโน้มที่จะให้น้ำหนักแห้งของผลสูงกว่าต้นที่เจริญเติบโตมาจากต้นกล้าที่เพาะในแสงที่มีความยาวคลื่นสูง ๆ เช่น แสงสีแดง และแสงอินฟราเรด เนื่องมาจากมีพื้นที่ใบมากกว่า จึงมีการสร้างอาหารและลำเลียงไปยังผลได้มากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม น้ำหนักแห้งของผลที่นำบาเปรียบเทียบนี้ คิดน้ำหนักผลเมื่อต้นกล้าอายุได้ 53 วันเท่านั้น ซึ่งอาจจะยังไม่ถึงวันสิ้นสุดของการเจริญเติบโตของต้นกล้าตัวเขียว

ความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ และประโยชน์จากการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการงอกของเมล็ด การเจริญพัฒนาของต้นกล้า และการเจริญเติบโตของต้นกล้าตัวเขียว ทำให้พอทราบได้ว่าอิทธิพลของแสงที่มีต่อพืชนั้น

มากมายหลายประการ นอกเหนือจากที่พืชจะนำมาใช้ประโยชน์ในการสร้างอาหารเพื่อความเจริญเติบโตแล้ว แสงที่ทางชนิดกันยังมีอิทธิพลต่อการงอกของเมล็ด และการเจริญพัฒนาในต้นกล้าของต้นตัวอีกด้วย ดังจะเห็นได้จากการทดลองในเรื่องการงอกของเมล็ดถั่วเขียวพบว่าแสงสีแดงจะมีอิทธิพลตรงข้ามกับแสงอินฟราเรด โดยแสงสีแดงจะช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ดถั่วเขียว และจะกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ดีขึ้น เมื่อเมล็ดมีอายุมากขึ้น ส่วนแสงอินฟราเรดนั้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกลดลง

ในเรื่องการเจริญพัฒนาของต้นกล้าถั่วเขียวนี้พบว่า แสงสีน้ำเงินและแสงสีแดงจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทางค่านรูปร่างของต้นถั่วเขียวมากที่สุด ทั้งในค่านความสูงของลำต้น การเจริญเติบโตของใบ และการลำเลียงอาหารสะสมจากใบเลี้ยงไปยังส่วนของต้นมากที่สุดกว่าในแสงชนิดอื่น ๆ

ส่วนอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว เมื่อเพาะเมล็ดในแสงชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปปลูกในสภาพธรรมชาติ พอที่จะแสดงให้เห็นได้ว่าต้นที่เจริญเติบโตมาจากเมล็ดที่เพาะในที่มืด ในแสงสีขาวและแสงสีน้ำเงิน จะมีพื้นที่ใบมากกว่าต้นที่เจริญมาจากเมล็ดที่เพาะในแสงชนิดอื่น ๆ ซึ่งการที่มีพื้นที่ใบมาก จะส่งผลถึงการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโต และผลผลิตที่มากขึ้น ผลจากการทดลองนี้หากจะได้นำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงทางงานเกษตรกรรม ก็จะได้ประโยชน์มากขึ้น.

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

เกษม เก่งกล้า อิทธิพลของแสงต่อการเจริญเติบโตของพืช ปรินญาณพนธ์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2519, 112 หน้า.

บำรุง พลเกลื่อน "การปลูกถั่วเขียวตามหลังข้าวโพด ที่สถานีทดลองการปลูกพืชไร่ใหม่ไกรราช" นกรราชสีมา กสิกร 6 (30) 479 - 503.

องอาจ ผ่องลักณ์ "การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืช" วิทยาศาสตร์การเกษตร 2518, 8 : 493 - 498.

องอาจ ผ่องลักณ์ "การวัดเนื้อที่ใบ" เกษตร 2 : 7 มกราคม - กุมภาพันธ์ 2517, หน้า 21 - 26.

Abel, H.G. and Erdmon, L.W., Response of Soybean to Different Strains of Rhizobium Japonicum. Crop Research and Soil and Water Conservation Research Divisions A.R.S. USOA Browley Calif and Belt sville, Md. 1964, 123 pp.

Bjaelfue, G. "Fixation of Atmospheric Nitrogen III" Abstract in Soil and Fertilizer 21 : 35, 1958.

Bjaelfue, G. "The Importance of Phosphoric Acid in the Cultivation of Peas and in the Fixation of Atmospheric Nitrogen" Abstract in Soils and Fertilizer 23 : 366, 1960.

Bonner, C. Legums - Rhizobium Symbiosis in Equatorial Region Field Crop Abstract 11 : 191, 1958.

Blackman, V.H. "The Compound Interest Law and Plant Growth" Ann. Bot. London, 33, 1919.

Brothwick, H.A., Hendricks, S.B., and Parker M.W., "The Reaction on Controlling Floral Initiation" Vol. 38. pp. 929 - 934 Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. 1952.

- Brothwick, H.A., and others, "Action of Light on Lettuce-Seed Germination" Bot. Gaz Vol. 115 pp. 205 - 225, 1954.
- Brothwick, H.A., and others "A Reversible Photoreaction Controlling Seed Germination" Proc. Nat. Acad. Sci. Vol. 38 pp. 662 - 666, 1952.
- Brothwick, H.A., "Photoperiodic Control of Flowering" Photoperiodism and Related Phenomena in Plants and Animals pp. 275 - 287 Edited by R.B. Wathrow A.A.A.S., Washington D.C., U.S.A., 1969.
- Cronquist Arthur, Introductory Botany 2nd Edition Harper International, p. 634, 1961.
- Cury, G.M.. and E.C. Wassink "Photoperiodic and formative effects of various wavelength regions in Hyocyanus niger as influenced by gibberellic acid" Meded. Landb. hogeschool, Wageningen 56 (14), 1956.
- Devlin, Robert M., Plant Physiology 2nd Edition Affiliated East West Press, PVT LTD. New York 446 pp.
- Downs, Plant Physiology 30 : 468, 1955.
- Elhattab, A.H., Effects of Light Quality on Flowering and Morphogenesis in Hyoscyamus Niger L. Doctor's Thesis, The Agricultural University, Wageningen. Netherlands, 1963, 111 pp.
- Flint, L.H., and E.D. Mc. Alister, Wavelengths of Radiation in the Visible Spectrum Inhibiting the Germination of Light Sensitive Lettuce Seed. Smithsonian Inst. Publs. 94 (5) : 1 - 11, 1935.
- Flint, L.H., and E.D. Mc. Alister, Wavelengths of radiation in the visible spectrum promoting the germination of Light-sensitive lettuce seed Smithsonian Inst. Publs. 96 (2), 1937.

- Fogg, G.H., Photosynthesis, The English Language Book Society and the English University Press Ltd. London, 1972, pp. 1 - 40.
- Garner, W.W., and Allard, H.A., "Effect of Relative length of Day and Night and Other Factors of the Environment on Growth and Reproduction in Plant" J. Agr 18 : 580.
- Gregory, F.G., Ann. of Bot. 1926, 40 : 1 - 26.
- Hendricks, S.B., and H.A. Brothwick "Photocontrol of plant development by simultaneous excitations of two interconvertible pigment." Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A. 45, 1959.
- Hupes. H.D. Maurice, L. "Heat and U.S. Metcatte" Foranges Ames The Iowa State Coll. Press, Iowa, 1951. 724 pp.
- Kharkor, D.V. "The Inoculation of Legumes with nodule Bacteria" Sovel Agron. 11 : 88 - 90, 1949.
- Klein, W.H. Withrow, R.B., and Elstad V.B. Plant Physiology 43 : 698, 1956.
- Koller, Dr., and others "Seed Germination" Plant Physiology 13 : 441 - 443, 1962.
- Kroes, H.H., A Study of Phytochrome, Its Isolation, Structure and Photo chemical Transformations. Doctor's thesis, The Agricultural University Wogenigen, The Netherlands 1970, 111 pp.
- Leopole, A.C., Plant Growth and Development, Mc Grow Hill, New York, 1964, 120 pp.
- Mac Dougol N.Y. Bot. Gard. Mem. 2 : 319, 1903.
- Mayer and Poljakoff, A., The Germination of Seeds. Mac. Mallan Comp. New York 1963.
- Mohr, H. "Primary effects of Light on growth" Ann. Rev. Plant Physiol, 13 : 465 - 488, 1962.
- Mohr, H. "The control of plant growth and development by light" Biol. Rev. 39, 1964.

Parker, M.W., Hendricks, S.B., Borthwick, H.A., and Went, F.W.,
Am. J. Botany 36 : 194, 1949.

Ray, J. Historia Plantarum 1 : 15, 1686.

Robinson, E.J. Leguminous Forage Plant Edward Arnold Co. 1947, 119 pp.

Seigelman, Hendricks and Mohr Plant Physiology 32 : 393, 1957.

Shuck, A.L. Plant Physiology 10 : 193 - 196, 1935.

Smith, Harry Phytochrome and Photomorphogenesis Mc. Grow-Hill
Co. England, 1975, 234 pp.

Snedecor, G.W., and Cochran, W.G., Statistical Methods, State
University press, U.S.A. 1967, pp. 259 - 272, 299 - 301.

Strafford, G.A., Essential of Plant Physiology Heinemann Educational
Books Ltd. 1970, p. 83.

Street, H.E., and Opek Helgig, The Physiology of Flowering Plants.
William Clower & sons, London, 1971, pp. 124 - 125.

Thomson, B.F., Am. J. Botany 37 : 284, 1950.

Toole et. al., "Physiology of Seed germination" Plant Physiology 7,
1956.

Wassink, E.C., Remarks on Energy Relations in Photobiological Processes
Proc. 1st Intern Photobiol Congr. Amsterdam, Bioloi Seet.
Vi 307 - 322, 1954.

Watson, D.J. "The Physiological Bases of Variation in Yeild" Advance
Agron 4, 101 - 145 pp.

Went, F.W. "Effect of Light on Stem and Leaf Growth" Amer. J. Botany
28, 1941.

Wilson, C.L., and Walter E. Loomis "Photosynthesis and the Leaf" Botany
Holt Rinehart and Wilson, Inc. pp. 74 - 78, 1966.

Withrow, Robert B., "Response of Seedlings to Various Wavebands of
Low Intensity Irradiation" Plant Physiology Vol. 16
pp. 241 - 255, 1964.