



ปัญหาพิเศษ

การประเมินความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ผ่านการ
สะท้อนแสงยูวีและฟิลเตอร์สีต่างกัน

**Evaluation of Mung Bean (*Vigna radiata* cv. Kampaengsaen 2) Seed
Maturity Using Transmission of UV Radiation and Different Color Filters**

นางสาวมัชฌิมา กลิ่นต่าย

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

ปริญญา

..... วิทยาศาสตร์เกษตร พืชไร่นา ก
สาขา ภาควิชา

เรื่อง การประเมินความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ผ่านการสะท้อนแสงยูวีและ
ฟิลเตอร์สีต่างกัน

Evaluation of Mung Bean (*Vigna radiata* cv. Kampaengsaen 2) Seed Maturity Using
Transmission of UV Radiation and Different Color Filters

นามผู้วิจัย นางสาวมัชฌิมา กลิ่นต่าย

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก
(..... อาจารย์ ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม
(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิติพงษ์ โดบันลือภพ, Dr.sc.)

หัวหน้าภาควิชา
(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยะ กิตติภาดากุล, Ph.D.)

วันที่ เดือน เมษายน พ.ศ. 2561

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การประเมินความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน2 ผ่านการสะท้อนแสงยูวีและ
ฟิลเตอร์สีต่างกัน

**Evaluation of Mung Bean (*Vigna radiata* cv. Kampaengsaen 2) Seed Maturity Using
Transmission of UV Radiation and Different Color Filters**

โดย

นางสาวมัชฌิมา กลิ่นต่าย

เสนอ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY

บทคัดย่อ

นางสาวมัชนิมา กลิ่นต่าย 2561: การประเมินความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ผ่านการสะท้อนแสงยูวีและฟลูออเรสเซนส์ต่างกัน ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษา: ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล, ประ.ศ. 33 หน้า

ถั่วเขียวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการขยายตัวของอุตสาหกรรมการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพิ่มขึ้น รวมถึงการส่งออกผลิตภัณฑ์ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการการใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ปัญหาที่พบในการผลิตเมล็ดพันธุ์คือ การทยอยแก่ หรือ การแก่ไม่พร้อมกันของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุความแก่ทางสรีระวิทยาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยการวิเคราะห์การดูดซับและเปล่งแสง chlorophyll fluorescence ของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ โดยใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์เดียวกันที่ปลูกในพื้นที่ที่แตกต่างกันคือในจังหวัดลพบุรี และสุพรรณบุรี เก็บเมล็ดพันธุ์ 3 ระยะ ได้แก่ ระยะอ่อน ระยะเริ่มแก่ และระยะแก่ นำเมล็ดมาส่องภายใต้อุปกรณ์กำเนิดแสงยูวีและฟลูออเรสเซนส์แตกต่างกันที่ประดิษฐ์ขึ้น รวมทั้งการเก็บข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ผลการทดลองพบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวทั้ง 3 ระยะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงแตกต่างกัน ($P < 0.05$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์ต่อการการดูดซับและเปล่งแสง chlorophyll fluorescence ของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ภายใต้อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

____/____/____

ABSTRACT

Muchchima Klintai 2018: Evaluation of Mung Bean (*Vigna radiata* cv. Kampaengsaen 2) Seed Maturity Using Transmission of UV Radiation and Different Color Filters Special Problems, Bachelor's Degree (Agriculture) Major Field Agriculture Science Department of Agronomy Special Problems Advisor: Damrongvudhi Onwimol. Ph.D. 33 pages.

Mungbean is economic crop of Thailand. Increase in number of processed industries, exports, result in the demand of mungbean seeds. However, the major problem of this species is asynchronous in seed maturity because of its unique characteristic. Therefore, the objective of this experiment was to develop correct and precise a maturity assessment method for searching the physiological maturity of mungbean cv. Kamphaeng Saen 2 Seeds using the chlorophyll fluorescence analysis of seed coat. In the experiment, similar varieties of mungbean grown in different areas, namely Lop Buri and Suphan Buri provinces were analysed. Three phases of seeds developments were collected (fresh seed, physiological mature seed, and harvested mature seed). The invented UV light generator and different color filters were used to investigate the seeds. The germination percentage was test and seed vigor were also collected by accelerating seed age. The results indicated that mungbean seeds at 3 phases were different in percentage germination and seed vigor ($P < 0.05$). However, there was no relationship to chlorophyll fluorescence of seed coat under the invented device.

Student's signature

Thesis Advisor's

___/___/___

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ผู้สนับสนุนและจัดหาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวมัน รวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทดลองครั้งนี้ซึ่งเป็นผู้ชี้แนะแนวทางในการทำการทดลองเป็นอย่างสูง ที่ช่วยทำให้การทำปัญหาพิเศษนี้สำเร็จ และส่งเสริมการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เมล็ดพันธุ์ของข้าพเจ้า และยังเป็นผู้ให้คำปรึกษาและข้อคิดที่มีประโยชน์ ซึ่งสามารถนำไปใช้พัฒนาศักยภาพตนเองในอนาคตได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิติพงษ์ โดบันลือภพ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่สนับสนุนการทำปัญหาพิเศษและเป็นแบบอย่างที่ดีของนิสิตเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ ที่อบรมสั่งสอน สนับสนุนการศึกษาและให้กำลังใจเสมอมา ขอขอบรุ่นพี่ในห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ที่ให้คำปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษและช่วยเก็บข้อมูลในครั้งนี้

นางสาวมัชฌิมา กลิ่นต่าย

พฤษภาคม 2561

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	16
อุปกรณ์	16
วิธีการ	17
สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย	19
ผลและวิจารณ์	21
สรุป	26
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	27
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	31

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การปรับปรุงเฉลี่ยในแต่ละขั้นตอนของการเก็บเกี่ยวจากการใช้คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ (CF) การงอกหลังการเร่งอายุ AA test และเปอร์เซ็นต์การงอกของต้นกล้า	14
2 จำนวนทั้งหมด (รวม 16 พันธุ์) ที่เป็นผลผลิตในการเก็บเกี่ยวที่มีคุณภาพสูงปานกลางและต่ำ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวของพันธุ์พริกไทย 4 สายพันธุ์ หลังจากการคัดแยกคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ (CF) หรือการระงับการงอก การงอกหลังการเร่งอายุแบบควบคุม (CD) และการงอกออกมาของต้นกล้า	14
3 ความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่เก็บได้ในระยะต่าง ๆ	24
4 ความงอกของถั่วเขียวที่ปลูกในจังหวัดสุพรรณบุรีทั้ง 3 ตัวอย่างที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะต่าง ๆ	24
5 ความงอกของถั่วเขียวที่ปลูกในจังหวัดลพบุรีทั้ง 3 ตัวอย่างที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะต่าง ๆ	25

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 เปอร์เซ็นต์การงอกหลังการเร่งอายุแบบควบคุม ของเมล็ดพันธุ์ฝักรักไทยที่มีการจำแนกตาม Chlorophyll fluorescence	11
2 ค่าเฉลี่ยเวลาการงอกของเมล็ดพันธุ์ฝักรักไทย ตามช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวต่างกัน ที่ใช้ Chlorophyll fluorescence และไม่ใช่ Chlorophyll fluorescence	12
3 เปอร์เซ็นต์การงอกของต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์จากเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโตของพันธุ์ฝักรักไทย ที่มีการคัดแยกตาม Chlorophyll fluorescence และไม่มีการคัดแยก	13
4 ถั่วเขียวในแปลงปลูก a) ถั่วเขียวในแปลงปลูก ที่ต้นอายุ 30 วันหลังการปลูก b) ถั่วเขียวในแปลงปลูก ที่ต้นอายุ 48 วันหลังการปลูก และ c) ถั่วเขียวในแปลงปลูก ที่ต้นอายุ 67 วันหลังการปลูก	22
5 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ภายใต้การวิเคราะห์ การสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟิลเตอร์สีแตกต่างกัน แบบต่าง ๆ a) ระยะอ่อน อายุ 10 วันหลังดอกบาน b) ระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา อายุ 28 วันหลังดอกบานและ c) ระยะสุกแก่เก็บเกี่ยว อายุ 47 วันหลังดอกบาน	23
6 การทดสอบการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์โดยวิธี Accelerated Aging (AA) Test ของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้ในระยะต่าง ๆ	26

การประเมินความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ผ่านการสะท้อนแสงยูวีและฟิลเตอร์สีต่างกัน

Evaluation of Mung Bean (*Vigna radiata* cv. Kampaengsaen 2) Seed Maturity Using Transmission of UV Radiation and Different Color Filters

คำนำ

ถั่วเขียว (Mungbean) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna radiata* (L.) Wilczek จัดอยู่ในวงศ์ Leguminosae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดีย หรือรอยต่อระหว่างอินเดียกับพม่า สำหรับประเทศไทยมีการปลูกเมื่อหลายพันปีมาแล้ว (อรพรรณ, 2547) ถั่วเขียวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง มีความต้องการบริโภคสูง โดยใช้เป็นส่วนประกอบอาหารประเภทต่าง ๆ ทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ถั่วเขียวคั่วน้ำตาล เต้าส่วน ถั่วอก วุ้นเส้น ขนมปังกรอบ ซ้าหริ่ม (วุฒิชัย, 2526; สมศักดิ์, 2540) เกษตรกรแทบทุกภาคนิยมปลูกเป็นพืชหมุนเวียนและปลูกร่วมกับพืชหลักชนิดอื่นในระบบการปลูกพืชเนื่องจากถั่วเขียวมีอายุสั้น ให้ผลผลิตสูงและยังเป็นพืชที่ให้ราคาดี ใช้ปลูกเป็นพืชเสริมรายได้ ถั่วเขียวยังเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในประเทศไทยมาโดยตลอด และไทยยังเป็นผู้ส่งออกถั่วเขียวและผลิตภัณฑ์จากถั่วเขียวรายใหญ่ที่สุดของโลกมากกว่า 30 ปีติดต่อกัน สถิติพื้นที่ปลูกถั่วเขียวในปี 2559/60 เท่ากับ 0.81 ล้านไร่ ผลผลิต 100,720 ตัน และผลผลิตต่อไร่ 117 กิโลกรัม ซึ่งทั้งพื้นที่ปลูกและผลผลิตใกล้เคียงกับในปีที่ผ่านมา ในขณะที่ความต้องการในประเทศในปี 2559 เท่ากับ 102,000 ตัน และนำเข้าจากต่างประเทศ 24,313 ตัน คาดว่าความต้องการถั่วเขียวในปีต่อไป มีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความต้องการของอุตสาหกรรมที่ใช้ถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบมีแนวโน้มขยายตัว และการส่งออกผลิตภัณฑ์ถั่วเขียวก็มีแนวโน้มขยายตัวเช่นกัน อย่างไรก็ตามคุณภาพเมล็ดพันธุ์มีความสำคัญต่อผลผลิตโดยเมล็ดพันธุ์ที่ดีจะต้องเป็นเมล็ดพันธุ์แห้งมีความชื้นต่ำ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง งอกได้เร็วให้ต้นกล้าที่แข็งแรงและทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งต้องทดสอบโดยนักเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ ในขณะที่ในอนาคตมีแนวโน้มการขาดแคลนแรงงานภาคการเกษตร ตลอดจนนักวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ส่งผลให้ต้องมีการปรับตัวและปรับเปลี่ยนวิถีคิดใหม่ซึ่งเป็นโอกาสอันดีในการใช้นโยบาย Thailand 4.0 ที่เน้นการทำงานน้อยแต่ได้มาก จึงเป็นการเปิดโอกาสให้เกษตรกรได้พัฒนาการทำการเกษตรด้วยวิธีการใหม่ ๆ และเปิดรับต่อการเปลี่ยนแปลง โดยเปลี่ยนจากการทำเกษตรแบบดั้งเดิมมาเป็น Smart Farming ที่นำเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ หนึ่งในนั้นคือเทคโนโลยีที่สามารถตรวจสอบการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว เนื่องจากปัญหาการผลิตถั่วเขียวคือถั่วเขียวที่สุกแก่ไม่พร้อมกันทำให้คุณภาพของผลผลิตต่ำเพราะถ้าจะเก็บเกี่ยวครั้งเดียว ก็ต้องทิ้งฝักที่แก่แล้วไว้ในแปลง

เพื่อรอฝักที่กำลังทยอยแก่ แต่ถ้าจะเก็บเกี่ยวหลายครั้ง จะต้องใช้แรงงานมาก อาจไม่คุ้มต่อค่าต่อการลงทุน โดยเฉพาะการเก็บครั้งหลัง ๆ (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2547) วิธีดั้งเดิมที่เกษตรกรใช้ก็คือการประมาณการสุกแก่คือพิจารณาจากลักษณะสีฝักซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำ ปัญหาพิเศษนี้ จึงพยายามนำเทคโนโลยีการประเมินความแก่โดยการวิเคราะห์ Chlorophyll Fluorescence หรือ การสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟลูออเรสเซนส์แตกต่างกันมาใช้ เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประเมินความแก่ของเมล็ดที่ง่ายต้นทุนต่ำที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจำแนกความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยการวิเคราะห์ การสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟลูออเรสเซนส์แตกต่างกัน
2. เพื่อจำแนกความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยเทคนิคการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ของพันธุ์ถั่วเขียวที่นิยมใช้ในประเทศไทยโดยวิธี Accelerated Aging (AA) Test
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ความของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยการวิเคราะห์ การสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟลูออเรสเซนส์แตกต่างกัน กับค่าการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์โดยวิธี AA Test

การตรวจเอกสาร

ถั่วเป็นพืชอาหารโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ สามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ แปรรูปเป็นอาหารขนมต่างๆ ได้หลากหลายชนิด ถั่วต่างๆ ในโลกมีมากมายหลากหลายชนิด ถั่วในประเทศไทยมีการผลิตเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ถั่วเขียว ซึ่งผลผลิตส่วนใหญ่ใช้เพื่อการบริโภคโดยตรง และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด อาทิ ถั่วงอก วุ้นเส้น แป้งถั่วเขียว วุ้นเส้นกึ่งสำเร็จรูป ถั่วชิก และขนมชนิดต่าง ๆ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2522) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการผลิตถั่วเขียวของไทยยังไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ในประเทศ ผลผลิตถั่วเขียวของไทยเพิ่มขึ้นจาก 99,775 ตัน ในปี 2551 เป็น 103,180 ตันในปี 2555 หรือเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 1.09 ต่อปี ขณะที่ความต้องการใช้ในประเทศเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 5.74 ต่อปี ส่งผลให้การส่งออกถั่วเขียวลดลงในอัตราร้อยละ 3.75 ต่อปี แต่การนำเข้าเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 16.36 ต่อปีเพื่อรองรับความต้องการใช้ถั่วเขียวในประเทศ โดยเป็นการนำเข้าถั่วเขียวจากผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก เช่น สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์ ออสเตรเลีย เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554)

ในปี 2558 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกถั่วเขียวประมาณ 829,145 ไร่ มีความต้องการเมล็ดพันธุ์โดยประมาณ 4,146 ตัน คำนวณโดยเฉลี่ยในการใช้เมล็ดพันธุ์ 5 กิโลกรัมต่อไร่ แต่รัฐผลิตได้ 617 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 15 ของความต้องการเมล็ดพันธุ์ทั้งประเทศ ราคาเมล็ดพันธุ์ในตลาดทั่วไปประมาณ 60-70 บาท/กิโลกรัม (กรมวิชาการเกษตรจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ที่ 40 บาท/กิโลกรัม) ด้านผลผลิตที่ได้ต่อไร่จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ สภาพความสมบูรณ์ของแปลงปลูก รวมไปถึงการดูแลจัดการ โดยเฉลี่ยประมาณ 117-300 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่ความต้องการใช้ผลผลิตถั่วเขียวภายในประเทศประมาณ 1 แสนตัน/ปี

ปัญหาหลักของการผลิตถั่วเขียว คือการขาดแคลนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์คุณภาพดีสำหรับใช้เพาะปลูกในช่วงเวลาที่ต้องการ เกษตรกรส่วนใหญ่จะนำเมล็ดที่เก็บไว้จากฤดูก่อนมาเป็นเมล็ดพันธุ์หรือซื้อหา แบ่งปันจากเพื่อนบ้าน หรือตามร้านค้า หรือเมล็ดพันธุ์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเช่น กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร หรือกรมส่งเสริมสหกรณ์ซึ่งมีปริมาณไม่เพียงพอหรือทันต่อความต้องการของเกษตรกร ดังนั้น เมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่ที่ใช้เพาะปลูกจึงต้องมีคุณภาพต่ำ เช่น อัตราความงอกต่ำ ขาดความสม่ำเสมอ ผลผลิตจึงต่ำและขาดคุณภาพส่งผลให้ปริมาณการผลิตที่แท้จริง ไม่เป็นไปตามแผนที่ต้องการ นอกจากนี้ การผลิตถั่วเขียวยังขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด ซึ่งราคาจะเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดการผลิต(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ตลอดจนนโยบายประกันราคาพืชผลชนิดอื่นมีส่วนเกี่ยวข้อง และส่งผลกระทบต่อการผลิตถั่วเขียว ทำให้ปริมาณการผลิตไม่เสถียร

การสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

พิชัย (2524) กล่าวถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ดังนี้

1. ความชื้นของเมล็ด ระยะที่เมล็ดเปลี่ยนแปลงการลดความชื้นอย่างช้าๆ สมำเสมอ มาเป็นการลดความชื้นอย่างรวดเร็วนี้คือ ระยะที่เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา โดยปกติเมื่อเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยานั้น เมล็ดยังมีความชื้นสูงคือ ประมาณ 40 เปอร์เซนต์ หลังจากเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้ว ความชื้นของเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็วจนมีความชื้นประมาณ 14-20 เปอร์เซนต์ขณะเก็บเกี่ยว (harvesting maturity หรือ field maturity)
2. ขนาดของเมล็ด หลังปฏิสนธิแล้ว มีอาหารที่ส่งจากส่วนต่างๆ ของต้นแม่มาสะสมไว้มากขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น จนมีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยา ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดยังมีความชื้นสูง หลังจากการสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้ว ความชื้นของเมล็ดลดลงอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้เมล็ดมีขนาดเล็กลง
3. น้ำหนักแห้งของเมล็ด ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา เมล็ดมีน้ำหนักแห้งสูงสุด ระยะที่เมล็ดมีน้ำหนักแห้งสูงสุดนี้ เป็นระยะที่การขนย้ายถ่ายเทอาหารจากส่วนต่างๆ ของลำต้นมาให้แก่เมล็ดหยุดชะงัก ที่ระยะนี้อัตราการสร้างอาหารเท่ากับอัตราการใช้ หลังจากระยะนี้ไปแล้วเมล็ดมีน้ำหนักแห้งลดลง เนื่องจากไม่มีอาหารส่งไปสะสม
4. ความงอกของเมล็ด เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยานั้นเมล็ดยังคงมีความงอกสูงสุด ความงอกสูงสุดนี้จะคงอยู่ชั่วระยะเวลาหนึ่งแล้วค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากมีการเสื่อมคุณภาพ (deterioration) เกิดขึ้นในเมล็ดหลังจากที่เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้ว
5. ความแข็งแรงของเมล็ด ความแข็งแรงของเมล็ดเพิ่มขึ้นช้ากว่าความงอกของเมล็ด และสูงสุดเฉพาะขณะที่เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาเท่านั้น หลังจากเมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาไปแล้ว ความแข็งแรงของเมล็ดจะค่อย ๆ ลดลงในอัตราที่เร็วกว่าการลดลงของความงอก
6. การเปลี่ยนแปลงอื่นๆ เช่น ลักษณะอื่นๆ ของเมล็ดที่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่าง การสุกแก่ของเมล็ด (seed maturation) ลักษณะเหล่านี้ได้แก่ ปริมาณ chlorophyll , สีฝักและสีเมล็ด
7. การเสื่อมคุณภาพของเมล็ด เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยานั้น เป็นระยะที่เมล็ดมีลักษณะต่างๆ ของเมล็ดอยู่ในระดับสูงสุด ฉะนั้น ที่ระยะนี้อาจกล่าวได้ว่าเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพน้อยที่สุด แต่เมื่อพ้นระยะนี้ไปแล้ว เมล็ดเริ่มเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากไม่มีอาหารมาสะสมเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันเมล็ดยังมีการหายใจ

ปัญหาของการเก็บไม่พร้อมกันของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว

มนุษย์รู้จักใช้เมล็ดพันธุ์มานานประมาณ 12,000 ปีแล้ว ผลคือทำให้เกิดอารยะธรรม แต่เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้สามารถเก็บและถ่ายทอดลักษณะประจำพันธุ์ของพืชได้ มนุษย์พยายามคิดค้น คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์พืชให้ได้ลักษณะตามที่ต้องการ เพื่อประโยชน์ของการอยู่รอดของมนุษย์ และได้อาศัยเมล็ดพันธุ์

เป็นตัวนำและถ่ายทอดลักษณะของพืชที่ดีเด่นและความพยายามของมนุษย์ในการปรับปรุงพันธุ์พืชไปสู่การผลิตพืช เมล็ดพันธุ์มีเปลือกเพื่อป้องกันตัวเองจากสภาพที่ไม่เหมาะสม มีอาหารสะสมเพื่อการอยู่รอดและการงอก และมีการหายใจและใช้อาหารในอัตราที่ต่ำมาก จึงทำให้เมล็ดพันธุ์มีชีวิตอยู่ได้นานและสามารถแพร่กระจายพันธุ์ไปได้ไกล ๆ โดยไม่เกิดความเสียหาย นอกจากนี้กลยุทธการทยอยออกลูกหลานหลาย ๆ รุ่นจะช่วยกระจายความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ได้ (วันชัย, 2542) ทำให้สามารถถ่ายทอดลักษณะหรือพันธุกรรมของพืชไปได้อย่างกว้างขวางและทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากเมล็ดพันธุ์ได้มากและกว้างขวางยิ่งขึ้น เหตุนี้การทยอยสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นคุณลักษณะที่ส่งเสริมการอยู่รอดของพืช อย่างไรก็ตาม ในการปลูกพืชเชิงเดี่ยว ลักษณะดังกล่าว กลายเป็นโทษลักษณะ

ถั่วเขียวที่สุกแก่ไม่พร้อมกันทำให้คุณภาพของผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควรเพราะถ้าจะเก็บเกี่ยวครั้งเดียว ก็ต้องทิ้งฝักที่แก่แล้วไว้ในแปลงเพื่อรอฝักที่ทยอยแก่ แต่ถ้าจะเก็บเกี่ยวหลายครั้ง ก็ต้องใช้แรงงานมาก อาจไม่คุ้มต่อค่าใช้จ่าย โดยเฉพาะการเก็บครั้งหลังๆ (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา, 2547)

ลักษณะทางคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Quality Characteristics of Seed)

วันชัย (2542)กล่าวถึงลักษณะทางคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ไว้ดังนี้

1. ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ (Seed physical purity) หมายถึง ลักษณะรวมของกองเมล็ดพันธุ์ว่ามีความสะอาดหรือมีเมล็ดพันธุ์พืชที่ต้องการอยู่สัดส่วนเท่าไร มีสิ่งไม่พึงประสงค์ (Undesirable) เช่น เมล็ดพืชอื่น เมล็ดวัชพืช และสิ่งเจือปนปะปนอยู่มากน้อยเพียงใด
2. ความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ (Varietal purity) ความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ของเมล็ดพันธุ์ คือ การตรงตามพันธุ์ของพืชสายพันธุ์ที่ระบุไว้ ว่าเป็นพันธุ์แท้ไม่มีสายพันธุ์อื่นและเมล็ดพันธุ์ของสายพันธุ์อื่นปะปนมา ความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ เป็นคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญลักษณะหนึ่งที่ทำให้การใช้เมล็ดพันธุ์และการผลิตพืชสู่เป้าหมาย และทำให้เกิดการปรับปรุงพันธุ์พืชและอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ การใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีสายพันธุ์อื่นปะปนมา ทำให้เกิดปัญหาต่อการผลิตพืชไม่ได้ผลผลิตและคุณภาพตามที่ต้องการ
3. ความงอก (Germination) เป็นคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญที่สุด ซึ่งแสดงถึงคุณค่าการเพาะปลูกและผลิตพืช ความงอกของเมล็ดพันธุ์ หมายถึง สัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดพันธุ์ที่งอกจากจำนวนที่เพาะ และเมล็ดพันธุ์ที่งอกต้องมีการเจริญเติบโตของต้นอ่อนที่เจริญเป็นต้นพืชเพื่อการผลิตพืชต่อไปได้
4. ความแข็งแรง (Vigor) ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สามารถแสดงให้เห็นได้ เมื่อมีสภาพแวดล้อมบางอย่างไม่เหมาะสมหรือลักษณะบางอย่างที่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้น จึงมีผู้ให้ความหมายของความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ไว้หลายอย่าง เช่น เป็นลักษณะของเมล็ดพันธุ์ที่แสดงถึงความสามารถในการงอกและเจริญได้ดี ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

5. ความชื้น (Moisture content) คือ น้ำที่อยู่อย่างอิสระในเมล็ดพันธุ์ อาจอยู่ในช่องว่างหรือเคลือบโมเลกุลของสารและส่วนต่าง ๆ ในเมล็ดพันธุ์ โดยไม่รวมน้ำที่เป็นส่วนประกอบของสารเคมีในเมล็ดพันธุ์ น้ำที่เป็นความชื้นของเมล็ดพันธุ์นี้ มีผลต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้เพาะปลูกน้อยมาก แต่มีผลอย่างมากต่อคุณภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

6. เมล็ดวัชพืช (Weed seed) เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ ในการตรวจสอบเมล็ดวัชพืชนี้ นอกจากจะดูเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงชนิดและจำนวนเมล็ดวัชพืชต่อหน่วยน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ด้วยเมล็ดวัชพืชมีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์อย่างมาก

7. ขนาด (Size) ขนาดของเมล็ด หมายถึง ความเล็กใหญ่ ซึ่งอาจวัดในรูปของความ กว้าง ความยาว ความหนา หรือเส้นผ่าศูนย์กลางของเมล็ด การพิจารณาของเมล็ดต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ ความเล็กใหญ่ และความสม่ำเสมอ

8. น้ำหนัก (Weight) น้ำหนักของเมล็ด คือ น้ำหนักที่ชั่งได้ อาจแสดงในรูปน้ำหนัก 100 เมล็ด หรือ 1,000 เมล็ด หรือจำนวนเมล็ดต่อหน่วยน้ำหนัก

9. สี (color) เมล็ดพันธุ์ที่ดี ต้องมีสีที่สดใสสม่ำเสมอและตรงตามสายพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่มีสีไม่ตรงตามพันธุ์ มีสีอ่อน สีเข้ม สีหม่น สีสดใสปะปนกันอยู่ แสดงว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพไม่ดีและอาจมีเมล็ดพันธุ์เก่าปะปนอยู่

10. สุขภาพเมล็ดพันธุ์ (Seed health) คือ โรคและแมลงที่ติดปะปนมากับเมล็ดพันธุ์ มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งในระหว่างการเก็บรักษาและในแปลงเพาะปลูก

11. เมล็ดพันธุ์ที่เสียหาย (Damaged seed) ความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ เช่น แตกหัก แตกร้าว หรือความเสียหายอื่นทั้งภายในและภายนอก เป็นลักษณะหนึ่งของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ถึงแม้มีขนาดใหญ่มาก สีสดใสสม่ำเสมอดี แต่ถ้ามีเมล็ดที่แตกร้าวอยู่จำนวนมาก เมื่อนำไปเพาะปลูกให้ได้ต้นกล้าผิดปกติ ไม่สามารถเจริญเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ต่อไปได้

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ Seed vigor

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ คือ ลักษณะบางอย่างซึ่งเป็นพลังเจิบที่หลบซ่อนอยู่ในเมล็ดพันธุ์ลักษณะที่ดีเด่นของเมล็ดพันธุ์นี้ เป็นผลรวมของลักษณะต่างๆ ซึ่งจะแสดงให้เห็นเมื่อสภาพแวดล้อมแปรปรวนผิดปกติ ดังนั้นการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ จึงกระทำได้หลายวิธี ทั้งทางตรงและทางอ้อม (จวงจันทร, 2529)

การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุ (Accelerated aging test for seed vigor)

หลักสำคัญของการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุนี้ คือ การให้เมล็ดได้รับสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยการนำเมล็ดพันธุ์ไปไว้ในที่ๆ มีอุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลาหนึ่งประมาณ 3-5 วัน แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุแล้วมาทดสอบความงอกการนำเมล็ดพันธุ์ไปไว้ในที่ๆ มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงนี้ เมล็ดพันธุ์มีอัตราการเสื่อมคุณภาพสูง มีผลทำให้ความงอกหรือความมีชีวิตของเมล็ดลดลง ความงอกของเมล็ดหรือความมีชีวิตที่ลดลงนี้ ขึ้นอยู่กับศักยภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ ก่อนการเร่งอายุ กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง หลังจากผ่านการเร่งอายุแล้ว มีความงอกลดลงน้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำ ผลการทดลองทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทยยืนยันว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังจากผ่านการเร่งอายุแล้ว มีความสัมพันธ์กับความงอกในไร่นาในสภาพแวดล้อมต่างๆ ฉะนั้นหลักการของการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์วิธีนี้ก็คือ เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูงย่อมทนทานต่อสภาพของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง เมล็ดพันธุ์จึงยังคงสามารถงอกให้ต้นกล้าปกติได้ เมื่อนำมาทดสอบความงอก (จวงจันทร, 2529)

คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ (chlorophyll fluorescence)

การดูดกลืนแสงของโมเลกุลของสารใด ๆ นั้น จะขึ้นอยู่กับระดับพลังงานหรือช่วงคลื่นของแสงแต่ละชนิด แสงในช่วงที่ตามองเห็นจะมีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 380-760 นาโนเมตร (พรรณี, 2524) เมื่อโมเลกุลของสารดูดแสงช่วงคลื่นนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของโมเลกุลทำให้มีอิเล็กตรอนอยู่ในสภาพเร่งเร้า (exciting state) ในสภาพปกติก่อนที่โมเลกุลจะดูดพลังงานแสงโมเลกุลอยู่ในสภาพเสถียรหรือคงตัว (ground state) พลังงานของอิเล็กตรอนหรือโมเลกุลที่สูงขึ้นจากระดับปกติและอยู่ในสภาพเร่งเร้านี้เรียกว่า พลังงานเร่งเร้า (excitation energy) ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่คงตัวและเกิดในสภาพสั้นมากเพียงเสี้ยววินาที ถ้าต้องการใช้พลังงานนี้ให้เป็นประโยชน์จะต้องส่งถ่ายอิเล็กตรอนหรือพลังงานผ่านโมเลกุลของรงควัตถุที่อยู่ติดกันเป็นทอดๆ โดยต่อเนื่องกันจนถึงศูนย์กลางของปฏิกิริยาสังเคราะห์แสง ถ้าพลังงานเร่งเร้านี้ไม่สามารถส่งถ่ายอิเล็กตรอนไปยังสารอื่นได้ภายในระยะเวลา 9-10 วินาที พลังงานเร่งเร้านี้จะต้องขจัดออกไปจากระบบในรูปของความร้อน หรือเปลี่ยนเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่าเดิมหรือเกิดการเรืองแสงที่เรียกว่า ฟลูออเรสเซนซ์ (fluorescence) (สมบุญ, 2536; Fracheboud, 2001)

สำหรับพืชโดยทั่วไปแล้วพลังงานแสงจะถูกดูดกลืนด้วยโมเลกุลของคลอโรฟิลล์เพื่อนำไปใช้ในปฏิกิริยาสังเคราะห์แสง อย่างไรก็ตามจะมีพลังงานอีกส่วนหนึ่งที่ไม่ได้ใช้ในปฏิกิริยานี้ พืชจึงมีกลไกในการปลดปล่อยพลังงานนี้ออกมาในลักษณะต่างๆ เช่นการสะท้อนกลับ ของรังสีและการเปล่งรังสีฟลูออเรสเซนซ์

(Hall et al., 1993) ซึ่งจำนวนของคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์จะเป็นสิ่งชี้วัดความคงตัวของไทลาคอยด์เมมเบรน และประสิทธิภาพความสัมพันธ์ของการส่งถ่ายอิเล็กตรอนจาก Photosystem II (PSII) ไปยัง Photosystem I (PSI) (Schreiber and Armond, 1978; Smillie, 1979; Krause and Weis, 1984)

ในสภาพปกติเมื่อใบพืชได้รับความมืดประมาณ 30 นาที พบว่าส่วนของตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) ใน Photosystem II (PSII) จะอยู่ในสภาพ ground state และสามารถเปิดรับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ได้สูงสุด แต่อย่างไรก็ตามในสภาพนี้คลอโรฟิลล์ก็สามารถแปลงฟลูออเรสเซนซ์ออกมาได้ต่ำสุดเรียกว่า Fo (mimimum fluorescence) ในทันทีที่พืชได้รับรังสีดวงอาทิตย์ electron acceptor เปลี่ยนไปอยู่ในสภาพ excited state และการแปลงรังสีฟลูออเรสเซนซ์จากคลอโรฟิลล์ก็จะเพิ่มไปสู่สภาพสูงสุดเรียกว่า Fm (maximum fluorescence) จากนั้นค่านี้ก็จะลดลงสู่ระดับ Fo อีกครั้งเมื่อพลังงานถูกส่งต่อไปยัง Photosystem I (PSI) ส่วนของ electron acceptor ก็จะสามารถรับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ได้อีกต่อไป ความแตกต่างระหว่างค่า Fm และ Fo เรียกว่า variable fluorescence (Fv) อัตราส่วนของ Fv/Fm แสดงถึงความสามารถของ PSII ในคลอโรฟิลล์ของพืชในการรับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ และถ่ายทอดไปสู่ PSI (Maxwell and Johnson, 2000; Fracheboud, 2001) ซึ่งเรียกว่า Maximum quantum yield of PSII มีสูตรดังนี้

$$Fv/Fm = (Fm - Fo) / Fm$$

ค่านี้มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของปฏิกิริยาเคมีของการใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เรียกว่า quantum yield (Bjorkman and Demming, 1987; Krause and Weis, 1991; Kocheva *et al.*, 2004)

ดังนั้นการวัดค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของกระบวนการสังเคราะห์แสง ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงเทคนิคนี้เพื่อมาใช้เป็นเครื่องมือศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชต่อสภาวะเครียดของสิ่งแวดล้อมภายนอก (Sayed, 1992; Flagella *et al.*, 1994; Bilger *et al.*, 1995; Maxwell and Johnson, 2000; Strasser *et al.*, 2000; Fracheboud, 2001) ซึ่งผลของสภาวะเครียดที่มีต่อการทำงานของ PSII ของพืชนั้น จะมีผลนำไปสู่การลดลงของค่า Fv/Fm (Krause and Weis, 1984) และถ้ากระบวนการสังเคราะห์แสงได้รับความเสียหาย อันเนื่องมาจากอุณหภูมิสูง ค่า Fo จะเพิ่มสูงขึ้น โดยการวัดค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์สามารถใช้ได้กับพืชทุกสปีชีส์ (Wilson and Greaves, 1993) เช่น ข้าวบาร์เลย์ (Kocheva *et al.*, 2004) มันฝรั่ง (Smillie and Hetherington, 1990) เป็นต้น

Nogues *et al.* (1994) มีการใช้เทคนิคคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ในการคัดแยกความทนแล้งในข้าวบาร์เลย์ ร่วมกับการประเมินการแลกเปลี่ยน คาร์บอนไดออกไซด์ และ water potential ในใบ รวมทั้งการศึกษา

กับความทนทานร้อนในข้าวบาร์เลย์ ต่ออุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสโดยเทคนิคคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ในการตรวจสอบความเสียหายในระดับไทลาคอยด์เมมเบรน (Ilik *et al.*, 2000)

Wilaon and Greaves (1993) ใช้ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ในการจำแนกที่ความทนทานสภาพร้อนในข้าวโพด 6 สายพันธุ์ หลังจากที่ได้รับอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่า ค่า Fv/Fm ลดลงสามารถจำแนกความแตกต่างของพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาพร้อนได้และยังได้ทดลองกับทานตะวัน 6 คู่ผสม พบว่าค่า Fv/Fm ไม่เปลี่ยนแปลง และสามารถประเมินความแตกต่างของพันธุ์ได้ในช่วงที่ได้รับอุณหภูมิ 35-40 องศาเซลเซียส เนื่องจากทานตะวันมีกลไกในการหลีกเลี่ยงต่อสภาพร้อนได้ดี

Flagell *et al.* (1994) ได้ศึกษาคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ในข้าวสาลี พบว่า ข้าวสาลีที่เจริญในสภาพน้ำมากจะให้ค่า Fv/Fm สูงและให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวสาลีที่เจริญในสภาพน้ำน้อย และ Selmani and Wassom (1993) รายงานว่า ในการทดลองวัดค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ของข้าวสาลีในสภาพที่มีน้ำมากจะมีค่า Fv/Fm สูงกว่าในสภาพที่มีน้ำน้อย

Hidekaza *et al.* (1994) ศึกษาคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ในใบแดงกว่า พบว่า ค่า Fv/Fm มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับค่า quantum yield ของการสังเคราะห์แสง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์สามารถใช้อธิบายถึงประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชได้

Srinivasan *et al.* (1996) ศึกษาคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์และเสถียรภาพของเซลล์เมมเบรนในการประเมินความทนทานร้อนในพืชตระกูลถั่ว ได้แก่

Cicer arietinum (L.), *Arachis hypogaea* (L.), *Cajanus cajan* (L.), and *Glycine max* (L.) ซึ่งพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของสารอิเล็กโตรไลต์ และประสิทธิภาพของ PSII ทำงานลดลง และมีการฟุ้งตัวของถั่วลิสงมากกว่าถั่วชนิดอื่นๆ และความเสียหายของเมมเบรน มีความสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนักใบในถั่วลิสง ($r = -0.69^{**}$) และถั่วเหลือง ($r = -0.56^{**}$) แต่ไม่พบในเมล็ดถั่วเขียว

Rong-hua *et al.* (2006) ศึกษาคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ในการประเมินความทนทานแล้งในข้าวบาร์เลย์ 4 พันธุ์ พบว่า มีความสัมพันธ์ทางลบของลักษณะทางการเกษตรกับความทนทานแล้ง และมีความแตกต่างของระดับความเครียดต่อสภาพแล้ง และสามารถแยกความเสียหายทั้ง 4 พันธุ์ได้ ซึ่งพบว่าพันธุ์ที่ทนทานจะมีค่า Fo, Fv/Fo และ Fv/Fm มากกว่าค่าที่พบในพันธุ์ที่อ่อนแอ

Petkova *et al.* (2007) ศึกษาการคัดแยกความทนร้อน โดยการประเมินค่าคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ใน *Phaseolus vulgaris* (L.) 12 พันธุ์ ที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส ในตอนเช้า และ 40 องศาเซลเซียส ในตอนกลางวัน ซึ่งพบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจาก 26 เป็น 42 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่า Fo, Fm และ Fv/Fo มีความแตกต่างกันทางสถิติ และพบว่ามี 2 พันธุ์ ที่ทนทานต่อสภาพร้อนและมีค่า Fo, Fv และ Fv/Fo ไม่เปลี่ยนแปลงและเหมาะที่จะเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

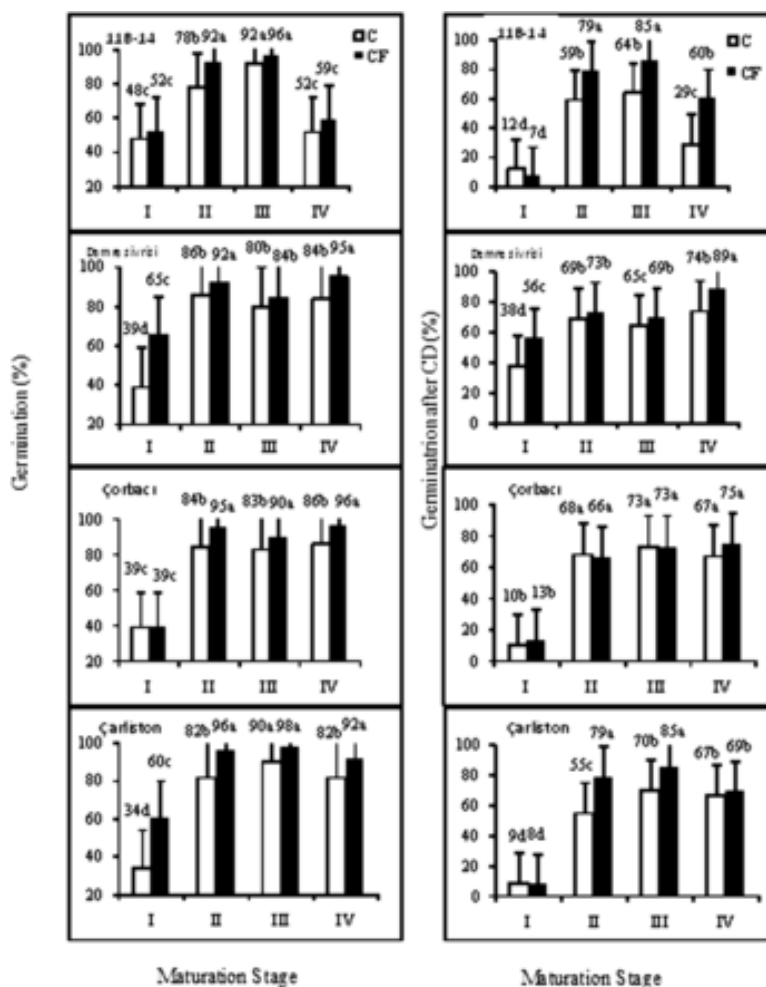
เทคนิคนี้เมื่อนำมาใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์จะสามารถวัดได้ง่าย รวดเร็ว ไม่รบกวนต้นพืช (Sellmani and Wassom, 1993) ทั้งยังสามารถใช้ได้ทั้งภาคสนามและห้องปฏิบัติการ (Olaf and Snel, 1990) ได้

การตรวจสอบความแก่ของเมล็ดพันธุ์ (Seed maturity) ใช้หลักการวัดปริมาณ Chlorophyll ในเมล็ดพันธุ์โดยใช้ Chlorophyll fluorescence

ในการตรวจสอบความแก่ของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งในระหว่างที่เมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่กำลังพัฒนาอยู่บนต้นแม่นั้นปริมาณ Chlorophyll จะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งเมล็ดแก่ ดังนั้นเมล็ดแก่จะมีปริมาณ Chlorophyll น้อยกว่าเมล็ดอ่อน ซึ่งนำมาเคยประยุกต์ใช้กับเครื่องมือ Seed analyzer

วิธีการคัดแยกแบบคลอโรฟิลล์ด้วยฟลูออเรสเซนส์ (Chlorophyll fluorescence) เพื่อปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกที่ผลิตจากเมล็ดที่มีอายุต่างกัน ได้ผลการศึกษาว่า

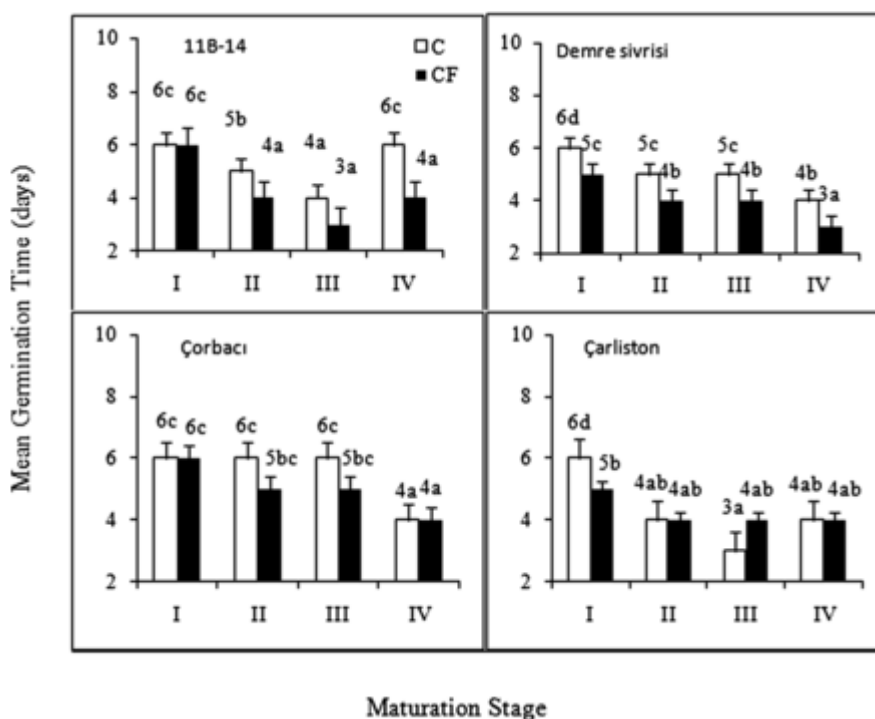
วิธีการจำแนกคลอโรฟิลล์ด้วยฟลูออเรสเซนส์ (CF) ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์จำนวน 10 เมล็ดจาก 16 เมล็ด คุณภาพเมล็ดพันธุ์โดยรวมในระยะที่ 2, 3 และ 4 มีการพัฒนาดีขึ้นกว่าในช่วงแรก (ภาพที่ 1) แต่มีข้อบกพร่องในพันธุ์ 11B-14 ที่มีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญในเมล็ดที่แก่เกินไป ($P < 0.05$) ในการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายนี้ความงอกของเมล็ดลดลงเหลือ 52 เปอร์เซ็นต์ และ 59 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในเมล็ดที่ไม่มีการคัดแยกและมีการคัดแยก จาก 92 เปอร์เซ็นต์ และ 96 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ดแก่ในช่วง 3 ในอีกสามสายพันธุ์ ค่าความงอกของเมล็ดมีความผันผวนเล็กน้อย แต่ยังคงสูงกว่า 78 เปอร์เซ็นต์ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่สองและครั้งถัดไป สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ยังไม่แก่และแก่มากเกินไป ค่า SDSA (การจำแนกเมล็ดที่ตรวจพบข้างต้น) อยู่ระหว่าง 350 ถึง 300 นาโนเมตร แต่จะลดลงในเมล็ดพันธุ์ที่โตเต็มที่ที่เป็น 250 ถึง 230 นาโนเมตร



ภาพที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความงอกหลังการเร่งอายุแบบควบคุม (controlled deterioration; CD) (45 ° C, 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณความชื้น, 48 ชั่วโมง) ของเมล็ดพันธุ์ไทยที่มีการจำแนกตามคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ (CF) และเมล็ดพันธุ์ ที่ไม่มีการจำแนก (C) เมล็ดพันธุ์ไทยที่เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของอายุ 4 การเก็บเกี่ยวจากที่มีการ จำแนกตามคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ (CF) และไม่มีการจำแนก (C) แถบจะแสดงเป็นค่า mean ($\pm$ SE) ค่า mean จะตัวอักษรตัวที่เหมือนกันในสายพันธุ์เดียวกันและการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

ความงอกหลังการเร่งอายุแบบควบคุม (CD) มีแนวโน้มคล้ายคลึงกันระหว่างการเก็บเกี่ยวกับการ ทดสอบความงอกของเมล็ด การเก็บเกี่ยวครั้งแรกมีความแข็งแรง (Vigor) ต่ำสุด การเก็บเกี่ยวครั้งต่อ ๆ ไปยังคง มีเสถียรภาพอยู่ แต่การเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายใน '11B-14' มีความแข็งแรงต่ำกว่าในการเก็บเกี่ยวอื่น ความงอก หลังการเร่งอายุแบบควบคุมจะลดลงจาก 64 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 29 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ดที่ไม่มีการคัดแยกและ 85 เปอร์เซ็นต์ ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ดที่มีการคัดแยก (ภาพที่ 1)

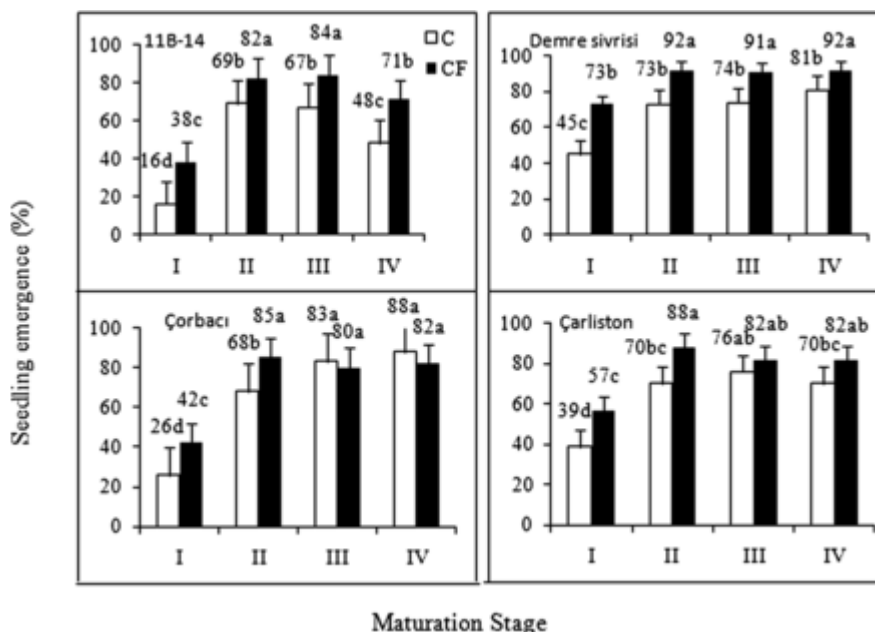
เมล็ดพันธุ์ที่มีการคัดแยกพบว่ามีงอกเร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้รับการคัดแยก ยกเว้นการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ของ 'Çarliston' ค่าความงอกเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3 ถึง 6 วัน (ภาพที่ 2) ซึ่งความแตกต่างระหว่าง 0 ถึง 2 วันมีความงอกเร็วกว่าเมื่อเก็บเกี่ยวที่สาม (ภาพที่ 2) ระยะการแก่ของเมล็ดไม่ได้ลดระยะเวลาในความงอกในสายพันธุ์ Çorbacı ค่าเวลาความงอกเฉลี่ย (MGT) ของการเก็บเกี่ยวสามครั้งแรกในเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการคัดแยกคือ 6 วัน '11B-14' และ 'Çarliston' เป็นพันธุ์ที่มีความงอกที่ค่อนข้างเร็ว แต่ในทุกสายพันธุ์เมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ (การเก็บเกี่ยวครั้งแรก) เป็นกลุ่มที่งอกช้าที่สุด เมล็ดเหล่านี้มีค่าเวลาความงอกเฉลี่ย (MGT) 5 ถึง 6 วัน



ภาพที่ 2 ค่าเวลาความงอกเฉลี่ย (MGT) ที่เก็บเกี่ยวช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่แตกต่างกันของการเมล็ดพันธุ์พริกไทย 4 สายพันธุ์ ที่ได้จากการคัดแยกตามคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ (CF) และการไม่คัดแยก (C) แถบจะแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ($\pm$ SE) ค่าเฉลี่ยจะใช้ตัวอักษรที่เหมือนกันในสายพันธุ์เดียวกันและการเก็บเกี่ยวซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

เปอร์เซ็นต์การเติบโตของต้นกล้าเพิ่มขึ้นตามการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ตามคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ ในทุกระยะการเจริญเติบโตใน '11B-14', 'Demre Sivrisi' และ 'Çarliston' การคัดแยกไม่มีผลต่อการเก็บเกี่ยวสองครั้งสุดท้ายของ Çorbacı (ภาพที่ 3) การเก็บเกี่ยวครั้งแรกมีเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตต่ำสุด แต่การคัดแยกเมล็ด

พันธุ์เป็นการเพิ่มระดับการเจริญเติบโตให้อยู่ในระดับเดียวกับการเก็บเกี่ยวที่ไม่มีการคัดแยกใน 'Demre Sivrisi' โดยมีการปรับปรุงที่ดีขึ้นเป็น 28เปอร์เซ็นต์ ในการเกิดเป็นต้นกล้า



ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์จากเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการเจริญเติบโตของพันธุ์พริกไทย 4 สายพันธุ์ ที่มีการคัดแยกตามคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ (CF) และไม่มีการคัดแยก (C) แถบ จะแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) ($\pm$ SE) ค่าเฉลี่ย จะเป็นตัวอักษรที่เหมือนกันในสายพันธุ์เดียวกัน และการเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

การปรับปรุงการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ตามคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ โดยรวมได้สรุปในตารางที่ 1 และ 2 การปรับปรุงในสามลักษณะมากที่สุดคือ 39 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่สามการปรับปรุงเล็กน้อย การเปรียบเทียบแต่ละเกณฑ์จะใช้ผลการทดสอบความงอกของต้นกล้าที่สะท้อนถึงการปรับปรุงที่ดีที่สุดหลังการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ การแยกเมล็ดพันธุ์ตามคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ ทั้งหมดมีความงอกของต้นกล้าเพิ่มขึ้นเป็น 57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าจำนวนของเมล็ดพันธุ์ที่มีการคัดแยกตามคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ มีคุณภาพดีกว่ามากกว่าพันธุ์ที่ไม่ได้รับการแยกเมื่อมีการพิจารณาพันธุ์ทั้งหมด โดยส่วนใหญ่มีคุณภาพสูง 21 พันธุ์ (มีความงอกและการไหลออกมา น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอกหลังการเร่งอายุแบบควบคุม น้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ แต่มีอยู่ 5 พันธุ์ ที่ไม่ได้รับการแยกหลังจากมีการทดสอบคุณภาพของเมล็ดในทั้งสามพันธุ์ กลุ่มที่ไม่ได้รับการแยกมีจำนวนทั้งหมด 18 พันธุ์ ซึ่งมีคุณภาพต่ำกว่า แต่ในรูปภาพนี้ได้แสดงเพียงแค่ 11 พันธุ์ของกลุ่มที่ได้รับการแยกตามคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์

ตารางที่ 1 การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์การเก็บเกี่ยวจากการใช้คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ (CF) ความงอกหลังการเร่งอายุแบบควบคุม (CD) และเปอร์เซ็นต์ในความงอกของต้นกล้า

Harvest stage period	Improvement			Total
	Germination (%)	CD (%)	Emergence (%)	
I (orange)	14 ^y	4 ^y	21 ^y	39
II (bright red)	11 ^y	11 ^y	17 ^y	39
III (dark red)	6 ^y	10 ^y	9 ^y	25
IV (dark red and soft)	9 ^y	14 ^y	10 ^y	33
Total	39	39	57	

^xThe values were obtained by subtracting control values from CF-sorted treatments.

^yMean of all cultivars (CF-C/four cultivars).

ตารางที่ 2 คุณภาพผลผลิตของตัวอย่างที่เก็บเกี่ยวในระยะที่มีคุณภาพสูง ปานกลางและต่ำ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของการกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวของพันธุ์พริกไทย 4 สายพันธุ์ หลังจากการคัดแยกคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์หรือการระบุความงอก ความงอกหลังการเร่งอายุแบบควบคุม (CD) และความงอกออกมาของต้นกล้า

Seed quality range		Number of lots	
		CF-sorted	Nonsorted
Germination	Higher than 90%	10	2
	Medium 70% to 90%	1	9
	Lower than 70%	5	5
CD germination	Higher than 70%	8	3
	Medium 50% to 70%	5	8
	Lower than 50%	3	5
Emergence	Higher than 90%	3	0
	Medium 70% to 90%	10	8
	Lower than 70%	3	8

CF, chlorophyll fluorescence; CD, controlled deterioration.

การคัดแยกคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายเมล็ด โดยอาศัยการวัดความกว้างของสัญญาณในคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ ในเมล็ดที่สมบูรณ์ การคัดแยกคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ จะมีการอนุญาตให้มีการทดสอบทางสรีรวิทยาและการทดสอบอื่น ๆ ในเมล็ดเดียวกันหลังถูกคัดแยก การแสดงของคลอโรฟิลล์หลังจากการเจริญเติบโตของเมล็ดเป็นสิ่งที่ไม่พึงประสงค์เนื่องจากสัมพันธ์กับคุณภาพที่ต่ำ การค้นพบนี้จึงเป็นเรื่องน่าสนใจสำหรับการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดในการใช้เมล็ดพันธุ์ในการคัดแยกคลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ โดยที่เทคนิคนี้ไม่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ มะเขือ (*Solanum melongena*) ข้าวโพด (*Zea Mays*) และดอกทานตะวัน (*Helianthus Annus*) ซึ่งไม่มีหรือมีคลอโรฟิลล์ในเปลือกเมล็ดน้อย นอกจากนี้การใช้เทคนิคนี้อาจมีข้อจำกัดของปริมาณคลอโรฟิลล์หรือสีของเมล็ดที่มีความแตกต่างกันอย่างมากระหว่างพันธุ์ที่อยู่ในสายพันธุ์เดียวกัน เช่น ผักกาดก้านขาว (*Brassica napus*) (Zhang and Gusta, 2010) ในการทำงานของคลอโรฟิลล์

โอเรสเซนส์ ในสี่สายพันธุ์ที่ได้รับการตรวจสอบ ได้แสดงให้เห็นว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับพริก (*Capsicum annuum*)

เมล็ดพันธุ์อ่อนที่ปนมาจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดจะคัดออกจากกองเมล็ดพันธุ์จำนวนมากทำให้เกิดการสูญเสียทางการเงินสำหรับผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ การศึกษานี้จึงอาจจะช่วยบรรเทาการสูญเสียทางการเงินโดยการปฏิบัติในการผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ โดยการเก็บเกี่ยวในระยะเวลาที่เหมาะสมพร้อมกัน ซึ่งจะช่วยลดสัดส่วนของเมล็ดที่มีคุณภาพต่ำ คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนส์ สามารถเป็นเครื่องมือที่มีความน่าเชื่อถือในการแยกเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสูง (เช่น เมล็ดที่เจริญเติบโตเต็มที่) ออกจากเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพต่ำ (เช่น เมล็ดที่มีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่) ในเมล็ดพริกที่เจริญเติบโตเต็มที่ซึ่งอาจช่วยปรับปรุงในด้านการผลิตและความสม่ำเสมอของต้นกล้าโดยการเพิ่มความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตามการประเมินความเก่าทางสรีระวิทยาของเมล็ดพันธุ์โดยใช้ Chlorophyll fluorescence ยังไม่มีบทสรุปที่ชัดเจนในถั่วเขียว ดังนั้นหากสามารถหาความสัมพันธ์ของ Chlorophyll fluorescence กับระยะการสุกแก่ได้ จะช่วยแก้ปัญหาในการเก็บเกี่ยวถั่วเขียวที่ทยอยแก่ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์
 - 1.1 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 (ปลูกที่จังหวัดลพบุรี เดือนธันวาคม พ.ศ.2559)
 - 1.2 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 (ปลูกที่จังหวัดสุพรรณบุรี เดือนธันวาคม พ.ศ.2559)
2. การสุ่มเมล็ด (seed sampling)
 - 2.1. ถุงมือยาง
 - 2.2. เครื่องแบ่งเมล็ดแบบกรวย
 - 2.3. เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. การเพาะทดสอบความงอก (germination test)
 - 3.1. ตู้เพาะเมล็ด (seed germinator) ปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
 - 3.2. กระดาษเพาะ (paper towel) และอุปกรณ์การเพาะ
 - 3.3. แผงเพาะเมล็ด (seed counting board)
 - 3.4. ปากคีบ ปากกา และกระดาษสตีกเกอร์
 - 3.5. น้ำกลั่น
4. การวิเคราะห์การสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟิลเตอร์สีแตกต่างกัน
 - 4.1. ฟิลเตอร์สี
 - 4.2. อุปกรณ์กำเนิดแสงยูวี
 - 4.3. Petri dish
 - 4.4. Forceps
5. การถ่ายภาพเมล็ดพันธุ์
 - 5.1. กล้องดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวแบบฟูลเฟรม
 - 5.2. เลนส์มาโคร (macro lens) ที่มีช่วงความยาวโฟกัส 40 มิลลิเมตร
 - 5.3. ขาตั้งกล้องขาเดี่ยวแบบตำแหน่งคงที่ (copy stands for image capturing and reproduction)
 - 5.4. คอมพิวเตอร์
 - 5.5. ซอร์ฟแวร์ประมวลและวิเคราะห์ภาพถ่าย อาทิ PhotoshopTM

6. การประเมินความแข็งแรงต่ำโดยวิธีการเร่งอายุ (Accelerated Aging Test)
 - 6.1. ตู้อบลมร้อน (hot-air oven)
 - 6.2. ขวดโหลเร่งอายุ (ขวดโหลอับอากาศ พร้อมตะแกรงลวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ขาตั้งสูง 3 เซนติเมตร)
 - 6.3. ปีกเกอร์ และน้ำกลั่น
7. การวิเคราะห์ข้อมูล
 - 7.1. โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ
 - 7.2. โปรแกรม Microsoft Office Excel[®]

วิธีการ

ทำการทดลองในถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ที่ระยะอ่อน (30 วันหลังการปลูก) ระยะแก่ทางสรีรวิทยา (48 วันหลังการปลูก) และระยะแก่พร้อมเก็บเกี่ยว (67 วันหลังการปลูก) ที่ปลูกในพื้นที่ปลูกต่างกัน คือ จังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดลพบุรี โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การจำแนกความแก่ของเมล็ดพันธุ์ ด้วยการวิเคราะห์ Chlorophyll fluorescence โดยกล้องดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวแบบฟูลเฟรม แหล่งกำเนิดแสงยูวี และฟลูออเรสเซนซ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น วางแผนการทดลองแฟคทอเรียลในการสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in Completely Randomized Design)

การทดลองที่ 1 การจำแนกความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยการวิเคราะห์การสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟลูออเรสเซนซ์ที่แตกต่างกัน

วิธีการทดลอง

1. นำเมล็ดถั่วเขียว 10 เมล็ด ใส่จาน Pedridish
2. ตั้งกล้องดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวแบบฟูลเฟรมให้ตำแหน่งคงที่
3. นำเมล็ดถั่วเขียวถ่ายที่สรีรรมชาติ
4. นำเมล็ดถั่วเขียวถ่ายภายใต้อุปกรณ์กำเนิดแสงยูวี
5. หลังจากนั้นเปลี่ยนมาใช้ฟลูออเรสเซนซ์เขียว สีเหลือง สีแดง และสีน้ำเงิน และถ่ายภาพ

เก็บข้อมูลการเปล่ง Chlorophyll Fluorescence ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ทั้งระยะอ่อน ระยะเริ่มแก่ และระยะแก่ ที่ละเมล็ด วิเคราะห์ข้อมูลหาเปอร์เซ็นต์ จำนวนเมล็ดที่เปล่งแสง Chlorophyll Fluorescence

การทดลองที่2 การประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว

ประกอบด้วย การประเมินความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์, การทดสอบความงอก และ การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ โดยวิธี Accelerated Aging (AA) Test

การประเมินความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ (Replication) มีสิ่งทดลอง 2 กรรมวิธี (Treatment) สุ่มเมล็ดพันธุ์ 200 กรัม วิธีการทดลองคือ นำเมล็ดพันธุ์ใส่ใน Moisture Can บันทึกน้ำหนักก่อนอบ แล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปใส่โถดูดความชื้น 30 นาที และบันทึกน้ำหนักหลังอบ เก็บข้อมูลน้ำหนักแห้งและน้ำหนักสด วิเคราะห์ข้อมูลโดยวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น

การทดสอบความงอก วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ (Replication) มีสิ่งทดลอง 2 กรรมวิธี (Treatment) สุ่มเมล็ดพันธุ์ 50 เมล็ด วิธีการทดลองคือนำกระดาดเพาะไปชุบน้ำกลั่น วางเมล็ดถั่วเขียวลงบนกระดาดเพาะ จากนั้นนำไปใส่ในตู้เพาะเมล็ด ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แสงสลัว เก็บข้อมูลจำนวนกล้าปกติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวัดเปอร์เซ็นต์ความงอก

การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ของพันธุ์ถั่วเขียวที่นิยมใช้ในประเทศไทยโดยวิธี Accelerated Aging (AA) Test วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ (Replication) มีสิ่งทดลอง 2 กรรมวิธี (Treatment) สุ่มเมล็ดพันธุ์ 50 เมล็ด วิธีการทดลองคือนำนํ้าเมล็ดถั่วเขียวใส่ในขวดโหลเร่งอายุ นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นเพาะทดสอบความงอก เก็บข้อมูลจำนวนกล้าปกติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวัดเปอร์เซ็นต์ความงอกหลังการเร่งอายุ

สถานที่และระยะเวลาการทําวิจัย

สถานที่การทําวิจัย

- 1.แปลงปลูกจังหวัดลพบุรี และ สุพรรณบุรี
- 2.ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ระยะเวลาการทําวิจัย

เริ่มทำการทดลองเดือนพฤศจิกายน 2559 สิ้นสุดการทดลองเดือนเมษายน 2560

2. ระยะเวลาการทำวิจัย

แผนงานวิจัย	ระยะเวลาดำเนินงาน																
	พ.ศ. 2560												พ.ศ. 2561				
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. กำหนดหัวข้อปัญหาพิเศษ วางแผนการทดลองและ ปฏิบัติงาน	●																
2. ปลูกถั่วเขียว	●																
3. ออกแบบแผนการทดลอง เบื้องต้น กำหนดกรอบ การทดลองและสร้างแบบ บันทึกผลการทดลอง																	
4. จัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับ การทดลอง		●	●														
5. ทำการทดลอง การทดลอง ที่ 1 – 2			●	●	●	●											
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง				●	●	●	●										
7. เขียนและจัดรูปเล่มปัญหา พิเศษ								●	●	●	●	●	●	●	●	●	
8. ส่งรูปเล่มปัญหาพิเศษ																	●

ผลและวิจารณ์

จากการทดลองจำแนกความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ด้วยการวิเคราะห์การสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟิลเตอร์สีแตกต่างกัน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

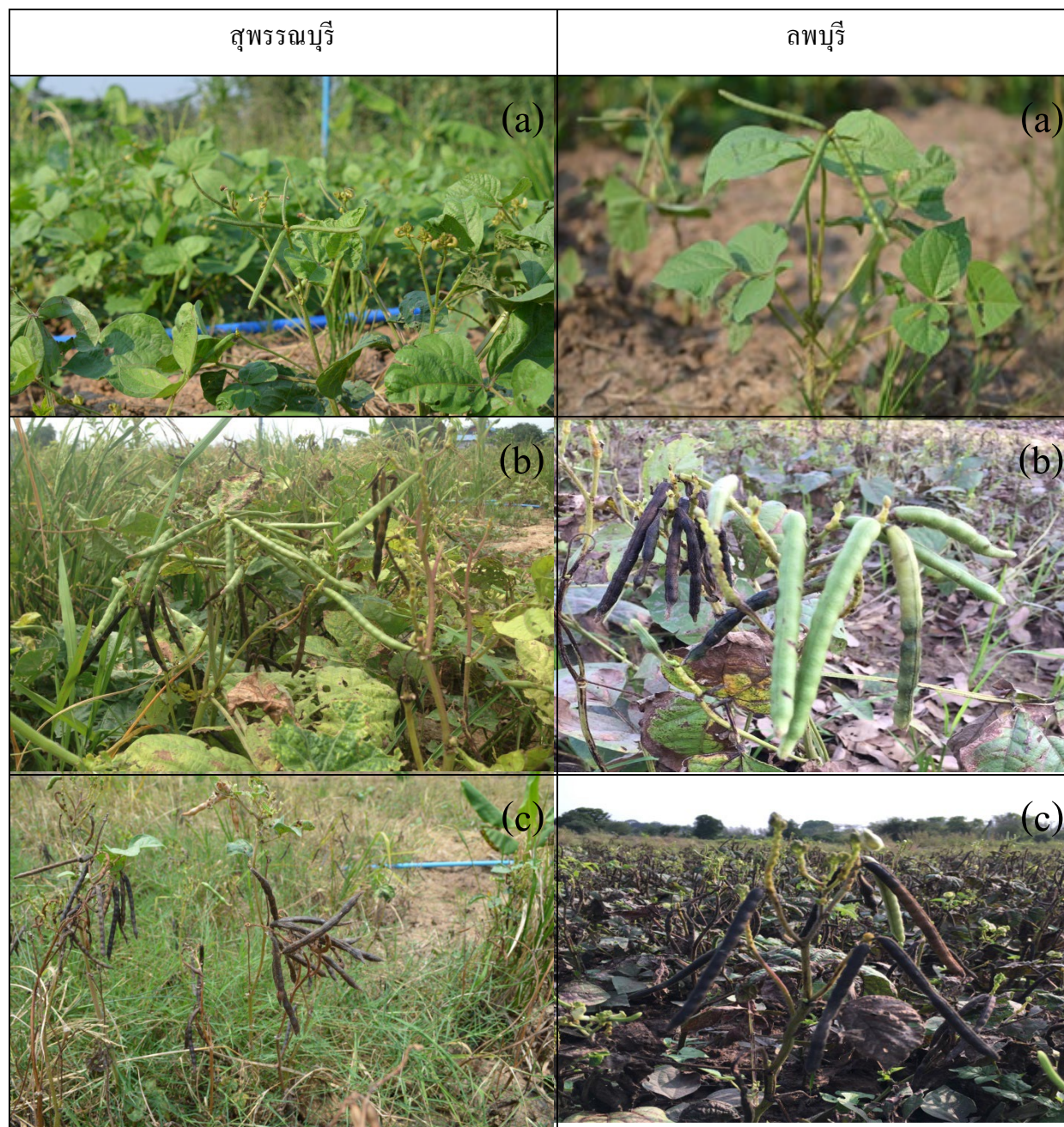
1.ผลของการดำเนินการในแปลงปลูก

ถั่วเขียวเป็นพืชที่มีการทยอยออกดอก ช่วงเวลาการสุกแก่ทางสรีรวิทยานั้นแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ ผลของการดำเนินการในแปลงปลูกที่จังหวัดลพบุรีและสุพรรณบุรี ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4 พบว่า ต้นถั่วเขียวที่ 30 วันหลังการปลูก ถั่วเขียวติดฝักและให้เมล็ดระยะอ่อนโดยฝักค่อนข้างเล็ก มีสีเขียวอ่อน ความสูงต้น 40 ซม. ต้นถั่วเขียวที่ 48 วันหลังการปลูก ถั่วเขียวติดฝักและให้เมล็ดระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาโดยฝักมีขนาดใหญ่ขึ้น มีสีเขียวซีด ความสูงต้น 60 ซม. และต้นถั่วเขียวที่ 67 วันหลังการปลูก ถั่วเขียวให้เมล็ดระยะแก่ โดยฝักมีขนาดเล็กลง มีสีดำ ความสูงต้น 60 ซม. สุวิมล ถนอมทรัพย์ และคณะ (2529) พบว่าที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา ฝักถั่วเขียวจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีดำ ระยะเปลี่ยนสีประมาณ 1-2 วัน

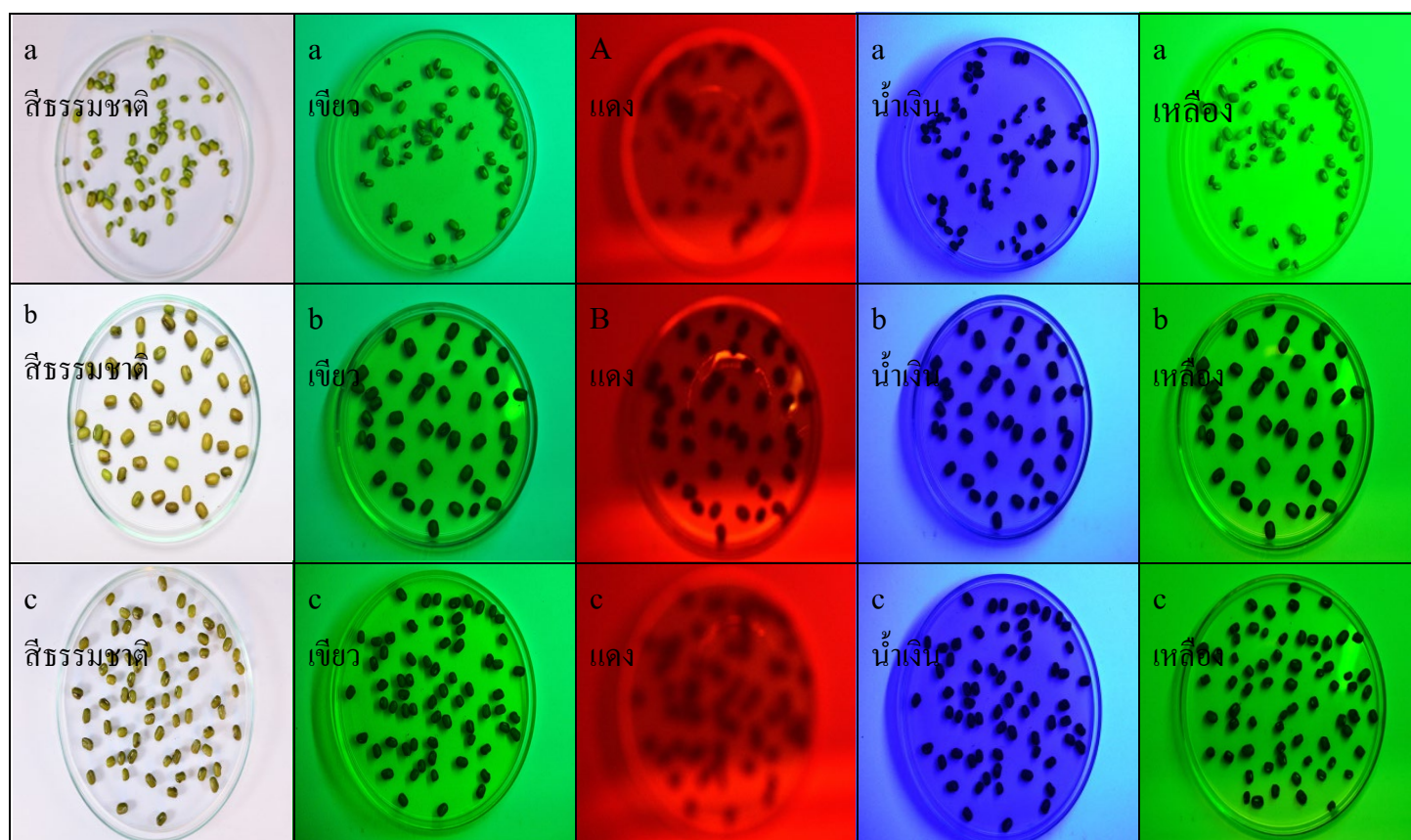
ธวัชชัย (2540) รายงานว่า การศึกษาด้านการสุกแก่และการพัฒนาของเมล็ดทำให้รู้เวลาเก็บเกี่ยว และลักษณะที่สุกแก่ รู้ถึงการเสื่อมคุณภาพของเมล็ด วัลลภ (2538) ระบุว่าระยะที่เมล็ดสะสมน้ำหนักแห้งไว้สูงสุด เป็นระยะที่เมล็ดพันธุ์สุกแก่ทางสรีรวิทยา หลังจากนั้น น้ำหนักแห้งของเมล็ดพันธุ์จะลดลงน้อยมากตามอัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ตามรายงานของ พัฒนพงศ์ (2547) พบว่า ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 จะเริ่มสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่อายุ 50 วัน และช่วงการสุกแก่แบ่งเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ช่วงที่ 1 ฝักจะสุกแก่ที่อายุ 53-63 วันหลังปลูก และช่วงที่ 2 69-71 วันหลังปลูก อย่างไรก็ตามการสุกแก่ของฝักจะมีมากอยู่ในช่วง 57-63 วันหลังปลูก สำหรับการสุกแก่ของฝักในช่วงที่ 2 นั้นพบการสุกแก่ทางสรีรวิทยาของฝักเพียง 2-3 วันเท่านั้น และติดฝักไม่เกิน 1.5 ฝักต่อต้น สำหรับดอกถั่วเขียวที่บานในช่วงที่ 2 พบว่าการติดฝักเป็นฝักที่ไม่สมบูรณ์มีขนาดเล็ก ถือว่าไม่คุ้มค่าในการเก็บเกี่ยว ในการทดลองนี้ ซึ่งเป็นการปลูกในฤดูฝน อาจเป็นไปได้ว่า การออกดอก ติดฝัก และการสุกแก่ทางสรีรวิทยาอาจจะแตกต่างจากสภาพการปลูกในฤดูแล้ง

พบว่าเมล็ดพันธุ์ทั้ง 3 ระยะ ที่ฟิลเตอร์สี เขียว แดง น้ำเงิน และ เหลือง ไม่พบการเปล่ง chlorophyll fluorescence (ภาพที่ 5) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Demir (2002) ที่พบว่า การใช้เครื่อง CF-Mobile วิเคราะห์ค่า chlorophyll fluorescence ในพริกไทย จะลดลงเมื่อมีความแก่สูงสุด แต่เทคนิคการวิเคราะห์ ค่า chlorophyll fluorescence ผ่านการสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟิลเตอร์สีแตกต่างกัน ไม่สามารถ

ประยุกต์ใช้แทนเครื่อง CF-Mobile ได้ จึงไม่สามารถพบการเปล่ง chlorophyll fluorescence ของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์



ภาพที่ 4 ถั่วเขียวในแปลงปลูก a) ถั่วเขียวในแปลงปลูก ที่ต้นอายุ 30 วันหลังการปลูก b) ถั่วเขียวในแปลงปลูก ที่ต้นอายุ 48 วันหลังการปลูก และ c) ถั่วเขียวในแปลงปลูก ที่ต้นอายุ 67 วันหลังการปลูก ในแต่ละแหล่งปลูก



ภาพที่ 5 เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว ภายใต้การวิเคราะห์ การสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟิลเตอร์สีแตกต่างกัน แบบต่าง ๆ a) ระยะอ่อน อายุ 10 วันหลังดอกบาน b) ระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา อายุ 28 วันหลังดอกบานและ c) ระยะสุกแก่เก็บเกี่ยว อายุ 47 วันหลังดอกบาน

2. การประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว

2.1 การประเมินความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์

จากผลการทดลอง เปอร์เซ็นต์ความชื้นของถั่วเขียวที่ปลูกในจังหวัดสุพรรณบุรีและลพบุรี ที่ระยะอ่อน และระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ทั้งสองระยะนี้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยว และระยะสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยวมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำสุด (ตารางที่ 1) ซึ่งหากเก็บถั่วเขียวในระยะนี้ จะทำให้ได้ถั่วเขียวที่มีคุณภาพดี

ตารางที่ 3 ความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่เก็บได้ในระยะต่าง ๆ



Maturity fractions (days after anthesis)	Seed moisture content (%FW)
1 (10)	74.00
2 (28)	38.71
3 (47)	8.46
P-value	0.004
CV (%)	30.52

2.2 การทดสอบความงอก

จากผลการทดลอง เปอร์เซ็นต์ความงอกของถั่วเขียวที่ปลูกในจังหวัดสุพรรณบุรีและลพบุรีที่ระยะอ่อน ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และระยะสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยระยะสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยวมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหากเก็บถั่วเขียวในระยะนี้ จะทำให้ได้ถั่วเขียวที่มีคุณภาพดี

ตารางที่ 4 ความงอกของถั่วเขียวที่ปลูกในจังหวัดสุพรรณบุรีทั้ง 3 ตัวอย่างที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะต่าง ๆ

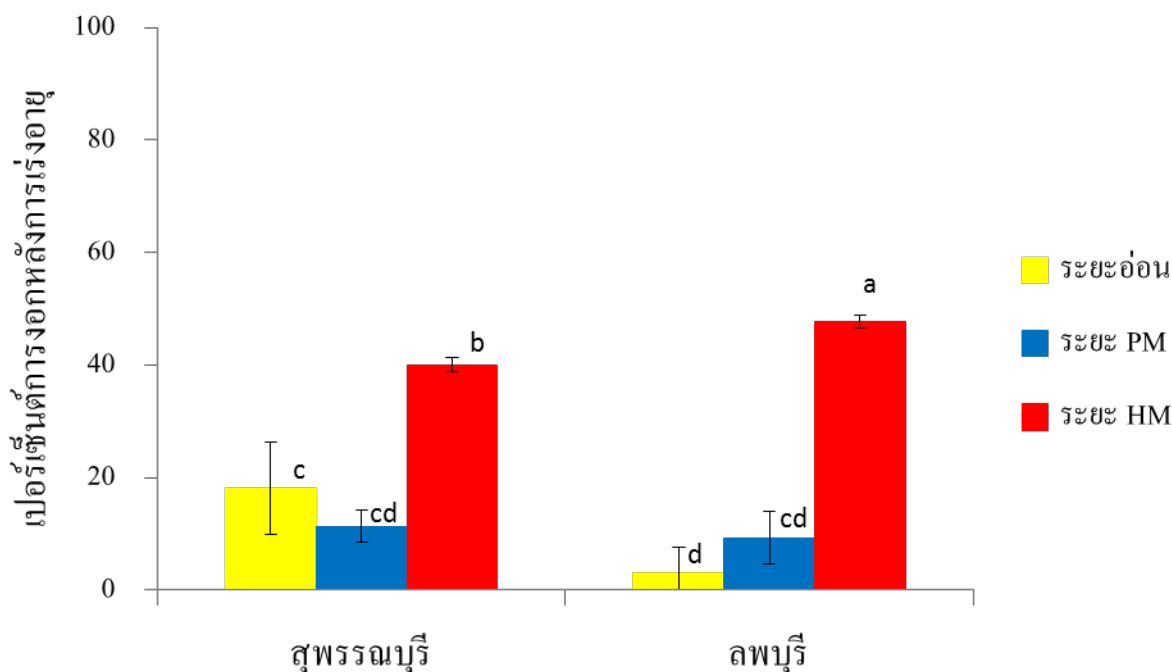
Maturity fractions (days after anthesis)	Germination (%)
1 (10)	40.00
2 (28)	63.5
3 (47)	87.5
P-value	0.0038
CV (%)	20.84

ตารางที่ 5 ความงอกของถั่วเขียวที่ปลูกในจังหวัดลพบุรีทั้ง 3 ตัวอย่างที่ได้จากการเก็บเกี่ยว
ในระยะต่าง ๆ

Maturity fractions (days after anthesis)	Germination (%)
1	46.0
2	69.0
3	98.5
P-value	0.0038
CV (%)	20.84

การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ของพันธุ์ถั่วเขียวที่นิยมใช้ในประเทศไทยโดยวิธี Accelerated Aging (AA) Test

เปอร์เซ็นต์ความงอกหลังการเร่งอายุ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ภาพที่ 3) โดยถั่วเขียวที่ปลูกในจังหวัดลพบุรีในระยะสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยวมีเปอร์เซ็นต์ความงอกหลังการเร่งอายุสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือระยะสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยวของจังหวัดลพบุรี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับถั่วเขียวในระยะอ่อนของจังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดลพบุรี แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับถั่วเขียวระยะสุกแก่ทางศรีรวิทยาของจังหวัดสุพรรณบุรีและลพบุรี ดังนั้น จึงควรเก็บเกี่ยวที่ระยะแก่พร้อมเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 6 การทดสอบการเร่งอายุของเมล็ดพันธุ์โดยวิธี Accelerated Aging (AA) Test ของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวได้ในระยะต่าง ๆ

พบว่าค่า Chlorophyll Fluorescence กับค่าการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์โดยวิธี AA Test ไม่มีความสัมพันธ์กัน การประเมินความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ผ่านการสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟลูออเรสเซนส์แตกต่างกันจึง ยังไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับถั่วเขียว เนื่องจากหลอดและระยะเวลาการให้แสงยูวีที่ใช้มีความเข้มแสงไม่มากพอในการส่องผ่านเลนส์ไปยังถั่วเขียว ทำให้ถั่วเขียวไม่สามารถเปล่งแสงออกมาได้

สรุป

1. การวิเคราะห์ค่า chlorophyll fluorescence ผ่านการสะท้อนแสงยูวีของเปลือกหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยฟลูออเรสเซนส์แตกต่างกัน ไม่สามารถระบุความแก่ของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ได้
2. เทคนิคการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์โดยวิธี Accelerated Aging (AA) Test สามารถจำแนกความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน 2 ได้ โดยเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่อ่อนจะมีความแข็งแรงของเมล็ดต่ำ และในทางตรงกันข้ามเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่แก่จะมีความแข็งแรงสูง

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2522. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2521/2522. สำนักปลัดกระทรวง กองเศรษฐกิจการเกษตร.10 หน้า.
- คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. พืชเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- จวงจันทร์ ดวงพัฒน.2529.การตรวจสอบคุณภาพและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์.กลุ่มหนังสือเกษตร กรุงเทพฯ.129 หน้า.
- รัชชัย ทีฆชนนหะเถียร. 2540.การพักตัวของเมล็ดในระหว่างการพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง พันธุ์ขอนแก่น 60-1 ขอนแก่น 60-3 และไทนาน 9.รายงานการวิจัยสถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- พิชัย รัชชูชีพ. 2524.การสุกแก่และการพัฒนาของเมล็ดถั่วเขียว.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.
- พัฒนพงศ์ อินทร์คำ. 2547. ระยะเวลาการสุกแก่ของฝักและคุณสมบัติของเปลือกฝักและเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพในแปลงปลูกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ต่าง ๆ ในสภาพฝนเทียม.วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต,สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- พรรณี ชีโนรักษ์. 2524.ชีววิทยา เล่ม 3. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์อักษรประเสริฐ. กรุงเทพฯ.
- วันชัย จันทรประเสริฐ. 2542. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.หน้า 16-23
- วัลลภ สันติประชา. 2538. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาพืชศาสตร์,คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วุฒิชัย นาครักษา. 2526.การศึกษาทางคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ ของถั่วเขียวที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.

สุวิมล ถนอมทรัพย์, เซาวลิต รักบุญ, สุนันท์ กะตะโท และทวีป รัตนา. 2529. **ศึกษาวิธีการและอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของถั่วเขียว 2 พันธุ์ ที่ปลูกในฤดูแล้ง**. ใน รายงานผลงานวิจัยปี 2529 (ฤดูแล้ง) ถั่วเขียว ถั่วเขียวผิวดำ พืชไร่ในเขตชลประทาน. ศูนย์วิจัยพืชไร่ ชัยนาท.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. เทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวให้มีคุณภาพ. แหล่งที่มา : <https://ssnet.doae.go.th/wp-content/uploads/2016/02/2559-01-28-เทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว-ชูชาติ.pdf>. 20 สิงหาคม 2560.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติส่งออกและนำเข้าสินค้าที่สำคัญของไทย. แหล่งที่มา : <http://www.farmkaset.org/contentsNET/default.aspx?content=00123>. 22 สิงหาคม 2560.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2536. **สรีรวิทยาการผลิตพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อรพรรณ สังขวรานนท์. 2547. รัญพืช. เอกสารประกอบการสอนวิชาพฤกษศาสตร์เศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

Bilger W. 1995. **Chlorophyll fluorescence as a non-intrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis**. In: Schulze ED, Caldwell MM (eds) Ecophysiology of photosynthesis. (Ecological Studies, vol 100) Springer, Berlin Heidelberg New York.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. 1987. **Photon yield of O₂ evolution and Chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origin**. Planta, New York, v.170.

Demir, Y. 2002. **In Vivo and in Vitro Protective Role of Proline**. Plant Growth Regulation, 38, 259-264.

Flagella, Z., Pastore, D., Campanile, R., & Fonzo, N. 1994. **The quantum yield of photosynthetic electron transport evaluated by Chlorophyll fluorescence as an indicator of drought tolerance in durum wheat**. The Journal of Agricultural Science, 125(3), 325-329.

- Hidekaza, S., L.I. Zhijun, T. Kenkou and O.D.A. Masayuki. 1994. **Factors affecting the measurement of chlorophyll a fluorescence in cucumber leaves.** Japan Agricultural Research Quarterly 28; 242-246.
- Liik, P., R. Kouril, J. Fiala, J. Naus and F. Vacha. 2000. Spectral characterization of chlorophyll fluorescence in barley leaves during linear heating. Analysis of high-temperature fluorescence rise around 60°C. **J. Photochem. Photobiol.** 59, 103-104.
- Kocheva K, Lambrev P, Georgiev G, Goltsev V, Karabaliev M. 2004. **Evaluation of Chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress.** Bioelectrochemistry 63:121–124.
- Krause and Weis. 1984. **Chlorophyll fluorescence as a tool in plant physiology : II. Interpretation of fluorescence signals.** Photosynth Res. 1984 Jun;5(2):139-57.
- Olaf, V.K. and J.F.H. Snel. 1990. **The use of Chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology.** Photosynthesis Research 25; 147-150.
- Sayed., O.H. 1992. **Photosynthetic acclimation to high temperature in wheat.** Acta Botanica Neerlandica, 41 (1992).
- Schreiber, U. and P.A. Armond. 1978. **Heat-induced changes of Chlorophyll fluorescence in isolated chloroplasts and related heat-damage at the pigment level** Biochem. Biophys. Acta, 502 (1978).
- Smillie RM. 1979. **Coloured components of chloroplast membranes as intrinsic membrane probes for monitoring the development of heat injury in intact tissues.** Aust J Plant Physiol 6:121–133.

Srinivasan, A., H. Takeda and T. Senboku. 1996. **Heat tolerance in food legumes as evaluated by cell membrane thermostability and Chlorophyll fluorescence techniques.** Euphytica 88; 35-45.

Wilson, J.M. and J.A. Greaves. 1993. **Development of fluorescence-based screening programs for temperature and water stress in crop plants.** Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress C.G. Kuo (Ed.), Proc. Int. Symp. Taiwan, Asian Vegetable Research and Development Center, Taipei, Taiwan (1993).

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวมัชฌิมา กลิ่นต่าย
วัน เดือน ปี เกิด	4 สิงหาคม 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดลพบุรี
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวินิตศึกษา
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นิสิตปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-