



ปัญหาพิเศษ

ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพ
ที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน

Seed Germination and Seed Vigour of Tubtim Chumphae
Rice Stored in Different Relative Humidities and Times

นางสาวศิริภัทร ทองแบบ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY



ใบรับรองปัญหาพิเศษ
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์เกษตร

สาขา

พืชไร่

ภาควิชา

เรื่อง ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์และ
ระยะเวลาต่างกัน

Seed Germination and Seed Vigour of Tubtim Chumphae Rice Stored in Different
Relative Humidities and Times

นามผู้วิจัย นางสาวศิริภัทร ทองแบบ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล, ป.ด.)

หัวหน้าภาควิชา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยะ กิตติภาดากุล, Ph.D.)

วันที่.....เดือน.....เมษายน.....พ.ศ. 2563

บทคัดย่อ

ศิริภัทร ทองแบบ 2562: ความแข็งแรงและความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่ฯ อาจารย์ที่ปรึกษา: ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล, ประ.ด. 32 หน้า

ความชื้นระหว่างการเก็บรักษามีบทบาทสำคัญต่อความแข็งแรงและความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเช่นข้าวทับทิมชุมแพ (*Oryza sativa* L. var *Indica* cv. Tubtim Chumphae) การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการเก็บรักษาต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพ โดยเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวในระบบปิดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 38 และ 61 โดยใช้ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 84 เปอร์เซ็นต์เป็นคอนโทรล ควบคุมความชื้นโดยสารละลายกลีเซอรอล วางแผนการทดลองแบบ CRD 4 ซ้ำ สุ่มตัวอย่างเพื่อวัดความชื้นทางตรง ความชื้นทางอ้อม ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยตรวจสอบความเร็วในการแทงราก ดำเนินการที่ 0, 1, 7 วัน และ 3 เดือนหลังการเก็บรักษา ผลการวัดความชื้นทางตรงพบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพใช้เวลานานกว่า 1 สัปดาห์เพื่อเข้าสู่ความชื้นสมดุล (equilibrium seed moisture content) โดยดูจากความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 38, 61 และ 84 เปอร์เซ็นต์ คือ 10.7, 10.9 และ 13.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังพบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง (84 เปอร์เซ็นต์) จะส่งผลให้ความแข็งแรงและความงอกลดลงอย่างชัดเจน โดยพบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 38 และ 61 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงและความงอกสูงกว่าคอนโทรลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

____/____/____

ABSTRACT

Siriphat Thongbaep. 2020: Seed Germination and Seed Vigour of Tubtim Chumphae Rice Stored in Different Relative Humidities and Times. Special Problems, Bachelor's Degree (Agriculture) Major Field Agriculture Science Department of Agronomy Special Problems Advisor: Damrongvudhi Onwimol, Dr. 32 pages

Humidity during storage plays an important role in the vigour and germination of rice seeds, especially in high nutritional rice as Tubtim Chumphae (*Oryza sativa* L. var *Indica* cv. Tubtim Chumphae). This experiment aimed to study effects of relative humidity during storage on germination and seed vigour of Tubtim Chumphae rice. Rice seeds were stored in a hermetic condition at relative humidity—RH—of 38%RH and 61%RH. Storing at 84%RH was used as a control. The RH was controlled using glycerol solution. The experiment will be performed in completely randomized designs with 4 replicas. Seeds were drawn at 0, 1, 7 days and 3 months after storage for testing namely; direct and indirect seed moisture content, germination and seed vigour using the radicle emergence test. The results of direct method of seed moisture content showed that the Tubtim Chumphae rice seeds took more than 1 week to reach equilibrium moisture content. The equilibrium moisture content of seeds stored in 38%RH, 61%RH and 84%RH were 10.7%, 10.9% and 13.8%, respectively. Storage at high relative humidity (84%RH) extremely reduced germination and seed vigour of Tubtim Chumphae rice. It was also found that the Tubtim Chumphae rice seeds stored for 3 months at the relative humidity of 38 and 61 percent were significantly higher in germination and seed vigour than the control ($P \leq 0.01$).

Student's signature

Thesis Advisor's signatur

___/___/___

กิตติกรรมประกาศ

การทดลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพ จากศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พุทธนฤดพันธุ์วิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่จัดหาวัสดุอุปกรณ์ในการทดลองและคำปรึกษาแนะนำที่ดีตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

รวมทั้งขอขอบคุณ นางสาวจันทนา ทองสุก นิสิตปริญญาโทและภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่แบ่งปันประสบการณ์และความช่วยเหลือ จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

ศิริภัทร ทองแบบ

เมษายน 2563

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	16
สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง	18
ผลและวิจารณ์	19
สรุป	26
เอกสารและอ้างอิง	27
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	32

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลของการวัดความชื้นทางตรงและทางอ้อมของเมล็ดพันธุ์ข้าวทบหิมชุมแพ ที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน	20
2	การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวทบหิมชุมแพที่เก็บรักษาใน ความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน	24
3	ผลการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวทบหิมชุมแพที่เก็บรักษา ในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน	25

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวหีบหุ้มชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน ในกล่องสุญญากาศที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ด้วยสารละลาย glycerol และติดตั้งพัดลมเวียนอากาศภายใน	16
2	กราฟความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวหีบหุ้มชุมแพเมื่อเข้าสู่สมดุล	22

ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์และ ระยะเวลาต่างกัน

Seed Germination and Seed Vigour of Tubtim Chumphae Rice Stored in Different Relative Humidities and Times

คำนำ

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นขั้นตอนสำคัญในการคงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งความงอกและความแข็งแรง การเก็บรักษาที่ดีจะช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์แต่ไม่สามารถทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ดีขึ้นได้

ความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์พืช ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ขณะเก็บรักษา (Elias and Copeland, 1994; Fabrizius *et al.*, 1999) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพควบคุมความชื้นสัมพัทธ์เป็นวิธีหนึ่งที่ชะลอการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ดี สามารถลดอัตราการเจริญเติบโตและการพัฒนาของแมลงในโรงเก็บได้ (Dickie *et al.*, 1990; McDonald, 1999) แต่เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนในการเก็บรักษาสูงสำหรับประเทศไทย เกษตรกรและผู้ประกอบการเมล็ดพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่มักเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงตามสภาพของเขตร้อน ส่งผลทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วและเกิดความเสียหายจากการเข้าทำลายของแมลงในโรงเก็บ จากการศึกษาของพรทิพย์และคณะ (2554) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปีสามารถเก็บรักษาได้นาน 8-12 เดือน ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บเกี่ยวในฤดูนาปรังสามารถเก็บรักษาได้นาน 4-6 เดือน ดังนั้น จึงต้องมีวิธีการในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และลดการเข้าทำลายของแมลงโดยการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์รวมทั้งควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะเก็บรักษาให้ต่ำ (Sittisuang and Nakakita, 1985; Hill, 1999)

การเก็บรักษาในสภาพอับอากาศหรือสภาวะปิด (hermetic storage) เป็นการเก็บรักษา โดยการควบคุมปริมาณออกซิเจนให้ต่ำกว่าระดับบรรยากาศจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อการมีชีวิตอยู่ของแมลงศัตรูในโรงเก็บรวมทั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Oxley and Wickenden, 1963) จากการศึกษาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวในสภาพอับอากาศเป็นเวลา 21 เดือน ใน Super Bag[®] พบว่า Super Bag[®] สามารถชะลอการแลกเปลี่ยนออกซิเจนและความชื้นระหว่างอากาศภายในถุงกับสภาพอากาศภายนอกถุง จึงชะลอการเสื่อมของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยพบว่าเมล็ดพันธุ์ยังคงมีความงอกเฉลี่ย 88 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบแมลงศัตรูในโรงเก็บตลอดการเก็บรักษา (Thavong *et al.*, 2011) สอดคล้องกับที่ Ben *et al.* (2006) รายงานว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวแบบปิดสนิทเป็นเวลา 12

เดือน โดยใช้ Super Bag® ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบแมลงศัตรูในโรงเก็บตลอดการเก็บรักษา จะเห็นได้ว่าวิธีการเก็บรักษาแบบอับอากาศเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และป้องกันการเข้าทำลายของแมลง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความขึ้น ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพภายใต้การ
เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน

การตรวจเอกสาร

ข้าวทับทิมชุมแพ (*Oryza sativa* L. var *Indica* cv. *Tubtim Chumphae*)

ข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ หรือ ข้าวพันธุ์ กข 69 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กับข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ลำต้นสูง และเป็นพันธุ์หนัก ปรับปรุงพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ที่ ศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2549 และผ่านการรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 12 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพเป็นข้าวเจ้า ที่ให้ผลผลิตสูง เฉลี่ย 797 กิโลกรัม ต่อไร่ อายุเก็บเกี่ยว 136 วัน ทรงต้นตั้งตรง เมล็ดข้าวกลี้ยงสีแดง รูปร่างเรียวยาว อะมิโลสต่ำเพียง 12.63 เปอร์เซนต์ มีอนุโมลิสระ เช่น โพลีนิก และฟลาโวนอยด์ และวิตามินซีสูง (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น)

ลักษณะทั่วไป

เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุออกดอก 50 เปอร์เซนต์ ประมาณ 106 วัน มีลักษณะกอตั้งตรง ความสูงประมาณ 113 เซนติเมตร ลำต้นแข็งแรง ใบสีเขียว ปลายใบอยู่ในแนวตั้ง ใบแก่ข้าว ใบธงยาว 43.6 เซนติเมตร กว้าง 2.14 เซนติเมตร มุมใบธงตั้งตรง รวงยาว 28.7 เซนติเมตร ลักษณะรวงแน่นปานกลาง คอรวงสั้น จำนวนเมล็ดดีต่อรวง 167 เมล็ด เมล็ดรวงยาก เปลือกสีฟาง

ข้าวเปลือกมีความยาวเฉลี่ย 10.17 มิลลิเมตร กว้าง 2.47 มิลลิเมตร หนา 1.96 มิลลิเมตร ข้าวกลี้ยงสีแดง มีความยาวเฉลี่ย 7.75 มิลลิเมตร กว้าง 2.04 มิลลิเมตร หนา 1.74 มิลลิเมตรจัดเป็นข้าวเจ้าเมล็ดยาว รูปร่างเมล็ดเรียวยาว (อัตราส่วนความยาวต่อความกว้าง 3.80) ลักษณะท้องไข่มุกทั้งเมล็ด คุณภาพการสีดีได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวร้อยละ 49.40

คุณภาพการหุงต้มและรับประทานดี โดยข้าวสารหุงสุกนุ่ม ข้าวกล้องและข้าวซ้อมมือหุงสุกนุ่ม ข้าวกล้องหุงสุกมีสีแดงใสคล้ายสีของทับทิม (ruby) ระยะพักตัวของเมล็ด 6 สัปดาห์ (กรมการข้าว)

คุณสมบัติเด่น

ข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระฟีนอลิกสูง และฟลาโวนอยด์สูง ซึ่งสูงกว่าข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง (ปริมาณฟีนอลิก 4,661.05 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม และปริมาณฟลาโวนอยด์ 2,989.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) โดยสารต้านอนุมูลอิสระทั้งสองมีส่วนช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือด ช่วยให้เม็ดเลือดไม่จับตัวเป็นก้อนจนอุดตัน ป้องกันการเกิดมะเร็ง อีกทั้งข้าวทับทิมชุมแพยังมีปริมาณอะมิโลสต่ำ เหมาะกับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน เมื่อหุงสุกจะนุ่มมาก (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น)

การเสื่อมของเมล็ดพันธุ์ (seed deterioration)

เช่นเดียวกับสิ่งมีชีวิตทั่วไปหลังจากการเจริญเติบโตและพัฒนาถึงจุดที่สมบูรณ์แล้วเมล็ดพันธุ์ย่อมเสื่อมคุณภาพลงจนกระทั่งตายไปในที่สุด จุดที่สมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์นั้นอยู่ในระยะที่เมล็ดพันธุ์ยังอยู่บนต้นแม่ เป็นจุดที่เมล็ดพันธุ์มีการพัฒนาจนกระทั่งมีน้ำหนักแห้งสูงสุด นิยมเรียกว่า ระยะแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) ที่จุดนี้เมล็ดจะมีความงอกและความแข็งแรงสูงที่สุด ขณะเดียวกันก็เริ่มมีขบวนการเสื่อมสภาพของเมล็ด (seed deterioration) เกิดขึ้นด้วยการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ไม่สามารถป้องกันหรือหยุดยั้งได้แต่หากมีวิธีการเก็บรักษาที่ดี อาจทำให้อัตราการเสื่อมสภาพช้าลงได้ (วันชัย, 2538)

การเสื่อมสภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์

การเสื่อมทางสรีรวิทยาที่เสนอโดย Delouche and Baskins (1973) เริ่มต้นดังนี้

1. การเสื่อมสภาพของผนังเซลล์และผนังอวัยวะอื่น ๆ (membrane degradation) ผนังเซลล์ (cell membrane) และผนังออร์แกเนล (organelle membrane) ของเมล็ดพันธุ์จะสูญเสียคุณสมบัติในการควบคุมและเก็บกักสารต่าง ๆ ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารต่าง ๆ ออกจากเมล็ดเมื่อเมล็ดสัมผัสกับน้ำ การเสื่อมสภาพของผนังเป็นลักษณะแรกที่เกิดเมื่อเมล็ดเสื่อมสภาพ เมล็ดยิ่งเก่า (aged) เท่าใดการรั่วไหลออกของสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ยิ่งเพิ่มมากขึ้น การรั่วไหลของสารภายในเมล็ดสามารถตรวจสอบได้โดยการวัดการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) หรือการตรวจสอบปริมาณน้ำตาลในสารต่าง ๆ ที่รั่วออกมาจากเมล็ด การตรวจสอบทั้งสองแบบเป็นการตรวจสอบทางอ้อม ทั้งนี้เนื่องจากการตรวจสอบโครงสร้างของผนังโดยตรงไม่สามารถทำได้

2. กิจของเอนไซม์ลดลง (loss of enzyme activity) เมล็ดพันธุ์ที่ยังมีชีวิตอยู่จะมีเอนไซม์ภายในเมล็ดหลายชนิดเช่น ดีไฮโดรจีเนสเอนไซม์ (dehydrogenase enzyme) กลูตามิก แอซิด ดีคาร์บอกซิเลส (glutamic acid decarboxylase) อะมัยเลส (amylase) แคทาเลส (catalase) เพอรอกซิเดส (peroxidase) และฟีโนเลส (phenolase) เมื่อเมล็ดเสื่อมสภาพกิจกรรมของเอนไซม์เหล่านี้จะลดลง สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีการตรวจสอบทางเคมี (biochemical test) เช่นวิธี GADA (glutamic acid decarboxylase activity test) หรือวิธี เตตราโซเลียม (tetrazolium test)

3. อัตราการหายใจลดลง (reduction of respiration) การหายใจเป็นการแสดงออกของกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่ร่วมกันในการย่อยสลายอาหารสะสมในเมล็ด (break down of food reserve) เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน เมื่อเมล็ดที่เสื่อมสภาพอัตราการหายใจจะลดลงทำให้สูญเสียพลังงานในการงอก ดังนั้นในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการหายใจ คือ ค่า R.Q. (respiration quotient) ซึ่งหมายถึงสัดส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ที่เมล็ดปลดปล่อยออกมาต่อปริมาณของออกซิเจนที่เมล็ดดูดซับไปใช้เมล็ดที่เก็บรักษาไว้นานจนเสื่อมสภาพจะมีค่า R.Q. เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดสามารถดูดซับออกซิเจนได้น้อยลงขณะที่ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น

4. กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น (increase in free fatty acid) เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพจะมีปริมาณของกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส (lipase) ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายไขมัน (storage lipid) ซึ่งอยู่ในรูปของไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ของกรดไขมันเป็นกลีเซอรอล (glycerol) และกรดไขมันอิสระ เมล็ดพันธุ์ที่มีกรดไขมันสูงถึง 2 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเป็นเมล็ดที่มีการเสื่อมคุณภาพค่อนข้างสูง นอกจากนี้เชื้อรา (fungi) ยังบทบาทช่วยให้การเสื่อมของเมล็ดเพิ่มขึ้นโดยช่วยย่อยสลายไขมันให้เป็นกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น เมื่อสภาพความชื้นในเมล็ดสูงกว่า 12 เปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของกรดไขมันอิสระจะมีผลต่อการงอกของเมล็ด

5. เมล็ดงอกได้ในสภาพแวดล้อมที่จำกัด (narrow germination environment) โดยปกติเมล็ดพันธุ์มีความสามารถในการงอกได้ในสภาพแวดล้อมหรือปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกอยู่ในพิสัยช่วงใดช่วงหนึ่งตั้งแต่ต่ำสุดไปถึงสูงสุด แต่เมื่อเมล็ดลงพิสัยในการงอกจะแคบลง นั่นคือเมล็ดจะงอกได้ในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างจำกัดหรือเฉพาะเจาะจงที่ระดับหนึ่ง เช่น ในข้าวโพด ในขณะที่เมล็ดเสื่อมคุณภาพเล็กน้อยจะสามารถงอกได้ในพิสัยของอุณหภูมิ 10-40 องศาเซลเซียส แต่ในขณะที่เมล็ดเสื่อมคุณภาพมากขึ้นพิสัยของอุณหภูมิแคบลง เมล็ดสามารถงอกได้ในระดับอุณหภูมิ 15-38 องศาเซลเซียส

6. อัตราการงอกของเมล็ดลดลง (slow germination rate) เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพยังคงสามารถงอกตามปกติ แต่อัตราในการงอกของเมล็ดพันธุ์จะลดลง คือ เมล็ดจะงอกได้ช้า หากเมล็ดยังเสื่อมสภาพมากเท่าใดการงอกจะช้ามากขึ้น ซึ่งหมายถึงผลรวมของสัดส่วนจำนวนต้นที่งอกในแต่ละวันต่อจำนวนวันหลังเพาะ

7. ความสามารถในการเก็บรักษาลดลง (reduction of storability) เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพมีความสามารถในการเก็บรักษาลดลง วิธีการประเมินความสามารถในการเก็บรักษาที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ วิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ (accelerated aging test) ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถประเมินค่าความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ (seed storability) ของเมล็ดทุกชนิด และยังสามารถเปรียบเทียบความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดชนิดเดียวกันแต่มาจากกลุ่มหรือกองต่างกันได้

8. อัตราการเจริญเติบโตและพัฒนาของต้นกล้าลดลง (decreasing rate of seedling growth and development) เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพไม่มากนักยังสามารถงอกในแปลงปลูกได้ตามปกติแต่การพัฒนาและการเจริญเติบโตของต้นกล้าค่อนข้างช้ากว่าเมล็ดที่ไม่เสื่อมคุณภาพ นอกจากนี้ยังมีผลให้การออกดอกและการติดผลหรือเมล็ดลดลง

9. สูญเสียความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน (loss of environmental stress resistance) กล้าที่งอกจากเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพแล้ว จะมีความแปรปรวนของอุณหภูมิ เป็นต้น การตรวจสอบคุณสมบัติในการสูญเสียความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนใช้วิธีการทดสอบในสภาพอากาศหนาว (cold test)

10. ความสม่ำเสมอของต้นกล้าในแปลงปลูกทดลอง (decreasing uniformity of seedling) เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพนอกจากมีการงอกช้ากว่าเมล็ดที่ไม่เสื่อมสภาพแล้วยังทำให้กล้าไม่มีความ

ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ผิดปกติลดลง จึงเป็นสาเหตุให้กล้าไม่มีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ เช่น การออกดอกไม่พร้อมกัน และการแก่ของผลไม่พร้อมกัน

11. เมล็ดพันธุ์เปลี่ยนสี (changing of seed color) เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพจะมีสีของเมล็ดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เมล็ดที่เคยมีสีสดใสเมื่อเสื่อมสภาพจะมีสีม่วงอมลงสีเมล็ดส่วนใหญ่เมื่อเก่าจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (browning) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดที่โดนแสง

12. ผลผลิตลดลง (yield loss) เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพเมื่อนำไปปลูกจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าเมล็ดที่ยังไม่เสื่อมคุณภาพ นอกจากนี้คุณภาพของผลผลิตยังลดต่ำลงไปด้วย

13. ความงอกในไร่ลดลง (loss of field emergence) เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพมาก ๆ จึงจะแสดงออกถึงความสามารถในการงอกในไร่ลดลงจากเมล็ดที่ไม่เสื่อมคุณภาพ

14. ต้นกล้าผิดปกติมากขึ้น (abnormal seedling increasing) ต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่เสื่อมคุณภาพจะมีความผิดปกติมากกว่าเมล็ดที่มีคุณภาพดี ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อเยื่อบางส่วนภายในเมล็ดเสื่อมสลายหรือตายไป จึงทำให้เกิดอาการผิดปกติทางสัณฐาน (morphology) เช่น การเจริญเติบโตของรากหยุดชะงัก (stunt root) การที่ย่นยอด (hypocotyl) ไม่ยืดตัวจึงไม่สามารถโผล่ขึ้นเหนือผิวดินได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมของเมล็ดพันธุ์

การจะเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้นานหรือไม่เพียงไรนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน เช่น

1. ชนิดของพืช เมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดเก็บได้นาน แต่บางชนิดเก็บได้ยาก หรืออายุการเก็บรักษาสั้นโดยธรรมชาติ เช่น เมล็ดพันธุ์ข้าว เก็บรักษาได้ง่ายกว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง เป็นต้น

2. พันธุ์ เมล็ดพันธุ์พืชบางพันธุ์ เก็บรักษาได้ยากกว่าพันธุ์อื่น แม้ว่าจะเป็นชนิดเดียวกัน เช่น เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เก็บรักษาได้ยากกว่าพันธุ์ สจ.4 เป็นต้น

3. ระดับความเสื่อม เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพด้วยสาเหตุต่าง ๆ เช่น เก็บเกี่ยวล่าช้า ถูกฝน หรือได้รับความกระทบกระเทือนจากการเก็บเกี่ยวหรือนวดจะเก็บรักษาได้ยากกว่า เมล็ดพันธุ์ชนิดเดียวกันที่ยังสมบูรณ์แข็งแรง

4. ความชื้นเมล็ด เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นต่ำจะเก็บรักษาได้นานกว่าเมล็ดพันธุ์ชนิดเดียวกัน และคุณภาพระดับเดียวกันที่มีความชื้นสูงกว่า

5. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเก็บหรือของบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ด ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ก็สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้นานกว่าสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง

6. อุณหภูมิของอากาศในโรงเก็บ หรือของบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ด หากอุณหภูมิต่ำ ก็จะเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้นาน

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมช่วยลดการเสื่อมของเมล็ดพันธุ์ได้ กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว แบ่งการเก็บรักษาข้าวโดยทั่ว ๆ ไป เป็น 4 วิธี ได้แก่

1. การเก็บในสภาพปกติ หมายถึง การเก็บข้าวไว้ในโรงเก็บปกติที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บ เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่เป็นส่วนใหญ่ เพราะมีการลงทุนน้อย และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ แต่โอกาสที่จะเกิดความเสียหายในระหว่างการเก็บรักษามีสูง เช่น การเก็บในโรงเก็บหรือยุ้งฉางของเกษตรกร โรงสีหรือโกดังส่งออกข้าวขนาดใหญ่ๆ

2. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว เช่น การเก็บข้าวไว้ในตู้แช่ ตู้เย็น หรือไนโตรเจนเก็บข้าวที่มีการเป่าลมเย็น เป็นต้น การเก็บในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ ช่วยชะลอการสูญเสียทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงลดลง และการหายใจของเมล็ดน้อยลง

3. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ได้แก่ การเก็บข้าวไว้ในภาชนะเก็บที่มิดชิด สามารถป้องกันการเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกของอากาศได้ เช่น การเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในปี๊บสังกะสี หรือ polyethylene bags เป็นต้น การเก็บข้าวในสภาพปิดเช่นนี้ ความชื้นของข้าวจะเป็นตัวกำหนดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในภาชนะที่เก็บ ถ้าความชื้นของข้าวต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะต่ำ ข้าวที่เก็บจะเกิดความเสียหายน้อย ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของข้าวสูง ความชื้นสัมพัทธ์ภายในภาชนะบรรจุก็จะสูง ข้าวที่เก็บจะเกิดความเสียหายสูง ดังนั้น การเก็บรักษาข้าวด้วยวิธีนี้ ข้าวควรมีความชื้นก่อนเก็บต่ำ ทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาที่ต้องการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปความชื้นไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้เป็นวิธีที่ได้ผลดี และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

4. การเก็บในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด สามารถป้องกันและลดความเสียหายของข้าวได้ดี เก็บรักษาข้าวให้คงคุณภาพได้เป็นเวลานาน แต่มีการลงทุน และเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลสูง เช่นการเก็บอนุรักษ์เชื้อพันธุ์ข้าวในธนาคารเชื้อพันธุ์

ความชื้นของเมล็ด

ความชื้นภายในเมล็ดเป็นปริมาณน้ำที่มีช่องว่างประกอบทางเคมีที่สามารถขับออกจากเมล็ดได้ (free water) ถือว่าเป็นตัวแปรในสภาพการเก็บรักษาที่มีความสำคัญเป็นอันดับแรก อธิบายได้ว่าเมล็ดที่มีความชื้นสูง จะมีการเผาผลาญอาหารสูงเพิ่มภาวะที่เป็นอันตรายกับตัว รวมทั้งชักนำให้โรคและแมลงเข้าทำลายจึงเสื่อมคุณภาพได้รวดเร็วกว่าเมล็ดที่แห้ง การเก็บรักษาจึงถือหลักการแรกคือทำเมล็ดให้แห้ง โดยยึดกฎที่ใช้ทั่ว ๆ ไปว่า "การลดความชื้นเมล็ดลง 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เก็บรักษาได้นานขึ้นเป็น 2 เท่า" ซึ่งจะใช้ได้ดีเมื่อเมล็ดมีความชื้นระหว่าง 5-14 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมล็ดพืชมีสภาพ Hygroscopic คือสามารถที่จะรับหรือถ่ายความชื้นให้กับบรรยากาศรอบ ๆ ตัวจนถึงภาวะสมดุล หากนำเมล็ดที่แห้งดีแล้วไปเก็บรักษาในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง เมล็ดก็จะดึง

ความชื้นเข้าไปและหากนำเมล็ดที่มีความชื้นสูงไปเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ เมล็ดก็จะคายความชื้นออก แต่เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพืชต่างชนิดไว้ที่สภาพความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน แต่ละชนิดจะมีจุดสมดุลความชื้นที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต เซลลูโลส และน้ำมัน ที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ด ดังนั้น เรื่องของความชื้นเพื่อการเก็บรักษาจึงต้องพิจารณาทั้ง 2 ประเด็นควบคู่กัน

ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นของอากาศคือปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีสัดส่วนที่แตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น ถ้าอากาศมีความชื้นต่ำ น้ำจะเกิดการระเหยได้มาก ความชื้นเมล็ดพันธุ์จะลดลงเร็ว แต่ถ้าอากาศมีความชื้นสูงน้ำจะระเหยได้น้อยความชื้นเมล็ดพันธุ์จะลดลงช้า ขณะที่น้ำเกิดการระเหยจะทำให้อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมลดต่ำลง เนื่องจากน้ำที่ระเหยจะดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมไปใช้ในการระเหยนั่นเอง เช่น อุณหภูมิของน้ำในตุ่มดินเผาลดต่ำลงเนื่องจากตุ่มดินเผามีลักษณะรูพรุน ซึ่งน้ำสามารถระเหยออกมาได้จึงทำให้อุณหภูมิของตุ่มและน้ำลดต่ำลง น้ำในตุ่มดินเผาจึงเย็นกว่าดังกล่าว ปริมาณของไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ อากาศร้อนสามารถเก็บไอน้ำได้มากกว่าอากาศเย็น ดังนั้นหากอุณหภูมิของอากาศลดลงจนถึงจุด ๆ หนึ่งที่ทำให้เกิด "อากาศอิ่มตัว" (Saturated air) อากาศจะไม่สามารถเก็บกักไอน้ำไว้ได้มากกว่านี้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ และหากอุณหภูมียังคงลดต่ำลงอีก ไอน้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการควบแน่นนี้เรียกว่า "จุดน้ำค้าง" (Dew point) จุดน้ำค้างของอากาศขึ้นย้อมมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดน้ำค้างของอากาศแห้ง

การวัดความชื้นสัมพัทธ์ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "ไฮโกรมิเตอร์" (Hygrometer) ซึ่งมีอยู่หลายหลากชนิด มีทั้งทำด้วยกระเปาะเทอร์มอมิเตอร์ และเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไฮโกรมิเตอร์ซึ่งสามารถทำได้เองและมีความน่าเชื่อถือเรียกว่า "สลิงไซโครมิเตอร์" (Sling psychrometer) ประกอบด้วยเทอร์มอมิเตอร์จำนวน 2 อันวางคู่กัน โดยมีเทอร์มอมิเตอร์อันหนึ่งมีผ้าชุบน้ำหุ้มกระเปาะไว้ เรียกว่า "กระเปาะเปียก" (Wet bulb) ส่วนกระเปาะเทอร์มอมิเตอร์อีกอันหนึ่งไม่ได้หุ้มอะไรไว้ เรียกว่า "กระเปาะแห้ง" (Dry bulb) เมื่อหมุนสลิงไซโครมิเตอร์จับเวลา 3 นาที เพื่อควบคุมอัตราการระเหย แล้วอ่านค่าแตกต่างของอุณหภูมิกระเปาะทั้งสองบนตารางเปรียบเทียบ ก็จะได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์คิดเป็นร้อยละ (%) การวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสามารถวัดได้จากเครื่องมือ 2 ชนิด คือไฮโกรมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก-กระเปาะแห้ง ประกอบไปด้วย เทอร์มอมิเตอร์สองอัน ถูกยึดติดด้วยปลอกที่แข็งแรงซึ่งสามารถแกว่งหมุนได้ด้วยมือ ด้านหนึ่งคือด้านเทอร์มอมิเตอร์กระเปาะแห้งวัดอุณหภูมิอากาศ อีกด้านเป็นเทอร์มอมิเตอร์กระเปาะเปียก (มีไส้ผ้าเย็บติดอยู่ที่ส่วนปลายของเทอร์มอมิเตอร์) จะวัดอุณหภูมิอากาศที่ลดลงเมื่อน้ำระเหยออกไป ความแตกต่างของอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์กระเปาะแห้งและเทอร์มอมิเตอร์กระเปาะเปียกยิ่งมากเท่าไร อากาศจะยิ่งแห้งมาก

เท่านั้น การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ทำได้โดยอ่านค่าจากตารางความชื้นสัมพัทธ์ที่แนบมาให้พร้อมเครื่องวัด

การทดสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์

โดยทั่วไปการทดสอบความชื้นเมล็ดพันธุ์ทำได้ 2 วิธีการหลัก ๆ คือ การทดสอบความชื้นโดยตรงและโดยทางอ้อม การวัดค่าความชื้นโดยตรง คือการหาปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเมล็ด โดยอาศัยหลักการอบเมล็ดด้วยอุณหภูมิสูงเพื่อไล่น้ำที่มีอยู่ในเมล็ดให้ออกไป ปริมาณน้ำที่ถูกไล่ออกจากเมล็ดคือ ความชื้นของเมล็ดนั่นเอง วิธีการทดสอบความชื้นที่เป็นวิธีมาตรฐานคือ วิธีการอบด้วยลมร้อนอุณหภูมิคงที่ (oven method) สำหรับการวัดความชื้นโดยวิธีทางอ้อม ได้แก่ การใช้เครื่องวัดความชื้นซึ่งมีหลายประเภทและความแม่นยำแตกต่างกันไป

การงอกของเมล็ด (seed germination)

การงอกของเมล็ดพันธุ์ คือ กระบวนการที่เริ่มต้นตั้งแต่การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ (imbibition) ไปจนกระทั่งสิ้นสุดการยืดตัวของแกนคัพพะ ในระหว่างการงอกมีกระบวนการต่าง ๆ เกิดขึ้น คือการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างต่าง ๆ ภายในเซลล์ การหายใจ การสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ และการยืดตัวของเซลล์ก่อให้เกิดการเปลี่ยนสภาพจากคัพพะแห้งที่อยู่ในสภาวะเฉื่อยกลับไปสู่คัพพะที่มีเมตาโบลิซึมสูง จนปรากฏต้นกล้าที่เจริญเติบโตออกมาให้เป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ (Bewley and black, 1985)

ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกเมล็ดพันธุ์

1. น้ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการงอกของเมล็ด เมล็ดพืชส่วนใหญ่ต้องการความชื้นในระดับสูงในการงอก แต่ก็มีเมล็ดบางชนิดที่พบว่าการให้น้ำมากเกินไปจะทำให้อัตราการงอกลดลงเพราะเมล็ดดูดออกซิเจนได้น้อย (Gulliver and Heydecher, 1973) อีกทั้งน้ำยังทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่ม ทำให้ดูดซึมออกซิเจนเข้าสู่ภายในเซลล์ได้ง่าย ช่วยในการเคลื่อนที่ของอาหารสะสมภายในเมล็ด และยังช่วยทำให้ปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ ในเมล็ดเกิดขึ้นได้ (Copeland and McDonald, 1995)

2. อุณหภูมิ เมล็ดพันธุ์พืชต่างชนิดกันสามารถงอกได้ในช่วงอุณหภูมิที่แตกต่างกันโดยอุณหภูมิที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปอาจไปยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์ได้ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมเมล็ดอาจดูดน้ำได้แต่ไม่งอก ในขณะเดียวกันถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปเมล็ดอาจดูดน้ำได้เช่นกัน แต่ไม่มีการเจริญเติบโตของคัพพะหรือในบางกรณีเมล็ดอาจงอกได้เป็นต้นกล้าแต่ไม่สามารถสร้างคลอโรฟิลล์ได้เพราะในสภาวะอุณหภูมิสูง ribosome ไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ จึงไม่มีการสังเคราะห์โปรตีน (Frierabend, 1979) อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการงอกของเมล็ดพืชทั่วไป คือ 15-

30 องศาเซลเซียส (วันชัย, 2538) และเมล็ดบางชนิดสามารถงอกได้ที่อุณหภูมิสูง 35-40 องศาเซลเซียส แต่มีเมล็ดพันธุ์พืชหลายชนิดที่งอกได้ดีเมื่อได้รับอุณหภูมิอุณหภูมิสูงกับอุณหภูมิต่ำสลับกัน ซึ่งเป็นสภาพที่เหมือนกับสภาพธรรมชาติ ทำให้ช่วยแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ได้ (Copeland and McDonald, 2001)

3.ออกซิเจน เมล็ดพันธุ์สามารถงอกได้เมื่อได้รับออกซิเจน โดยออกซิเจนจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจ ถ้าไม่มีออกซิเจนหรือมีไม่เพียงพอ เมล็ดจะเกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนและเกิดการสะสมสารพิษภายในเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น คือ เอทานอล ซึ่งเป็นพิษต่อเซลล์พืชและขัดขวางกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเมล็ด (Thomson and Greenway, 1991) ในบรรยากาศทั่ว ๆ ไปมีออกซิเจนอยู่ในปริมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพียงพอที่เมล็ดจะงอกได้ แต่ถ้าปริมาณออกซิเจนในอากาศลดลง ความงอกของเมล็ดพันธุ์จะลดลง ซึ่งพบได้ในเมล็ดพันธุ์กะหล่ำดอก (McCormac and Keefe, 1990)

4.แสง เมล็ดพันธุ์บางชนิดต้องการแสงในระยะแรกของการงอก (Baskin, 1988) เนื่องจากเมล็ดเกิดการพักตัว โดยเมล็ดขนาดเล็กต้องการแสงในการงอกมากกว่าเมล็ดขนาดใหญ่ (Milberg *et al*, 2000) เช่น เมล็ดพันธุ์ผักกาดขาวปลี พริก และมะเขือเทศเป็นต้น (Copeland and McDonald, 2001) และความต้องการแสงในการงอกสามารถทดแทนได้ด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโต เช่น จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน และสารเคมีบางชนิด เช่น ดินประสิว (KNO_3) (จวงจันทร, 2529)

การตรวจสอบความงอก (seed germination test)

การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นการตรวจสอบจำนวนของเมล็ดที่มีชีวิตและสามารถงอกให้ต้นอ่อนที่สมบูรณ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ต้องดำเนินการภายใต้วิธีการมาตรฐานซึ่งสมาคมผู้ตรวจสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association, ISTA) หรือสมาคมผู้ตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Association of Official Seed Analysts, AOSA) ได้กำหนดไว้ สำหรับปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์คือ เมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิตจะงอกได้นั้นเมล็ดต้องได้รับปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด 3 อย่างคือ น้ำหรือความชื้น ออกซิเจน และอุณหภูมิที่เหมาะสม แต่เมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดต้องการแสงเพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอกด้วย (จวงจันทร, 2529) เมล็ดพันธุ์ที่นำมาทดสอบความงอกเป็นเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ (pure seed) ซึ่งได้จากการตรวจสอบความบริสุทธิ์ ของเมล็ดพันธุ์ จำนวนเมล็ดที่ใช้ในการทดสอบความงอกอย่างน้อยตัวอย่างละ 400 เมล็ด 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด ในกรณีที่มีเมล็ดพันธุ์มีน้อยหรือมีขนาดใหญ่สามารถลดจำนวนลงเหลือเพียง 200 เมล็ด หรือ 100 เมล็ด โดยแบ่งเป็น 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด หรือ 25 เมล็ด ตามลำดับ สำหรับวิธีการเพาะ วัสดุเพาะ อุณหภูมิ และแสงสว่างสำหรับพืชบางชนิดได้กำหนดไว้ตามกฎของ ISTA ซึ่งการจะเลือกใช้วิธีการใดขึ้นอยู่กับชนิดพืช สำหรับวัสดุเพาะที่ใช้ในการทดสอบความงอกของเมล็ดนั้น วัสดุที่นิยมใช้กันมาก คือ กระดาษเพาะทราย ซึ่งเป็น

วัสดุที่สามารถดูดซับน้ำได้ดีและเพียงพอตลอดระยะเวลาของการทดสอบ การใช้กระดาษเป็นวัสดุ เพราะมีวิธีการใช้หลายรูปแบบ ดังนี้ top of paper (TP) คือ การเพาะเมล็ดบนกระดาษเพาะ 1 หรือ 2 ชั้น ที่วางไว้ในจานแก้ว (petri dish) หรือกล่องพลาสติกใส เหมาะสำหรับเมล็ดขนาดเล็กและเมล็ดพันธุ์ที่ต้องการแสงในการงอก เช่นเมล็ดพันธุ์ผัก between paper (BP) คือ การเพาะเมล็ดโดยใช้กระดาษเพาะที่เรียกว่า paper towel ที่มีขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร และยาว 40 เซนติเมตร โดยวางเมล็ดบนกระดาษเพาะ 2 ชั้น แล้วทับด้วยกระดาษอีกชั้นหนึ่ง ม้วนกระดาษที่มีเมล็ดอยู่ภายใน นำไปไว้ในตู้เพาะหรือภาชนะอื่นที่สามารถรักษาความชื้นของม้วนกระดาษได้ วิธีนี้เหมาะสำหรับเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง ฝ้าย ถั่วลิสง ละหุ่ง เป็นต้น การเพาะแบบ BP ควรจะม้วนกระดาษให้ไม่แน่น เพื่อให้มีการระบายอากาศที่ดี pleated paper (PP) คือ การเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษที่พับเป็นรอยจีบ (pleated) จากนั้นเก็บไว้ในภาชนะปิดป้องกันการสูญเสียความชื้น วิธีนี้สามารถใช้เป็นทางเลือกแทน TP และ BP

การประเมินผลการทดสอบความงอกของเมล็ด

ตามกฎหมายการทดสอบความงอก มีกำหนดให้ประเมินความงอก 2 ครั้ง คือ การนับครั้งแรก (first count) และการนับครั้งสุดท้าย (final count) ซึ่งระยะเวลาในการประเมินความงอกครั้งแรกและครั้งสุดท้ายแตกต่างกันขึ้นกับชนิดพืชลักษณะต่าง ๆ ของเมล็ดที่จะต้องตรวจสอบนั้น ประกอบด้วย ต้นกล้าปกติ (normal seedling) ต้นกล้าผิดปกติ (abnormal seedling) เมล็ดแข็ง (hard seed) และเมล็ดตาย (dead seed)

1. ต้นกล้าปกติ (normal seedling) คือ ต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ ครบถ้วนสมบูรณ์ ดังนี้

1.1 ระบบราก พืชใบเลี้ยงคู่ต้องมีระบบรากแก้วที่สมบูรณ์แข็งแรง ถ้าขาดหายไปต้องมี adventitious root หรือ lateral root ที่ยาวและแข็งแรงเจริญขึ้นแทน พืชใบเลี้ยงเดี่ยวต้องมีระบบราก fibrous root ที่สมบูรณ์และแข็งแรงหรือมี seminal root ที่เจริญและแข็งแรงอย่างน้อย 2 ราก ส่วนของรากแก้วมีรอยร้าวแตกปริแตกเกิดที่ผิวด้านนอกเท่านั้น หรือต้นกล้าที่มีรากแก้วไม่สมบูรณ์แต่มี secondary root ที่แข็งแรงปกติจำนวนมากพอ

1.2 ไฮโปคอตทิล (hypocotyls) หรืออีพิคอตทิล (epicotyl) ไม่มีรอยแตกยอดอ่อนสมบูรณ์ พืชตระกูลถั่วจะต้องมีส่วน plumule ที่เจริญยาวเกินครึ่งของ coleoptile

1.3 ใบเลี้ยงมีจุดต่างดำถูกทำลายหรือรูปร่างผิดปกติไป แต่ไม่เกินครึ่งหนึ่งและต้องไม่มีผลต่อเนื้อเยื่อภายใน

1.4 primary leaf มีสีเขียวมีจุดประปราย coleoptile บิดเป็นห่วงแต่หลวม ๆ หรือแยกจากส่วนยอดไม่เกิน 1/3 ของความยาว ใบมีสีเขียวเจริญไม่ถึงยอด coleoptile แต่ไม่เกินครึ่งหนึ่งของความยาว

2. ต้นกล้าผิดปกติ (abnormal seedling) คือ ต้นกล้าที่มีส่วนประกอบที่สำคัญบางส่วนหรือทั้งหมดถูกทำลายเสียหาย ไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมลักษณะของต้นกล้าผิดปกติได้แก่

2.1 ต้นกล้าที่ไม่มีใบเลี้ยง ต้นกล้าแตกข้ามมีรอยแตกหรือรอยแผลลึกถึงส่วนท่อน้ำท่ออาหาร ไม่มีรากแก้วหรือรากฝอยและไม่มี adventitious root ที่แข็งแรงเจริญเต็มที่ รากแก้วแตกตามยาว และมีสีน้ำตาล

2.2 ต้นกล้ามีรูปร่างผิดปกติ เช่น หักงอ บิดเป็นเกลียว ยอดอ่อนขาดหายไปหรือแตกเป็นสองแฉก ใบเลี้ยงหักงอ มีรอยขีดขนาดใหญ่ ส่วนของ hypocotyl/epicotyl บวมโตผิดปกติ

2.3 ต้นกล้าที่มีส่วนของ cotyledon, hypocotyl, epicotyl, plumule และรากเน่าเสียหายอย่างรุนแรง

3. เมล็ดแข็ง (hard seed) คือ เมล็ดที่มีชีวิตแต่ไม่งอก เนื่องจากเปลือกไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านเข้าไป ภายในเมล็ด เมล็ดยังคงมีสภาพและรูปร่างลักษณะเหมือนเมล็ดปกติ พบในเมล็ดพืชตระกูลถั่วตระกูลแตงและตระกูลกะหล่ำ ผักกาด

4. เมล็ดตาย (dead seed) คือ เมล็ดที่ไม่งอกและเน่าเปื่อย เมล็ดมีรูปร่างผิดไปจากเดิม เมล็ดบวม และเน่าเละ

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigour)

ในทางทฤษฎีเมล็ดที่มีความแข็งแรงสูงจะมีความงอกสูง เมื่อเมล็ดเกิดการเสื่อมสภาพความสามารถในการแสดงออก (potential performance) ด้านความงอก ความแข็งแรง และความสม่ำเสมอในการงอกลดลง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนลดลง ซึ่งอัตราการเสื่อมสภาพดังกล่าวขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและระยะเวลาการเก็บรักษา (Spear, 1995) ดังนั้นเมล็ดที่มีความแข็งแรงสูงควรงอกได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอรวมทั้งสามารถงอกได้ดีในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ (Hampton and TeKrony, 1995) ซึ่ง ISTA (1999) ให้คำจำกัดความของความแข็งแรงคือ ผลรวมของลักษณะต่าง ๆ ของเมล็ดพันธุ์ซึ่งกำหนดระดับศักยภาพของกิจกรรม และการแสดงออกของเมล็ดพันธุ์หรือกองเมล็ดพันธุ์ระหว่างการงอกและการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้า เมล็ดแสดงออกได้ดีเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง ในขณะที่เมล็ดที่แสดงออกได้ต่ำถูกว่าเป็นเมล็ดที่มีความอ่อนแอ ทำให้ความแข็งแรงไม่ได้เป็นคุณสมบัติที่วัดด้วยวิธีการเดียวได้ จำเป็นต้องอาศัยหลักเกณฑ์หลายอย่าง เช่น การทดสอบในสภาพแปลงและการเก็บรักษาเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถประเมินคุณภาพเมล็ดและคาดคะเนอายุเมล็ดพันธุ์ได้ (Delouch and Baskin, 1973)

ความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่ง Copeland and McDonald (2001) อธิบายไว้ดังนี้

1. ลักษณะทางพันธุกรรม (genetic constitution) เป็นลักษณะที่อยู่ภายใต้การควบคุมของพันธุกรรม ได้แก่ hybrid vigor เมล็ดแข็ง (hard seed) การอ่อนแอต่อความเสียหายจากเครื่องจักรกล (susceptibility to mechanical damage) และ องค์ประกอบทางเคมี (seed chemical composition) ซึ่งลักษณะเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดและพันธุ์พืช ส่งผลให้มีความแข็งแรงแตกต่างกันไป ระยะที่เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูงสุด คือระยะที่เมล็ดสุกแก่ทางสรีระวิทยา จากนั้นความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ก็จะลดลง

2. สภาพแวดล้อมระหว่างการพัฒนาของเมล็ด (environment during seed development) ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นในดินและในบรรยากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน โรค และแมลงเป็นต้น ซึ่งสาเหตุภายนอกที่เกิดขึ้นตั้งแต่เมล็ดเกิดการปฏิสนธิจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยารวมทั้งระยะก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยว

3. สภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (seed storage) คือ สภาพตั้งแต่ก่อนระยะเวลาเก็บรักษา วิธีการ และสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ และความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ มีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เช่น การเก็บรักษาเมล็ดไว้นานในสภาพที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เมล็ดพันธุ์มีอัตราการเสื่อมคุณภาพเพิ่มขึ้น แสดงว่าเมล็ดพันธุ์นั้นจะเก็บรักษาได้อีกไม่นาน

การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigour test)

การวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์คือ การวัดลักษณะการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ก่อนเมล็ดพันธุ์ตาย ลักษณะการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์อาจทดสอบได้โดยการทดสอบความแข็งแรงที่สัมพันธ์กับการเสื่อมของเมล็ดพันธุ์ เช่น การประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้า การทดสอบในสภาวะเครียด และการทดสอบทางชีวเคมี เป็นต้น วิธีทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ให้ผลการทดสอบเหมือนกันเมื่อทำซ้ำ ให้ผลการทดสอบที่สัมพันธ์กับการตั้งตัวของต้นกล้า ให้ผลการทดสอบที่รวดเร็ว เป็นวิธีที่ง่าย และราคาถูก (ศานิต, 2552)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ทดสอบ
 - 1.1 เมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพ
 - 1.2. กล่องสุญญากาศ
 - 1.3 glycerol
 - 1.4 อุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพอากาศอัตโนมัติ
2. การวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์
 - 2.1 การวัดความชื้นทางตรง (Moisture testing – Direct method)
 - 1) ตู้อบอุณหภูมิสูง (hot air oven)
 - 2) เครื่องบดเมล็ดพันธุ์
 - 3) เครื่องเป่าลมแรง
 - 4) โถดูดความชื้น (desiccator)
 - 5) ภาชนะทนความร้อนบรรจุเมล็ด
 - 6) เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
 - 7) ถังมือยาง
 - 2.2 การวัดความชื้นทางอ้อม (Moisture testing - Indirect method)
 - 1) Humimeter FS4 (Schaller GmbH)
 - 2) เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
 - 3) ภาชนะความจุมากกว่า 250 กรัม
 - 4) ถังมือยาง
3. การวัดความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (Radicule Emergence test and Germination test (NS checking)
 - 3.1 ตู้เพาะเมล็ด (Seed Germinator) ปรับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
 - 3.2 กล่องพลาสติกใสที่มีฝาปิดและแสงสามารถส่องถึง
 - 3.3 กระดาษ (Towel paper)
 - 3.4 ปากคีบ ปากกา และกระดาษสติกเกอร์
 - 3.5 น้ำ Reverse Osmosis
 - 3.6 พิมพ์เรียงเมล็ดพันธุ์ข้าว 100 เมล็ด
 - 3.7 Alcohol 70 เปอร์เซ็นต์

3.8 ถังมือยาง

4. โปรแกรมคำนวณ

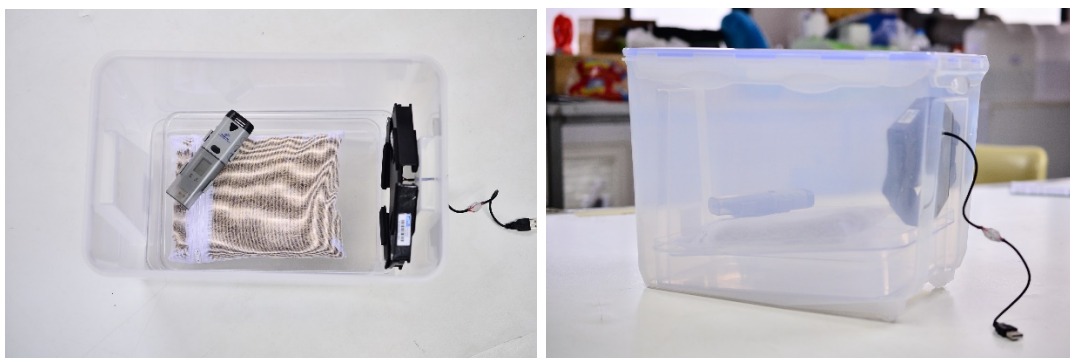
6.1 โปรแกรม STATISTIX SX version 10

6.2. โปรแกรม Excel® 2010

วิธีการ

การเตรียมตัวอย่างเมล็ดพันธุ์สำหรับทดสอบ

เมล็ดพันธุ์ข้าวหีบห่อที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน โดยเก็บรักษาในกล่องสุญญากาศที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ด้วยสารละลาย glycerol ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และติดตั้งพัดลมเวียนอากาศภายใน (ภาพที่ 1) โดยจะควบคุมให้ความชื้นสัมพัทธ์ให้มีอยู่ที่ 38, 61 และ 84 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สัดส่วนของ glycerol ต่างกันตามสมการของ Forney and Brandl (1992) บรรจุเมล็ดพันธุ์ในถุงตาข่าย แล้ววางไว้ในห้องสุญญากาศ เก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แต่ละกล่องด้วยอุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพอากาศอัตโนมัติ จากนั้นสุ่มเมล็ดพันธุ์มาทดสอบตามการทดลองที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 เมล็ดพันธุ์ข้าวหีบห่อที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ต่างกัน ในกล่องสุญญากาศที่มีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ด้วยสารละลาย glycerol และติดตั้งพัดลมเวียนอากาศภายใน

การทดลองที่ 1 การวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวหีบห่อที่เก็บในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน

1.1 การวัดความชื้นทางตรง

สุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวหีบห่อจากที่เก็บรักษาในชั้นสัมพัทธ์ 38, 61 และ 84 เปอร์เซ็นต์ (ตามการทดลองที่ 1) ที่เวลา 0, 1, 7 วัน และ 3 เดือน จำนวน 20 กรัม (ทำ 4 ซ้ำ) แบ่งใส่

ภาชนะทนความร้อนบรรจุเมล็ดกระป๋องละ 5 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปแช่น้ำหนักแต่ละกระป๋องแล้วจดบันทึก จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าวไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดเมล็ดพันธุ์ข้าว เปิดฝาภาชนะบรรจุเล็กน้อยให้น้ำระเหยออกได้มากขึ้น นำเข้าตู้อบลมร้อน (hot air oven) อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาพักคลายความร้อนที่โถดูดความชื้น (desiccator) ประมาณ 20 นาที จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึก นำค่าน้ำหนักที่ชั่งก่อนและหลังเข้าตู้อบลมร้อนไปคำนวณโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA)

1.2 การวัดความชื้นทางอ้อม

สุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพจากที่เก็บรักษาในชั้นสัมพัทธ์ 38, 61 และ 84 เปอร์เซ็นต์ (ตามการทดลองที่ 1) ที่เวลา 0, 1, 7 วัน และ 3 เดือน จำนวน 250 กรัม นำเข้าเครื่อง Humimeter FS4 จดบันทึกค่าความชื้นที่แสดง (ทำ 2 ซ้ำ) นำค่าที่ได้ไปคำนวณโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA)

การทดลองที่ 2 การทดสอบความงอกและความเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน

สุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพจากที่เก็บรักษาในชั้นสัมพัทธ์ 38, 61 และ 84 เปอร์เซ็นต์ (ตามการทดลองที่ 1) ที่เวลา 0, 1, 7 วัน และ 3 เดือน มาทำการเพาะเมล็ดโดยการทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด นำมาตรวจสอบความแข็งแรงและความงอกตามวิธีการดังต่อไปนี้

2.1 การตรวจสอบความงอก (Germination test)

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกันมาเพาะทดสอบความงอกด้วยวิธี Top of paper ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตรวจสอบความแข็งแรงที่ 5 และ 15 วัน ตามมาตรฐานในการทดสอบความงอก ISTA (2003)

2.2 การทดสอบความแข็งแรงด้วยวิธีการทดสอบความเร็วในการแทงราก (radicle emergence test)

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกันมาเพาะทดสอบความแข็งแรงด้วยวิธี Top of paper ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ตรวจสอบความเร็วในการแทงราก (2 มิลลิเมตร) ที่ 100 ชั่วโมงหลังการเพาะเมล็ด

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตบางเขน ระหว่างเดือนเมษายน – สิงหาคม พ.ศ. 2562

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน

จากการทดลองพบว่า การวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพทั้งทางตรงและทางอ้อมมีค่าความชื้นสอดคล้องกัน เมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 84 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 3 เดือน มีความชื้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่ 0, 1 และ 7 วัน (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่าความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลามีผลต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพ เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขณะเก็บรักษามีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความชื้นของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดมีคุณสมบัติเป็น hygroscopic material คือ สามารถรับหรือถ่ายเทความชื้นกับบรรยากาศรอบเมล็ดจนกว่าจะถึงจุดสมดุลความชื้นของเมล็ด เมล็ดจะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นไปตามสภาพของความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศสูงเมล็ดมีความชื้นสูงตามความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น ในทางตรงข้ามถ้าความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศต่ำเมล็ดก็มีความชื้นต่ำไปด้วย (จวงจันทร, 2529ข) ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่ 84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสภาพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์สูง จะมีการแลกเปลี่ยนความชื้นไปยังเมล็ดมีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดสูงขึ้น ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มีผลทำให้สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของความชื้นไปยังเมล็ดได้ สอดคล้องกับงานทดลองของ Thavong *et al.* (2011) ที่พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวในกระสอบพลาสติกสานที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความชื้นของเมล็ดสูงกว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในถุง Super Bag® ที่มีคุณสมบัติป้องกันการแลกเปลี่ยนออกซิเจนและความชื้นของเมล็ดพันธุ์กับบรรยากาศภายนอกภาชนะบรรจุเมล็ดพันธุ์ เช่นเดียวกับ วิไลลักษณ์ (2557) ที่พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บรักษาในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีความชื้นของเมล็ดสูง และไยโหม (2558) ที่พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว กข31 และพิษณุโลก 2 ที่อุณหภูมิห้องมีความชื้นของเมล็ดสูงกว่าการเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 ผลของการวัดความชื้นทางตรงและทางอ้อมของเมล็ดพันธุ์ข้าวทบที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (วัน)	ความชื้นภายในเมล็ดพันธุ์ (%)					
	การวัดความชื้นทางตรง			การวัดความชื้นทางอ้อม		
	38%RH	61%RH	84%RH	38%RH	61%RH	84%RH
0	9.751b [†]	9.751bc	9.751c	9.9a [†]	9.9c	9.9d
1	8.9538c	9.4897c	10.184bc	10.005a	10.055c	10.9c
7	8.5116d	10.152b	10.608b	10a	11.35a	12.1b
90	10.737a	10.85a	13.791a	10.15a	10.85b	15.35a
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	1.44	1.35	2.46	1.87	1.42	1.78

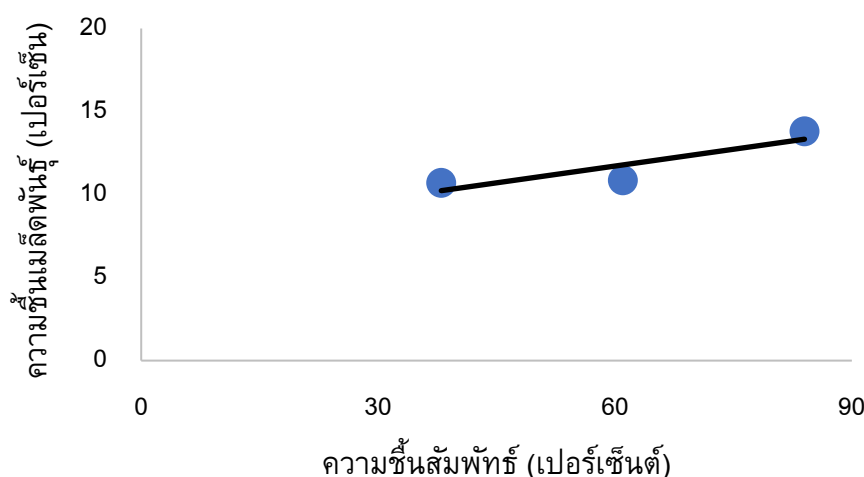
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ $P \leq 0.01$

† อักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ความชื้นสมดุล

เมล็ดพืชโดยทั่วไปมีน้ำเป็นองค์ประกอบ ซึ่งน้ำในเมล็ดมี 2 ประเภท ได้แก่ Free water คือน้ำที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ต่าง ๆ สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระภายในเมล็ดออกสู่ผิวเมล็ด และ bound water คือน้ำภายในเซลล์ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโมเลกุลต่าง ๆ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ถ้าดึงน้ำส่วนนี้ออกจะทำให้เกิด oxidation เกิดการแตกตัวของโครงสร้างของเซลล์หรือทำให้สูญเสีย volatile materials เช่นน้ำมัน ที่เป็นองค์ประกอบของสารประกอบในเมล็ด ซึ่งการตากหรือลดความชื้นเป็นการทำให้น้ำมันในเมล็ดส่วนที่เป็น free water คายออกมาสู่ภายนอก ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดมีคุณสมบัติสามารถแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศรอบ ๆ จนเข้าสู่สมดุลของความชื้น (Equilibrium moisture content) (Bass, 1973)

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่ความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพมีความชื้นเริ่มต้น 9.8 เปอร์เซ็นต์ (ความชื้นทางตรง) แต่เมื่อนำไปเก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 38,61 และ 84 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นระหว่าง 8-14 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) เพราะเมล็ดมีการแลกเปลี่ยนความชื้นเพื่อให้สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Copeland, 1976) ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะเป็นตัวกำหนดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (Hill, 1999) จะเห็นได้ว่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นความชื้นของเมล็ดก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากการวัดความชื้นทางตรงเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพใช้เวลานานกว่า 1 สัปดาห์เพื่อเข้าสู่ความชื้นสมดุล (equilibrium seed moisture content) โดยความชื้นสมดุลของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 38 61 และ 84 เปอร์เซ็นต์ คือ 10.7, 10.9 และ 13.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพเมื่อเข้าสู่สมดุล

การทดลองที่ 2 การทดสอบความงอกและความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 38, 61 และ 84 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0, 1, 7 วัน และ 3 เดือน พบว่าความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เปลี่ยนแปลงไปดังนี้

ความงอกของเมล็ดพันธุ์

จากการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพตามมาตรฐานในการทดสอบความงอก ISTA (2003) พบว่าความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 84 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำสุดคือ 48.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าที่ได้มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 84 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0, 1 และ 7 วัน และที่ความชื้นสัมพัทธ์ 38 และ 61 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 0, 1, 7 วัน และ 3 เดือน จึงสรุปได้ว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 84 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 เดือน มีความเสื่อมของเมล็ดพันธุ์สูงสุด (ตารางที่ 4)

ระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความงอกเฉลี่ยลดลงจาก 94.5, 77.25, 68.75 และ 48.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย คือความชื้นสัมพัทธ์และ

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้ความงอกในกระดาศเพาะแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 38 และ 61 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกในกระดาศเพาะเฉลี่ยสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ข้าวยังคงมีความงอกไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ตามเกณฑ์ของพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงนั้นมีความงอกของเมล็ดต่ำ เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์สูง (84 เปอร์เซ็นต์) จะไปเร่งการเกิดกิจกรรมเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเมล็ดทำให้เมล็ดสูญเสียความงอกอย่างรวดเร็วในขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บรักษาใน 38 และ 61 เปอร์เซ็นต์ จะมีการเสื่อมคุณภาพช้ากว่าการเก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 84 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในความชื้นสัมพัทธ์ต่ำจะทำให้ชะลอกิจกรรมเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ภายในเมล็ดมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีการเสื่อมสภาพช้ากว่าการเก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์สูง (จวงจันทร, 2559ข)

สำหรับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพอับอากาศ (hermetic storage) นั้น เมล็ดพันธุ์สามารถแลกเปลี่ยนความชื้นและออกซิเจนกับสิ่งแวดล้อมได้น้อย แต่จะมีการหายใจของสิ่งมีชีวิตอื่น เช่น เชื้อโรคและแมลง ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลงและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น (Bass, 1980) การที่ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง เนื่องจากเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งที่ชีวิตจึงใช้อาหารที่สะสมในเมล็ดเพื่อใช้ในการหายใจ ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลานานอาหารสะสมในเมล็ดจึงลดลง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลง (วัลลภ, 2540) ดังนั้น หากเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงเป็นระยะเวลานานความงอกของเมล็ดพันธุ์จะลดลงเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ สอดคล้องกับงานทดลองของ Elizabeth *et al.* (2014) ที่ศึกษาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวในสภาพที่แตกต่างกัน 4 สภาพ ได้แก่ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 12, 18 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงและการบรรจุเมล็ดพันธุ์ในถุงสุญญากาศช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Rickman and Aquino (2004) ที่พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวในถุงสุญญากาศเป็นเวลานาน 12 เดือน มีความงอก 82 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเก็บรักษาในภาชนะเปิดในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีความงอก 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษานาน 9 เดือน สอดคล้องกับ Ben *et al.* (2006) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาข้าวในสภาวะปิดหรือใน super bag มีความชื้นต่ำและมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตลอดการเก็บรักษานาน 12 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวในสภาวะเปิด ซึ่งมีความงอกต่ำกว่า (Thavong *et al.*, 2011)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ และระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (วัน)	ความชื้นสัมพัทธ์		
	38%RH	61%RH	84%RH
0	94.5a [†]	94.5a	94.5a
1	95.75a	94.75a	77.25a
7	97.25a	97.75a	68.75b
90	97.5a	96.75a	48.5c
F-test	**	**	**
C.V. (%)	3.05	3.45	22.71

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ $P \leq 0.01$

† อักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

พิจารณาการทดสอบความเร็วในการแทงราก (2 มิลลิเมตร) ที่ 100 ชั่วโมง เป็นดัชนีระบุความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ตามรายงานของ Onwimol *et al.* (2016) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 84 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 3 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การแทงรากต่ำสุดคือ 17.5 เปอร์เซนต์ ซึ่งค่าที่ได้มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 84 เปอร์เซนต์เป็นเวลา 0, 1 และ 7 วัน และเปรียบเทียบกับที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 38 เปอร์เซนต์ และ 61 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 0, 1, 7 วัน และ 3 เดือน จึงสรุปได้ว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์ 84 เปอร์เซนต์ เป็นเวลา 3 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การแทงรากต่ำสุด (ตารางที่3) จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงนั้นมีความงอกของเมล็ดต่ำ เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์สูงจะไปเร่งกระบวนการเมแทบอลิซึมในเมล็ดเกิดการเสื่อมของเมล็ด มีผลทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดต่ำ (วันชัย, 2553) ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้การเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง (84 เปอร์เซนต์) มีความแข็งแรงของเมล็ดต่ำกว่าการเก็บรักษาที่ 38 และ 61 เปอร์เซนต์ สอดคล้องกับงานทดลองของ ไยไหม (2558) ที่พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่อุณหภูมิห้องมีความงอกของเมล็ดพันธุ์ต่ำกว่าการเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวทับทิมชุมแพที่เก็บรักษาในความชื้นสัมพัทธ์และระยะเวลาต่างกัน

ระยะเวลา (วัน)	ความชื้นสัมพัทธ์		
	38%RH	61%RH	84%RH
0	82a [†]	81.75a	82ab
1	96a	93a	68.75b
7	95.75a	95.25a	54.5c
90	96a	96.25a	17.5d
F-test	**	**	**
C.V. (%)	22.47	26.05	26.82

**แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ $P \leq 0.01$

† อักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

สรุป

เมล็ดพันธุ์ที่บ่มชุบแพใช้เวลานานกว่า 1 สัปดาห์เพื่อเข้าสู่สมดุล (equilibrium seed moisture content) เมล็ดพันธุ์จะเสื่อมลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวที่บ่มชุบแพที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 61 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมาก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จวงจันท์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.

จวงจันท์ ดวงพัตรา. 2529ข. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือ เกษตร, กรุงเทพฯ.

พรทิพย์ ถาวงค์ สุรพล ยศเทียม และชาลี จิตะฐาน. 2554. ผลของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แบบปิดสนิทใน Super Bag ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว. เอกสารการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว เนื่องใน โอกาสวันข้าวและชาวนาแห่งชาติ ครั้งที่ 2 ปี 2554 วันที่ 3-4 มิถุนายน 2554. โรงแรมอมารี ดอนเมือง แอร์พอร์ต. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 10 หน้า.

ไยไหม ช่วยหนู. 2558. ผลของสภาพการเก็บรักษาและการคลุก สารเคมีที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวและแมลงศัตรูใน โรงเก็บ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันท์ประเสริฐ. 2538. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัลลภ สันติประชา. 2540. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืช ศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่, สงขลา.

วิไลลักษณ์ ดิเรกโกศ จุฑามาศ ร่มแก้ว วัชรพล ชยประเสริฐ และนรุณ วรามิตร. 2555. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปิดความดันต่ำการรมด้วยฟอสฟีนและการเก็บในสภาวะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวและแมลงในโรงเก็บ. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการแห่งชาติ ครั้งที่ 9. วันที่ 6-7 ธันวาคม 2555 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 10 หน้า.

ศานิต สวัสดิ์กาญจน์. 2552. ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์และวิธีการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ 1, (1) 2552

- Baskin, C.C. and J.M. Baskin. 1988. **Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region.** American Journal of Botany. 75: 286-305.
- Bass, L.N. 1980. **Flower seed storage and testing.** Seed men' Digest. 31: 38-41.
- Ben, D.C., P.V. Liem, N.T. Dao, M. Gummert and J.K. Rickman. 2006. **Effect of hermetic storage in the super bag on seed quality and on milled rice quality of different varieties in Bac Lieu, Vietnam.** p. 567. In: 2th International Rice congress 2006. New Delhi, India.
- Bewley , J.D. and M. black. 1985. **Seed: Physiology of Development and Germination.** Plenum Press, New York and London. 376p.
- Charles, F., Forney and David G. Brandl. 1992. Control of Humidity in Small Controlledenvironment Chambers using Glycerol-Water Solutions. **Horttechnology**, 2(1.): 53-55.
- Copeland L. O. and M. B. McDonald. 1995. **Principles of Seed Science and Technology.** Chapman & Hill, New York. 409 p.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 2001. **Principles of Seed Science and Technology. 4th ed. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts.**
- Delouche, J.C. and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Sci. & Technol.** 1: 427-452.
- Dickie, J.B., R.H. Ellis, H.L. Kraak, K. Ryder, and P.B. Tompsett. 1990. Temperature and seed storage longevity. **Ann. Bot.** 65: 197-204.

- Elias, S.G., and L.O. Copeland. 1994. The effect of storage conditions on canola (*Brassica napus* L.) seed quality. **J. Seed Technol.** 18: 21-22
- Fabrizius, E., D. TeKrony, D.B. Egli, and M. Rucker. 1999. Evaluation of a viability model for predicting soybean seed germination during warehouse storage. **Crop Sci.** 39: 194-201.
- Feierabend, J. 1979. Role of cytoplasmic protein synthesis and its coordination with the plastidic protein synthesis in the biogenesis of chloroplasts. **Ber.Dtsch. Bot. Ges.** 92:553-594.
- Gulliver, R.L. and W. Heydecker. 1973. Establishment of seedling in a changeable environment. pp. 433-462. In W. Heydecker (ed.). **Seed Ecology**. Butter worth, London.
- Hampton and D.M. TeKrony. 1995. Handbook of Vigour Test Methods. **The International Seed Testing Association**, Switzerland.
- Hill, M. 1999. The storage environment and its control. pp. 69-91. In: **The Drying and Storage of Grain and Herbage Seeds**. The Raven Press, Christchurch, New Zealand.
- ISTA. 2011. **International Rules for Seed Testing**. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- McCormac, A.C. and P.D. Keefe. 1990. Cauliflower (*Brassica oleracea* L.) seed vigour: imbibitions effect. **J. Exp. Bot.** 41 (228): 893-899.
- McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. **Seed Sci. & Technol.** 27: 177-237

Milberg, P.,L. Anderson and K. Thomson. 2000. Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. **Seed Sci. Res.** 10: 99-104.

Onwimol *et al.*,2016 D. Onwimol, W. Chanmprasert, P. Changsee, T. Rongsangchaichareon, Seed vigor classification using analysis of mean radicle emergencetime and single counts of radicle emergence in rice (*Oryza sativa*L.) and mung bean (*Vigna radiata*(L.) Wilczek). **Agriculture and Natural Resources.** 50 (2016) pp. 345-350

Oxley, T.A., and G. Wickenden. 1963. The effect of restricted air supply on some insects which insect grain. **Ann. Appl. Biol.** 51: 313-324.

Rickman, F. J., and E. Aquino. 2004. **Appropriate technology for maintaining grain quality in small-scale storage.** pp. 149-157. In: Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Gold-Coast Australia 8-13th August 2004. FTIC Ltd. Publishing, Israel.

Sittisuang, P., and H. Nakakita. 1985. The effect of phosphine and methyl bromide on germination of rice and corn. **J. Pestic. Sci.** 10: 461-468

Spear, J.F. 1995.An introduction to seed vigour testing. In seed vigour testing, Contributions to a Seminar Presented at the 24th Congress of the International **Seed Testing Association**, Copenhagen. 97 p.

Thavong, P., S. Yodtiem, and C. Tetratran. 2011. **Effect of hermetic seed storage in super bag on rice seed quality.** pp. 199-208. In: 2nd Rice Annual Conference 2011. Rice and National Farmers' Day, Bangkok.

Thomson, C.J. and H. Greenway. 1991. Metabolic evidence of stellar anoxia in maize roots expose to low O₂ concentrations. **Plant Physiol.** 96: 1294-1302

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวศิริภัทร ทองแบบ
วัน เดือน ปี เกิด	23 มกราคม พ.ศ. 2540
สถานที่เกิด	เลย
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเลยพิทยาคม
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-