ผลของการไพรม์และการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

สุรีมาศ จันต๊ะอินทร์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2566

ผลของการไพรม์และการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

สุรีมาศ จันต๊ะอินทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของการไพรม์และการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์
ต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

สุรีมาศ จันต๊ะอินทร์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ กางโสภา)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา อินสลุด)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหิมฮึก)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา อินสลุด)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลของการไพรม์และการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์
ต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี
ชื่อผู้เขียน นางสาวสุรีมาศ จันต๊ะอินทร์
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ กางโสภา

บทคัดย่อ

ข้าวสาลีเป็นธัญพืชที่คุณประโยชน์สูงและนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีในรูปแบบของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ คือ น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง ช่วยขับสารพิษในร่างกาย และสามารถชะลอความแก่ได้ โดยต้องการเมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกสูง และมีความสม่ำเสมอของต้นกล้า รวมทั้งต้องมีอายุการเก็บรักษาไว้ได้นานโดยที่ยังคงคุณภาพที่ดีไว้ อย่างไรก็ตามการผลิตเมล็ดพันธุ์ยังคงประสบปัญหาเกษตรกรมีการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ภายใต้สภาพห้องที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ จึงทำให้เมล็ดมีการเสื่อมเร็วขึ้น ส่งผลให้อายุการเก็บรักษาสั้น และคุณภาพความงอก ความแข็งแรงต่ำ จึงได้มีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์ และเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ โดยใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีสายพันธุ์ฝาง 60 ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 2 กิจกรรม กิจกรรมที่ 1 เพื่อศึกษาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี เพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มคุณภาพความงอก การเจริญเติบโต และยืดอายุการเก็บรักษา แบ่งออกเป็น 4 การทดลองย่อย คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ KH_2PO_4, $MgSO_4$, KNO_3, $ZnSO_4$ ที่ความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร การไพรม์เมล็ดร่วมกับ KNO_3 ที่ความเข้มข้น 40 กรัม/ลิตร ส่งผลต่อความเร็วในการงอกรากแรก และความยาวต้นกล้าสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ จากนั้นจึงนำมาสู่การทดลองที่ 2 การศึกษาหาคุณสมบัติ ชนิดและอัตราของสารเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ Carboxymethyl cellulose (CMC) และ Hydroxypropyl methyl cellulose (MHEC) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร คือ Carboxyl methyl cellulose (CMC) ที่ความเข้มข้น 30 กรัม/ลิตร มีความหนืดที่เหมาะสม และละลายน้ำได้ไว ไม่ขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี อีกทั้งยังสามารถช่วยให้ความงอก และการเจริญเติบโตของข้าวสาลีได้ดีมากกว่า

เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อได้สูตรการไพรม์และสูตรสารเคลือบที่ดีที่สุด จึงนำมาใช้ในการทดลองที่ 3 ศึกษาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ $ZnSO_4$, KH_2PO_4, $CaCl_2$ และ NH_4NO_3 ในความเข้มข้นแตกต่างกัน จากนั้นได้สูตรการเคลือบที่ดีทั้งหมด 4 สูตร คือ $ZnSO_4$ 35, KH_2PO_4 15, $CaCl_2$ 5 และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร ทำให้ความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ จากการคัดเลือกสูตรการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ดีที่สุดมา 4 ตำรับ มาเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ การเคลือบเมล็ดร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร เป็นสูตรการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ดีที่สุด ทำให้ความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ กิจกรรมที่ 2 ศึกษาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี เพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มคุณภาพความงอก การเจริญเติบโต และยืดอายุการเก็บรักษา เพื่อผลิตเป็นน้ำคั้นต้นอ้อนข้าวสาลี แบ่งออกเป็น 4 การทดลองย่อย คือ 1 การทดลองที่ 1 คือ ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ น้ำส้มควันไม้ (WV), ปุ๋ยปลาฟิต (FAA), ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน, (VL) หัวเชื้อจุลินทรีย์ MMO_1 และ MMO_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4, 5.5, 9 และ 16.5 กรัม/ลิตร โดยสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ หัวเชื้อจุลินทรีย์ MMO_2 ที่ความเข้มข้น 5.5 กรัม/ลิตร ส่งผลให้ความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการทดลองที่ 2 คือ ศึกษาหาคุณสมบัติชนิดและอัตราของสารเคลือบอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ เจลลาตินที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร และ กัมอารบิกที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร โดยได้สูตรสารเคลือบที่ดีที่สุด คือ กัมอารบิก ที่ความเข้มข้น 20 กรัม/ลิตร มีความหนืดที่เหมาะสม และความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งสามารถส่งเสริมความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี จากการคัดเลือกสูตรการไพรม์เมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ และสูตรสารเคลือบอินทรีย์ที่ดีที่สุดมาอย่างละ 1 สูตร จากนั้นนำมาใช้ในการทดลองที่ 3 คือ ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ น้ำส้มควันไม้, ปุ๋ยปลาฟิต, ไคโตซาน และน้ำหมักมูลไส้เดือนที่ความเข้มข้น 5, 10, 15 กรัม/ลิตร จากการคัดเลือกสูตรการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีร่วมกับสารอินทรีย์ที่ดี 4 สูตร คือ ปุ๋ยปลาฟิต 10, 15, น้ำส้มควันไม้ 5 และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร ทำให้ความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ จากนั้นจึงนำสูตรการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีร่วมกับสารอินทรีย์ 4 สูตร นำมาทดสอบในการทดลองที่ 4 คือ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ การเคลือบเมล็ดร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 เป็นสูตร

การเคลือบเมล็ดร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ดีที่สุด สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีที่สุด ทำให้ความงอก ความแข็ง และทำให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และทำให้ปริมาณวิตามินซี ค่าความหวาน และปริมาณน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ

คำสำคัญ : น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี, ธาตุอาหารพืช, สารอินทรีย์, การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์

Title EFFECT OF SEED PRIMING AND COATING WITH PLANT NUTRIENTS AND ORGANIC SUBSTANCE ON LONGEVITY AND SEED QUALITY OF WHEAT

Author Miss Sureemard Chantain

Degree Master of Science in Agronomy

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Jakkrapong Kangsopa

ABSTRACT

Wheat is a highly nutritious grain, and wheat products are commonly consumed in the form of finished products and health food. One such product is wheatgrass juice, which is derived from young wheatgrass and contains a high amount of chlorophyll. It aids in detoxifying the body and has the potential to delay the aging process. To achieve these benefits, it is essential to use wheat seeds with high germination rates and consistent seedling quality, as well as the ability to maintain good quality over an extended shelf life. However, the production of high-quality wheat seeds remains a challenge. Farmers typically harvest and store seeds under non-temperature-controlled conditions, leading to accelerated seed deterioration. This results in a shorter shelf life and reduced germination vigor. To address these issues, improvements have been made by enhancing seed quality through seed priming and coating techniques. The study conducted at Maejo University focused on determining the optimal formulations for seed priming and coating using the Fang 60 wheat seed variety. The study consisted of two activities. The first activity involved investigating the type and rate of plant nutrients suitable for seed priming. The nutrients tested included KH_2PO_4, $MgSO_4$, KNO_3, and $ZnSO_4$ at various concentrations (20, 40, 60, 80, and 100 g/L). Among these, seed priming with KNO_3 at a concentration of 40 g/L showed superior results in terms of germination speed, seed vigor, and seedling growth compared to other priming methods and non-primed seeds. The second activity focused on studying the type and rate of seed coating materials, specifically Carboxymethyl cellulose (CMC) and Hydroxypropyl methyl cellulose (MHEC) at

concentrations of 10, 20, and 30 w/v. Coating the seeds with CMC at a concentration of 30 w/v, which exhibited suitable viscosity and water solubility, did not hinder the germination process. Moreover, it contributed to improved germination and seedling growth compared to other coating methods and non-coated seeds. Following that, it proceeded to the second experiment, which aimed to determine the suitable properties, types, and rates of coating substances for wheat seed coating. Carboxymethyl cellulose (CMC) and Hydroxypropyl methyl cellulose (MHEC) were tested at different concentrations: 10, 20, and 30 percent weight/volume (w/v) in 100 milliliters of water. Among them, coating the seeds with CMC at a concentration of 30 grams per liter (g/L) exhibited the desired viscosity and rapid water solubility. It did not hinder the germination process of wheat seeds and, in fact, promoted germination and growth significantly better than non-coated seeds. After obtaining the best priming and coating formulations, they were utilized in the third experiment. In the third experiment, the study focused on investigating the suitable types and rates of plant nutrients for seed coating in combination with wheat seeds. The nutrients tested were $ZnSO_4$, KH2PO_4, $CaCl_2$, and NH_4NO_3 at varying concentrations. The final optimal coating formulations included $ZnSO_4$ at 35 g/L, KH_2PO_4 at 15 g/L, $CaCl_2$ at 5 g/L, and NH_4NO_3 at 35 g/L. These formulations resulted in improved germination, seed vigor, and seedling growth compared to non-coated seeds. With the selection of the best coating formulations in combination with plant nutrients, the wheat seeds were stored under different temperature conditions. The coating with NH_4NO_3 at a concentration of 35 g/L proved to be the most effective in enhancing germination, seed vigor, and seedling growth compared to non-coated seeds. Activity 2 focused on studying the suitable types and rates of organic substances for seed priming and coating in combination with wheat seeds. The aim was to enhance the quality, growth, and shelf life for the production of wheatgrass juice. It consisted of four sub-experiments: Sub-experiment 1 involved determining the suitable types and rates of organic substances for seed priming. The substances tested were wood vinegar (WV), fish amino acid (FAA), vermicompost leachate (VL), and two types of microbial inoculants (MMO1 and MMO2) at different concentrations of 4, 5.5, 9, and 16.5 grams per liter (g/L). Among these, the MMO2 microbial inoculant at a concentration of 5.5 g/L showed the best results in

terms of germination, seed vigor, and seedling growth compared to other methods and non-primed seeds. Sub-experiment 2 aimed to determine the suitable types and rates of organic substances for seed coating. Gelatin at concentrations of 10, 20, and 30 g/L and guar gum at concentrations of 10, 20, and 30 g/L were tested. The optimal coating formulation was found to be guar gum at a concentration of 20 g/L. It exhibited the desired viscosity and pH range suitable for seed coating. Additionally, it promoted germination and seedling growth more effectively than other methods and non-coated seeds. These findings provided valuable insights into the best priming and coating formulations to enhance the germination, seed vigor, and growth of wheatgrass juice. After selecting the best priming and coating formulations for wheat seed treatment using organic substances, one formulation each, they were then applied in the third experiment. The objective was to determine the suitable types and rates of organic substances for seed coating in combination with wheat seeds. The substances tested included wood vinegar, fish amino acid, chitosan, and vermicompost leachate at concentrations of 5, 10, and 15 grams per liter (g/L). The best coating formulations in combination with organic substances were found to be fish amino acid at 10 g/L, wood vinegar at 5 g/L, and vermicompost leachate at 5 g/L. These formulations resulted in improved germination, seed vigor, and seedling growth compared to non-coated seeds. Subsequently, the selected coating formulations in combination with organic substances were tested in the fourth experiment. The aim was to examine the storage of coated wheat seeds under different temperature conditions. The best coating formulation was found to be vermicompost leachate at 5 g/L. It exhibited the highest shelf-life extension, increased germination, seed vigor, vitamin C content, sweetness, and wheatgrass juice yield compared to other methods and non-coated seeds.

Keywords : Wheatgrass juice, Plant nutrients, Organic fertilizer, seed enhancement

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ ชี้แนะแนวทางและช่วยเหลือ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ กางโสภา อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาอบรมสั่งสอนวิชาความรู้ ดูแล ชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างดียิ่ง และการตรวจทานวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย หาระโคตร ที่สละเวลาอันมีค่ามาเป็นประธานกรรมการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมทั้งสองท่าน ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.เนตรนภา อินสลุด และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหิมฮึก ที่ได้ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางตลอดจนการแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณพี่ ๆ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต และวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ ที่คอยช่วยเหลือ และชี้แนะตลอดจนแนวทางในการศึกษาในระดับ บัณฑิตศึกษาจนประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี ท้ายที่สุดนี้ข้าพเจ้าหวังอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสามารถสร้างประโยชน์ให้แก่ผู้อื่นในการนำไปศึกษาแก่ผู้ที่สนใจและพัฒนาต่อยอดต่อไป

สุรีมาศ จันต๊ะอินทร์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฌ
สารบัญ ..... ญ
สารบัญตาราง ..... ฏ
สารบัญภาพ ..... ณ
บทที่ 1 บทนำ 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
ขอบเขตการศึกษา 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 5
ข้าวสาลี (Wheat) 5
คุณภาพเมล็ดพันธุ์ (Seed quality) 10
การงอกของเมล็ดพันธุ์ (Seed germination) 10
การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ (Seed harvesting) 13
การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (Seed storage) 13
การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Seed deterioration) 17
การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (Seed Enchantment) 22
การเคลือบเมล็ดพันธุ์ (Seed Coating) 26
ธาตุอาหารพืช (Plant nutrient) 30
สารอินทรีย์ (Organic substances) 36

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หลังการไพรม์และเคลือบร่วมกับธาตุอาหาร และสารอินทรีย์ 38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 39
สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง 39
แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์ 39
การวางแผนการทดลอง 39
กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ และเคลือบเมล็ดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี 40
กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบเมล็ดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี และเพื่อประเมินสารพฤกษเคมี ในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass) 48
การวิเคราะห์ข้อมูล 54
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 55
ผลการวิจัย 55
กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ และเคลือบเมล็ดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี 55
กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ และเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี สำหรับการผลิตน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass) 83
วิจารณ์ผลการทดลอง 117
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ 135
สรุปผลการทดลอง 135
ข้อเสนอแนะ 136
บรรณานุกรม 137
ประวัติผู้วิจัย 151

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ความงอก และความเร็วในการงอก การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 57

ตารางที่ 2 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 58

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนักฟิล์ม และค่าการละลายของฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบตำรับต่าง ๆ 60

ตารางที่ 4 การงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 62

ตารางที่ 5 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบที่อัตราแตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 63

ตารางที่ 6 ความงอก และความเร็วในการงอก การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 65

ตารางที่ 7 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ความงอก และความเร็วในการงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง 66

ตารางที่ 8 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และในสภาพเรือนทดลอง 67

ตารางที่ 9 ความงอก (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง 74

ตารางที่ 10 ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง 75

ตารางที่ 11 การงอกรากแรก (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 76

ตารางที่ 12 ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 77

ตารางที่ 13 การโผล่พ้นดิน (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง 78

ตารางที่ 14 ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง 79

ตารางที่ 15 ความยาวต้น (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง 80

ตารางที่ 16 ความยาวราก (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 81

ตารางที่ 17 ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 82

ตารางที่ 18 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ไพรม์ร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 84

ตารางที่ 19 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ไพรม์ร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ..... 85

ตารางที่ 20 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนักฟิล์ม และค่าการละลายของฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบอินทรีย์ตำรับต่าง ๆ 86

ตารางที่ 21 การงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 88

ตารางที่ 22 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ..... 89

ตารางที่ 23 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ต่างชนิดที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 92

ตารางที่ 24 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ความงอก และความเร็วในการงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง..... 93

ตารางที่ 25 ความยาวต้น ความยาวราก ความยาวต้นกล้า และความยาวต้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ต่างชนิดที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง 94

ตารางที่ 26 ความงอก (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง 102

ตารางที่ 27 ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง 103

ตารางที่ 28 การงอกรากแรก (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 104

ตารางที่ 29 ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 105

ตารางที่ 30 การโผล่พ้นดิน (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง 106

ตารางที่ 31 ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง 107

ตารางที่ 32 ความยาวต้น (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง 108

ตารางที่ 33 ความยาวราก (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 109

ตารางที่ 34 ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 110

ตารางที่ 35 ปริมาณวิตามินซีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษา 6 เดือน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 112

ตารางที่ 36 ค่าความหวาน (%) Brix ของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษา 6 เดือน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 113

ตารางที่ 37 ปริมาณน้ำของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษา 6 เดือน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 114

ตารางที่ 38 ปริมาณคลอโรฟิลเอและบีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 115

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ได้จากชนิดและอัตราที่แตกต่างกันของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ตำรับต่าง ๆ CMC = Carboxyl methyl cellulose และ MHEC = Hydroxypropyl methyl cellulose CMC 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร และ MHEC 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร 60

ภาพที่ 2 ลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ได้จากชนิดและอัตราที่แตกต่างกันของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ตำรับต่าง ๆ 87

ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ที่ผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0-6 ในสภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ, 1/T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 1 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 3 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 3 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 1 กรัม/ลิตร 116

บทที่ 1
บทนำ

ข้าวสาลีเป็นธัญพืชที่คุณประโยชน์สูงและนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีในรูปแบบของขนมปัง เส้นบะหมี่ และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่าง ๆ อีกทั้งในปัจจุบันกระแสของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความสนใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการนำข้าวสาลีไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบที่หลากหลาย โดยเฉพาะการแปรรูปจากข้าวสาลี เช่น มอลท์ข้าวสาลี ชาข้าวสาลี และน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง ช่วยขับสารพิษในร่างกาย และสามารถชะลอความแก่ได้ (นนทิภา และคณะ, 2552) โดยต้นกล้าข้าวสาลีที่นำมาแปรรูปเป็นน้ำคั้นนั้นต้องมีลักษณะของต้นกล้าที่ดี คือ มีความงอกสูงและความสม่ำเสมอของต้นกล้า เมื่อนำมาคั้นน้ำต้องให้ปริมาณน้ำที่มากเพียงพอ จึงส่งผลให้ทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีในประเทศไทยมีความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสูง ทั้งในด้านความงอก ความแข็งแรง และสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ได้อย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งต้องมีอายุการเก็บรักษาไว้ได้นานโดยที่ยังคงคุณภาพที่ดีไว้ เพื่อนำไปเพาะปลูกและผลิตเป็นน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่มีคุณค่าทางโภชนาสูง สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้

อย่างไรก็ตามเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผลิตได้ในประเทศไทยยังคงประสบปัญหา ซึ่งเกษตรกรมีการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ภายใต้สภาพห้องที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ล็อตใหญ่มีปริมาณมาก จึงมีการเก็บรักษาไว้ภายใต้สภาวะห้องเก็บรักษาสภาพเปิด โดยมีปัจจัยของความชื้น อุณหภูมิ และปัจจัยแวดล้อม ที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิและความชื้นสูง ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ทำให้เมล็ดพันธุ์ดังกล่าวที่ถูกนำไปใช้ในฤดูการปลูกต่อไป ส่งผลให้คุณภาพความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของข้าวสาลีลดต่ำลง จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ถูกเก็บรักษาได้เพียง 3-6 เดือน ซึ่งส่งผลให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ลดลง เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปใช้ในการเพาะปลูกในฤดูต่อไป ทำให้ต้องใช้ปริมาณของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ต้นกล้าที่มากขึ้น จึงส่งผลขัดแย้งกัน โดยการผลิตพันธุ์ข้าวสาลีในประเทศไทยต้องการเพาะปลูกและผลิตพันธุ์ข้าวสาลีให้ได้ปริมาณเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากปัญหาดังกล่าว จึงส่งผลให้ข้าวสาลีในปัจจุบันไม่สามารถเข้าไปเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นได้ จึงส่งผลให้ต้นทุนของเกษตรกรเพิ่มสูงขึ้น

ปัจจุบันได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์และประสบความสำเร็จแล้วในพืชหลายชนิดที่ทำด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน (Indra and Gayathri, 2003; Lu and Yong-fu, 2005; Rathod and Jadhao, 2006) โดยเฉพาะการไพรม์เมล็ดพันธุ์ (Seed priming) เป็นวิธีการเตรียมการ

งอกให้เมล็ดพันธุ์ด้วยการเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์ โดยให้เมล็ดค่อย ๆ ดูดซับน้ำในสภาวะที่มีการควบคุมอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความชื้น การไพรม์เมล็ดช่วยเพิ่มอัตราการหายใจ กระตุ้นกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์กลุ่ม Antioxidant enzymes ภายในเมล็ด ซึ่งจะช่วยให้เมล็ดพันธุ์งอกได้เร็วขึ้น ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ โดยการไพรม์เมล็ดสามารถไพรม์ร่วมกับสารออกฤทธิ์ เช่น ฮอร์โมนพืช สารป้องกันกำจัดเชื้อรา ธาตุอาหารพืช และสารอินทรีย์ สอดคล้องกับ พจนา และบุญมี (2550) ได้ศึกษาการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับ KNO_3 และ KH_2PO_4 ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานมีความงอกที่เพาะในสภาพห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้สารเคมีชนิดอื่น ๆ และพบว่ามีอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้นานกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ และจากงายวิจัยของ ภารดี และสุพรรษา (2563) พบว่า เมื่อมีการแช่น้ำหมักปลามีความงอกสูงขึ้นเป็นร้อยละ 32% และเมื่อแช่ด้วยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และน้ำหมักปลา มีค่าความงอกสูงขึ้น 37% ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มความชื้นหรือแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำหรือสารละลายที่มีความเข้มข้นเหมาะสมมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ที่มีความเสื่อมหรือระดับคุณภาพต่ำมีความงอกเพิ่มขึ้นได้ (Bewley and Black, 1982) อย่างไรก็ตามการไพรม์เมล็ดเป็นเพียงการเตรียมความพร้อมให้กับเมล็ดพันธุ์ได้ในช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อเวลาผ่านไปจะเกิดการเสื่อมคุณภาพ (จักรพงษ์, 2563)

อีกหนึ่งวิธีในทางปฏิบัติด้านเมล็ดพันธุ์ที่สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ คือ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ (Seed coating) ซึ่งการเคลือบเมล็ดเป็นวิธีการที่ทำให้สารออกฤทธิ์เกาะติดกับผิวเมล็ดอย่างแน่นไม่เกิดการหลุดร่วงในขณะนำเมล็ดไปเพาะปลูก และมีความสม่ำเสมอครอบคลุมผิวของเมล็ดในลักษณะเป็นฟิล์มบาง ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเมล็ด (Taylor and Harman, 1990) การเคลือบเมล็ดพันธุ์สามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ เช่น สารป้องกันกำจัดเชื้อรา ฮอร์โมนพืช ธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ โดยเฉพาะการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ ซึ่งการเคลือบเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและเป็นการเสริมธาตุอาหารพืชสำหรับการตั้งตัวและการเจริญเติบโตต้นกล้าได้ โดยเฉพาะการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้า (บุญมี, 2558) เช่น ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม และสังกะสี เป็นต้น เนื่องด้วยธาตุอาหารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบหลักที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างและกระตุ้นการทำงานของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเมล็ด (Chaimongkon et al., 2011; Scott and Blair, 1988; Wang et al., 2009) ซึ่งช่วยให้พืชสามารถนำธาตุอาหารที่เคลือบติดที่ผิวเมล็ดไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยธาตุอาหารพืชจะถูกละลายอยู่ในรัศมีของรากพืช สอดคล้องกับการศึกษาของบุญมี และคณะ (2555) ที่พบว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช KNO_3 และตำรับ KH_2PO_4 อัตรา 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมเพิ่มขึ้นสูงกว่าเมล็ดไม่เคลือบ ปัจจุบันเทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์มีราคาลดลงจากเดิม

เนื่องจากประเทศไทยสามารถพัฒนาสารเคลือบเมล็ดขึ้นใช้ได้เองภายในประเทศ จึงมีต้นทุนการสร้างสารเคลือบต่ำ สามารถนำมาปรับใช้กับเมล็ดที่มีมูลค่าต่ำได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ เพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น และยังคงคุณภาพที่ดี สามารถนำเมล็ดพันธุ์มาเพาะเป็นต้นกล้าเพื่อผลิตเป็นน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งนำไปสู่การตอบสนองการบริโภคและอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ต่อการไพรม์เมล็ดพันธุ์เพื่อกระตุ้นการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี
2. เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ต่อการเคลือบเมล็ดพันธุ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี
3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และปริมาณสารพฤกษเคมีในน้ำคั้นต้นอ่อน

ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาวิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ โดยใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีพันธุ์ฝาง 60 ความงอกเริ่มต้น 100%
2. ศึกษาการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ที่ส่งผลต่อความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี
3. ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิและสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สูตรการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืช และสารอินทรีย์ที่สามารถนำมาปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เสื่อมคุณภาพให้ดีขึ้น

2. ได้สูตรการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีร่วมกับธาตุอาหารพืช และสารอินทรีย์ที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีให้ยาวนานยิ่งขึ้น และสามารถนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะปลูกในฤดูถัดไปได้ โดยที่คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลียังคงสูง

3. ได้สูตรการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่สามารถนำมาเพาะเป็นต้นกล้าเพื่อผลิตภัณฑ์น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ข้าวสาลี (Wheat)

ข้าวสาลีเป็นธัญพืชที่ปลูกเพื่อบริโภคมาตั้งแต่สมัยยุคโบราณ ซึ่งเป็นพืชที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยประเทศไทยมีการนำข้าวสาลีมาใช้ประกอบอาหารในชีวิตประจำวัน และยังพบว่ามีการนำมาใช้ประโยชน์อื่น ๆ เช่น ทำผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสำหรับบำรุงร่างกายและรักษาสุขภาพเป็นต้น ปริมาณการนำข้าวสาลีมาบริโภคเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยปัจจุบันพบว่าในประเทศไทยมีการปลูกข้าวสาลีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2477 เฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือโดยความร่วมมือทดสอบการปลูกระหว่างภาครัฐและเอกชนได้ฟื้นฟูการปลูกข้าวสาลีในประเทศไทยขึ้นอีกเพื่อหาข้อมูลสำหรับการปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตข้าวสาลีให้เหมาะสมกับประเทศไทยและเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวสาลีสำหรับการใช้ทำผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ (อรอนงค์, 2552)

1. ความสำคัญของข้าวสาลี

ข้าวสาลี (*Triticum aestivum*) เป็นพืชจำพวกธัญพืชที่ปลูกมากในแถบประเทศตะวันออกกลาง เหนือเส้นศูนย์สูตรในเขตอบอุ่น หรือเขตหนาวบางเขต เมล็ดข้าวสาลีมีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 70% และมีแร่ธาตุอื่น ๆ อีกเป็นองค์ประกอบ 30% โดยต้นข้าวสาลีประกอบไปด้วยธาตุอาหารมากกว่า 100 ชนิด ซึ่งรวมทั้งแร่ธาตุหลัก ๆ ที่ร่างกายต้องการ นอกจากนี้ยังเป็นหนึ่งในเรื่องของแหล่งโปรตีน–วิตามินเอ สูงที่สุดในกลุ่มธัญพืชต่าง ๆ รวมทั้งมีวิตามินซี อี และเค เป็นจำนวนมาก อีกทั้งน้ำต้นอ่อนข้าวสาลีที่มีโปรตีนอยู่ 25% ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ที่สูงมากกว่าเมื่อเทียบกับเนื้อปลา ไข่ ผลิตภัณฑ์นม หรือถั่วต่าง ๆ และยังมีสารต้านเชื้อรา โดยสารต้านพิษจากเชื้อราที่เรียกว่า laetrile (ธีรวัลย์, 2543) เนื่องจากข้าวสาลีนิยมนำมาบริโภคในกลุ่มของผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้ประเทศไทยมีการนำเข้าข้าวสาลีจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก จากสถิติการนำเข้าข้าวสาลีและแป้งข้าวสาลีในแต่ละปีมีมูลค่าเพิ่มขึ้น โดยมีการนำเข้าข้าวสาลีและแป้งข้าวสาลีปริมาณ 1,035,798 ตัน คิดเป็นมูลค่า 11,003 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2560 และ 838,737 ตัน คิดเป็นมูลค่า 13,511 ล้านบาทในปี พ.ศ. 2561 โดยปัจจุบันผู้คนหันมารักษาสุขภาพและบริโภคอาหารและผลิตภัณฑ์ที่เสริมสุขภาพมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้ความต้องการบริโภคข้าวสาลีเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่อุดมไปด้วยสารอาหารและเอนไซม์เป็นแหล่งวิตามินที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินเอ ซี และอี เป็นแหล่งเกลือแร่ กรดอะมิโนเอนไซม์และคลอโรฟิลล์ โดยสารเหล่านี้มีประโยชน์

ต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกายช่วยขับสารพิษและเป็นสารป้องกันมะเร็งได้อีกด้วย (นนทิภา และคณะ, 2552)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ข้าวสาลีเป็นพืชปีเดียวมีการแตกกอเป็นกระจุกหนามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพอุณหภูมิ ลำต้นสูงประมาณ 40-150 เซนติเมตร มี 4-7 ข้อ ต่อลำต้น โดยรูปทรงของลำต้นเป็นทรงกระบอกบริเวณโคนใหญ่ส่วนปลายเรียว ส่วนลักษณะข้อของลำต้นแข็ง มีปล้องกลวง และมีรากแขนงจำนวนมาก มีใบเป็นลักษณะใบเดี่ยวมีการเรียงใบแบบสลับ และมีใบเจริญออกจากข้อของลำต้นโดยเรียงออกไปทางด้านข้างเป็น 2 แถว และเขี้ยวใบมีลักษณะเป็นแผ่นกลม มีลักษณะของแผ่นใบเรียบหรือมีขนเล็กน้อย โดยช่อดอกแบบช่อเชิงลดยาว 5-15 เซนติเมตร มีหาง ขนาดรูปร่างและความหนาแน่นของดอกย่อยแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ซึ่งแกนกลางของช่อดอกมีลักษณะหยักแบบฟันปลา ลักษณะช่อดอกย่อยแต่ละช่อติดอยู่ที่ข้อของแกนกลางมีลักษณะแบนออกทางด้านข้าง มี 3-9 ดอกย่อย โดยดอกย่อยเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีกาบช่อย่อยมีลักษณะคล้ายกระดาษมีขนาดไม่เท่ากัน ส่วนกลีบคู่ล่างเป็นติ่งแหลมอ่อนหรือเป็นหาง กาบล่างกลมหรือเป็นสันบริเวณส่วนปลาย อาจมีหางหรือเป็นปลายทู่ กาบบนมีขนเล็ก ๆ มีกลีบเกล็ด 2 กลีบมีขนเล็ก ๆ มีเกสรเพศผู้ 3 อัน เกสรเพศเมีย 1 อัน ซึ่งมี 1 รังไข่ และยอดเกสรเพศเมียมี 2 แฉก แยกออกจากกันมีลักษณะเป็นพู่ ในส่วนของผลมีลักษณะรี มีร่องตรงกลาง มีสีน้ำตาลแดง เหลือง ขาว หรือ สีเข้ม แตกต่างกันตามแต่ละสายพันธุ์และถิ่นกำเนิดของข้าวสาลี (Van Ginkel and Villareal, 1996)

3. ประวัติที่มาของต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass)

ผู้ที่เริ่มคิดค้นน้ำต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass) คือ Dr.Ann Wig more ซึ่งได้รับการยกย่องให้เป็นมารดาแห่งต้นอ่อนข้าวสาลี อีกทั้งยังเป็นผู้ก่อตั้งมหาวิทยาลัยแอนวิกมอร์ (Ann Wigmore University) ณ กรุงบอสตันประเทศสหรัฐอเมริกา ท่านเคยมีพฤติกรรมการกินไม่ถูกต้อง คือ ชอบของหวาน เน้นมัน เค็ม และเนื้อสัตว์ ซึ่งพออายุได้ 50 ปี ท่านจึงเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ขั้นสุดท้าย โดยผลการรักษาบอกว่าสามารถมีชีวิตอยู่ได้อีกแค่ไม่เกิน 6 เดือน แต่ท่านไม่ท้อถอยคิดค้นทุกวิถีทางและท่านได้อ่านในคัมภีร์ไบเบิลพบว่า ในอดีตจักรพรรดิองค์หนึ่งป่วยหนัก จึงทำการรักษาด้วยการดื่มน้ำคั้นหญ้าอ่อนเป็นประจำทำให้หายจากอาการป่วยสุขภาพแข็งแรงอายุยืน ดังนั้น Dr.Ann Wigmore จึงหาพันธุ์ต้นหญ้าต่าง ๆ ได้ 7 ชนิด มาเพาะเป็นต้นอ่อนได้ 7 กระถาง จากนั้นพาสุนัขและแมว มาเลือกชิมปรากฏว่า สุนัขและแมว เลือกเคี้ยวหญ้าอ่อนจากพันธุ์ข้าวสาลีเพียงอย่างเดียว ซึ่งทำให้ Dr.Ann Wigmore จึงสนใจลองปลูกต้นอ่อนข้าวสาลีคั้นน้ำสด ๆ ดื่มเป็นประจำ ไม่กี่เดือนต่อมา

อาการอ่อนเพลีย ตกใจง่าย นอนไม่หลับ มะเร็งลำไส้ใหญ่ สามารถหายเป็นปกติ และมีอายุยืนยาวอยู่จนถึง 85 ปี

4. คุณค่าทางสารอาหารของต้นอ่อนข้าวสาลี

ข้าวสาลีเป็นธัญพืชที่มีการบริโภคหลากหลาย ซึ่งต้นอ่อนข้าวสาลีเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เนื่องจากข้าวสาลีมักเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเมล็ด สารอาหารที่สะสมไว้ในเอนโดสเปิร์มจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังเอ็มบริโอเพื่อสร้างพลังงานและเอนไซม์ต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (Miranda, 2001) ซึ่งสารอาหารเหล่านี้จัดว่าเป็นแหล่งของสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น วิตามิน แร่ธาตุ และเอนไซม์ต่าง ๆ อีกทั้งในกระบวนการดังกล่าวจะเกิดการสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ การสังเคราะห์ไกลโคไซด์ (glycoside) ตลอดจนการสร้างสารประกอบในกลุ่มพอลิฟินอล (Calzuola et al., 2004) จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของพืชระหว่างเมล็ดที่ยังไม่งอกกับเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้า ใบอ่อนของต้นกล้าข้าวสาลีมีเอนไซม์ P4D1 ซึ่งมีคุณสมบัติในการซ่อมแซมโมเลกุลของ DNA และต้านการก่อมะเร็ง และสารต้านอนุมูลอิสระซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (SOD) ซึ่งเป็นสารต้านการอักเสบ โดยสารอาหารในใบอ่อนธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ข้าว ข้าวโพด พบว่าการงอกของเมล็ดมาเป็นใบอ่อนเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้น โดยคุณค่าทางอาหารในใบอ่อนข้าวสาลีในระยะแตกใบอ่อน (jointing stage) ซึ่งเป็นระยะที่ใบอ่อนมีการขยายขนาดและเริ่มเจริญเป็นลำต้น พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้น (Kohler, 1944) จากต้นอ่อนข้าวสาลีจากการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในต้นอ่อนข้าวสาลี พบว่า ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ถึงร้อยละ 70 นอกจากนั้นยังพบวิตามินเอ ซี และ อี แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม และกรดอะมิโน กว่า 17 ชนิด มีการศึกษาวิจัยการเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดแดงของ 5 ต้นอ่อนข้าวสาลีในผู้ป่วยที่มีภาวะโลหิตจาง พบว่าการรับประทานน้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลี วันละ 30 - 100 มิลลิลิตร หรือรับประทานสารสกัดจากต้นอ่อนข้าวสาลี วันละ 1,000 มิลลิกรัม ติดต่อกันอย่างน้อย 6 เดือนถึง 1 ปี ช่วยเพิ่มปริมาณฮีโมโกลบินในเลือด ลดปริมาณการให้เม็ดเลือดแดงเข้มข้น และจากการศึกษาสรรพคุณอื่นที่น่าสนใจ เช่น การออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระในอาสาสมัครที่ได้รับสารก่ออนุมูลอิสระผ่านทางสิ่งแวดล้อม เมื่อให้ดื่มน้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลี วันละ 100 มิลลิลิตร ติดต่อกัน 2 สัปดาห์ พบว่าปริมาณสาร BPA (Bisphenol A) ในปัสสาวะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีแนวโน้มการลดลงของ BPA (Bisphenol A) สัมพันธ์กับระยะเวลาที่ดื่มน้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลีและเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างต้นอ่อนข้าวสาลีกับสาหร่ายสไปรูริน่า ซึ่งเป็นสาหร่ายที่อุดมไปด้วยคลอโรฟิลล์จากธรรมชาติเช่นเดียวกันพบว่าการรับประทานแคปซูลต้นอ่อนข้าวสาลี ขนาด 500 มก. วันละ 2 ครั้งนาน 30 วัน เพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซี การทำงานของเอนไซม์ superoxide dismutase และลดปริมาณ malondialdehyde ใน

เลือดของอาสาสมัครได้ดีกว่าการรับประทานสาหร่ายสไปรูรินา เมื่อรับประทานในขนาดที่เท่ากัน นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลีช่วยบรรเทาอาการของโรคลำไส้อักเสบได้ดี ช่วยบรรเทาอาการโดยรวมของโรคให้ดีขึ้น ลดการเคลื่อนไหวของลำไส้และความถี่ของการถ่ายเป็นเลือดอย่างมีนัยสำคัญจะเห็นได้ว่าน้ำจากต้นอ่อนข้าวสาลีมีประโยชน์หลากหลายทั้งในแง่ของการเพิ่มปริมาณเม็ดเลือดแดงในผู้ป่วยที่มีภาวะโลหิตจาง ป้องกันการเกิดอันตรายจากอนุมูลอิสระและรักษาอาการลำไส้อักเสบ โดยไม่พบความเป็นพิษหรืออาการข้างเคียงใด ๆ (กนกพร, 2555)

5. น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass)

ข้าวสาลีที่มีการนิยมบริโภคเพื่อสุขภาพในรูปแบบของน้ำคั้นที่สกัดได้จากใบอ่อนต้นกล้าของธัญพืช เช่น ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์จะอุดมไปด้วยสารอาหารและเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์ และเป็นแหล่งวิตามินที่สำคัญ ได้แก่ วิตามิน A C และ E เป็นแหล่งเกลือแร่ กรดอะมิโน เอนไซม์และคลอโรฟิลล์ โดยสารเหล่านี้มีประโยชน์ต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกายช่วยขับสารพิษ และเป็นสารป้องกันมะเร็ง นอกจากนี้เอนไซม์ที่พบในข้าวงอกมีคุณสมบัติช่วยในกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกาย ช่วยสร้างเซลล์ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอและช่วยชะลอความแก่ (นนทิภา และคณะ, 2552) อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในอาสาสมัครที่ได้รับสารก่ออนุมูลอิสระ BPA (biphenol-A) ผ่านทางสิ่งแวดล้อม เมื่อให้ดื่มน้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลี วันละ 100 มล. ติดต่อกัน 2 สัปดาห์ พบว่าปริมาณสาร BPA ในปัสสาวะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยแนวโน้มการลดลงของ BPA สัมพันธ์กับระยะเวลาที่ดื่มคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลี 7 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างต้นอ่อนข้าวสาลีกับสาหร่ายสไปรูรินา ซึ่งเป็นสาหร่ายที่อุดมไปด้วยคลอโรฟิลล์จากธรรมชาติเช่นเดียวกัน พบว่าการรับประทานแคปซูลต้นอ่อนข้าวสาลี ขนาด 500 มก. วันละ 2 ครั้ง นาน 30 วัน เพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณวิตามินซี และการทำงานของเอนไซม์ superoxide dismutase และลดปริมาณ malondialdehyde ในเลือดของอาสาสมัครได้ดีกว่าการรับประทานสาหร่ายสไปรูรินา เมื่อรับประทานในขนาดที่เท่ากัน (Shyam et al., 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลีช่วยบรรเทาอาการของโรคลำไส้อักเสบได้ดี เมื่อให้ผู้ป่วยรับประทานวันละ 100 มล. ติดต่อกัน 1 เดือน ช่วยบรรเทาอาการโดยรวมของโรคให้ดีขึ้น ลดการเคลื่อนไหวของลำไส้และความถี่ของการถ่ายเป็นเลือดอย่างมีนัยสำคัญ (Ben-Arye et al., 2002)

5.1 วิตามินซี (Vitamin C)

วิตามินซีมีชื่อทางเคมีว่ากรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) พบทั่วไปในผักและผลไม้สดแทบทุกชนิด ผลไม้สุกมีวิตามินซีมากกว่าผลไม้ดิบ ส่วนใหญ่มักพบวิตามินซีในใบอ่อนมากกว่าใบแก่ ซึ่งวิตามินซีมีสรรพคุณในการช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น ช่วยในการเผาผลาญอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต สามารถขับโลหะหนักที่เป็นพิษต่อร่างกายออกไปได้ เช่น สารปรอท โดยวิตามินซีมีความ

จำเป็นสำหรับร่างกายในการผลิตและบำรุงรักษาคอลลาเจนให้มีประสิทธิภาพสมบูรณ์เสมอ ช่วยให้เซลล์เม็ดเลือดขาวต่อสู้กับเชื้อโรค โดยวิตามินซีจะไหลไปตามกระแสเลือดส่วนที่เกินจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ อีกทั้งยังสามารถช่วยต้านอนุมูลอิสระในผู้ที่ได้รับสารก่ออนุมูลอิสระ BPA (biphenol-A) ผ่านทางสิ่งแวดล้อมเพียงดื่มน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี วันละ 100 มิลลิลิตร ติดต่อกัน 2 สัปดาห์พบว่าปริมาณสาร BPA ในปัสสาวะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยแนวโน้มการลดลงของ BPA สัมพันธ์กับระยะเวลาที่ดื่มน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างต้นอ่อนข้าวสาลีกับสาหร่ายสไปรูริน่า ซึ่งเป็นสาหร่ายที่อุดมไปด้วยคลอโรฟิลล์จากธรรมชาติเช่นเดียวกัน พบว่าการรับประทานแคปซูลต้นอ่อนข้าวสาลี ขนาด 500 มิลลิกรัม วันละ 2 ครั้ง นาน 30 วัน ช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การทำงานของเอนไซม์ Superoxide dismutase และลดปริมาณ malondialdehyde ในเลือดได้ดีกว่าการรับประทานสาหร่ายสไปรูริน่า เมื่อรับประทานในขนาดที่เท่ากัน (กนกพร, 2555)

5.2 คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)

คลอโรฟิลล์เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่มีสีเขียวที่พบในพืชทั่วไป มีหน้าที่จับพลังงานแสง (primary light-accepting pigments) เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยคลอโรฟิลล์มีหน้าที่สำคัญในการสังเคราะห์แสงเป็นการสร้างอาหารของพืช คลอโรฟิลล์ดูดพลังงานจากแสงแดด น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต อีกทั้งยังช่วยป้องกันอะฟลาท็อกซิน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่ทำลายดีเอ็นเอ โดยมีสาเหตุเกิดมาจากเชื้อราในธัญพืช โดยคลอโรฟิลล์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายฮีโมโกลบิน จึงมีออกซิเจนมากช่วยให้สมองและเนื้อเยื่อของร่างกายออกซิเจนเพียงพอ ทำให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งในต้นอ่อนข้าวสาลียังพบ Superoxide dismutase (SOD) ซึ่งเป็นสารต้านมะเร็งสูง ทำให้ช่วยป้องกันและต่อต้านโรคมะเร็งลดคอเลสตอรอล ช่วยในเรื่องระบบการไหลเวียนของโลหิต ระบบการย่อยอาหาร ลดความดัน รวมทั้งช่วยในการขับสารพิษออกจากร่างกายได้อีกด้วย น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีหรือน้ำวีทกราส (Wheatgrass juice) เป็นเครื่องดื่มสีเขียวเข้ม จากการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในต้นอ่อนข้าวสาลีพบว่า ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ถึงร้อยละ 70 นอกจากนี้ยังพบวิตามินเอ ซีและอีแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม และกรดอะมิโนกว่า 17 ชนิด (กนกพร, 2555) โดย ดร.แอนน์ วิกมอร์ ผู้ที่ได้ถูกยกย่องว่าเป็นมารดาแห่งต้นข้าวสาลี ได้ค้นพบว่าเมื่อต้นอ่อนข้าวสาลีมีอายุ 7 วันหลังเพาะเมล็ด เป็นช่วงที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงสุด โดยน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีสด 1 ออนซ์ มีคลอโรฟิลล์ประมาณ 1% ซึ่งจัดเป็นพืชอันดับต้น ๆ ของโลกที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง

เมื่อเมล็ดพันธุ์ได้รับการเก็บเกี่ยวจากแปลงปลูก สิ่งที่ต้องพิจารณาต่อไปคือคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ที่ดีต้องมีคุณภาพความงอก ความแข็งแรงสูง และสามารถตั้งต้นเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ได้ดังนั้น

คุณภาพเมล็ดพันธุ์ (Seed quality)

คุณภาพเมล็ดพันธุ์ หมายถึง ลักษณะต่าง ๆ ของเมล็ดพันธุ์ทั้งกองอันเป็นผลมาจากแต่ละเมล็ดแสดงลักษณะต่าง ๆ ออกมาร่วมกัน โดยเมล็ดที่มีคุณภาพสูงจึงเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความสามารถในการตั้งตัวเป็นต้นกล้าที่แข็งแรงมีความสม่ำเสมอและเจริญเติบโตได้ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพต่ำ (จวงจันทร์, 2529) โดยลักษณะของเมล็ดพันธุ์ที่ดีต้องมีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้

1. คุณภาพทางพันธุกรรม (genetic quality)

เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพตรงตามสายพันธุ์ เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกต้องมีลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) เป็นไปตามลักษณะของพันธุ์ที่ต้องการ โดยไม่มีสายพันธุ์อื่นปน

2. คุณภาพทางกายภาพ (physical quality)

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ปรากฏให้เห็นได้ เช่น มีขนาด น้ำหนัก และรูปร่างที่สม่ำเสมอ ไม่มีสิ่งเจือปน ไม่แตกหักหรือร้าว เป็นต้น

3. คุณภาพทางสรีรวิทยา (physiological quality)

คุณภาพที่เกี่ยวข้องกับความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งคุณลักษณะนี้เกี่ยวข้องกับปัจจัยทั้งภายในและภายนอกของเมล็ดพันธุ์หลายปัจจัย ตั้งแต่ชนิดของพันธุ์พืช การจัดการแปลงปลูก และระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ดีหรือแข็งแรงขึ้นได้

การงอกของเมล็ดพันธุ์ (Seed germination)

การงอกของเมล็ดพันธุ์ คือ กระบวนการที่เริ่มต้นตั้งแต่การดูดน้ำของเมล็ด (Imbibition) และสิ้นสุดที่การยืดตัวของแกนคัพภะ ในระหว่างการงอกมีเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ได้แก่ การดูดน้ำของโปรตีน (Protein hydration) การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างต่าง ๆ ภายในเซลล์ การหายใจ การสังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่และการยืดตัวของเซลล์ โดยเหตุการณ์เหล่านี้มีผลร่วมกัน ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนสภาพจากคัพภะแห้งที่อยู่ในภาวะเงียบ (Resting or quiescent embryo) ไปสู่คัพภะที่มีเมตาบอลิซึมสูงจนปรากฏมีการเจริญเติบโตออกมา (Bewley and Black, 1985) เมล็ดพันธุ์ปกติที่มีความชื้นต่ำและยังไม่มีกระบวนการงอกเกิดขึ้นจัดว่าอยู่ในภาวะเงียบ (quiescent state) ในภาวะดังกล่าวนี้ เมล็ดสามารถดำรงความมีชีวิตอยู่ได้เป็นเวลานานนับปีหรือแม้สิบปี โดยกิจกรรม

เมตาบอลิซึมภายในเมล็ดเกิดขึ้นน้อยและในที่สุดสามารถกลับมามีกิจกรรมเมตาบอลิซึมอีกครั้ง หลังจากได้รับปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอก ดังนี้

1. ปัจจัยที่จำเป็นต่อกระบวนการงอกของเมล็ด (Factors necessary for seed germination)

ในกระบวนการงอกของเมล็ด มีปัจจัยที่มีความจำเป็นอยู่ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก ดังนี้

1.1 ปัจจัยภายใน (Internal factors) เมล็ดจะสามารถงอกได้นั้น ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ เป็นเมล็ดที่มีชีวิตไม่อยู่ในสภาพการพักตัว (Dormancy) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) เมล็ดที่มีชีวิต (Seed viability) เมล็ดที่มีศักยภาพเป็นเมล็ดที่มีความสามารถในการงอกภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

2) เมล็ดไม่อยู่ในสภาพการพักตัว (Dormancy) การพักตัวของเมล็ดถูกกำหนดให้เป็นสถานะที่เมล็ดถูกป้องกันจากการงอกแม้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ปกติสำหรับการงอก

3) ความสุกแก่ของเมล็ด (Seed maturity) คือ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นจากระยะเวลาของดอกบานเต็มที่จนถึงระยะที่เมล็ดพร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยว โดยที่เมล็ดพันธุ์จะสูญเสียความชื้นเกือบทั้งหมดไป

1.2 ปัจจัยภายนอก (External factor) ปัจจัยภายนอกที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด คือ ความชื้น อุณหภูมิ ก๊าซออกซิเจน และแสง

1) น้ำหรือความชื้น การงอกของเมล็ดพันธุ์มีกระบวนการสำคัญหลายขั้นตอนเพื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ดให้เจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกระบวนการดูดซับน้ำ (Water imbibition) โดยในกระบวนการดูดซับน้ำของเมล็ดจะแปรเปลี่ยนสภาพจากเมล็ดแห้งเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต โดยมีขั้นตอนการดูดซับน้ำ ดังนี้

1.1) ระยะที่ 1 (Phase 1) เป็นระยะที่เมล็ดเริ่มดูดซับน้ำโดยวิธี Imbibition อย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดขึ้นทั้งในเมล็ดที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต โดยน้ำจะซึมผ่านช่องเปิด Micropyle ของเมล็ดพันธุ์ อัตราการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกที่เมล็ดพันธุ์สัมผัสกับความชื้นหรือน้ำ หรือวัสดุที่ชุ่มน้ำ

1.2) ระยะที่ 1 (Phase 2) เป็นระยะที่เมล็ดที่มีชีวิตเกิดกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด โดยเป็นระยะที่การดูดน้ำของเมล็ดจะเริ่มคงที่ ทำให้ส่วนของเอ็มบริโอและรากแรกเกิดมีพัฒนาการพร้อมเจริญเติบโต

1.3) ระยะที่ 3 (Phase 3) เป็นระยะที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากระยะที่ 2 โดยเมล็ดที่มีชีวิตมีพัฒนาการของรากอย่างชัดเจน และส่วนของเอ็มบริโอจะมีการแบ่งเซลล์ (Cell division) ขยาย

เซลล์ (Cell expansion) เพิ่มจำนวนขึ้นมากกว่าเดิม หลังจากเมล็ดงอกทำให้การดูดน้ำของเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากระบบของรากทำหน้าที่ได้ดียิ่งขึ้น

2) อุณหภูมิ (Temperature) อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีความสำคัญแตกต่างกัน 3 ระดับ ดังนี้

2.1) อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum temperature) คือ ระดับอุณหภูมิต่ำสุดที่เมล็ดสามารถจะงอกได้ ในกรณีอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะทำให้เมล็ดไม่สามารถงอกได้แต่เมล็ดยังมีชีวิตอยู่

2.2) อุณหภูมิที่เหมาะสม (Optimum temperature) คือ ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดต่อกระบวนการงอกของเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกได้รวดเร็วในระยะเวลาสั้น และงอกได้มากที่สุด ซึ่งมีช่วงอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 – 35 องศาเซลเซียส

2.3) อุณหภูมิที่สูง (Maximum temperature) คือ ระดับอุณหภูมิสูงที่สุดที่เมล็ดสามารถงอกได้ กรณีอุณหภูมิสูงมากกว่านี้จะทำให้เมล็ดไม่สามารถงอกได้ และอาจทำให้เมล็ดเกิดอันตรายต่อโครงสร้างทางภายในเมล็ด เช่น โปรตีน จึงส่งผลกระทบทำให้เมล็ดสูญเสียความมีชีวิต หรือเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดที่มีองค์ประกอบภายในจำพวกไขมันปริมาณมากจะมี Maximum temperature สำหรับใช้ในกระบวนการงอกต่ำมากกว่าเมล็ดที่มีองค์ประกอบภายในจำพวกแป้งและน้ำตาล

สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการงอกของเมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.4) อุณหภูมิคงที่ (Constant temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่คงที่ที่ระดับใดระดับหนึ่งตลอดเวลาที่เมล็ดงอก เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี อัลฟัลฟ่า งอกได้ดีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นต้น

2.5) อุณหภูมิสลับ (Alternating temperature) หมายถึง ระดับของอุณหภูมิสูงสลับกับอุณหภูมิต่ำภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งการให้อุณหภูมิสลับเป็นการเลียนแบบธรรมชาติ เช่น ข้าวฟ่างงอกได้ดีที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส เป็นต้น

3) แสง (Light) แสงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการงอกของเมล็ด โดยกลไกการตอบสนองต่อแสงในการงอกของเมล็ดจะคล้ายคลึงกับกลไกการตอบสนองต่อแสงในการออกดอกการยืดของลำต้น (Stem elongation) หรือการสร้างสารสี (Pigment) ของผลหรือใบพืชบางชนิดแสงทั้งในส่วนของปริมาณคือความเข้มแสง (Tight intensity) และคุณภาพของแสง (Light quality) ได้แก่ สีและความยาวคลื่นมีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์

การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ (Seed harvesting)

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัยทั้งปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก โดยเริ่มตั้งแต่การเพาะกล้า ต้องเป็นต้นกล้าที่มีความแข็งแรง มีการเจริญเติบโตและพัฒนาการที่ดี และนำต้นกล้าไปปลูกในแปลงด้วยวิธีการที่เหมาะสมรวมถึงการดูแลแปลงปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว (บุญมี, 2558) ซึ่งสามารถแยกช่วงเวลาที่สำคัญ 3 ช่วงเวลา ดังนี้

1. ช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว (Preharvesting period)

โดยปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่การเลือกพื้นที่ เลือกชนิดพืชปลูก วิธีการปลูก การจัดการดิน น้ำ ธาตุอาหารพืช การจัดการศัตรูพืช การผสมเกสร สภาพแวดล้อมของแปลงปลูก และสภาพความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งส่งผลต่อพัฒนาการของเมล็ดตั้งแต่หลังการผสมเกสร การเคลื่อนย้ายอาหารจากต้นแม่เข้าไปผสมในเมล็ด จนถึงการสุกแก่ของเมล็ดเกี่ยวข้องกับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ทั้งสิ้น

2. ช่วงการเก็บเกี่ยว (Harvesting period)

โดยช่วงเวลานี้สำคัญมากในการกำหนดคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ดี เกี่ยวข้องกับช่วงเวลา และวิธีการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ในช่วงเวลาที่เหมาะสมทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกและความแข็งแรงสูงที่สุด

3. ช่วงหลังการเก็บเกี่ยว (Postharvesting period)

ช่วงหลังการเก็บเกี่ยวเป็นช่วงเวลาที่นำเมล็ดพันธุ์ออกจากแปลงปลูก เพื่อเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยการลดความชื้น คัดแยก ทำความสะอาด คลุกสารเคมี และบรรจุเมล็ดพันธุ์ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวนี้จะทำให้สิ่งเจือปนที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์น้อยลง

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (Seed storage)

เมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งที่มีชีวิตและมีความงอก ความแข็งแรงสูงสุด เมื่อระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา หลังจากระยะนี้แล้วเมล็ดจะเริ่มมีการเสื่อมคุณภาพเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งเมล็ดสูญเสียความมีชีวิต อัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดหลังจากระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้วนั้นจะเร็วหรือช้าเกี่ยวข้องกับสภาพการแวดล้อม ๆ และชนิดของเมล็ดพันธุ์ ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใด ๆ สามารถยับยั้งการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ แต่สามารถชะลออัตราการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้ช้าลงได้ ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่เหมาะสมจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการยืดอายุเมล็ดให้ยาวนานขึ้นเพื่อรักษาคุณภาพไว้ทำการเพาะปลูกและผลิตพืช

1. ประเภทการเก็บรักษา

เมล็ดพันธุ์พืชสามารถเก็บรักษาได้นานเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดพืชและวัตถุของการเก็บรักษา โดยทั่วไปการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชในระดับเกษตรกรหรือผู้ใช้เมล็ดพันธุ์ทั่ว ๆ ไป ระยะเวลาของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืช สามารถแบ่งการเก็บรักษาต่าง ๆ ดังนี้

1.1 การเก็บรักษาในระยะสั้น (Short-term seed storage) เป็นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชจากฤดูปลูกหนึ่งไปยังฤดูปลูกถัดไป ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในระยะเวลา 3-9 เดือน หรือบางครั้งอาจเก็บรักษาได้นานถึง 18 เดือน

1.2 การเก็บรักษาในระยะกลาง (Medium-term seed storage) เป็นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์พืชเพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ เช่น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หลัก (Foundation seed) หรือการเก็บรักษาสายพันธุ์แท้ (Inbred line) โดยทั่วไปเป็นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่ 18 เดือน ขึ้นไปจนถึง 5 หรือ 6 ปี

1.3 การเก็บรักษาในระยะยาว (Long-term seed storage) เป็นการเก็บรักษาเชื้อพันธุกรรม ซึ่งระยะเวลาของการเก็บจะนานเกินกว่า 1 ปี ถึง 100 ปี การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นการเก็บไว้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ใดก็ตาม ถือได้ว่ามีความยุ่งยาก เนื่องจากเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีช่วงชีวิต (Seed longevity) ที่แตกต่างกันออกไป การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ต้องทำด้วยวิธีที่ถูกต้องและเหมาะสม เพราะเป็นการรักษาความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ (Seed viability)

2. ชนิดของเมล็ดพันธุ์แบ่งตามพฤติกรรมการเก็บรักษา

เมล็ดพันธุ์พืชจะเก็บรักษาได้นานมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเมื่อแบ่งตามพฤติกรรมการเก็บรักษานั้น ในระยะแรกได้มีการจำแนกเมล็ดพันธุ์พืช ออกเป็น 2 ชนิด คือ เมล็ดแห้ง (Orthodox seed) และเมล็ดสด หรือเมล็ดชื้น (Recalcitrant seed) โดย Roberts (1973) และต่อมาได้มีการจำแนกชนิดของเมล็ดพันธุ์พืชเพิ่มขึ้นอีก 1 ชนิด โดยเมล็ดพันธุ์ในกลุ่มเป็นกลุ่มเมล็ดที่ไม่ได้มีคุณสมบัติเป็นเมล็ดแห้งหรือเมล็ดชื้น แต่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างเมล็ดในสองกลุ่มนี้

2.1 เมล็ดพันธุ์แห้ง (Orthodox seed) เป็นเมล็ดพืชที่คงความมีชีวิตอยู่ได้นานในสภาพที่มีความชื้นต่ำ ๆ จะมาอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน ช่วงอายุของเมล็ดที่ยังคงความงอกอยู่ได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพความชื้นและอุณหภูมิของการเก็บรักษารวมถึงชนิดและพันธุ์พืช

2.2 เมล็ดสด (Recalcitrant seed) เป็นเมล็ดพืชที่ไม่สามารถคงความมีชีวิตอยู่ในสภาพความชื้นต่ำ เมล็ดพืชประเภทนี้ธรรมชาติไม่มีโอกาสแห้งเลย เนื้อของเมล็ดมีความสดหรือมีความชื้นสูง และหากเมล็ดอยู่ในที่แห้งหรือมีความชื้นต่ำกว่า 20% เมล็ดจะสูญเสียความงอก โดยทั่วไปเมล็ดพืชประเภทนี้มีอายุการเก็บรักษาสั้น คงความมีชีวิตหรือความงอกอยู่ได้ไม่นานถึงแม้จะอยู่ในสภาพชื้นก็ตาม พืชที่มีลักษณนี้ได้แก่ พืชน้ำ (Aquatic species) พืชที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ โดยเฉพาะไม้ผลเมืองร้อน

และที่สำคัญ คือ กาแฟ โกโก้ ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว ยางพารา ขนุน ทุเรียน มังคุด มะม่วง และลำไย เป็นต้น

3. การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แห้ง

3.1 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์พืชจะมีช่วงอายุแตกต่างกับออกไปโดยขึ้นอยู่กับชนิด (Species) หรือพฤติกรรมการเก็บรักษา (Seed storage behavior) ซึ่งมีความแตกต่างกันเป็นอย่างมากแม้แต่ในพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กัน หรือพันธุ์เดียวกันแต่ผลิตต่างฤดูหรือต่างสถานที่นั้นพบว่ามีอายุเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันเป็นอย่างมากอายุของเมล็ดพันธุ์จึงขึ้นอยู่กับพันธุกรรม (Genetic) และแหล่งปลูก (Provenances) ซึ่งเป็นแหล่งปลูกหรือที่มาของเมล็ดที่ต่างกันส่งผลต่ออิทธิพลของสภาพแวดล้อมในระหว่างที่เมล็ดกำลังพัฒนาการสุกแก่การเก็บเกี่ยวการตากเพื่อลดความชื้นที่ต่างกันก่อนที่เมล็ดพันธุ์ถูกเก็บรักษา อย่างไรก็ตามคุณภาพเมล็ดพันธุ์ระหว่างการเก็บรักษาที่แตกต่างกันในเมล็ดพันธุ์ที่มาจากแหล่งปลูกหรือผลิตต่างฤดูกันจะแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมในระหว่างการพัฒนาของเมล็ดที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในกลุ่มเมล็ดแห้งดังนี้

3.1.1 พันธุกรรม (Genetic) เมล็ดพันธุ์พืชต่างชนิดหรือต่างพันธุ์กันมีอายุการเก็บรักษาแตกต่างกันออกไปเช่นในกลุ่มเมล็ดพันธุ์ไม้ดอกได้มีการได้จำแนกอายุการเก็บรักษาออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มพวกอายุการเก็บรักษาสั้น (น้อยกว่า 1 ปี) อายุการเก็บรักษาปานกลาง (น้อยกว่า 3 ปี) และอายุการเก็บรักษายาว (มากกว่า 3 ปี)

3.1.2 การสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ (Seed maturity) การสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ขึ้นอยู่กับพันธุ์ปัจจัยสภาพแวดล้อมระหว่างการพัฒนาของเมล็ดพันธุ์เช่นอุณหภูมิความชื้นและธาตุอาหารพืช ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไปเมล็ดพันธุ์จะมีคุณภาพการเก็บรักษาสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity, PM) ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุด

3.1.3 ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศและอุณหภูมิ (Relative humidity and temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศและอุณหภูมินับเป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ จากการที่เมล็ดพันธุ์มีคุณสมบัติเป็นวัสดุดูดความชื้น (Hygroscopic materials) สามารถแลกเปลี่ยนความชื้นกับความชื้นสภาพแวดล้อมภายใต้สภาพการเก็บรักษาแบบเปิด (Open storage) พืชส่วนใหญ่สูญเสียความมีชีวิตหากเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศประมาณ 80% และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส ในขณะที่เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศประมาณ 50% หรือต่ำกว่า และอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า โดยทั่วไปคำแนะนำสำหรับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการ

เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์นั้น ผลรวมของเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศและอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา (องศาฟาเรนไฮต์) ไม่ควรเกิน 100 (Harrington, 1973) ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศและอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาอาจสูงถึง 120 โดยอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาต้องไม่สูงกว่าครึ่งของผลรวมระหว่างสองปัจจัย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศและอุณหภูมิเป็นที่มาของแนวทางการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

3.1.4 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (Seed moisture) หลักการทั่วไปของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ โดย Harrington (1973) นั้นสามารถใช้ได้กับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ในช่วง 5-14% โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงขึ้นจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้นร่วมกับการเข้าทำลายของเชื้อรา ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่แห้งเกินไปมีความชื้นต่ำกว่า 5% ส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์อาจเสียหายทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพและสูญเสียความมีชีวิตเร็วขึ้น เช่น การศึกษาการเก็บรักษาในเมล็ดพันธ์ข้าวพบว่า ความชื้นเมล็ดพันธุ์ระหว่างการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความงอกที่ลดลงโดยมีความสัมพันธ์กัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงของความชื้นความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศมีผลต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ โดยการแลกเปลี่ยนความชื้นเกิดขึ้นและหยุดเมื่อถึงจุดสมดุล (Equilibrium point) เมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดจะเข้าสู่สมดุลที่ระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกัน ทำให้มีความสามารถในการดูดยึดกับน้ำหรือความชื้นได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในการประมาณค่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์ผักและเมล็ดพันธุ์พืชไร่บางชนิดภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่แตกต่างกัน เมื่อเมล็ดพันธุ์ปรับความชื้นเข้าสู่สมดุลจะไม่มีการดูดความชื้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกเพิ่มขึ้น โดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดพันธุ์และความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่อุณหภูมิคงที่เรียกว่า Hygroscopic equilibrium Curve หรือ Absorption isotherms ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำนายความชื้นของเมล็ดพันธุ์ภายใต้สภาพความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศต่าง ๆ โดย Hygroscopic equilibrium curve แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก น้ำหรือความชื้นที่อยู่ในเมล็ดเป็นน้ำที่เมล็ดดูดจับไว้แน่น เนื่องจากเป็นองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดและเป็นความชื้น โดยการจับพันธะระหว่างโมเลกุลส่วนที่สองความชื้นของเมล็ดส่วนนี้จะมีความสัมพันธ์กับความชื้นในบรรยากาศเป็นเส้นตรง โดยระดับความชื้นของเมล็ดในพื้นที่ส่วนบนสามารถลดความชื้นได้ยาก ซึ่งความชื้นในส่วนนี้จะมีผลอย่างมากต่อการเสื่อมคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาส่วนความชื้นที่อยู่ในส่วนที่ 3 จะเป็นความชื้นในเมล็ดที่ถูกจับไว้หลวม ๆ รวมทั้งเป็นน้ำหรือความชื้นที่อยู่ระหว่างช่องภายในเซลล์ของเมล็ด ซึ่งความชื้นในช่วงดังกล่าวนี้จะลดได้ง่าย อย่างไรก็ตามหากไม่มีการลดความชื้นจะส่งผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์อย่างรวดเร็ว อุณหภูมิมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นเมล็ดพันธุ์และความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศเพียงเล็กน้อย โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อความชื้นของเมล็ดพันธุ์ ณ อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งและที่

ระดับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่ลดลงเล็กน้อย โดยทั่วไปจะทำการคำนวณที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องเย็นส่วนใหญ่มักจะมีความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศสูงและเมล็ดพันธุ์จะดูดความชื้นจากสภาพแวดล้อม ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพอากาศเย็นหรืออุณหภูมิต่ำต้องมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ

3.1.5 ปัญหาของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ โดยทั่วไปปัญหาของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มีสาเหตุหลัก ๆ (วัลลภ, 2540) ดังนี้

1) เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพต่ำ

2) เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้นานเกินไป

3) เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น เช่น หอม เมล็ดพันธุ์พืชน้ำมัน เช่น ถั่วเหลือง เป็นต้น

4) สภาพการเก็บรักษาไม่เหมาะสม เช่น สภาพร้อนชื้นไม่มีการหมุนเวียนของอากาศ

3.1.6 การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (Conditioned storage) โดยทั่วไปเมล็ดพันธุ์พืชสามารถเก็บรักษาได้หลายปี หากมีการควบคุมอุณภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสม อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อมมีค่าใช้จ่ายสูง

การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Seed deterioration)

เมล็ดพันธุ์ที่มีการสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้วนั้น เมื่อระยะเวลาผ่านไปย่อมเกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ลดลงได้ โดยการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ หมายถึง การที่เมล็ดพันธุ์สูญเสียศักยภาพหรือความแข็งแรงเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงในทางที่ไม่ดี เกิดขึ้นในเมล็ดจนกระทั่งเมล็ดพันธุ์ตายไปในที่สุด (ประนอม, 2547) เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงลดลงในขณะที่การเสื่อมคุณภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่าเมื่อเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูงสุดแล้วการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดมีต่ำสุด เมล็ดมีความแข็งแรงสูงสุดเมื่อเมล็ดมีการสุกแก่ทางสรีรวิทยา หลังจากนั้นความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จะเริ่มลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดย (Delouche and Baskins, 1973) ได้กล่าวถึงลักษณะของการเสื่อมสภาพของเมล็ดไว้ 3 ประการ ดังนี้

1. การเสื่อมสภาพของเมล็ด (Seed deterioration)

การเสื่อมสภาพของเมล็ดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติไม่สามารถป้องกันหรือหยุดยั้งได้ ซึ่งหากมีวิธีการเก็บรักษาเมล็ดที่ดีอาจทำให้อัตราการเสื่อมช้าลงได้ โดยการเสื่อมสภาพตามธรรมชาตินี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวเคมีของเมล็ดที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ด เช่น การเกิดไลปิดเปอร์ออกซิเดชัน (Lipid peroxidation) เป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่ทำให้เกิดการสลายไขมันหรือโปรตีน และส่วนประกอบของเซลล์เมมเบรนของเมล็ดจึงทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้าง และการทำงานของเซลล์ โดยเฉพาะเซลล์เมมเบรนของเมล็ด ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารต่าง ๆ ออกจากเมล็ดทำให้ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลง (McDonald, 1999) โดยกระบวนการเสื่อมสภาพของเมล็ดไม่สามารถกลับคืนได้ (irreversible process) เมื่อเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพ (ทางสรีรวิทยา) เกิดขึ้นแล้ว เมล็ดนั้นไม่สามารถกลับคืนมาเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์แข็งแรงดังเดิมได้อีก เนื่องจากมีการเสื่อมคุณภาพในระดับโครงสร้างเซลล์ และหน้าที่ของอวัยวะย่อยภายในเซลล์ของเมล็ดจะเสื่อมสภาพ (Degradation) โดยปฏิกิริยาเคมีที่ไม่มีการกลับคืน (Priestley, 1986) ซึ่งเมล็ดที่มีการเสื่อมคุณภาพนั้นสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพได้ เช่น วิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์ (Seed priming) หรืออาจเรียกได้ว่า invigoration พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการงอกของเมล็ดได้ เนื่องจาก วิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์ ทำให้เมมเบรนที่เสื่อมคุณภาพมีการจัดเรียงตัว และซ่อมแซมตลอดจนมีการกำจัดสารพิษให้น้อยลงหรือหมดไป จึงทำให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น หากมีการปฏิบัติที่ดีเมล็ดที่เสื่อมคุณภาพแล้ว สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ในระดับหนึ่ง (Heydecker et al., 1975) โดยการเสื่อมสภาพของเมล็ดแตกต่างกันออกไปตามประชากรของเมล็ด กล่าวคือ เมล็ดพืชแต่ละชนิดแต่ละสายพันธุ์ มีแหล่งกำเนิดของสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นอัตราการเสื่อมสภาพย่อมแตกต่างกันในแต่ละชนิดพันธุ์ของพืช

2. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

2.1 การเสื่อมคุณภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane degradation)

การเสื่อมคุณภาพลำดับแรกเกิดขึ้นที่เยื่อหุ้มเซลล์ โดยเยื่อหุ้มเซลล์ที่ห่อหุ้มอวัยวะย่อยของเซลล์ ชนิดต่าง ๆ ในเมล็ดพันธุ์ที่ไม่สามารถกักเก็บสารชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะสาร Electrolyte ไว้ในเซลล์ได้ จึงเกิดการรั่วไหลออกจากเซลล์ ดั้งนั้นเมื่อเมล็ดพันธุ์ได้รับความชื้น หรือเมื่อนำเมล็ดแช่ลงไปในน้ำ สามารถตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำผ่านการแช่เมล็ด ซึ่งเป็นการวัดการเสื่อมของคุณภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (บุญมี, 2558)

2.2 กิจกรรมของเอนไซม์ลดลง (Loss of enzymatic activity)

การงอกของเมล็ดพันธุ์ต้องมีเอนไซม์หลายชนิดทำงานร่วมกัน หากเมล็ดพันธุ์เกิดการเสื่อมคุณภาพกิจกรรมต่าง ๆ ของเอนไซม์จะมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ glutamic decarboxylase,

catalase, peroxidase amylase (Copeland and McDonald, 2001) โดยการตรวจวัดกิจกรรมของเอนไซม์ทำให้สามารถประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ เมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดจะมีเอนไซม์ที่สำคัญและทำหน้าที่หลักในกระบวนการงอกที่แตกต่างกันออกไป เช่น กิจกรรมของเอนไซม์ catalase และ peroxidase เป็นเอนไซม์ที่สำคัญของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน (พีระยศ และคณะ, 2544)

2.3 อัตราการหายใจลดลง (Reduction in respiration)

เมื่อเมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพจะมีการหายใจลดลง มีการใช้ออกซิเจนลดลงซึ่งจะส่งผลทำให้ปริมาณพลังงานในรูป Adenosine triphosphate (ATP) ลดลง เมล็ดพันธุ์จึงมีพลังงานไม่เพียงพอต่อการดำเนินกิจกรรมไปสู่การงอกเป็นต้นกล้าได้

2.4 มีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น (Increasing of free fatty acid)

เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพจะมีกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นจากการย่อยสลายไขมันที่สะสมไว้ในเมล็ดพันธุ์ (Storage lipid) โดยเอนไซม์ Lipase ถ้ามีกรดไขมันอิสระสูงถึง 2% แสดงว่าเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพค่อนข้างสูง (จวงจันทร์, 2529)

2.5 ความสามารถในการเก็บรักษาลดลง (Reduced storability)

จากการเสื่อมคุณภาพในกระบวนการต่าง ๆ ที่กล่าวมาส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีการหายใจน้อยลง การสร้างพลังงานลดลงปริมาณ Ribonucleic acid (RNA) มีปริมาณน้อยลงทำให้สังเคราะห์โปรตีนได้น้อยลง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีชีวิตสั้นลงด้วย

2.6 อัตราการเจริญเติบโตของต้นกล้าลดลง (Reduced seedling rate of growth and development)

เมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมไม่มากนักจะมีการงอกเป็นต้นที่สมบูรณ์ได้ แต่อัตราการและการพัฒนาการช้าลงกว่าต้นกล้าที่ไม่มีการเสื่อมคุณภาพ

2.7 ความสม่ำเสมอของต้นกล้าในไร่ลดลง (Decreased uniformity of seedling)

ต้นพืชที่งอกในแปลงปลูกไม่สม่ำเสมอ มีพัฒนาการช้าลงทำให้พืชออกดอกช้า เป็นผลไปยังการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ไม่พร้อมกัน เป็นปัญหาในด้านคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ต่อไป

2.8 สูญเสียความทนทานต่อสภาพแวดล้อม (Loss of environmental stress resistance)

เมื่อพืชงอกเป็นต้นกล้าแล้วมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้น้อยลง

2.9 เมล็ดพันธุ์เปลี่ยนสี (Colour changes)

เมื่อเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพมาก ๆ สีของเมล็ดพันธุ์จะเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น เมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 จากเดิมเยื่อหุ้มเมล็ดพันธุ์มีสีชมพูอ่อน กลายเป็นสีเข้มปนแดงคล้ำ เป็นต้น

2.10 ผลผลิตลดลง (Reduced yield)

เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพแม้ว่าจะงอกได้ในแปลงปลูก แต่เมื่อการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอพัฒนาการช้าจะส่งผลให้ผลผลิตที่น้อยกว่าเมล็ดพันธุ์ปกติด้วย

2.11 ความงอกในแปลงปลูกลดลง (Loss of field emergence)

เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพความงอกในแปลงปลูกลดลงอย่างชัดเจน

2.12 ต้นกล้าผิดปกติเพิ่มขึ้น (Increased abnormal seedling)

เมื่อเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพมากขึ้น จะมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลง แม้เพาะความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและจำนวนต้นกล้าผิดปกติมากขึ้น อันเนื่องมาจากการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อในส่วนของอวัยวะสำคัญของเมล็ดพันธุ์ อาจเป็นส่วนของยอดอ่อน รากอ่อน หรือส่วนของลำต้นก็ตาม ซึ่งการผิดปกติของต้นกล้านี้จะทำให้จำนวนต้นกล้าในแปลงลดลง

2.13 เมล็ดพันธุ์ไม่งอก (Loss of germinability)

เมื่อเมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพมากที่สุด จึงส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ไม่งอก แม้ว่าเพาะเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ ซึ่งให้สภาพแวดล้อมเหมาะสมที่สุดสำหรับการงอกก็ตาม

3. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยาที่สำคัญในระหว่างการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

3.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์

การสูญเสียความแข็งแรงของเยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane integrity) ทำให้คุณสมบัติในการควบคุมกึ่งเลือกผ่านของผนังเยื่อหุ้มเซลล์ (Semi-permeable membrane) บกพร่องไม่สามารถเก็บกักและควบคุมการเข้าออกของสารต่าง ๆ ไว้ได้ทำให้เซลล์ไม่สามารถตองสนองต่อการเกิด Osmosis และเซลล์สูญเสียความเต่ง อีกทั้งสาร Metabolite ต่าง ๆ ที่รั่วไหล (Leakage) ออกมากระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งในและนอกเมล็ด ทำลายเมล็ดให้เสื่อมเร็วขึ้น Woodstock et al. (1985) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผนังเยื่อหุ้มเซลล์ที่เสื่อมสภาพและเป็นเรื่องยากที่จะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของผนังเยื่อหุ้มเซลล์ในระหว่างการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ จากรายงานวิจัยพบว่าการรั่วไหลของธาตุโพแทสเซียมออกจากเมล็ดเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ลดลง การรั่วไหลของโพแทสเซียมจะมีความไวและมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับคุณภาพของเมล็ดมากกว่าค่าการนำไฟฟ้า เช่น ในถั่วเหลือง (Dias et al., 1997) และถั่วลิสง (บุญมี, 2546) เป็นต้น

3.2 การเสื่อมจากคุณภาพจากกระบวนการ Lipid peroxidation

กระบวนการ Lipid peroxidation เป็นกระบวนการที่เกิดจากสาร Reactive oxygen species (ROS) ที่เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดพันธุ์อยู่ในสภาวะเครียด ได้แก่ อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสารกลุ่มนี้จัดอยู่ในประเภทของสารอนุมูลอิสระ (Free radical) ได้แก่ Superoxide radical ($O^{\bullet}_2$), Hydroxyl radical ($HO^{\bullet}$) ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นสารประกอบที่มี Electron ที่อะตอมออกซิเจนเป็นเลขคี่จึงไม่คงตัวและไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารอื่น ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นในการขับเคลื่อนปฏิกิริยาลูกโซ่ของกระบวนการ Lipid peroxidation โดยกลไกการเกิด Lipid peroxidation เริ่มต้นเมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว (RH) ถูกอนุมูลอิสระ ROS ดึง Hydrogen radicle ($H^{\bullet}$) ออกทำให้เกิดอนุมูลอิสระบนอะตอม

Carbon ของ Lipid เกิดเป็น Organic free radical (R•) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้อย่างรวดเร็วเกิดเป็น Lipid peroxide (ROO•) และสามารถทำปฏิกิริยาต่อไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่กับ Lipid อื่น ๆ เกิดเป็น Hydroperoxide (ROOH) กับ Organic free radical (R•) ใหม่เพิ่มเข้าสู่วงจร และ Organic free radical (R•) ที่เกิดขึ้นใหม่นี้จะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่กับ Lipid โมเลกุลอื่น ๆ (RH) ต่อไปเรื่อย ๆ จากนั้น Hydroperoxide (ROOH) จะเปลี่ยนเป็นสารพวก Peroxide โดยเฉพาะสาร Malondialdehyde (MDA) ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการ Lipid peroxidation ซึ่งสารเหล่านี้ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยมีผลกับการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์ Mitochondria ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียสภาพมีโครงสร้างผิดปกติ จึงไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติ โปรตีนและ DNA ถูกทำลาย Siri et al. (2013) แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการ Lipid peroxidation ของเมล็ดพันธุ์พริกหวานเมื่อผ่านการเร่งอายุ โดยวิธีการเร่งอายุด้วยการใช้อุณหภูมิ 42 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 100% ใช้ระยะเวลาต่างกัน 0-30 วัน มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานเสื่อมคุณภาพเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาของการเร่งอายุเพิ่มขึ้น และพบว่าปริมาณการเกิดผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาของ Lipid peroxidation คือ ปริมาณของ Malondialdehyde (MDA) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ โดยการเกิด Lipid peroxidation จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากวันที่ 0-20 ของการเร่งอายุ และเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหลังการเร่งอายุ 20 วัน แสดงว่าเมื่อเมล็ดพันธุ์พริกหวานเกิดการเสื่อมคุณภาพถึงระดับที่มากจนถึงจุดวิกฤตแล้ว หลังจากนั้นปฏิกิริยา Lipid peroxidation จะลดลง และพบว่าปริมาณของ MDA ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.3 การเสื่อมสภาพของ DNA โปรตีน และเอนไซม์

อนุมูลอิสระที่เกิดจากกระบวนการหายใจใน Mitochondria นอกจากจะทำลายกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเยื่อหุ้มเซลล์แล้ว ยังมีความสามารถในการทำลายโมเลกุลของ DNA และ Protein เนื่องจากโดยปกติโครงสร้างหลักของ DNA ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 3 ส่วน คือ เบสไนโตรเจน น้ำตาล Deoxyribose และหมู่ฟอสเฟต เบสไนโตรเจน มี 2 พวก คือ 1) พวกที่เป็นอนุพันธ์ของ Purine ได้แก่ Adenine และ Guanine 2) พวกที่เป็นอนุพันธ์ของ Pyrimidine ได้แก่ Cytosine และ Thymine โดย OH• จะเข้าไปทำลายน้ำตาล Oxylibose และเปลี่ยนแปลงเบสไนโตรเจน เช่น OH• เข้าไปจับกับ Guanine ได้เป็น 8-Hydroxyguanine เป็นผลทำให้การลอกเลียนแบบ (Transciption) ของ DNA ผิดพลาดจนเกิดการกลายพันธุ์ในสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ OH• ยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดกระบวนการ Lipid peroxidation ที่สามารถทำลายโปรตีนของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างและเอนไซม์ โดย OH• เข้าทำลายกรดอะมิโนของโปรตีนในตำแหน่งหมู่ -SH ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไวต่อการเข้าทำลายของอนุมูลอิสระ (Gutteridge and Halliwell, 1994) เมื่อเมล็ดพันธุ์เกิดกระบวนการเสื่อมคุณภาพ กิจกรรมต่าง ๆ ของเอนไซม์จะลดลง ได้แก่ Glutamic decarboxylase, Catalase และ Peroxidase (Panayotov and Stoeva, 2000)

จากปัญหาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี จึงได้มีการศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดให้มีความงอก ความแข็งแรงที่ดีขึ้น โดยนำเทคโนโลยีทางด้านเมล็ดพันธุ์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการแก้ไขปัญหา ดังนี้

การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (Seed Enchantment)

จากการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพด้านกายภาพที่ดีขึ้น แต่ไม่สามารถทำให้คุณภาพทางสรีรวิทยาในด้านความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ดีกว่าที่ผลิตจากแปลงปลูกได้ ซึ่งวิธีการที่ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นหลังจากการปรังปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์นั้น จะต้องใช้องค์ความรู้หลายสาขาวิชามาทำงานร่วมกันจึงจะประสบความสำเร็จได้ และต้องมีการจัดการเมล็ดพันธุ์อย่างเป็นระบบ (บุญมี, 2558) ซึ่งเรียกวิธีการที่ทำให้ระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นนี้ว่า “การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์” (Seed enhancements) โดยการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลง ความงอก และความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ต้นกล้ามีพัฒนาการที่ดี มีลักษณะรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งวิธีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่นิยมนำมาใช้มี 4 วิธีการ

1. การไพรม์เมล็ดพันธุ์ (Seed priming)

การไพรม์เมล็ดพันธุ์เป็นการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้เมล็ดงอกได้มากขึ้น งอกได้เร็วและสม่ำเสมอมีความทนทานต่อสภาพอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ในกรณีที่เมล็ดเสื่อมคุณภาพสามารถใช้วิธีการไพรม์อาจทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการทำไพรม์ นอกจากนี้ยังเป็นการลดระยะเวลาในการเพาะกล้าและการย้ายปลูกในไร่ทำให้ลดแรงงานและต้นทุนในการผลิตส่วนหนึ่ง (Bray, 2015) ซึ่ง ธรรมศักดิ์ (2547) ได้ให้ความหมายว่าการไพรม์เมล็ดพันธุ์ เป็นการเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์ เพื่อกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์มีกระบวนการงอกเกิดขึ้นแต่หยุดกระบวนการก่อนที่เมล็ดจะเกิดการงอกรากออกมา โดยการทำให้เมล็ดพันธุ์มีความชื้นลดลงอีกครั้ง และเมื่อถึงเวลาปลูก เมล็ดที่ได้รับความชื้นอีกครั้งสามารถงอกรากได้ทันทีในเวลาอันรวดเร็ว เพราะกระบวนการงอกในช่วงแรกได้เกิดขึ้นก่อนหน้านี้แล้ว ซึ่งการทำ Seed priming มีส่วนช่วยในการสร้างเอนไซม์ (Nasir et al., 2008) และกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเมล็ด (Dezfuli et al., 2008) แล้วยุติกระบวนการงอกก่อนที่รากแรกเกิดงอกออกมา โดยลดความชื้นของเมล็ดกลับสู่ระดับความชื้นเดิม เพื่อให้สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้ตามปกติ

การทำ Seed priming เป็นการนำเมล็ดพันธุ์มาแช่ในน้ำหรือสารละลาย เมล็ดที่ได้รับความชื้นมีการดูดซับน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การดูดซับน้ำในการงอกและการไพรม์เมล็ดพันธุ์

กระบวนการดูดซับน้ำของเมล็ดพันธุ์นั้นมีความสำคัญมากก่อนที่เมล็ดจะพัฒนาไปจนถึงการงอก ซึ่งการดูดซับน้ำของเมล็ดพันธุ์ในการงอกทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ระยะด้วยกัน ดังนี้

ระยะที่ 1 หรือ ระยะดูดน้ำ (imbibition phase) ในเมล็ดแห้งที่มีค่าชลศักย์ต่ำ ซึ่งอาจมีค่าต่ำมากถึง -100 MPa เมื่อเมล็ดได้รับน้ำเมล็ดจะดูดน้ำอย่างรวดเร็ว โดยจะเกิดกับเมล็ดทุกระเภท ทั้งเมล็ดที่มีการพักตัว หรือเมล็ดที่ตาย ในระยะนี้ภายในเซลล์ของเมล็ดมีการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อรวมทั้งมีการซ่อมแซมเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ ภายในเมล็ด และในช่วงท้ายของระยะ เอนไซม์ภายในเมล็ดจะเริ่มทำงาน

ระยะที่ 2 หรือ ระยะงัน (lag phase) เป็นระยะที่เมล็ดเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมเมล็ดมีแรงดูดน้ำลดลง ในระยะต้นประมาณ -1.5 ถึง -1.0 MPa ส่งผลให้การดูดน้ำช้าลงเมล็ดมีการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิค โดยเอนไซม์ต่าง ๆ จะทำงานมากขึ้น มีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารให้ต้นอ่อนที่กำลังเจริญ โดยในการไพรม์เมล็ดพันธุ์ การเพิ่มระยะเวลาของการดูดซับน้ำในระยะที่ 2 ให้นานขึ้นเพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีระยะการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดพันธุ์ เช่น ทำให้เมล็ดมีการหายใจเพิ่มขึ้น มีการเคลื่อนย้ายสารอาหารในเมล็ด การสร้างพลังงาน หรือเกิดกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่มีการเสื่อมภายในเมล็ดพันธุ์ เพื่อนำไปสู่การงอกที่สมบูรณ์ต่อไป จากการศึกษาของ Bray et al. (1989) พบว่าเมล็ดพันธุ์กระเทียมที่แช่ในสารละลาย PEG 6000 ที่มีค่าศักย์ของน้ำเท่ากับ -1.0 MPa ที่ระดับอุณหภูมิที่ 15 ^{0}C เป็นเวลา 14 วัน ทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้เร็วขึ้น เนื่องจากระยะเวลาในการแช่น้ำนานขึ้น ทำให้เมล็ดมีการสร้าง RNA และการสังเคราะห์โปรตีนในเมล็ดเพิ่มมากขึ้น

ระยะที่ 3 หรือ ระยะการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (embryo growth) โดยในระยะนี้จุดเจริญ (growing point) โดยเฉพาะส่วนของรากแรกเกิด (radicle) มีการแบ่งและยืดตัวของเซลล์เกิดขึ้น รากจะแทงทะลุเมล็ดออกมา มีผลทำให้การดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะมีพื้นที่ผิวในการดูดน้ำเพิ่มขึ้น จากนั้นเมล็ดพันธุ์จะมีพัฒนาการต่อไปจนเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ (บุญมี, 2558)

2. วิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์

การให้ความชื้นแต่ละวิธีการนั้นมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน และมีผลต่อการไพรม์เมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกันออกไป โดยวิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์สามารถแบ่งได้ 3 วิธีการ ดังนี้

2.1 Hydropriming

เป็นวิธีกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยการนำเมล็ดไปแช่น้ำเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมทำให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น งอกเร็วขึ้น (Bradford, 1986) เป็นวิธีที่ปฏิบัติได้ง่ายไม่มีสารพิษตกค้างในเมล็ดและสิ่งแวดล้อม แต่ข้อเสียคือไม่สามารถควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดได้ ทำให้กระบวนการทางชีวเคมี

ต่าง ๆ ภายในเมล็ดเกิดไม่พร้อมกันซึ่งเมล็ดบางชนิดอาจดูดน้ำเร็วเกินไปทำให้เกิดความเสียหายกับเมล็ดได้ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดที่แตกต่างกัน (Mcdonald, 2000) การกระตุ้นเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำจะทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการกระตุ้น โดยอวัยวะส่วนแรกของกล้าพืชที่เห็นคือ ส่วนของราก จะโผล่ออกมาก่อน เนื่องจากรากมีหน้าที่หาอาหาร แร่ธาตุ และค้ำจุนส่วนของลำต้น โดยในการทดลองของ Gerhard (2006) ที่นำเมล็ดพันธุ์เมล็ดผักกาดหอมไปไพรม์ในน้ำกลั่น เมื่อนำไปปลูกต้นกล้าอายุเพียง 3 วันเมล็ดที่ได้รับการกระตุ้นทำให้มีความยาวรากมากกว่า ซึ่งหมายถึง เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ สามารถงอกได้เร็ว รากมีการเจริญเติบโตเร็วดีกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sivritepe and Senturk (2011) พบว่าการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกพันธุ์ Yalova Carliston ด้วยวิธี hydropriming โดยแช่เมล็ดในน้ำกลั่น นาน 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีความงอกสูง 84.00% และดัชนีความงอก 10.2 ซึ่งมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมการงอกเมล็ดพันธุ์มีความงอกเพียง 78.50% และดัชนีความงอกอยู่ที่ 9.8

2.2 Osmopriming

เป็นวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ ด้วยการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าความต่างศักย์ของน้ำในระดับที่ต่ำ เพื่อชะลอการดูดน้ำของเมล็ดให้ช้าลง สารเคมีที่นำมาใช้จะเพิ่มความหนืดของน้ำ วิธีการนี้สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดซึมเข้าไปได้ (McDonald, 2000) มี 2 ประเภท คือ inorganic salt และ organic salt

2.2.1 Inorganic salt คือ สารสะสายที่เป็นสารเคมี เช่น KNO_3, Na_2SO_4 และ KH_2PO_4 เป็นธาตุอาหารที่นิยมนำมาไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ชนิดต่าง ๆ จากการศึกษาของ Kaewsorn et al. (2013) ได้รายงานผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะตาด (*Dillenia indica* L.) ด้วย KNO_3 พบว่า การแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2% นาน 12 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้ความงอกสูงที่สุด 93% ในขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก มีความงอกเพียง 86% ในขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก (control) มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 25.5 วัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า Potassium nitrate (KNO_3) มีผลในการกระตุ้นการงอก และส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงและเปอร์เซ็นต์การงอกสูง

2.2.2 Organic salt คือ สารสะลายที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นจากธรรมชาติ เช่น polyethylene glycol (PEG), manitol, sorbitol (Frett et al., 1991), Vitamin C, Gibberellin (GA_3) และ Indole-3-acetic acid (IAA) จากการรายงานของ Khangkhun (2003) ได้ศึกษาการผลของการใช้สารเคมีปรับปรุงการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน โดยการปรับปรุงเมล็ดที่เสื่อมสภาพแล้วให้ดีขึ้นด้วย PEG6000 ที่ศักย์ของน้ำ -1.5 MPa ด้วยการแช่เมล็ดเป็นเวลา 3 และ 7 วัน สรุปได้ว่าการใช้ PEG 6000 กับเมล็ดที่เสื่อมสภาพแล้วสามารถปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวานได้

2.3 Solid matrix priming เป็นวิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารที่เป็นวัสดุทางธรรมชาติหรือเป็นสารที่สามารถอุ้มน้ำได้ เช่น Vermiculite, peat moss, Celite เป็นวัสดุที่ประกอบด้วย silica และ zonalit ซึ่งมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Ca, K, Mg และ Mn (Jett et al., 1996) วิธีนี้สามารถควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ได้ โดยใช้วัสดุที่มีค่า matric potential ต่ำ อยู่ระหว่าง -0.4 ถึง -1.5 MPa ละลายน้ำได้น้อยดูดยึดน้ำได้มาก มีพื้นที่ผิวมากไม่เป็นพิษกับเมล็ด ส่วนใหญ่นิยมนำวิธีนี้มาใช้ร่วมกับเมล็ดที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ได้แก่ มะเขือเทศ พริก แครอท และ หอม เป็นต้น จากการรายงานของ Choudhary et al. (2008) ได้ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพริกโดยนำเมล็ดพริกผสมกับ Isabgol husk ซึ่งมีคุณสมบัติดูดยึดน้ำได้มากเป็นระยะเวลา 2 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นเป็น 90.5% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอกมีความงอกเพียง 67% และมีดัชนีความแข็งแรง (vigor index) เช่น ความยาวของยอดและรากเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการกระตุ้นความงอก

3. การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยาที่สำคัญในระหว่างการทำ Seed priming

การทำ Seed priming นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้ดีขึ้นจากเมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพภายในเมล็ดพันธุ์เกิดการจากกระบวนการทางชีวเคมีและสรีรวิทยาที่มีอยู่ภายในเมล็ด โดยการทำ Seed priming เข้าไปเปลี่ยนแปลงและซ่อมแซมในกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

3.1 กลไกของการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอระหว่างการทำ Seed priming

การนำเมล็ดพันธุ์มาเพิ่มความชื้นในกระบวนการทำ seed priming นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของเมล็ดพันธุ์เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแปลงของ DNA เยื่อหุ้มเซลล์และเอนไซม์ (Bray et al., 1989; Mcdonald, 2000; Petruzzeli, 1986) การทำ Seed priming เป็นการเปลี่ยนแปลงในทางตรงกันข้ามกับการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ จากการรายงานของ Sung and Chang (1993) พบว่า Osmopriming กับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณน้ำตาลของน้ำที่แช่เมล็ดพันธุ์ลดลงในขณะที่ปริมาณ RNA ในเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น โดยงานวิจัยของ ปรียา และคณะ (2550) พบว่าเมื่อตรวจวัดค่าแคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่นำมาทำ Seed priming พบว่าปริมาณของธาตุอาหารและค่าการนำไฟฟ้าของน้ำที่แช่เมล็ดพันธุ์รวมทั้งก่อนและหลังการทำ Seed priming น้อยกว่าเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่ไม่ได้ผ่านการทำ Seed priming มีผลต่อการรั่วไหลของสารออกจากเมล็ดพันธุ์ปนอยู่ในน้ำ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์ที่ถูกซ่อมแซมในระหว่างการทำ Seed priming จึงทำให้การรั่วไหลของสารออกจากเมล็ดพันธุ์ลดลง ในส่วนของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการทำ Osmopriming สามารถเพิ่มการสร้างโปรตีน และปริมาณของ DNA ได้ (Dell Aquilla and Tritto,

1990) โดยการทำ Seed priming ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเอนไซม์และลดผลการเกิด Lipid peroxidation ซึ่งกระบวนการ Lipid peroxidation ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free radical) ทำให้เยื่อเซลล์ของ Mitochordria ถูกทำลายและมีการสะสมสารพิษต่าง ๆ เกิดขึ้นและสะสมในเมล็ดพันธุ์ เมื่อนำเมล็ดมา Priming ด้วยกระบวนการที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดพันธุ์ที่ควบคุมอนุมูลอิสระเพื่อไม่ให้มีปริมาณผิดปกติจนก่อให้เกิดความเป็นพิษขึ้นในเมล็ดพันธุ์ โดยการสร้างสารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidation) โดยทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดจากสภาวะเครียดที่กระทำต่อเมล็ด ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม Reactive oxygen species (ROS) โดยสารที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระนี้จะทำหน้าที่ในการควบคุมอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเมล็ดพันธุ์ (Bailly et al., 1997; Mittler, 2002) ให้มีปริมาณลดลง การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดเกิดขึ้น 2 วิธีการ คือ การสร้างเอนไซม์ที่มีคุณสมบัติการต้านอนุมูล ได้แก่ เอนไซม์ Superoxide dismutase, Catalase, Peroxidase และ Glutathione peroxidase ซึ่งทำหน้าที่ต้านสารอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพจากกระบวนการ Lipid peroxidation

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ (Seed Coating)

การเคลือบเมล็ดพันธุ์เป็นการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์อีกวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาปรับใช้เข้ากับเมล็ดพืชแต่ละชนิดตามวัตถุประสงค์ โดยมีหลักการและวิธีการ ดังต่อไปนี้

1. ความหมายของการเคลือบเมล็ดพันธุ์

เป็นวิธีการที่ทำให้เมล็ดได้รับสารเคลือบอย่างสม่ำเสมอ และสารเคลือบติดแน่นไม่หลุดร่วงระหว่างการนำไปใช้ ซึ่งช่วยลดโอกาสสัมผัสสารพิษของเกษตรกร ลดปัญหาสารพิษตกค้างในสภาพแวดล้อม โดยเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและง่ายต่อการขนส่ง ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์สามารถเพิ่มเติมสารบางชนิดที่ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพ และช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ หรือเพิ่มเติมสารที่มีประโยชน์เกี่ยวกับการงอก และการพัฒนาของต้นกล้า ซึ่งการเคลือบเมล็ดพันธุ์พัฒนามาจากการคลุกเมล็ดพันธุ์ เพื่อป้องกันการเข้าทำลายพืชจากเชื้อราในดินอันเป็นสาเหตุของโรคโคนเน่าของพืชชนิดต่าง ๆ เป็นต้น โดยทำให้เกิดการสะสมของสารในลักษณะบางเบาและมีความหนาอย่างสม่ำเสมอ ติดเกาะแน่นแบบฟิล์ม (film coating) เมล็ดพันธุ์ถูกห่อหุ้มด้วยแผ่นฟิล์มบาง ๆ (thin layer polymer) สารเคมีไม่หลุดร่วงและครอบคลุมเมล็ดพันธุ์ และเมล็ดพันธุ์ไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่าง และยังสามารถควบคุมปริมาณสารป้องกันโรคและแมลงที่ติดแต่ละเมล็ดได้แน่นอนเหมาะสมตามความต้องการ (ภาณี และคณะ, 2540)

2. องค์ประกอบของการเคลือบเมล็ดพันธุ์

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ดีต้องไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่ควรเป็นสารชีวภาพหรือสารเคมีที่ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าดีที่สุด สารที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เหมาะสมในสูตรของสารเคลือบ สารที่ไม่มีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ด ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด นอกจากนี้อาจเพิ่มสารป้องกันโรคและแมลงเพื่อควบคุมการเข้าทำลายของโรคและแมลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเคลือบ โดยทั่วไปแล้วสารเคลือบเมล็ดพันธุ์มีองค์ประกอบดังนี้

1.1 สารออกฤทธิ์ (active ingredient)

สารออกฤทธิ์ที่เลือกใช้จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเคลือบ ซึ่งสารออกฤทธิ์ที่นิยมใช้ได้แก่ สารป้องกันกำจัดเชื้อรา สารป้องกันกำจัดแมลง ธาตุอาหาร ฮอร์โมน สารอินทรีย์ และสารเร่งการเจริญเติบโต ซึ่งมักใช้ร่วมกับพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเหนียวเพื่อใช้เป็นสารยึดเกาะให้สารออกฤทธิ์ติดกับเมล็ดพันธุ์ได้เป็นอย่างดี จากการทดลองของ ภาณี และคณะ (2540) พบว่าเมล็ดฟักทองที่เคลือบด้วย Captan ไม่มีการปนเปื้อนจากเชื้อราและมีความงอกสูงกว่าเมล็ดปกติ สายสุดา โยวราช (2557) ได้เคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศร่วมกับ IBA แล้วตรวจสอบคุณภาพและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบและติดตามคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา พบว่าคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติหลังจากการเคลือบ แต่พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบด้วย IBA มีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เคลือบสารหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือน

1.2 สารยึดเกาะ (Polymer)

เป็นสารที่เติมลงไปในตำรับสารเคลือบเพื่อให้สารออกฤทธิ์ต่าง ๆ ยึดเกาะติดไปกับเมล็ดพันธุ์ได้ดีขึ้นเพราะถ้าหากสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ หลุดร่วง ก็จะทำให้มีการออกฤทธิ์ลดลง และสารยึดเกาะยังสามารถใช้ในการปรับการผ่านเข้าออกของน้ำได้ เพราะหากมีเฉพาะพอลิเมอร์อาจทำให้น้ำผ่านเข้าสู่เมล็ดไม่ได้ การงอกจะไม่เกิดขึ้น (Pamuk, 2004) ซึ่งการเลือกใช้สารยึดเกาะนั้นควรคำนึงถึงการเข้ากันได้ระหว่างสารยึดเกาะที่ใช้กับองค์ประกอบอื่นของสารเคลือบ ซึ่งต้องให้แรงยึดเกาะที่เพียงพอ สำหรับสารที่ไม่มีคุณสมบัติยึดเหนี่ยวกันเลยนั้น ถ้านำมาทำสารเคลือบ ควรเลือกใช้สารยึดเกาะที่มีแรงยึดเกาะสูง ชนิดของสารยึดเกาะ ได้แก่ starch, pregelatinized starch, gelatin, sugar, acacia, tragacanth, polyvinyl pyrrolidone, methylcellulose (MC), sodium carboxymethylcellulose, ethyl cellulose, hydroxypopylmethyl cellulose (HPMC), polyacrylamides, polyvinyloxoazolidones, polyethylene glycol และ precirol เป็นต้น (เพียรกิจ, 2530)

1.3 ตัวทำละลาย (solvent)

ตัวทำละลายเป็นของเหลวที่ระเหยได้ซึ่งใช้ในสารเคลือบ เพื่อละลายสารยึดที่เป็นของแข็งหรือที่มีความหนืดสูงให้ได้เป็นเนื้อเดียวกัน นอกจากนี้หน้าที่ของตัวทำละลาย คือ ไปละลายหรือทำให้เกิดการ

กระจายตัวของพอลิเมอร์และสารเติมต่าง ๆ แล้วพาสารเหล่านี้ไปยังผิวของเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบ (ปราโมทย์, 2534) ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ น้ำ, ethanol, methanol, isopropanol, chloroform, acetone, methyl ethyl ketone และ methyl chloride เป็นต้น (ปราโมทย์ ทิพย์ดวงตา, 2534)

1.4 พลาสติกไซเซอร์ (plasticizer)

พลาสติกไซเซอร์เป็นสารที่เติมลงไปในตำรับของสารเคลือบเพื่อให้ได้ลักษณะของฟิล์มที่ต้องการ ทำให้ฟิล์มที่ได้มีความอ่อนตัวและยืดหยุ่นดี มีความทนทานสูงและมีการยึดเกาะกับสารอื่นได้ดี (ปราโมทย์, 2534) ซึ่งสอดคล้องกับ พิสิทธิ์ และภารุณี (2535) ที่ได้อธิบายว่าพลาสติกไซเซอร์เป็นสารที่ใส่ลงไปเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพในด้านความยืดหยุ่น (flexibility) ของฟิล์มพลาสติกไซเซอร์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดมักจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่มีการปรับสภาพ ดังนั้นสารที่มีหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุล เช่น polyols (glycerol, propylene glycol และ polyethylene glycols) เป็นต้น จะเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ดีที่สุดให้กับพอลิเมอร์ในกลุ่ม water-soluble cellulose ethers ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลในสัดส่วนที่มาก ในทางตรงกันข้ามสารกลุ่ม organic esters (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง citric acid และ phthalic acids) จะเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ดีที่สุดให้กับพอลิเมอร์กลุ่ม cellulose ethers ที่มีขั้วน้อยกว่า ซึ่ง ได้แก่ cellulose acetate และ phthalate เป็นต้น (อรอนงค์, 2548)

1.5 สี (colorants)

การใส่สีเพื่อช่วยให้เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบมีความสวยงามเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ง่ายต่อการจดจำของเกษตรกรผู้ใช้เมล็ดพันธุ์ และบ่งบอกว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่จะนำไปใช้เพาะปลูกไม่ควรนำไปบริโภคหรือเลี้ยงสัตว์สีที่ใช้ควรเป็น pigments หรือ insoluble dyes ที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่ใช้ เพราะตัวทำละลายที่ใช้จะระเหยได้เร็วถ้าใช้สีที่ละลายในตัวทำละลายได้ก็จะทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับการย้ายที่ของสีทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีสีไม่สม่ำเสมอ (พิสิทธิ์ และ ภารุณี, 2535) สารเติมแต่ง (additives)

สารเติมแต่งเป็นสารที่มีคุณสมบัตินอกจากที่กล่าวข้างต้น เช่น สารห่อหุ้มและเพิ่มความเนียน (Opaquant extenders) ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ที่มีผงละเอียดมาก ใช้เพื่อช่วยลดปริมาณของสี เพราะสีมีราคาแพง แต่จะใช้เฉพาะเมื่อไม่ต้องการให้ฟิล์มโปร่งแสงเท่านั้นและยังช่วยให้ได้สีที่มีความเข้มต่าง ๆ สารห่อหุ้มและเพิ่มความเนียนที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ titanium dioxide เพราะทำให้ขาวและสะท้อนเป็นเงาสวย อีกทั้งยังมี aluminum silicate, magnesium carbonate, calcium sulfate และ aluminium hydroxide เป็นต้น (พิสิทธิ์ และ ภารุณี, 2535)

3. วิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์

วิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์จำเป็นต้องมีวัสดุอุปกรณ์หลัก 4 ชนิดประกอบด้วย 1) เมล็ดพันธุ์ 2) เครื่องเคลือบหรืออุปกรณ์สำหรับใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ 3) สารเคลือบหรือพอลิเมอร์ 4) สารออกฤทธิ์ เช่น ธาตุอาหารพืช ฮอร์โมนพืช และสารป้องกันกำจัดโรคและแมลง เป็นต้น

3.1 เมล็ดพันธุ์ (Seed)

ชนิดของเมล็ดพันธุ์มีความสำคัญต่อการเลือกชนิดของสารเคลือบเนื่องจากเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดมีลักษณะของเปลือกหุ้มเมล็ดที่แตกต่างกัน เช่น ผิวเรียบมันหรือผิวขรุขระไม่สม่ำเสมอเป็นต้น จึงทำให้การคัดเลือกชนิดของสารเคลือบมีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของเมล็ดเพื่อทำให้การเคลือบเมล็ดพันธุ์ประสบผลสำเร็จ

3.2 เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ (Coating Machines)

นับเป็นอุปกรณ์หลักสำหรับใช้เป็นส่วนคลุกเคล้าเมล็ดพันธุ์และสารเคลือบ โดยปัจจุบันลักษณะของเครื่องเคลือบเมล็ดที่เป็นที่นิยมทั่วไปสำหรับใช้ศึกษาในสถาบันการศึกษาและหรือเป็นที่นิยมใช้ในบริษัททางการค้าเมล็ดพันธุ์ในหลายประเทศทั่วโลกคือแบบ fluidized bed, แบบ rotary coater และแบบ rotating pan

3.2.1 เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบ Fluidized bed มีรูปทรงสูงยาวคล้ายทรงกรวยหรือทรงกระบอกมีหลักการทำงานโดยให้เมล็ดพันธุ์ลอยตัวในอากาศอยู่ในกระบอกด้วยระบบลมเป่า (air flow) จากด้านล่าง จากนั้นสารเคลือบ (binder: liquid or slurry) จะถูกนำเข้าจากด้านล่างของฐานกระบอกเช่นเดียวกันกับระบบเป่าลมจึงทำให้เมล็ดที่ลอยตัวอยู่กลางกระบอกของเครื่องเคลือบได้รับสารเคลือบที่ฉีดพ่นอย่างสม่ำเสมอทุกเมล็ดใช้เวลาในการเคลือบเมล็ดประมาณ 30 - 60 วินาที/ครั้งจึงเหมาะสมใช้ร่วมกับเมล็ดขนาดเล็กจนถึงขนาดกลางยกตัวอย่าง เช่น เมล็ดพันธุ์พริกแตง มะเขือเทศ และคะน้า เป็นต้น

3.2.2 เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบ Rotary coater หรือแบบปั่นเหวี่ยงมีรูปทรงกระบอกฐานกว้างแต่ไม่สูงยาวเหมือนเครื่องเคลือบแบบ Fluidized bed โดยที่ฐานของเครื่องเคลือบจะมีจานแบบหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบคงที่อีกทั้งสามารถกำหนดความเร็ว/รอบได้ตามความเหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพันธุ์ส่วนตรงกลางของเครื่องเคลือบจะมีจานหมุนขนาดเล็กอยู่ตรงกลางเพื่อใช้เป็นส่วนส่งต่อสารเคลือบให้กระจายไปรอบ ๆ จานหมุนปั่นเหวี่ยง ซึ่งสารเคลือบจะถูกปล่อยจากด้านบนของตัวเครื่อง (binder: liquid) ไปยังจานหมุนกระจายสารเคลือบโดยทั่วไปจะใช้ความเร็วรอบประมาณ 30 - 50 รอบ/นาทีและใช้เวลาในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ประมาณ 30 - 60 วินาที/ครั้ง เพื่อลดความเสียหายของเมล็ดพันธุ์ที่อาจเกิดขึ้นจากเครื่องเคลือบเมล็ดเมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์เป็นเวลานาน

3.2.3 เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบ Rotating pan หรือแบบถังหมุนมีรูปทรงคล้ายบาตรพระหรือจานปั้นเม็ดปุ๋ยรูปทรงถังจะมีลักษณะเอียงเพื่อให้เมล็ดสามารถกลิ้งอยู่ภายในถังขณะที่เครื่องกำลังหมุนโดยมีท่อส่งสารเคลือบ (binder: liquid) มายังด้านหน้าของถังเคลือบเพื่อให้สามารถฉีดพ่นสารเคลือบไปยังเมล็ดที่กำลังกลิ้งอยู่ภายในถังเคลือบได้การทำงานที่เหมาะสมของเครื่องเคลือบแบบถังหมุนจะใช้ความเร็วรอบประมาณ 30 - 50 รอบ/นาทีและใช้เวลาประมาณ 1 – 3 นาที/ครั้ง ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของปริมาณของสารเคลือบที่ถูกฉีดพ่นไปยังเมล็ดในแต่ละครั้ง (จักรพงษ์, 2562)

ธาตุอาหารพืช (Plant nutrient)

1. ความหมายของธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืชคือสารอาหารสำหรับการงอกและการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละระยะ โดยธาตุแต่ละชนิดมีสำคัญต่อพืชต่างกัน โดยแต่ละชนิดมีความจำกัดความดังนี้

1.1 หากขาดธาตุนั้นพืชจะไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวัฐจักรชีวิตได้ ทั้งระยะ (Vegetative growth) การเจริญเติบโตทางวัฒนภาคและระยะเจริญพันธุ์

1.2 อาการขาดธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องมีความจำเป็นจำเพาะในการแสดงออก ซึ่งการเป็นการป้องกันหรือแก้ไขต้องใช้ธาตุชนิดนั้นเท่านั้น

1.3 เป็นธาตุอาหารที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น เป็นวัตถุดิบ (Substrate) ในกระบวนการชีวเคมีในเซลล์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ Enzymes หรือจำเป็นต่อการทำงานของ Enzymes เป็นต้น ทั้งนี้ปฏิกิริยาในกระบวนการเมแทบอลิซึมของธาตุนั้นต้องไม่สามารถนำธาตุอื่นมาทดแทนได้อย่างสมบูรณ์ โดยธาตุอาหารที่จำเป็นการเจริญเติบโตของพืชเหล่านี้ ทั้งธาตุอาหารในกลุ่มที่พืชต้องการใช้มากหรือกลุ่มธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้น้อย ย่อมมีความสำคัญต่อพืช ซึ่งพืชจะขาดธาตุใดธาตุหนึ่งหรือใช้ธาตุอื่นมาทดแทนไม่ได้ พืชต้องได้รับธาตุอาหารครบทุกชนิดในปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต

1.4 ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยรากพืชสามารถดูดใช้ไนโตรเจนจากดินมาใช้ในรูปของเกลือไนเทรต (NO_3^-) และเกลือแอมโมเนียม (NH_4^+) ในพืชบางชนิดจะมีจุลินทรีย์ช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศ เปลี่ยนมาเป็นรูปเกลือไนเทรตที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ เช่น ในรากพืชตระกูลถั่วที่มีไรโซเบียมช่วยตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้พืชนำไปใช้ได้ (สมบุญ, 2544) โดยไนโตรเจนยังมีบทบาทที่สำคัญต่อพืชทั้งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างและกระตุ้นในกระบวนการเมแทบอลิซึม โดยทำหน้าที่ในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ และขยายขนาดเซลล์ นอกจากนี้ยังพบไนโตรเจนในไซโตไคนิน (Cytokinin) โดยเฉพาะอย่างยิ่งซีเอทีน (Zeatin) และไอโซเพนเทนิลอะเดนิน

(Isopentenyl adenine) ซึ่งมีหน้าที่ส่งเสริมการแบ่งเซลล์การขยายขนาดเซลล์ ส่งเสริมการสร้างและการเจริญเติบโตของตา ช่วยในการงอกของเมล็ด ส่งเสริมการสร้างโปรตีน และชะลอการแก่ชราของเนื้อเยื่อ (Senescence) จึงทำให้ธาตุไนโตรเจนมีความสำคัญต่อทั้งการเจริญเติบโต และการออกดอกติดผล ธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อพืชในทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่กระบวนการงอกของเมล็ดจนถึงออกผล โดยเซลล์พืชดูดซึมได้ในรูปไนเทรตไอออน (NO_3^-) และแอมโมเนียมไนเทรต (NH_4^+)

1.4.1 การสร้างสมดุลด้านการเจริญเติบโตของราก

ไนทริกออกไซด์มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของราก โดยเฉพาะอย่างยิ่งรากพิเศษของทั้งพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ โดยไนทริกออกไซด์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดตัวนำรหัสที่สอง ที่กระตุ้นการพัฒนาของรากพิเศษ นอกจากนี้อิทธิพลของสัญญาณแทรก (crosstalk) ระหว่างออกซินกับไนทริกออกไซด์ ยังมีผลต่อระบบราก (root system architecture) และการทำหน้าที่ของราก 7 ประการ คือ 1) การพัฒนารากพิเศษ 2) การแตกรากแขนง 3) การเจริญเติบโตของขนราก 4) การตองสนองต่อความถ่วงของราก 5) การเกิดปมรากเพื่อเป็นที่อาศัยของแบคทีเรียที่อยู่ร่วมกับราก 6) การอยู่ร่วมกันของรากกับเชื้อราไมคอร์ไรซ่า 7) การเชื่อมสัมพันธ์กับแบคทีเรียที่บริเวณรากที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

1.4.2 ไนโตรเจนมีบทบาทควบคุมการพัฒนาในแต่ละช่วงชีวิตพืช

การประมวลผลของไนโตรเจนที่เกี่ยวกับการควบคุมการพัฒนาในแต่ละช่วงของ *Arabidopsis thaliana* ดังนี้

1.4.2.1 การงอก เมล็ดที่ได้รับสารละลายไนเทรตความเข้มข้นสูง (3-5 มิลลิโมลาร์ KNO_3) ในช่วงเมล็ดดูดอุ้ม (imbibition) ทำให้ระยะพักตัวของเมล็ดสั้นลงกว่ากรณีแช่เมล็ดในน้ำกลั่น เนื่องจากไนเทรตช่วยลดความเข้มข้นของกรดแอบส์ไซซิก ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ทำให้เมล็ดพักตัว

1.4.2.2 การพัฒนาของต้นกล้า ในช่วงประมาณ 48 ชั่วโมงหลังจากเมล็ดดูดอุ้มน้ำ เอ็มบริโอต้องใช้สารอาหารจากเอ็นโดสเปิร์มเพื่อการเจริญเติบโต จึงเป็นเมแทบอลิซึมแบบใช้สารอาหารอินทรีย์ (heterotrophic metabolism) จากนั้นต้นอ่อนจึงผันเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตแบบสร้างอาหารเอง (autotrophic growth) ด้วยการสังเคราะห์แสง โดยเปลี่ยนอีทิโอพลาสต์ (etioplasts) ในใบเลี้ยงให้เป็นคลอโรพลาสต์ในช่วง 48-96 ชั่วโมงหลังจากเมล็ดดูดอุ้มน้ำ ซึ่ง C:N ratio ควบคุมการแสดงออกของยีนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ รวมทั้งการเจริญเติบโตของต้นอ่อนเมแทบอลิซึ่มของอาหารสะสมและการสังเคราะห์แสงของใบ ถ้าไนโตรเจนในสารลายภายนอกต่ำ จนส่งผลให้ C:N ratio กว้าง อัตราการสังเคราะห์แสงจึงต่ำ และต้นกล้าอาจเจริญเติบโตช้า

1.5 ฟอสฟอรัส (Phosphorus: P)

ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของโปรตีนบางชนิดในพืช ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสารต่าง ๆ หลายอย่างที่สะสมอยู่ในเมล็ด ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นสำหรับการงอกของเมล็ดพืช นอกจากนี้ยังเป็นตัวถ่ายทอดพลังงานจากสารหนึ่งไปยังสารอื่น ๆ ในกระบวนการเมแทบอลิซึม โดยบทบาทและความสำคัญของฟอสฟอรัสต่อพืชที่ปรากฏให้เห็นคือ ส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากแขนงและรากฝอยในระยะแรกของการเจริญเติบโตช่วยเร่งให้พืชแก่เร็ว และช่วยให้ดอก ผล เมล็ด ของพืชสมบูรณ์ และบทบาทที่สำคัญอีกประการนั้นคือช่วยให้รากพืชดึงดูดโพแทสเซียมมาใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้นความต้องการใช้ธาตุฟอสฟอรัสของพืชจะมีมากใน 2 ระยะ คือ ระยะแรก พืชต้องการใช้ฟอสฟอรัสในระยะ 2-3 สัปดาห์แรกของการงอก เพราะระยะนี้พืชจะมีการสร้างรากฝอยและรากแขนงจำนวนมาก ระยะที่สอง พืชต้องการใช้ธาตุฟอสฟอรัสมากในระยะที่มีการสร้างผลและเมล็ด เพื่อสร้างสารที่จำเป็นสำหรับการงอกของเมล็ด

1.5.1 รูปแบบที่พืชนำไปใช้

ฟอสฟอรัสในดินโดยธรรมชาติมีอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม พบทั้งที่อยู่ในรูปของอินทรีย์ฟอสเฟตซึ่งได้จากอินทรียวัตถุในดิน และอนินทรีย์ฟอสเฟตซึ่งได้จากการสลายตัวผุพังของหินและแร่ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบและจากปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดิน พืชดูดใช้ฟอสฟอรัสในรูปของ อนินทรีย์ฟอสเฟต คือ $H_2PO_4^-$,HPO_4^{-2} และ PO_4^{-3} โดยฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินพบอยู่ 3 สถานะ คือ สารละลาย (soluble P) ดูดซับที่ผิวอนุภาค (active P) และถูกตรึง (fixed P) ฟอสฟอรัสในสารละลายดินมีอยู่เพียงเล็กน้อยแต่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที

1.5.2 ฟอสฟอรัสในโครงสร้างของสาร

หน้าที่ของฟอสฟอรัสด้านเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในพืชมี 4 ประการ ดังนี้ (Epstein and Bloom, 2005)

1.5.2.1 เป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์จำพวกแมโครโมเลกุล เช่น กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (DNA) กรดไรโบนิวคลีอิก (RNA)

1.5.2.2 เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในเมแทบอลิซึม เช่น กลูโคสฟอสเฟตโคเอนไซม์และอะดิโนซีนไตรฟอสเฟต (ATP)

1.5.2.3 เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณในเซลล์ เช่น อินโนซิทอล ไตรฟอสเฟต (inositol 1,4,5- triphosphate, IP3)

ในเมล็ดข้าวโพดมีคาร์บอนและไนโตรเจนร้อยละ 87 และ 77% อยู่ในเอนโดสเปิร์ม ส่วนฟอสฟอรัสร้อยละ 86% อยู่ในใบเลี้ยงธัญพืชส่วนใหญ่ (scutellum) ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบไฟเทต (Nadeem et al., 2011)

1.5.3 บทบาทของไฟเทตในเมล็ด

ไฟเทตในเมล็ดอาจมีบทบาทสองประการคือ 1) ควบคุมการสังเคราะห์แป้งในขณะที่เมล็ดอยู่ในช่วงสะสมแป้งหรือหัวกำลังเจริญเติบโต 2) ในช่วงสุดท้ายของการพัฒนาเมล็ดความชื้นในเมล็ดจะเริ่มลดลงตามลำดับ กรดไฟทริกอาจทำหน้าที่ดึงเอาโพแทสเซียมและแมกนีเซียมส่วนเกินมาทำปฏิบัติเพื่อไม่ให้ธาตุทั้งสองอยู่ในรูปแคตไอออนในเซลล์มากเกินไป อย่างไรก็ตามไฟเทตมีบทบาทสำคัญในการงอกของเมล็ดอย่างมาก เมื่อเมล็ดเริ่มงอกเอ็มบริโอต้องใช้ธาตุอาหารมาก เช่น แมกนีเซียม (ในกระบวนการฟอสฟอริเลชันและการสังเคราะห์โปรตีน) โพแทสเซียม (ในกระบวนการขยายขนาดเซลล์) และฟอสฟอรัส (เพื่อสังเคราะห์ลิพิดในเยื่อและกรดนิวคลีอิก) เมื่อเมล็ดเริ่มงอกจะมีการสลายอนุภาคไฟเทต ซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยแผ่นโปรตีนภายในใบเลี้ยงก่อนเอนไซม์ที่กระตุ้นการสลายคือไฟแทส (phytase) จึงทำให้ปริมาณไฟเทตในเมล็ดลงลง ซึ่งภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากเพาะเมล็ดไฟเทตจะค่อย ๆ สลายตัวปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาสร้างฟอสโฟลิพิด แสดงว่ามีการสร้างเยื่อที่จำเป็นในการแบ่งเซลล์และจัดสัดส่วนภายในเซลล์ เพื่อควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมในเซลล์นั้น โดยการเพิ่มขึ้นของ P_i และฟอสเฟตเอสเทอร์แสดงว่าเริ่มมีอัตราการหายใจฟอสฟอริเลชันและกระบวนการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสูงขึ้น โดยการสลายของไฟเทตยังคงเกิดขึ้นต่อเนื่องตลอดเวลา โดยในช่วงท้ายพบว่าฟอสเฟตอยู่ใน DNA และ RNA มากขึ้น ส่งผลให้การแบ่งเซลล์และการสังเคราะห์โปรตีนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วขึ้นด้วย สำหรับอัตราการสลายของไฟเทตถูกควบคุมโดย P_i กล่าวคือหากมี P_i ออกมามากการสังเคราะห์เอนไซม์ไฟแทสจะลดลง เพื่อให้อัตราการสลายของไฟเทตสอดคล้องกับความต้องการใช้ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในเมอทบอลิซึมส่วนอื่น ๆ ของกระบวนการงอก ซึ่งฟอสฟอรัสสำรองในเมล็ดมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าในช่วง 3 สัปดาห์แรก

1.6 โพแทสเซียม (Potassium: K)

โพแทสเซียมเป็นมหธาตุเพียงชนิดเดียวที่ไม่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์หรือเป็นสารอินทรีย์พื้นฐานในพืช แต่โพแทสเซียมมีบทบาทในกระบวนการต่าง ๆ หลายกระบวนการในพืชทั้งด้านสรีรวิทยาและชีวเคมี เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง และการหายใจ นอกจากนั้นยังเป็นตัวกระตุ้นให้เอนไซม์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพืชดูดโพแทสเซียมในรูปของโพแทสเซียมไอออน (K^+) ทำหน้าที่เป็นแคตแคตไอออนที่มีมากที่สุดในไซโทโซล ซึ่งเซลล์ต้องรักษาสมดุลไว้อย่างต่อเนื่อง เมื่ออยู่ในพืชโพแทสเซียมเคลื่อนย้ายง่ายไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนย้ายภายในเซลล์ หรือระหว่างเซลล์ในเนื้อเยื่อ ซึ่งบทบาทในภาพรวมของโพแทสเซียมมี 3 ลักษณะ 1) ในฐานะแคตไอออนทำหน้าที่ควบคุมสภาพความเป็นกลางทางไฟฟ้าของสารอนินทรีย์ เช่น ไนเทรต และสารอินทรีย์ที่มีประจุลบ (แอนไอออนของกรดอินทรีย์ ดีเอ็นเอ และฟอสโฟลิพิด) รักษาภาวะสมดุลของค่า pH ในเซลล์ 2) ควบคุมศักย์ออสโมซิส (osmotic potential) ของเซลล์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการของเซลล์ที่มีการเคลื่อนไหว เช่น การเคลื่อนไหวของใบ การเปิด-ปิดปากใบ และการเคลื่อนย้ายของสาร

ในโฟลเอ็ม 3) ในด้านของเมแทบอลิซึม ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน กระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์และการสังเคราะห์แสง (Chérel et al., 2014) โดยโพแทสเซียมเป็นแคตไอออนหลัง ซึ่งทำหน้าที่ลดศักย์ออสโมซิส (osmotic potential) ภายในเซลล์ เมื่อโพแทสเซียมเข้าไปในแวคิวโอลพร้อมกับแอนไอออน จะช่วยปรับออสโมซิสให้เหมาะสม จึงส่งเสริมให้เซลล์ขยายขนาดขึ้น อีกหน้าที่ที่สำคัญของโพแทสเซียม คือ ช่วยปลุกฤทธิ์เอนไซม์ (enzyme activation) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการขนส่งไอออนที่เยื่อและเอนไซม์อื่น ๆ

1.7 แคลเซียม (Calcium: Ca)

ธาตุแคลเซียมมีความสำคัญต่อการแบ่งเซลล์ แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญของผนังเซลล์ ช่วยในการเจริญเติบโตของส่วนยอดและรากพืช นอกจากนี้แคลเซียมยังส่งเสริมเนื่องจากแคลเซียมทำให้พืชดูดไนโตรเจนได้มากขึ้น ดังนั้นจึงมีบทบาทสำคัญทางอ้อมต่อการสร้างโปรตีน เป็นองค์ประกอบในสาร calcium pectate ซึ่งจำเป็นในการแบ่งเซลล์ของพืช เป็นตัวแก้ฤทธิ์ของสารพิษต่าง ๆ เช่น กรดอินทรีย์ รวมถึงตัวต่อต้านฤทธิ์ของสารออกซิน (auxin) ซึ่งเป็นสารเร่งการขยายตัวของเซลล์ให้ยาวออกถ้าไม่มีแคลเซียมแล้ว จะทำให้เซลล์ยาวผิดปกติ แคลเซียมยังช่วยในการสร้างโปรตีน ช่วยในการเคลื่อนย้ายแป้งและโปรตีนในขณะที่พืชกำลังสร้างเมล็ดและส่งเสริมการเกิดปมของรากถั่ว นอกจากนี้ธาตุแคลเซียมมีประโยชน์ต่อแมแทบอลิซึมของพืชได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1.7.1 ผนังเซลล์ (Cell wall) และมิดเดิลลาเมลลา (Middle lamella) ธาตุแคลเซียมช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของเซลล์และเนื้อเยื่อใหม่ ทั้งนี้ธาตุแคลเซียมในมิดเดิลลาเมลลา ยังช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว โดยปริมาณแคลเซียมที่มีมากในเนื้อเยื่อพืชจะช่วยป้องกันการย่อยสลายของมิดเดิลลาเมลลา

1.7.2 เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) โดยจะพบไอออนของแคลเซียมจำนวนมาก โดยธาตุแคลเซียมทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมระหว่างฟอสเฟตกับหมูคาร์บอกซิลของฟอสโฟลิพิด และโปรตีนที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานของเยื่อหุ้มเซลล์ จึงช่วยเสริมความคงตัวให้กับเยื่อหุ้มเซลล์เดิม และเยื่อหุ้มเซลล์ที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่หลังจากแบ่งตัวของเซลล์ บางครั้งเรียกบทบาทในการเสริมเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane stability) และบูรณภาพของเซลล์ (Cell integrity)

ในส่วนของบทบาทที่เกี่ยวข้องกับการงอกของเมล็ด เนื่องจากเอนไซม์ของพืชที่ต้องการแคลเซียมเป็นโคแฟกเตอร์มีหลายชนิด โดยแคลเซียมที่ความเข้มข้นต่ำสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โปรตีนคิเนส และแอลฟา-อะไมเลสได้ (α-amylase) ซึ่งโปรตีนคิเนสช่วยเร่งปฏิกิริยาฟอสฟอริเลชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เพิ่มหมู่ฟอสฟอริล ($-H_2PO_3$) แก่โปรตีน ส่วนเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสมีหน้าที่ย่อยแป้ง โดยเติมโมเลกุลของน้ำเข้าที่พันธะ α – 1,4 ไกลโคซิดิก ทำให้โมเลกุลของแป้งถูกทอนให้สั้นลงเป็นโอลิโกแซคคาไรด์หรือเดกซ์ทริน (dextrins) จึงนับเป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่มี

บทบาทสำคัญในการเคลื่อนย้ายแป้งจากแหล่งสะสมไปยังส่วนอื่น ๆ ของพืช นอกจากนี้ยังช่วยย่อยแป้งในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดให้มีโมเลกุลเล็กลงสำหรับใช้ในกระบวนการงอก (Hanson, 1984) สำหรับแอลฟ่า-อะไมเลสในเมล็ดถูกสังเคราะห์ในเซลล์ของชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) เมื่อได้รับการกระตุ้นจากกรดจิบเบอร์เรลลิก (GA_3) ส่วนแคลเซียมเป็นโคแฟกเตอร์ที่ช่วยให้เอนไซม์มีกิจกรรมได้ จากการทดสอบในเซลล์ของชั้นแอลิวโรนจากเมล็ดข้าวบาร์เลย์พบว่า เมื่อใช้แคลเซียมปริมาณ 10 มิลลิโมลาร์ร่วมกับ GA_3 ช่วยให้กิจกรรมของเอนไซม์สูงกว่าเมื่อมี GA_3 เพียงอย่างเดียว ถึง 70-80% (Hepler and Wayne, 1985)

1.8 แมกนีเซียม (Magnesium: Mg)

ธาตุแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการสังเคราะห์แสง อีกทั้งมีหน้าที่เป็นตัวพาฟอสเฟตทำให้เกิดปฏิกิริยา phosphorylation คือการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต และเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์พืชหลายชนิดที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต โดยในกระบวนการเมแทบอลิซึมแมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ประมาณร้อยละ 6-25 เป็นองค์ประกอบของสารเพคเตตในผนังเซลล์และอยู่ในรูปเกลือที่ละลายยากในแวคิวโอล ประมาณร้อยละ 5-10 ที่เหลืออีกร้อยละ 60-90 อยู่ในรูปของแมกนีเซียมพูล (Magnesium pool) โดยแมกนีเซียมมีบทบาทที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ การรักษาสมดุลของไอออนและเสถียรภาพของผนังเซลล์ และการรักษาเสถียรภาพของแอนโทไซยานิน

1.8.1 เกี่ยวข้องกับการหายใจ แมกนีเซียมมีบทบาทในการควบคุมสภาพและการทำหน้าที่ของไมโทคอนเดรีย เมื่อพืชขาดแมกนีเซียมส่งผลให้ไมโทคอนเดรียจะเสื่อมสภาพ เนื่องจากความเข้มข้นของออกซิเจนชนิดรีแอกทีฟสูง (Bose et al., 2011)

1.8.2 การรักษาสมดุลของไอออนและเสถียรสภาพของผนังเซลล์ แมกนีเซียมที่อยู่ในคลอโรพลาสต์และไซโทพลาสซึมเป็นเพียงส่วนน้อย เมื่อคิดเทียบกับปริมาณที่มีทั้งหมดในเซลล์ แมกนีเซียมที่เหลือมีหน้าที่ดังนี้ (Mengel and Kirkby, 1987) 1) มีอยู่มากในแวคิวโอล จึงเป็นแคตไอออน ซึ่งทำหน้าที่ประกบคู่กับแอนไอออนของกรดอินทรีย์และแอนไอออนอนินทรีย์ภายในแวคิวโอล ช่วยให้เกิดสมดุลแอนไอออน-แคตไอออน 2) ทำปฏิกิริยากับกรดเพ็กเทิกได้แมกนีเซียมเพ็กเทตอยู่ในมิดเดิลลาเมลลาของผนังเซลล์ (Bose et al., 2011)

การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน สารออกฤทธิ์อีกหนึ่งประเภทที่สามารถนำมาไพรม์และนำมาเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ คือ สารอินทรีย์ โดยสารอินทรีย์เหล่านี้ไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์

1.9 สังกะสี (Zinc: Zn)

สารอินทรีย์ (Organic substances)

สารอินทรีย์ เป็นสารที่พบได้ในธรรมชาติ เป็นสารที่มักจะเกี่ยวพันกับเราในรูปแบบของอาหาร เช่น สารในตระกูลคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามิน และกรดนิวคลิอิก ซึ่งสารอินทรีย์ที่พบในธรรมชาติสารมารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ไคโตซาน (chitosan)

ไคโตซาน เป็นอนุพันธ์ (derivative) ชนิดหนึ่งของไคตินที่ได้จากปฏิกิริยาดิอะซิทิเลชั่น (deacetylation) ของไคตินในสารละลายด่างเข้มข้น ไคตินเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติที่จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยอนุพันธ์ของเอ็นอะซิลกลูโคซามีน (N-acetylglucosamine) เมื่อทำการกำจัดหมู่อะซิทิลของไคตินแล้วจะได้พอลิเมอร์เรียกว่าไคโตซาน ซึ่งสามารถละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ เช่น กรดน้ำส้มกรดมะนาว และสารละลายไคโตซานยังมีคุณสมบัติเป็นแคททิออนิกพอลิเมอร์ (Cationic polymer) ซึ่งไคโตซานเป็นหมู่อะมิโน (amino group) ที่เกิดจากการสังเคราะห์อนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิทิล (deacetylation) ออกจากสายของไคตินได้เป็นไคโตซาน (รัตนา, 2544) และเป็น Linear polyelectrolyte มีความหนาแน่นทางประจุสูงใช้เป็น flocculant ที่มีประสิทธิภาพสูงได้เป็นอย่างดี สามารถยึดจับกับประจุลบที่ผิวได้ดีและยังสามารถจับโลหะเป็นพวก Chelates meditation ได้ สารละลายไคโตซานในกรดอินทรีย์เกิดเป็นสายของ polyamine ที่อยู่ในรูปของ protonated form ซึ่งมีความเข้มของประจุบวกสูง และมีสมบัติที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับชีวโมเลกุลที่มีประจุลบได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถละลายได้ที่ pH มากกว่า 6.5 ความสามารถในการละลายของไคโตซานจะถูกจำกัดใน H_3PO ซึ่งไคโตซานไม่สามารถละลายในสารละลายอินทรีย์ได้ (อัษฎาวุธ, 2542)

2. น้ำส้มควันไม้ (Wood vinegar)

น้ำส้มควันไม้คือผลผลิตที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน มีลักษณะเหลวสีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองอมน้ำตาล ได้จากการควบแน่นของควันไฟที่เกิดจากการเผาถ่านในช่วงอุณหภูมิเผา 300 – 400 องศาเซลเซียส ดังกล่าวทำให้สารประกอบต่าง ๆ ในไม้ฟืนสลายตัวด้วยความร้อน เกิดเป็นสารประกอบขึ้นใหม่ซึ่งมีประโยชน์มากมาย ในกระบวนการเผาถ่าน ถ้าเก็บน้ำส้มควันไม้ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 300 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้ที่ได้ จะมีสารประกอบที่มีประโยชน์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างจำกัด และถ้าเก็บในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า 425 องศาเซลเซียส น้ำมันดินจะสลายตัวเป็นสารก่อมะเร็งได้แก่ 3,4 benzopyrene และ 1,2,5,6 dibenzanthracene

2.1 คุณสมบัติของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้แตกต่างจากน้ำส้มอื่น ๆ ที่ได้จากการหมัก หรือการกลั่น คือ มีสารประกอบหลากหลายกว่า โดยเฉพาะฟีนอลที่ได้จากการสลายตัวของลิกนิน เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิดซึ่งได้จากการสลายตัวของไม้ด้วยความร้อนจนเกิดเป็นสารประกอบใหม่หลายชนิด เช่น กรดอินทรีย์ และแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการสลายตัวของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบที่สำคัญได้แก่ น้ำ 85% กรดอินทรีย์ 3% และสารอินทรีย์อื่น ๆ 12% มีค่า pH 1.5-3.7 และช่วยเร่งการเจริญเติบโตของรากพืช กระตุ้นความต้านทานโรคในพืช และช่วยในการเร่งให้พืชออกดอกและติดผลง่ายขึ้น ไม่หลุดร่วงง่าย นอกจากนี้ยังช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาลของพืชทำให้ผักและผลไม้มีรสดีและหวาน

3. น้ำหมักมูลไส้เดือน (Vermicompost Liquid)

น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (liquid vermicompost) เป็นของเหลวที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการกำจัดขยะอินทรีย์ที่ผ่านกิจกรรมการย่อยสลายของไส้เดือนดิน โดยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจะเกิดจากการสลายตัวของขยะอินทรีย์ที่ใช้เป็นอาหารของไส้เดือนดินลักษณะของน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน เป็นของเหลวที่มีสีน้ำตาลไม่มีกลิ่น เหม็น รวมทั้งมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมีสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (อานัฐ, 2550) ปัจจุบันมีการนำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมา ประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตพืช (Gamaley et al., 2001)

3.1 ประโยชน์ของน้ำหมักมูลไส้เดือน

น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน สามารถใช้เป็นปุ๋ยน้ำได้ ซึ่งในน้ำหมักโดยไส้เดือนดินมีธาตุอาหารพืชทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Arancon et al., 2005) และน้ำหมักโดยไส้เดือนดินยังมีสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น Indole acetic acid (IAA), Gibberellins และ Cytokinins ซึ่งฮอร์โมนพืชเหล่านี้ช่วยเสริมสร้างและช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช และนอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นจำนวนมาก (PGRs) ที่ช่วยส่งผล ให้พืชได้รับธาตุอาหาร และส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตและในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินยังมี humic acid ที่มีส่วนช่วยปรับโครงสร้างของดินให้ดีขึ้นด้วย (Atici et al., 2005; อานัฐ, 2550)

3.2 คุณสมบัติของน้ำหมักมูลไส้เดือน

น้ำหมักมูลไส้เดือนในการปลูกพืชจะส่งผลให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้น คือ ทำให้ดินกักเก็บความชื้นได้มากขึ้นมีความโปร่งร่วนซุยรากพืชสามารถชอนไชและแพร่กระจายได้กว้างดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดี ทำให้จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์บริเวณรากพืชสามารถสร้างเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์ต่อ

พืชได้เพิ่มขึ้นนอกจากนี้จุลินทรีย์ดินที่ปนออกมากับมูลของไส้เดือนยังสามารถสร้างเอ็นไซม์ฟอสฟาเตสได้อีกด้วย ซึ่งจะมีส่วนช่วยเพิ่มประมาณฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้นได้

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หลังการไพรม์และเคลือบร่วมกับธาตุอาหารและสารอินทรีย์

เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการเคลือบแล้วนั้นอาจถูกนำไปจำหน่ายหรือเก็บรักษาไว้เพื่อปลูกในฤดูกาลถัดไป ซึ่งการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบที่เหมาะสมอาจช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ได้ จากการทดลองของ West et al. (1985) ที่เคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วย Polyvinylidene chloride (PVDC) เมื่อนำไปตรวจสอบใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่า PVDC ทำให้ปิดช่องที่ผิวเปลือกของเมล็ดพันธุ์จึงสามารถควบคุมการแลกเปลี่ยนระหว่างความชื้นในเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศระหว่างการเก็บรักษา และการลดการดูดซับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ แม้อยู่ในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ทำให้สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้เป็นเวลานานขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เคลือบ สอดคล้องกับ บุญมี และคณะ (2550) ได้เคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษ 4 พันธุ์ ด้วยสารเคลือบชนิดต่าง ๆ กัน พบว่าสารเคลือบบางชนิดสามารถทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเก็บได้นานถึง 12 เดือนในห้องที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ โดยมีความงอกมากกว่าเมล็ดพันธุ์ชุดเดียวกันที่ไม่เคลือบ ภาณี และคณะ (2540) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เคลือบด้วย $ZnSO_4$ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก 98 % ซึ่งมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เคลือบตลอดอายุการเก็บรักษานาน 9 เดือน สอดคล้องกับรายงานของ ปิยะนุช และบุญมี (2551) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ผ่านการเคลือบสามารถรักษาระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ดีเมื่อเก็บรักษาเมล็ดในห้องที่ควบคุมสภาพแวดล้อม โดยเกือบทุกกรรมวิธีการเคลือบทำให้ความงอกของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์แม้เก็บรักษาไว้ในระยะเวลา 6 เดือน และสามารถเก็บรักษาไว้ในห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้เป็นระยะเวลา 4 เดือน สอดคล้องกับ จักรพงษ์ และคณะ (2563) รายงานว่าการไพรม์เมล็ดพันธุ์ด้วย KNO_3 ร่วมกับการเคลือบเมล็ดต่อความงอกการเจริญเติบโตของต้นกล้าและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์การไพรม์ด้วย KNO_3 อัตรา 1.5 กรัมทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความเร็วในการงอกรากความงอกความยาวต้น ความยาวรากและผลรวมของต้นกล้าดีมากกว่ากับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์มิ่ง ส่วนการทดลองที่ 2 การเคลือบเมล็ดด้วย carboxy methyl cellulose อัตรา 0.1% ที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งด้วย KNO_3 อัตรา 1.5 กรัม มีความงอกหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 3 และ 4 เดือนดีกว่ากับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์มิ่งเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

การศึกษาผลของการไพรม์และการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี ได้ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และเรือนทดลอง สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตั้งแต่เดือนเมษายน 2563 – ธันวาคม 2565

แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์

ได้รับการสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีสายพันธุ์ ฝาง 60 ในฤดูการผลิตปี พ.ศ. 2563 จากศูนย์วิจัยข้าวสะเมิงจังหวัดเชียงใหม่ โดยเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีมีความชื้นเริ่มต้น 9.7% และมีความงอกเริ่มต้น 100%

การวางแผนการทดลอง

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และการเคลือบเมล็ดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี สำหรับการผลิตน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass)

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบเมล็ดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี โดยทำการทดลองไพรม์เมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีร่วมกับธาตุอาหารพืชชนิดต่าง ๆ และทำการประเมินผลคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการไพรม์เมล็ด ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการทดลองดังนี้

1. การทดลองที่ 1 ศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี จากการคัดเลือกธาตุอาหารพืชในการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี โดยได้คัดเลือกธาตุอาหารพืช ได้แก่ KH_2PO_4, $MgSO_4$, KNO_3 และ $ZnSO_4$ จากนั้นนำมาไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีในอัตราที่แตกต่างกัน โดยมีกรรมวิธีทดลอง คือ

1) เมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์, (T1)

2) เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับน้ำกลั่น, (T2)

3) เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ Potassium Dihydrogen Phosphate (KH_2PO_4) (T3–T7), อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

4) เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ Magnesium Sulphate ($MgSO_4$) (T8-T12), อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

5) เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ Potassium Nitrate (KNO_3) (T13-T17), อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

6) เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ Zinc Sulphate ($ZnSO_4$) (T18-22) อัตรา, 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร ตามลำดับ

เมล็ดที่ถูกเตรียมในแต่ละกรรมวิธีนำมาวางในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ที่ความเข้มแสง 180 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที (µE) เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำแต่ละกรรมวิธีไปล้างผ่านน้ำเป็นเวลา 1 นาที แล้วซับน้ำที่ผิวเมล็ดให้แห้ง แล้วนำเมล็ดในแต่ละกรรมวิธีไปลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้ง รุ่น KKU 40-2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนได้ความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้นที่ 9.7%± 1 จากนั้นนำเมล็ดในแต่ละกรรมวิธีมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์

1.1 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ นำเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีมาทดสอบความงอกโดยวิธีการ Between paper (BP) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด แล้วนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ที่ความเข้มแสง 180 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที (μE) ให้แสงตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการนับความงอกครั้งแรก (First count) หลังการเพาะ 4 วัน และนับครั้งสุดท้าย (Final count) หลังเพาะ 8 วัน (ISTA, 2018) จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกตามสูตรดังนี้

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

1.2 การตรวจสอบความเร็วในการงอก

ดำเนินการตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน เริ่มนับครั้งแรกที่ 4 วัน (First count) จนถึงวันที่ 8 หลังเพาะ (Final count) (AOSA, 1983) โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ดในทุกกรรมวิธี จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามสูตรดังนี้

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

1.3 การตรวจสอบการงอกรากแรก

การตรวจสอบการงอกรากแรก ประเมินการงอกรากแรกเกิดจากการเพาะทดสอบทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด ทำการประเมินในวันที่ 3 หลังเพาะ โดยนับจำนวนรากที่งอกในแต่ละกรรมวิธี โดยเริ่มตรวจนับเมื่อเมล็ดมีการงอกของรากที่ความยาว 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกรากแรกตามสูตรดังนี้

$$\text{การงอกรากแรก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกราก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

1.4 การตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรก

การตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรก ดำเนินการตรวจนับรากแรกที่มีความยาว 2 มิลลิเมตร ในทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 3 หลังการเพาะ ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ดในทุกกรรมวิธี จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกรากแรกตามสูตรดังนี้

$$\text{ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนรากที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

1.5 การทดสอบความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้า

โดยประเมินในวันที่ 8 ของการเพาะเมล็ด ทำโดยสุ่มต้นกล้าทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น แล้วนำมาวัดความยาวต้น โดยวัดตั้งแต่โคนต้นจนถึงปลายใบของต้นกล้า ส่วนความยาวราก วัดจากโคนต้นลงมาจนถึงปลายรากของต้นกล้า และความยาวต้นกล้าคือ การวัดตั้งแต่ปลายรากไปจนถึงปลายใบของต้นกล้าโดยมีหน่วยเป็นเซนติเมตร (Abdul-Baki and Anderson, 1973)

2. การทดลองที่ 2 ศึกษาหาคุณสมบัติ ชนิดและอัตราของสารเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์

โดยคัดเลือกสารเคลือบที่มีคุณสมบัติเหมาะสมไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ด โดยกลุ่มพอลิเมอร์ 2 ชนิดที่สามารถละลายน้ำ ได้แก่ Carboxymethyl cellulose (CMC) และ Hydroxypropyl methyl cellulose (MHEC) จากนั้นนำมาทดสอบคุณสมบัติการเป็นสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบคุณสมบัติของสารเคลือบดังนี้

2.1.1 ลักษณะของสารเคลือบ

บันทึกข้อมูลลักษณะของสารเคลือบในรูปแบบของเหลวทางด้านกายภาพ เช่น ความใส ความขุ่น สี และการตกตะกอนของสารเคลือบ เป็นต้น (สุวารี ก่อเกษตรวิศว์, 2551)

2.1.2 การวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารเคลือบ

นำสารเคลือบที่ได้จากการเตรียมรูปแบบของเหลวตำรับต่าง ๆ มาวัดความเป็นกรดด่าง โดยใช้ pH meter รุ่น PH-80 เทสารเคลือบที่ผ่านการเตรียมแต่ละชนิดและความเข้มข้นต่างกันปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำแท่งแก้วคนสารจุ่มลงในสารเคลือบแล้วอ่านค่าที่ได้ บันทึกผลการทดลองโดยแต่ละตำรับทำซ้ำ 4 ครั้ง (สุวารี, 2551)

2.1.3 ประเมินความหนืดของสารเคลือบ

การหาค่าความหนืดของสารเคลือบทำได้โดยใช้ Standard Ford Viscosity Cup Gardco No.2 (Non-certified) โดยเทสารเคลือบปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร และวัดความหนืดของสารเคลือบที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส แล้วบันทึกข้อมูลทำซ้ำ 4 ครั้ง (สุวารี, 2551)

2.1.4 ลักษณะของแผ่นฟิล์ม

เตรียมแผ่นฟิล์มจากสารเคลือบตำรับต่าง ๆ โดยเทสารเคลือบลงบน Petri dish 20 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นลอกแผ่นฟิล์มออกจาก Petri dish นำมาบันทึกข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะผิวของแผ่นฟิล์ม ความหนืด และน้ำหนักแผ่นฟิล์ม (สุวารี, 2551)

2.1.5 วัดค่าการละลายของฟิล์ม

นำแผ่นฟิล์มที่ได้จากหัวข้อย่อย 1.2.1.4) มาทดสอบการละลาย นำตะแกรงที่มีขนาด (3×5 เซนติเมตร โดยขนาดรูตระแกรง 2×1.5 มิลลิเมตร) พับขอบทั้ง 4 ด้านให้มีความสูงประมาณ 1 เซนติเมตร มาชั่งน้ำหนัก ตัดแผ่นฟิล์มที่ทำจากสารเคลือบด้วยพอลิเมอร์ที่แตกต่างกัน ขนาด 4 ตาราง เซนติเมตร วางบนตะแกรง และชั่งน้ำหนัก นำตะแกรงที่มีแผ่นฟิล์มจุ่มลงไปในน้ำที่บรรจุในกล่องพลาสติกใส เวลาจุ่มแผ่นฟิล์มลงในน้ำ 5 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำตะแกรงที่มีแผ่นฟิล์มไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักตะแกรงพร้อมแผ่นฟิล์มที่เหลือบนตะแกรง ทดสอบวิธีการละ 4 ครั้ง (สุวารี, 2551)

2.2 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

จากการคัดเลือกสารเคลือบที่มีคุณสมบัติในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ได้ โดยสารเคลือบที่ดีต้องละลายได้ดีในน้ำ และมีการกระจายตัวของสารเคลือบได้ดี ซึ่ง Scott (1975) ได้รายงานว่าสารเคลือบ Carboxymethyl Cellulose (CMC) เมื่อนำมาเคลือบเมล็ดพันธุ์สามารถยึดเกาะกับผิวเมล็ดได้ดี อีกทั้งสารเคลือบ Methyl hydroxyl ethyl cellulose (MHEC) สามารถนำมาเคลือบเมล็ดได้โดยไม่มีผลเสียต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ และมีคุณสมบัติแลกเปลี่ยนความชื้นกับสภาพอุณหภูมิได้ (Harwood and Johnson, 1994)

จากเกณฑ์การคัดเลือกดังกล่าวทำการนำสารเคลือบที่เตรียมมาเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีโดยมีกรรมวิธีการทดลองดังนี้

1) เมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ, (T1)

2) เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC (T2), อัตรา 10 กรัม/ลิตร

3) เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC (T3), อัตรา 20 กรัม/ลิตร

4) เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC (T4), อัตรา 30 กรัม/ลิตร

5) เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ MHEC (T5), อัตรา 10 กรัม/ลิตร

6) เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ MHEC (T6), อัตรา 20 กรัม/ลิตร

7) เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ MHEC (T7), อัตรา 30 กรัม/ลิตร

โดยเตรียมสารละลายของพอลิเมอร์แต่ละชนิดละลายกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาเคลือบโดยใช้เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบถังหมุนรุ่น JK-MJU01 ใช้ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที แล้วจึงเอาไปลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้ง รุ่น KKU 40-2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดมาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ เช่นเดียวกับหัวข้อที่ย่อยที่ 1.1-1.7

3. การทดลองที่ 3 ศึกษาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

คัดเลือกสูตรสารเคลือบที่ดีที่สุดมา 1 ตำรับ จากการประเมินจากคุณสมบัติทางกายภาพจากหัวข้อ 2.1 และผ่านการทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบเมล็ดจากหัวข้อที่ 2.2 มาใช้ทดลองในหัวข้อ 2.3 โดยเตรียมเมล็ดที่ผ่านการคัดเลือกโดยวิธีการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ดีที่สุดจากหัวข้อที่ 1 มาทำการเป็นสูตรการไพรม์สำหรับเตรียมเป็นเมล็ดสำหรับการเคลือบในหัวข้อที่ 3 จากนั้นคัดเลือกธาตุอาหารพืชที่สามารถส่งเสริมความงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ได้และไม่มีผลเสียต่อคุณภาพของเมล็ด โดย บุญมี (2558) กล่าวว่า เมื่อนำธาตุอาหารพืชมาเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ ธาตุอาหารพืชต้องละลายอยู่บริเวณรอบราก และพืชสามารถได้ธาตุอาหารที่เคลือบไปใช้ได้อย่างทันทีอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นจึงได้คัดเลือกธาตุอาหารพืชมาทั้งหมด 4 ชนิด คือ $ZnSO_4$, KH_2PO_4, $CaCl_2$ และ NH_4NO_3 มาเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีในอัตราความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยมีกรรมวิธีทดลองคือ

1) เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T1)

2) เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC เพียงอย่างเดียว, T2)

3) เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ อัตรา 15, 25 และ 35 กรัม/ลิตร, T3), T4), T5) ตามลำดับ

4) เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 อัตรา 15, 25 และ 35 กรัม/ลิตร, T6), T7), T8) ตามลำดับ

5) เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ อัตรา 25, 50 และ 75 กรัม/ลิตร, T9), T10), T11) ตามลำดับ

6) เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 อัตรา 15, 25 และ 35 กรัม/ลิตร, T12), T13), T14) ตามลำดับ

โดยเตรียมสารเคลือบและธาตุอาหารพืชนำมาละลายกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาเคลือบเมล็ดในแต่ละกรรมวิธี โดยใช้เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบถังหมุนรุ่น JK-MJU01 ใช้ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที แล้วจึงเอาไปลดความชื้นแบบลมแห้ง รุ่น KKU 40-2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ

3.1 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

3.1.1 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์

การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ นำเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีมาทดสอบความงอกโดยวิธีการ Between paper (BP) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด แล้วนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 % ที่ความเข้มแสง 180 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที โดยการให้แสงตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการนับความงอกครั้งแรก (First count) หลังการเพาะ 4 วัน และนับครั้งสุดท้าย (Final count) หลังเพาะ 8 วัน (ISTA, 2018) นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกตามสูตรดังนี้

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

3.1.2 การตรวจสอบความเร็วในการงอก

ตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน เริ่มนับครั้งแรกที่ 4 วัน (First count) จนถึงวันที่ 8 หลังเพาะ (Final count) (AOSA, 1983) โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ดในทุกกรรมวิธี จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามสูตรดังนี้

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

3.1.3 การตรวจสอบการงอกของรากแรก

ประเมินการงอกรากแรกเกิดจากการเพาะทดสอบทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด ทำการประเมินในวันที่ 3 หลังเพาะ โดยนับจำนวนรากที่งอกในแต่ละกรรมวิธี โดยเริ่มตรวจนับเมื่อเมล็ดมีการงอกของรากที่ความยาว 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของรากแรก สูตรดังนี้

$$\text{การงอกรากแรก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกราก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

3.1.4 การตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรก

การตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรก ดำเนินการตรวจนับรากที่มีความยาว 2 มิลลิเมตร ในทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 3 หลังการเพาะ ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ดในทุกกรรมวิธี จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกรากแรกเกิดสูตรดังนี้

$$\text{ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนรากที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

3.1.5 การทดสอบความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้า

โดยประเมินในวันที่ 8 หลังการเพาะเมล็ด โดยการสุ่มต้นกล้าทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น แล้วนำมาวัดความยาวต้นโดยวัดตั้งแต่โคนต้นจนถึงปลายใบของต้นกล้า ส่วนความยาวราก วัดจากโคนต้นลงมาจนถึงปลายรากของต้นกล้า และความยาวต้นกล้าคือ การวัดตั้งแต่ปลายรากไปจนถึงปลายใบของต้นกล้าโดยมีหน่วยเป็นเซนติเมตร (Abdul-Baki and Anderson, 1973)

3.2 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพเรือนทดลอง

3.2.1 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีในแต่ละกรรมวิธีมาเพาะในขุยมะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุเพาะ จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด โดยทำการนับความงอกครั้งแรก (First count) หลังการเพาะ 4 วัน และนับครั้งสุดท้าย (Final count) หลังเพาะ 8 วัน จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

3.2.2 การตรวจสอบความเร็วในการงอก

ดำเนินการตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน เริ่มนับครั้งแรกที่ 4 วัน (First count) จนถึงวันที่ 8 หลังเพาะ (Final count) โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ดในทุกกรรมวิธี จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกของต้นกล้าข้าวสาลี (AOSA, 1983)

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

3.2.3 การตรวจสอบการโผล่พ้นดิน

ทำการสุ่มนับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่มีการโผล่พ้นดินของเปลือกหุ้มยอดอ่อน (Coleoptile) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ดในวัสดุปลูกขุยมะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุเพาะ ประเมินผลการโผล่พ้นดินหลังเพาะในวันที่ 3หลังเพาะ จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดินตามสูตรดังนี้

$$\text{การโผล่พ้นดิน (\%)} = \frac{\text{จำนวนของเปลือกหุ้มยอดอ่อนโผล่พ้นดิน}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

3.2.4 การตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดิน

ดำเนินการตรวจนับการโผล่พ้นดินของเปลือกหุ้มยอดอ่อน (Coleoptile) นับทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 3 ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการโผล่พ้นดินตามสูตรดังนี้

$$\text{ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของเปลือกหุ้มยอดอ่อนที่โผล่พ้นดินในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

4. การทดลองที่ 4 การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

หลังการทดลองเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน จากนั้นคัดเลือกกรรมวิธีที่ดีที่สุดมา 4 ตำรับ จากหัวข้อ 3 แล้วนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษาที่สภาพอุณหภูมิแตกต่างกัน

โดยบรรจุเมล็ดพันธุ์ในแต่ละกรรมวิธีทดลองลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ขนาด 11x15 นิ้ว กรรมวิธีละ 10 กรัม จากนั้นนำไปเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ สภาพที่ไม่มีการควบคุมสภาพอุณหภูมิ และสภาพที่มีการควบคุมสภาพอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70%) หลังจากนั้นทำการสุ่มเมล็ดทุก ๆ 2 เดือน เป็นเวลา 10 เดือนมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับหัวข้อ 3.1 และ 3.2

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบเมล็ด เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี และเพื่อประเมินสารพฤกษเคมีในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass)

เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี สำหรับศึกษาวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีที่สุด เพื่อนำไปใช้เพาะเป็นต้นอ่อนข้าวสาลีที่มีทั้งคุณภาพด้านเมล็ดและคุณภาพทางโภชนาการทางอาหารสูงที่สุด โดยกิจกรรมที่ 2 นี้สามารถแบ่งออกได้ 4 การทดลอง ดังนี้

1. การทดลองที่ 1 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

จากการคัดเลือกสารอินทรีย์ที่สามารถส่งเสริมคุณภาพและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี โดยได้คัดเลือกสารอินทรีย์สำหรับไพรม์เมล็ดร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีคือ น้ำส้มควันไม้ (WV) ปุ๋ยปลาฟิต (FAA) ปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน (VL) หัวเชื้อจุลินทรีย์ MMO_1 และ MMO_2 โดยสารอินทรีย์ข้างต้นสามารถสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด (Mu et al., 2003) การนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ในรูปสารละลายอัตราเจือจาง 300 เท่า แช่เมล็ดข้าวก่อนหว่าน ทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ความงอก ความยาวราก เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากเกณฑ์ดังกล่าวนั้นจึงนำสารอินทรีย์มาไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีในอัตราที่แตกต่างกัน โดยมีกรรมวิธีทดลองคือ

1) เมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์, T1)

2) เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว, T2)

3) การไพรม์เมล็ดร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต อัตรา 4, 5.5, 9 และ 16.5 กรัม/ลิตร, T3), T4), T5), T6) ตามลำดับ

4) การไพรม์เมล็ดร่วมกับไคโตซาน อัตรา 4, 5.5, 9 และ 16.5 กรัม/ลิตร, T7), T8), T9), T10) ตามลำดับ

5) การไพรม์เมล็ดร่วมกับ MMO_1 อัตรา 4, 5.5, 9 และ 16.5 กรัม/ลิตร, T11), T12), T13) T14) ตามลำดับ

6) การไพรม์เมล็ดร่วมกับ MMO_2 อัตรา 4, 5.5, 9 และ 16.5 กรัม/ลิตร, T15), T16), T17) T18) ตามลำดับ

7) การไพรม์เมล็ดร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 4, 5.5, 9 และ 16.5 กรัม/ลิตร, T19), T20), T21) T22) ตามลำดับ

8) การไพรม์เมล็ดร่วมกับน้ำส้มควันไม้ อัตรา 4, 5.5, 9 และ 16.5 กรัม/ลิตร, T23), T24), T25), T26) ตามลำดับ

จากนั้นนำแต่ละกรรมวิธี (T2 - T26) มาไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีจำนวน 1,000 กรัม โดยไพรม์เมล็ดในสารละลายแต่ละกรรมวิธี ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ที่ความเข้มแสง 180 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที (μE) เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำไปล้างผ่านน้ำกลั่นเป็นเวลา 1 นาที แล้วซับน้ำให้แห้ง จากนั้นนำไปลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องแบบลมแห้ง รุ่น KKU 40-2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนความชื้นเท่ากับความชื้นเริ่มต้นที่ 9.7% แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังผ่านการไพรม์ในลักษณะต่าง ๆ เช่นเดียวกับหัวข้อย่อยที่ 1.1-1.7

2. การทดลองที่ 2 ศึกษาหาคุณสมบัติชนิดและอัตราของสารเคลือบอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราของสารเคลือบอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี โดยแบ่งออกได้ 2 การทดลองย่อย ดังนี้

2.1 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของสารเคลือบอินทรีย์

โดยคัดเลือกจากสารเคลือบอินทรีย์ทั้งหมด 2 ชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ได้ คือ มีความหนืด ค่าความเป็นกรดด่าง และสามารถก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์มเมล็ดพันธุ์ได้

1) เจลลาติน อัตรา 10 กรัม/ลิตร, T1)

2) เจลลาติน อัตรา 20 กรัม/ลิตร, T2)

3) เจลลาติน อัตรา 30 กรัม/ลิตร, T3)

4) กัมอารบิก อัตรา 10 กรัม/ลิตร, T4)

5) กัมอารบิก อัตรา 20 กรัม/ลิตร, T5)

6) กัมอารบิก อัตรา 30 กรัม/ลิตร, T6)

โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบคุณลักษณะของสารเคลือบและลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์หลังจากการเคลือบ และตรวจสอบคุณลักษณะทางกายภาพของสารเคลือบ เช่นเดียวกับหัวข้อย่อยที่ 2.1.1-2.1.5

2.2 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารเคลือบอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

คัดเลือกสารเคลือบอินทรีย์ที่มีการละลายน้ำได้ดี มีความหนืดที่เหมาะสำหรับการยึดเกาะกับเมล็ด ผลิตจากธรรมชาติ และไม่ขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ สารเคลือบอินทรีย์ที่คัดเลือก คือ เจลลาติน และกัมอารบิก โดยมีกรรมวิธีทดลอง คือ

1) เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T1)
2) เจลลาติน อัตรา 10 กรัม/ลิตร, T2)
3) เจลลาติน อัตรา 20 กรัม/ลิตร, T3)
4) เจลลาติน อัตรา 30 กรัม/ลิตร, T4)
5) กัมอารบิก อัตรา 10 กรัม/ลิตร, T5)
6) กัมอารบิก อัตรา 20 กรัม/ลิตร, T6)
7) กัมอารบิก อัตรา 30 กรัม/ลิตร, T7)

จากนั้นนำสารเคลือบอินทรีย์ในแต่ละกรรมวิธีมาละลายกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร แล้วนำมาเคลือบโดยใช้เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบ rotating pan หรือแบบถังหมุน JK-MJU01 ใช้ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที แล้วจึงเอาไปลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้ง รุ่น KKU 40-2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ เช่นเดียวกับหัวข้อย่อยที่ 1.1-1.7

3. การทดลองที่ 3 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

คัดเลือกสูตรสารเคลือบอินทรีย์ที่ดีที่สุดมา 1 ตำรับ จากการประเมินจากคุณสมบัติทางกายภาพจากหัวข้อ 2.1 และผ่านการทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบเมล็ดจากหัวข้อที่ 2.2 มาใช้ทดลองในหัวข้อ 3 โดยเตรียมเมล็ดที่ผ่านการคัดเลือกโดยวิธีการไพรม์เมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ดีที่สุดจากหัวข้อที่ 1 มาใช้เป็นสูตรการไพรม์สำหรับเตรียมเป็นเมล็ดสำหรับการเคลือบในหัวข้อที่ 3 แล้วนำเมล็ดที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีการไพรม์มาเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ที่ถูกคัดเลือกในอัตราที่แตกต่างกัน โดยมีกรรมวิธีทดลอง คือ

1) เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T1)

2) เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC เพียงอย่างเดียว, T2)

3) การเคลือบเมล็ดร่วมกับน้ำส้มควันไม้ อัตรา 5, 10, 15 กรัม/ลิตร, T3), T4), T5) ตามลำดับ

4) การเคลือบเมล็ดร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต อัตรา 5, 10, 15 กรัม/ลิตร, T6), T7), T8) ตามลำดับ

5) การเคลือบเมล็ดร่วมกับไคโตซาน อัตรา 5, 10, 15 กรัม/ลิตร, T9), T10), T11) ตามลำดับ

6) การเคลือบเมล็ดร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 5, 10, 15 กรัม/ลิตร, T12), T13), T14) ตามลำดับ

จากนั้นนำสารเคลือบอินทรีย์และสารอินทรีย์มาละลายกับน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร นำมาเคลือบโดยใช้เครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์แบบ rotating pan หรือแบบถังหมุน ใช้ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที แล้วจึงเอาไปลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้ง รุ่น KKU 40-2 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ เช่นเดียวกับหัวข้อย่อยที่ 3.1 และ 3.2

4. การทดลองที่ 4 การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

หลังการทดลองเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน จากนั้นคัดเลือกกรรมวิธีที่ดีที่สุดมา 4 ตำรับ จากหัวข้อ 3 แล้วนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษาที่สภาพอุณหภูมิแตกต่างกัน

4.1 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษา

จากการคัดเลือกสูตรสำหรับการเคลือบที่ดีที่สุดจากหัวข้อ 3 มา 4 ตำรับ มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษาที่อายุและสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันเพื่อประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีและประเมินลักษณะการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี โดยการบรรจุเมล็ดพันธุ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ 11x15 นิ้ว และนำเมล็ดจำนวน 10 กรัม ลงในถุงฟอยล์ จากนั้นนำไปเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ สภาพที่ไม่มีการควบคุมสภาพอุณหภูมิ และสภาพที่มีการควบคุมสภาพอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70%) เป็นระยะเวลา 6 เดือน จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ทุก ๆ 1 เดือน เช่นเดียวกับหัวข้อย่อยที่ 3.1 และ 3.2

4.2 การประเมินคุณภาพด้านพฤกษเคมีของต้นกล้าข้าวสาลี

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทั้ง 4 ตำรับ มาเพาะทดสอบเป็นต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheat grass) เพื่อประเมินคุณภาพด้านพฤกษเคมี โดยการบรรจุเมล็ดพันธุ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ 11x15 นิ้ว และนำเมล็ดจำนวน 1,200 กรัม จากนั้นนำไปเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิ

ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน ทำการสุ่มเพาะทดสอบทุก ๆ 1 เดือน โดยนำมาเพาะทดสอบในกล่องขนาด 8.5x8.5 นิ้ว แล้วนำมาประเมินคุณภาพด้านพฤกษเคมี ดังนี้

4.2.1 การตรวจสอบปริมาณน้ำคั้นข้าวสาลี

นำต้นอ่อนข้าวสาลีที่เพาะทดสอบในแต่ละกรรมวิธีมาตัด แล้วนำมาชั่งในปริมาตร 20 กรัม โดยตัดตั้งแต่โคนต้นกล้าห่างจากวัสดุเพาะ 2 เซนติเมตร แล้วนำมาคั้นน้ำโดยเครื่องคั้นน้ำ Lexen รุ่น GP27 (JK3) แล้วนำปริมาณน้ำที่คั้นได้จากต้นกล้า 20 กรัม ใส่กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นบันทึกข้อมูล

4.2.2 การเตรียมสารเคมีในการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

นำสารละลายกรดออกซาลิก (Oxalic acid, UNIVAR) ความเข้มข้น 0.4 % เตรียมโดยชั่งกรดออกซาลิก จำนวน 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ จากนั้นเตรียมสารละลาย 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล (2,6-dichloraphenol indophenols, SIGMA) ที่ความเข้มข้น 0.04 % โดยชั่งสาร 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล จำนวน 0.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิต่ำ และการเตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิกมาตรฐาน (ascorbic acid, Merck) ทำการชั่งกรดแอสคอร์บิก จำนวน 0.001 กรัม ละลายในกรดออกซาลิก ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ แล้วปรับปริมาตรด้วยกรดออกซาลิกให้ครบ 40 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตกับ สารละลาย 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 % จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาตรของสารละลาย 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้ไปเพื่อเป็นมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

4.2.3 ปริมาณวิตามินซี

วิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในต้นอ่อนข้าวสาลี โดยวิธีไทเทรตด้วยสารละลาย 2,6-ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล นำตัวอย่างต้นอ่อนข้าวสาลีมาคั้นน้ำด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ให้ได้ปริมาณน้ำ 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดออกซาลิกความเข้มข้น 0.4 % ให้มีปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตรแล้วกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปิเปตสารละลายที่กรองได้มา 10 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดออกซาลิกให้ครบ 40 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปไทเทรตกับสารละลาย 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ความเข้มข้น 0.04 % จนถึงจุดยุติ ซึ่งจะทำให้สารละลายมีสีชมพูคงตัวนาน 15 วินาที ทำการทดลอง 2 ซ้ำ แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซี โดยบันทึกปริมาตรของ 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้เปรียบเทียบกับปริมาตรของ 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้กับวิตามินซีมาตรฐาน แล้วคำนวณหาปริมาณวิตามินซีในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีตามสูตร ดังนี้ (ไพศอล และดนัย, 2546)

ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดต้นกล้า) = $\frac{a \times 0.001 \times 100 \times 1,000}{b \times c}$

a = ปริมาตร 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้ในการไทเทรตกับสารตัวอย่าง

b = ปริมาตร 2,6- ไดคลอโรฟีนอล อินโดฟีนอล ที่ใช้ในการไทเทรตกับวิตามินซีมาตรฐาน

c = น้ำหนักสารตัวอย่าง 5 กรัม

4.2.4 การวิเคราะห์หาค่าความหวานในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

สำหรับทดสอบความหวานของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี ใช้เครื่องวัดค่าความหวาน RHBS-10 ATC Brix/Salinity Refractometer ช่วงการวัดอยู่ที่ 0-10 % Brix โดยใช้หลักการ การหักเหของแสงจากปริซึมเพื่ออ่านค่าในสเกล ซึ่งค่าการหักเหของแสงจะแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำตาลที่อยู่ในของเหลว โดยเริ่มจากเปิดฝา หยดตัวอย่างน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีประมาณ 2-3 หยด บนหน้าปริซึม (สีฟ้า) แล้วปิดฝาให้สนิท จากนั้นมองผ่านที่ส่องตาบริเวณที่มีแสงสว่าง โดยหมุนปรับความชัดเพื่อให้ชัดเจนในการอ่านค่าความหวาน

4.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์โดยใช้ Dimethyl sulfoxide (DMSO) มีขั้นตอนดังนี้ นำใบข้าวสาลีมาตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ให้ได้ปริมาณ 100 มิลลิกรัม จากนั้นนำไปใส่ในหลอดทดลองขนาดเล็ก จากนั้นเติมสาร Dimethyl sulfoxide (DMSO) มีปริมาณ 7 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วนำไปอบในตู้ Hot Air Oven ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดจากนั้นแยกส่วนของกากข้าวสาลีออกจากสารละลาย และปรับปริมาตรสารละลายที่ได้ มาปรับปริมาตรด้วย Dimethyl sulfoxide (DMSO) ให้เป็น 10 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยวิธีวัดค่าการดูดซับแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น SP-8001 ที่ช่วงคลื่นแสง 645 และ 663 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่อ่านได้ไปคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยใช้สมการของ Hiscox and Israelstam (1979) ดังนี้

คลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัม/กรัม) = $\frac{(0.0127D^{**}_{663} - 0.00269D^{*}_{645}) \times \text{ปริมาตรสุดท้าย} \times 100}{100 \times \text{น้ำหนักน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (กรัม)}}$

คลอโรฟิลล์บี (มิลลิกรัม/กรัม) = $\frac{(0.0229D^{*}_{645} - 0.00468D^{**}_{633}) \times \text{ปริมาตรสุดท้าย} \times 100}{100 \times \text{น้ำหนักน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (กรัม)}}$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด = $20.2D_{645} + 8.02D_{663}$

D^*_{645} = ค่า OD ที่ความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร
D^{**}_{663} = ค่า OD ที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร

จากนั้นนำค่าที่ได้จากการอ่านของเครื่อง Spectro Metertech SP-8001, Taiwan ไปหาความสัมพันธ์กับค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ได้จากการคำนวณ และวิเคราะห์หาความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ (Hiscox and Israelstam, 1979)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี Arcsine transformation และข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 แปลงค่าโดยวิธี $\sqrt{x+0.5}$ เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการทดลองโดยวิธี Duncan' New Multiple Range Test (DMRT) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบกลุ่ม โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิจัย

จากการศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีด้วยวิธีการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีและศึกษาหาชนิดและอัตราของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และอิทธิพลของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ร่วมกับสารอินทรีย์ที่มีผลต่อสารพฤกษเคมีในน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี จึงมีผลของการทดลองแบ่งออกเป็น 2 กิจกรรมดังนี้คือ

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบเมล็ดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

1. การทดลองที่ 1 การค้นหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

1.1 การประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช

จากการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ หลังผ่านการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อนำไปตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ KNO_3 อัตรา 20, 40 และ 60 กรัม/ลิตร (T13, T14, T15) ส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรกสูงมากกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ (T1) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ ส่วนการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับน้ำและธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธี (T1-T22) ส่งผลให้การงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ (ตารางที่ 1)

1.2 การตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช

เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในอัตราที่แตกต่างกัน เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ KNO_3 อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร (T13, T14, T15, T16, T17) ส่งผลให้ความยาวต้นสูงมากกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ ส่วนการไพรม์เมล็ดร่วมกับน้ำและธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธี ส่งผลให้ความยาวรากมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ KNO_3 อัตรา 40 กรัม/ลิตร (T14) ส่งผลให้ความยาวต้นกล้าสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการไพรม์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ความงอก และความเร็วในการงอก การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	99	88.25 a-d[2/3]	99	24.75
T2	99	80.92 d-f	99	24.75
T3	99	81.50 d-f	99	24.75
T4	100	81.75 d-f	100	24.88
T5	100	84.17 b-e	99	24.75
T6	100	84.33 b-e	100	25.00
T7	100	84.00 b-e	100	25.00
T8	100	80.58 d-f	100	24.88
T9	100	82.67 b-f	100	24.88
T10	100	82.33 d-f	100	25.00
T11	99	73.33 fg	99	24.75
T12	97	70.92 g	97	24.25
T13	100	95.25 a	100	25.00
T14	99	94.00 a	100	24.88
T15	100	95.33 a	100	24.88
T16	100	91.83 ab	100	25.00
T17	99	91.42 a-c	100	24.88
T18	100	84.08 b-e	100	24.88
T19	100	81.25 d-f	100	25.00
T20	99	80.58 d-f	100	25.00
T21	100	82.92 b-e	100	25.00
T22	100	76.67 eg	100	25.00
F-test	ns	**	ns	ns
CV.%	4.30	6.68	3.84	0.96

หมายเหตุ : ns, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์, T2 =เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับน้ำ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ KH_2PO_4 อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร (T3-T7 ตามลำดับ), เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ $MgSO_4$ อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร (T8-T12 ตามลำดับ), เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ KNO_3 อัตรา 20 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร (T13-T17 ตามลำดับ), เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ $ZnSO_4$ อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร (T18-T22 ตามลำดับ).

[2/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรก และความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 2 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ		
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)
T1	13.80 b[2/]	15.15	28.95 f-h
T2	12.73 df	15.31	28.04 gh
T3	12.94 c-e	17.42	30.36 b-f
T4	13.11 b-e	17.54	30.65 a-f
T5	12.99 c-e	17.25	30.23 b-f
T6	12.46 e-g	17.02	29.48 d-h
T7	13.32 b-d	16.73	30.04 b-f
T8	12.13 f-h	17.36	29.49 d-h
T9	11.89 gh	17.31	29.20 e-h
T10	12.50 e-g	17.34	29.83 c-h
T11	11.52 h	16.46	27.98 h
T12	12.10 f-h	15.88	27.97 h
T13	14.76 a	16.26	31.03 a-e
T14	15.11 a	17.25	32.36 a
T15	14.82 a	17.02	31.84 ab
T16	14.50 a	16.02	30.52 a-f
T17	14.70 a	16.79	31.49 a-c
T18	13.72 b	16.08	29.81 c-h
T19	13.67 bc	17.10	30.77 a-f
T20	13.51 bc	16.93	30.43 b-f
T21	13.75 b	17.56	31.31 a-d
T22	13.54 bc	16.33	29.87 c-g
F-test	**	ns	**
CV.%	3.37	5.63	3.77

หมายเหตุ : ns, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์, T2 =เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับน้ำ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ KH_2PO_4 อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร (T3-T7 ตามลำดับ), เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ $MgSO_4$ อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร (T8-T12 ตามลำดับ), เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ KNO_3 อัตรา 20 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร (T13-T17 ตามลำดับ), เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ $ZnSO_4$ อัตรา 20, 40, 60, 80 และ 100 กรัม/ลิตร (T18-T22 ตามลำดับ).

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

2. การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดและอัตราของสารเคลือบที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

เพื่อศึกษาหาสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ที่มีความเป็นไปได้ที่นำมาเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี โดยสารเคลือบที่ดี ต้องมีค่าความหนืดเหมาะสม สามารถปรับสมดุลของสารมีขั้วและไม่มีขั้วได้ทำให้ฟิล์มก่อตัวและแข็งแรงเมื่อแห้งแล้ว (Copeland and McDonald, 2001) และไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี จากการการค้นหาและคัดเลือกสารเคลือบเมล็ดโดยนำมาทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มในลักษณะต่าง ๆ เพื่อประเมินลักษณะทางกายภาพ จึงมีผลการทดลองดังนี้

2.1 ประเมินลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบตำรับต่าง ๆ

เมื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของฟิล์มทั้ง 2 ชนิด พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบ MHEC ที่ความเข้มข้น 30 กรัม/ลิตร มีลักษณะทางกายภาพ เป็นฟิล์มที่มีความยืดหยุ่น ลักษณะแผ่นฟิล์มเรียบ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบ CMC พบว่ามีแผ่นฟิล์มมีลักษณะเปราะบางและหักได้ง่าย (ภาพที่ 1) และเมื่อชั่งน้ำหนักฟิล์มของสารเคลือบตำรับต่าง ๆ พบว่าแผ่นฟิล์มของสารเคลือบ MHEC ที่ความเข้มข้น 30 กรัม/ลิตร มีน้ำหนักของแผ่นฟิล์มสูงที่สุด คือ 0.029 กรัม และเมื่อตรวจสอบการละลายของแผ่นฟิล์ม พบว่า แผ่นฟิล์ม CMC ที่ความเข้มข้น 10 มีค่าการละลายของแผ่นฟิล์มที่ 22% ส่วน pH ของแผ่นฟิล์ม CMC ที่ความเข้มข้น 20 และ 30 กรัม/ลิตร มีค่า pH สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับสารเคลือบอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาความหนืดของแผ่นฟิล์ม พบว่าแผ่นฟิล์ม CMC ที่ความเข้มข้น 30 กรัม/ลิตร มีความหนืดสูงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับสารเคลือบอื่น ๆ (ตารางที่ 3)

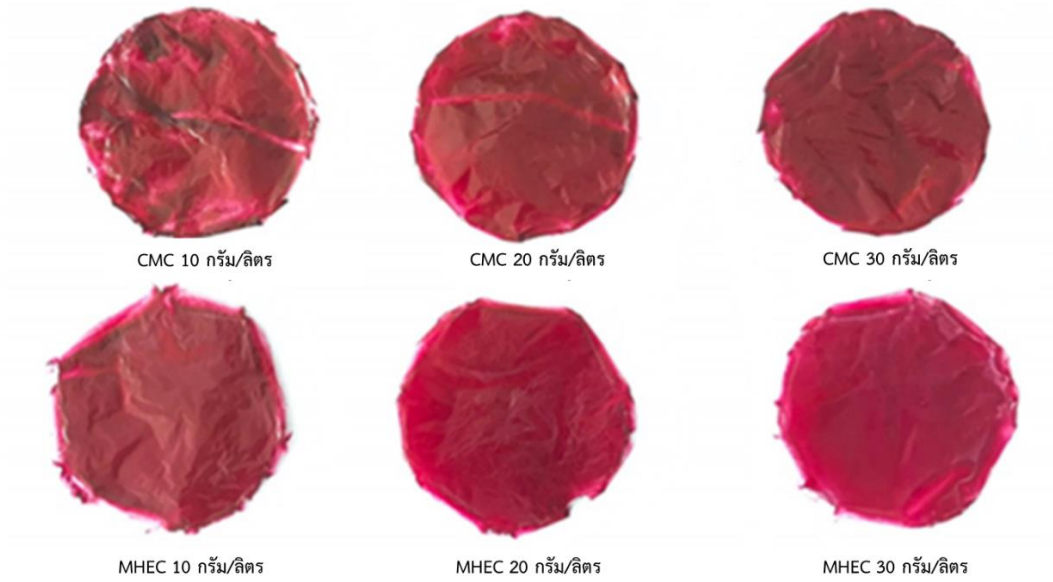
ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนักฟิล์ม และค่าการละลายของฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบตำรับต่าง ๆ

ตำรับสารเคลือบ	ลักษณะของฟิล์มที่ได้	น้ำหนักฟิล์ม (กรัม)	การละลายของฟิล์ม (%)	ความเป็นกรด-ด่าง	ความหนืด (เซนติพอยส์)
1. CMC 10 g/L	มีลักษณะบางเปราะหักง่าย แผ่นฟิล์มไม่เรียบ	0.018 b[1/]	22 d	8.08 b	10.84 c
2. CMC 20 g/L	มีลักษณะเปราะหักง่าย แผ่นฟิล์มเรียบ	0.019 b	45 bc	8.24 a	12.01 b
3. CMC 30 g/L	มีลักษณะเปราะหักง่ายมีสีเข้ม แผ่นฟิล์มเรียบ	0.022 b	33 c	8.22 a	14.53 a
4. MHEC 10 g/L	มีลักษณะสีเข้มขุ่น แผ่นฟิล์มแตกไม่เรียบ	0.020 b	62 a	7.94 c	9.39 d
5. MHEC 20 g/L	มีลักษณะเหนียวยืดหยุ่นได้ แผ่นฟิล์มไม่เรียบ	0.025 b	45 bc	7.92 c	9.62 d
6. MHEC 30 g/L	มีลักษณะเหนียวยืดหยุ่นได้ แผ่นฟิล์มเรียบ	0.029 a	52 b	7.86 d	11.03 c
F-test		*	*	**	**
CV. (%)		0.39	18.28	0.27	2.96

หมายเหตุ : *, **: มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P ≥0.05 และ P ≥0.01 ตามลำดับ.

[1/] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างทางสถิติเมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

g/L =กรัม/ลิตร, CMC = Carboxyl methyl cellulose, MHEC = Hydroxypropyl methyl cellulose.



ภาพที่ 1 ลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ได้จากชนิดและอัตราที่แตกต่างกันของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ตำรับต่าง ๆ CMC = Carboxyl methyl cellulose และ MHEC = Hydroxypropyl methyl cellulose CMC 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร และ MHEC 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร

2.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์

2.2.1 ความงอกและความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์

เมื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคลือบในอัตราที่แตกต่างกันในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบทุกกรรมวิธีส่งผลให้การงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 20 กรัม/ลิตร ส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตารางที่ 4)

2.2.2 ประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคลือบเมล็ดพันธุ์

เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วยชนิดและอัตราของสารเคลือบที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความยาวราก และความยาวต้นกล้า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตารางที่ 5) แต่เมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 30 กรัม/ลิตร (T4) ส่งผลให้ความยาวต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

ตารางที่ 4 การงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	99	83.00 ab	99	24.75
T2	98	78.00 b	98	24.50
T3	100	85.00 a	100	25.00
T4	100	83.60 ab	100	25.00
T5	100	78.33 b	100	25.00
T6	100	77.92 bc	100	24.88
T7	99	75.75 c	99	24.75
F-test	ns	*	ns	ns
CV.%	4.58	12.17	4.58	1.20

หมายเหตุ : ns, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC 20 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC 30 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ MHEC 10 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ MHEC กรัม/ลิตร, T7 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ MHEC 30 กรัม/ลิตร.

[2/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรก และความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 5 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบที่อัตราแตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ		
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)
T1	15.33 b	17.28	32.60
T2	15.80 b	17.19	32.99
T3	15.55 b	17.09	32.64
T4	16.27 a	17.47	33.74
T5	15.93 b	17.96	33.88
T6	14.98 c	17.68	32.66
T7	15.92 b	17.42	33.33
F-test	*	ns	ns
CV.%	6.78	4.75	3.81

หมายเหตุ : *, **: มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC 20 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC 30 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ MHEC 10 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ MHEC กรัม/ลิตร, T7 = เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ MHEC 30 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

3. การทดลองที่ 3 การศึกษาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

จากการคัดเลือกสูตรสารเคลือบที่ดีที่สุดจากหัวข้อ 2 มา 1 ตำรับ คือ สารเคลือบ CMC 30 กรัม/ลิตร (T4) แล้วนำมาเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืช โดยใช้เมล็ดที่ผ่านการเตรียมโดยวิธีการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ดีที่สุดจากหัวข้อที่ 1 คือ เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ KNO_3 40 กรัม/ลิตร (T14) มีผลการทดลองดังนี้

3.1 ผลของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช

เมื่อพิจารณาการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช พบว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลทำให้การงอกรากแรก ความงอกและความเร็วในการงอกมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35, KH_2PO_4 15, $CaCl_2$ 25 และ 50 กรัม/ลิตร (T5, T6, T9, T10 ตามลำดับ) ทำให้ความเร็วในการงอกรากแรกดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตารางที่ 6)

เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร (T5) ส่งผลให้การโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับ $ZnSO_4$ 35, NH_4NO_3 15, 25 กรัม/ลิตร (T5, T12, T13 ตามลำดับ) ส่งผลให้ความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อพิจารณาการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีไม่ทำให้ความงอก และความเร็วในการงอกมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตารางที่ 7)

3.2 ผลของการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืช

เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกวิธีการไม่ส่งผลทำให้ความยาวต้น และความยาวรากของต้นกล้าข้าวสาลีมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T14) ทำให้ความยาวต้นกล้าข้าวสาลีสูงมากกว่าวิธีอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อตรวจสอบการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชในสภาพเรือนทดลอง พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 25 กรัม/ลิตร (T13) ส่งผลให้ความยาวต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เคลือบ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 6 ความงอก และความเร็วในการงอก การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	98[2/]	70.75 b-c[3/]	100	24.78
T2	99	67.50 cd	100	24.95
T3	99	67.00 cd	100	24.83
T4	100	64.25 d	100	25.00
T5	99	78.50 a	99	24.75
T6	100	79.25 a	100	24.98
T7	100	76.25 ab	100	25.00
T8	99	77.50 ab	100	24.93
T9	100	78.00 a	100	24.88
T10	98	77.75 a	99	24.68
T11	99	76.50 ab	100	24.95
T12	99	77.00 ab	100	24.95
T13	99	74.50 ab	100	24.95
T14	98	72.50 a-c	100	24.73
F-test	ns	**	ns	ns
CV.%	5.75	5.71	3.15	0.90

หมายเหตุ : ns, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 30 กรัม/ลิตร, เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ อัตรา 15, 25, 35 กรัม/ลิตร (T3, T4, T5) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 อัตรา 15, 25, 35 กรัม/ลิตร (T6, T7, T8) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ อัตรา 25, 50, 75 กรัม/ลิตร (T9, T10, T11) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 อัตรา 15, 25, 35 กรัม/ลิตร (T12, T13, T14) ตามลำดับ.

[2/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรก และความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 7 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ความงอก และความเร็วในการงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพเรือนทดลอง			
	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	49 a-d[2/3]	16.33 a-c	100	24.63
T2	33 d	11.00 bc	99	24.51
T3	49 a-d	16.17 a-c	100	24.90
T4	42 cd	14.00 c	99	24.53
T5	70 a	23.17 a	100	24.73
T6	45 b-d	15.00 a-c	100	24.70
T7	63 a-c	21.00 ab	100	24.43
T8	61 a-c	20.33 ab	100	24.85
T9	60 a-c	19.83 b	100	24.81
T10	66 a-c	21.83 ab	100	24.85
T11	55 a-d	18.17 a-c	100	24.66
T12	69 ab	22.83 a	100	24.83
T13	69 ab	22.83 a	100	24.82
T14	61 a-c	20.17 b	100	24.88
F-test	*	*	ns	ns
CV.%	17.99	25.72	3.74	1.34

หมายเหตุ : ns, *: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 30 กรัม/ลิตร, เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ อัตรา 15, 25, 35 กรัม/ลิตร (T3, T4, T5) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 อัตรา 15, 25, 35 กรัม/ลิตร (T6, T7, T8) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ อัตรา 25, 50, 75 กรัม/ลิตร (T9, T10, T11) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 อัตรา 15, 25, 35 กรัม/ลิตร (T12, T13, T14) ตามลำดับ.

[2/] แปลงข้อมูลความงอก และการโผล่พ้นดินก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 8 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และในสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			สภาพเรือนทดลอง
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)	ความยาวต้น (เซนติเมตร)
T1	15.15	15.75	30.90 a-c[2/]	10.53
T2	14.64	15.49	30.13 cd	9.59
T3	15.00	15.84	30.84 a-c	11.93
T4	14.91	16.55	31.46 a-c	11.41
T5	15.73	16.04	31.76 a-c	11.35
T6	14.96	15.90	30.86 a-c	11.31
T7	15.74	16.05	31.79 a-c	11.11
T8	14.32	14.54	28.85 d	10.78
T9	15.64	16.58	32.22 ab	11.20
T10	14.87	15.66	30.53 b-c	10.82
T11	14.86	16.03	30.89 a-c	11.24
T12	14.53	15.37	29.90 cd	10.99
T13	14.89	16.36	31.25 a-c	12.24
T14	15.40	17.30	32.69 a	10.87
F-test	ns	ns	**	ns
CV.%	4.25	5.96	3.66	2.74

หมายเหตุ : ns, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 30 กรัม/ลิตร, เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ อัตรา 15, 25, 35 กรัม/ลิตร (T3, T4, T5) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 อัตรา 15, 25, 35 กรัม/ลิตร (T6, T7, T8) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ อัตรา 25, 50, 75 กรัม/ลิตร (T9, T10, T11) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 อัตรา 15, 25, 35 กรัม/ลิตร (T12, T13, T14) ตามลำดับ.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05$.

4. การทดลองที่ 4 การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและอัตราแตกต่างกัน

จากการคัดเลือกสูตรการเคลือบที่ดีที่สุดจากหัวข้อ 3 มา 4 ตำรับ คือ เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35, KH_2PO_4 15, $CaCl_2$ 25 และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร แล้วนำมาเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืช จากนั้นนำมาเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 10 เดือน แล้วนำเมล็ดพันธุ์มาเพาะทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง ทุก ๆ 2 เดือน โดยมีเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบเป็นตัวควบคุม จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าหลังผ่านการเก็บรักษามีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลของคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

4.1.1 ผลของคุณภาพและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ

1) ความงอก ความแข็งของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ

จากการตรวจสอบความงอกและความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 2, 4 และ 8 ไม่มีผลต่อความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ แต่จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 6 และ 10 พบว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชในทุกกรรมวิธี ส่งผลให้ความงอกและความเร็วในการงอกยังคงสูงกว่าและมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อตรวจสอบความงอกและความเร็วในการงอกในสภาพเรือนทดลองหลังผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารทุกกรรมวิธีตลอดอายุการเก็บรักษานาน 10 เดือน พบว่าความงอกและความเร็วในการงอกในสภาพเรือนทดลอง เริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงในเดือนที่ 2 พบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ CMC 30 กรัม/ลิตร (T2) ส่งผลให้ความงอกและความเร็วในการงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อพิจารณาความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 และ 6 พบว่า ความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบเริ่มลดลง ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 (T5) และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความงอกและความเร็วในการงอกยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

และเมื่อการงอกรากแรกพบว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชในทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 6 เดือน ส่งผลให้การงอกรากแรกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 8 จึงเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงของการงอกรากแรก โดยเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้การงอกรากแรกเกิดสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในเดือนที่ 10 พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร (T5) พบว่าการงอกรากแรกสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 6 กลับส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร (T5) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 8 เดือน ส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ แม้ผ่านการเก็บรักษานานถึง 10 เดือน

จากการตรวจสอบการโผล่พ้นดินในสภาพเรือนทดลองหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธี การเก็บรักษาในเดือนที่ 0 ส่งผลให้การโผล่ดินไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในเดือนที่ 2 – 10 พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบส่งผลให้การโผล่พ้นดินลดลงอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่การเก็บรักษาในเดือนที่ 2 จนถึงเดือนที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืช โดยเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร (T3) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 2 พบว่าการการโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาการเคลือบเมล็ดร่วมกับ CMC 10 (T2), $CaCl_2$ 25 (T5) และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 และ 6 พบว่าการโผล่พ้นดินยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) ที่ผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 8 พบว่าการโผล่พ้นดินสูงที่สุดและมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และการเคลือบเมล็ดร่วมกับ KH_2PO_4 15 (T4) และ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 10 ส่งผลให้การโผล่พ้นดินยังคงสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดินพบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบที่ผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 4 ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ด

ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร (T3) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 2 ส่งผลให้ความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ การเคลือบเมล็ดร่วมกับ CMC 10 (T2), $CaCl_2$ 25 (T5), NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 6 พบว่าความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามในการเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 8 เดือน พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 (T4) และ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร (T5) มีความเร็วในการโผล่พ้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) พบว่าความเร็วในการโผล่พ้นดินยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แม้ผ่านการเก็บรักษานาน 10 เดือน และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2) ผลของการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช หลังผ่านการเก็บรักษาในสสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ

ผลของการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบในเดือนที่ 0 และ 2 ส่งผลให้ความยาวต้นไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 (T3) และ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 ส่งผลให้ความยาวต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 6 และ 8 ส่งผลให้ความยาวต้นไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 (T2), $ZnSO_4$ 35 (T3) และ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษานานถึง 10 เดือน กลับพบว่าความยาวต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตในสภาพเรือนทดลองหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร (T3) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 2 พบว่าความยาวต้นสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 และ 6 พบว่าความยาวต้นไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 8 และ 10 ส่งผลให้ความยาวต้นยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาความยาวรากพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร (T5) เมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 0 พบว่าความยาวรากสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อ

เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร (T3) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 พบว่าความยาวรากสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเก็บรักษาในเดือน 6 และ 8 กลับไม่มีพบความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษานานถึง 10 เดือน พบว่าความยาวรากยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 2, 6 และ 8 ส่งผลให้ความยาวต้นกล้าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธียกเว้นร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 ส่งผลให้ความยาวต้นกล้ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ไม่ต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 (T2), $ZnSO_4$ 35 (T3) และ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร (T4) ที่ผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 10 ส่งผลให้ผลรวมต้นกล้าสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

4.1.2 ผลของคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช หลังผ่านการเก็บรักษาในสสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ

1) ความงอก ความแข็งของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช หลังผ่านการเก็บรักษาในสสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ

จากการตรวจสอบความงอกและความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชในทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 2 และ 4 พบว่าความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลียังไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาในเดือนที่ 6 และ 10 พบว่าความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบเริ่มลดลง ในขณะที่เมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชยังคงมีความงอกและความเร็วในการงอกสูงกว่า แม้ผ่านการเก็บรักษานาน 10 เดือน และเมื่อพิจารณาความงอกและความเร็วในการงอกในสภาพเรือนทดลอง พบว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีไม่ทำให้มีความแตกต่างกันในทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษาตลอด 10 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ จากการตรวจสอบการงอกรากแรกพบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 6 เดือน ส่งผลให้การงอกรากแรกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาในเดือนที่ 8 พบว่าการงอกรากแรกของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบกลับสูง

กว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในเดือนที่ 10 พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีส่งผลให้การงอกรากแรกยังคงสูงกว่าเมื่อเปรียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษานาน 10 เดือน พบว่าความเร็วในการงอกรากยังคงสูงกว่า และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

จากการตรวจสอบการโผล่พ้นดินในสภาพเรือนทดลองหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0 การโผล่พ้นดินยังไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีหลังการเก็บรักษาในเดือนที่ 2 ส่งผลให้การโผล่พ้นดินสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 8 และ 10 พบว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 (T5) และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้การโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อตรวจสอบความเร็วการโผล่พ้นดินพบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 (T5) กรัม/ลิตร ส่งผลให้ความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 และ 6 การเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 (T5) และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 8 และ 10 ส่งผลให้ความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2) ผลของการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช หลังผ่านการเก็บรักษาในสสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ

เมื่อพิจารณาความยาวต้นเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีที่ผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0 ยังไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 (T3), $CaCl_2$ 25 (T5) และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 2 ส่งผลให้ความยาวต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 (T2) และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) พบว่าความยาวต้นยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ หลังผ่านการเก็บรักษานาน 10 เดือน และมีความแตกต่างกันในทางสถิต เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

และเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีที่ผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0 และ 2 ยังไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 (T5) และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4, 6 และ 8 พบว่าความยาวต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาความยาวรากพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร (T5) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 0 ส่งผลให้ความยาวรากสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 2 ส่งผลให้ความยาวรากสูงและมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ยกเว้นเมล็ดที่เคลือบ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร (T3) ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 และ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 พบว่าความยาวรากสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 6 และ 10 พบว่าความยาวรากยังคงสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธียกเว้นร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 2 ส่งผลให้ความยาวต้นกล้ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ไม่ต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 (T2), $ZnSO_4$ 35 (T3) และ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 6 ส่งผลให้ความยาวต้นกล้าสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

ตารางที่ 9 ความงอก (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ						สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ					
		เวลาการเก็บรักษา (เดือน)											
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
	ห้องปฏิบัติการ												
T1		100	100	100	99 b[2/3]	84	84 b	100	98	97	96 b	97	77 b
T2		100	100	98	98 b	89	87 ab	100	100	100	100 a	87	82 ab
T3		100	100	100	100 a	95	90 a	100	100	100	100 a	91	85 a
T4		100	100	100	100 a	91	91 a	100	100	100	99 a	94	84 a
T5		100	100	100	100 a	93	84 b	100	100	100	99 a	95	83 a
T6		100	100	100	100 a	93	92 a	100	100	100	100 a	85	85 a
F-test		ns	ns	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	*
CV. %		3.23	2.62	3.59	2.96	5.98	4.44	3.23	3.59	4.98	5.00	8.69	3.48
	เรือนทดลอง												
T1		100	90 ab	84 c	83 d	89	81	100	76	96	96	90	77
T2		100	93 a	94 ab	93 a-c	89	88	100	92	97	95	91	87
T3		100	79 c	91 bc	90 bc	92	86	100	85	99	96	92	86
T4		100	84 bc	89 bc	89 cd	85	87	100	81	98	96	93	88
T5		100	83 bc	96 a	94 ab	89	84	100	89	100	100	93	89
T6		100	87 a-c	97 a	97 a	90	88	100	93	98	98	95	88
F-test		ns	*	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV. %		1.85	6.17	6.60	4.90	3.79	5.18	1.85	6.12	8.19	7.67	5.84	8.20

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร, T4= เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร.

[2/] แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 10 ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ						สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ					
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
	ห้องปฏิบัติการ												
T1		24.88	25.00	25.00	24.50 b[2/]	21.00	20.88 b	24.88	24.50	24.13	23.63 b	24.25	19.25 b
T2		25.00	25.00	24.50	23.50 b	22.25	21.75 ab	25.00	25.00	24.88	24.88 a	21.75	20.38 a
T3		24.88	25.00	25.00	25.00 a	23.63	22.50 a	24.88	25.00	24.88	24.88 a	22.63	21.25 ab
T4		25.00	24.88	25.00	25.00 a	22.75	22.63 a	25.00	25.00	25.00	24.75 a	23.22	20.88 ab
T5		24.88	25.00	25.00	25.00 a	23.13	21.00 b	24.88	24.88	25.00	24.75 a	23.63	20.75 ab
T6		25.00	24.88	25.00	25.00 a	23.08	22.88 a	25.00	25.00	25.00	24.75 a	21.20	21.13 a
F-test		ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	*
CV. %		0.70	0.57	1.03	1.16	5.47	3.92	0.70	1.03	2.02	1.98	6.78	3.67
	เรือนทดลอง												
T1		24.76	22.50 ab	20.88 d	20.25 d	22.25	20.25	24.76	18.79	23.95	23.25	22.50	19.17
T2		24.67	23.08 a	23.50 a-c	23.50 a-c	22.25	21.88	24.67	22.18	23.95	23.95	22.75	21.40
T3		24.95	19.73 c	22.75 bc	22.50 bc	22.88	21.38	24.95	20.72	24.58	25.00	22.88	21.40
T4		24.93	20.85 bc	22.25 c	21.25 c	21.25	21.75	24.93	19.90	24.33	24.25	23.13	21.43
T5		24.88	20.65 bc	24.00 ab	24.00 ab	22.25	21.00	24.88	21.88	25.00	24.00	23.25	21.84
T6		24.93	21.50 a-c	24.25 a	24.25 a	22.38	22.00	24.93	23.10	24.38	24.00	23.75	21.83
F-test		ns	*	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV. %		0.89	5.86	3.90	2.15	3.33	4.59	0.89	11.09	3.46	2.54	4.47	6.20

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร, T4= เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 11 การงอกรากแรก (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ						สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ					
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
	ห้องปฏิบัติการ												
T1		100	98	99	77	75 b[2/3]	74 ab	100	98	97	95	98 a	69 b
T2		100	100	98	91	77 b	65 ab	100	100	98	98	76 c	85 a
T3		100	99	100	85	74 b	59 b	100	100	100	100	89 ab	83 a
T4		100	99	99	82	63 c	58 b	100	100	100	96	91 ab	86 a
T5		100	100	99	90	74 b	76 a	100	100	100	99	93 ab	86 a
T6		100	100	100	91	88 a	58 b	100	100	100	100	84 bc	84 a
F-test		ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	**	**
CV. %		3.23	5.43	5.11	3.59	5.85	11.41	3.23	3.59	6.55	7.00	8.35	5.08

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร, T4= เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร.

[2/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 12 ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ						สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ					
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
	ห้องปฏิบัติการ												
T1		66.42 a[2/]	59.50	54.00	53.50 a	47.33 a	26.58 b	66.42 a	49.00	47.75 b	46.00 b	48.50 a	34.50 b
T2		62.50 a-c	58.00	49.00	48.50 b	38.17 ab	28.25 b	62.50 a-c	50.00	46.58 b	46.58 b	42.00 b	42.58 a
T3		60.75 bc	58.50	51.00	50.50 b	38.50 ab	26.42 b	60.75 bc	49.83	49.42 ab	49.42 a	69.58 a	42.00 a
T4		64.58 ab	61.25	50.75	49.75 b	32.58 b	21.75 c	64.58 ab	49.75	49.50 a	47.67 ab	41.83 b	43.00 a
T5		58.75 c	59.50	50.50	50.25 b	46.92 a	28.17 b	58.75 c	49.75	49.92 a	49.42 a	41.92 b	43.08 a
T6		63.75 ab	64.25	49.75	49.75 b	33.67 b	32.08 a	63.75 ab	49.92	49.58 a	49.58 a	37.50 c	42.50 a
F-test		*	ns	ns	**	*	**	*	ns	*	**	**	**
CV. %		4.58	5.97	1.08	2.69	18.59	9.23	4.58	1.08	3.06	3.14	13.07	5.46

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร, T4= เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 13 การโผล่พ้นดิน (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ						สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ					
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
	เรือนทดลอง												
T1		98	98 b[2/3]	96 b	74 b	70 b	59 c	98	5 b	59	57	69 b	64 b
T2		95	98 b	98 a	87 a	70 b	60 bc	95	14 a	55	55	68 b	60 b
T3		99	99 a	97 ab	85 ab	69 b	60 bc	99	23 a	50	50	68 b	67 b
T4		99	99 ab	97ab	81 ab	69 b	65 a	99	14 a	46	46	68 b	62 b
T5		98	98 b	98 a	89 a	70 b	65 a	98	26 a	56	55	68 b	80 a
T6		99	98 b	98 a	90 a	71 a	60 bc	99	21 a	43	43	79 a	74 ab
F-test		ns	*	*	*	*	**	ns	**	ns	ns	**	*
CV. %		7.92	22.87	7.97	8.12	4.45	5.96	7.92	25.76	10.97	10.07	4.07	5.17

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร, T4= เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร.

[2/] แปลงข้อมูลการการโผล่พ้นดินก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 14 ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ						สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ					
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
	เรือนทดลอง												
T1		77.58	2.83 b	25.50	25.28 b	24.33 c	21.17 b	77.58	1.67 c	18.90	19.50	24.67 ab	21.83 b
T2		74.17	2.50 b	30.17	30.17 a	27.00 b	21.33 b	74.17	4.67 bc	18.33	18.33	23.33 b	20.00 b
T3		73.92	5.33 a	28.33	28.00 ab	28.33 ab	20.67 b	73.92	7.50 ab	15.98	16.67	22.33 b	21.17 b
T4		71.92	4.67 ab	27.17	26.58 ab	29.83 a	20.50 b	71.92	4.50 bc	15.76	15.33	23.83 b	20.00 b
T5		76.17	2.67 b	29.83	29.83 a	29.83 a	21.17 b	76.17	8.50 a	18.57	18.67	26.50 a	20.17 b
T6		70.17	2.67 b	30.17	30.17 a	27.17 b	23.50 a	70.17	6.83 ab	15.67	14.17	24.67 ab	23.33 a
F-test		ns	*	ns	*	**	*	ns	**	ns	ns	*	**
CV. %		5.99	43.63	7.56	7.98	5.97	6.19	5.99	39.02	9.72	16.79	6.23	5.68

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร, T4= เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 15 ความยาวต้น (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ						สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ					
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
	ห้องปฏิบัติการ												
T1		14.50	16.08	13.42 ab[2/]	12.41	12.60	10.40 b	14.50	14.65 ab	12.51	10.40 b	12.10	12.28 b
T2		14.75	15.21	12.96 bc	12.96	12.68	13.35 a	14.75	13.72 bc	13.35	13.35 a	13.02	13.51 a
T3		14.47	17.86	13.43 a	13.43	12.50	12.96 a	14.47	14.74 a	13.07	12.96 a	13.15	12.02 b
T4		14.53	15.41	13.68 a	12.90	12.35	12.93 a	14.53	13.37 c	13.28	12.93 a	12.96	12.76 ab
T5		15.22	14.48	13.05 c	12.65	13.43	11.93 ab	15.22	14.87 a	12.48	11.93 ab	13.43	12.02 b
T6		14.94	15.14	13.12 b	13.13	13.03	11.37 ab	14.94	14.91 a	11.85	11.37 ab	13.68	13.37 a
F-test		ns	ns	**	ns	ns	*	ns	**	ns	*	ns	*
CV. %		3.79	15.15	4.44	11.56	6.57	10.18	3.79	4.44	10.72	10.18	8.52	5.07
	เรือนทดลอง												
T1		11.09	8.66 a-c	11.09	11.09	11.37 c	10.20 b	11.09	8.64	8.94 b	8.94 b	11.22 c	8.06
T2		11.50	8.69 a-c	11.50	11.50	12.38 ab	11.46 ab	11.50	8.87	9.96 b	9.96 b	12.12 bc	8.86
T3		11.67	9.65 a	11.67	11.47	11.78 bc	10.67 b	11.67	8.50	9.96 b	9.96 b	11.78 bc	8.87
T4		12.08	9.28 ab	12.08	11.52	11.60 ab	11.61 ab	12.08	8.41	9.45 b	9.45 b	12.40 ab	8.50
T5		12.13	8.24 c	12.13	12.13	12.44c	11.21 b	12.13	9.02	14.56 a	13.22 a	12.44 ab	8.41
T6		11.91	8.33 bc	11.91	11.91	12.84 a	11.68 a	11.91	8.04	13.73 a	11.88 a	13.08 a	9.02
F-test		ns	*	ns	ns	**	*	ns	ns	**	**	**	ns
CV. %		4.85	7.10	4.85	5.19	4.12	7.28	4.85	5.29	6.92	8.55	4.79	7.24

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร, T4= เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 16 ความยาวราก (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ						สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ					
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
	ห้องปฏิบัติการ												
T1		14.89 b[2/]	15.55	14.33 c	13.25	13.98	14.96 b	14.89 b	15.86 a	14.96 a-c	14.96 ab	14.33	13.30 b
T2		15.11 b	14.95	16.39 ab	16.06	15.03	15.23 ab	15.11 b	15.80 a	16.60 a	15.23 ab	15.90	14.11 ab
T3		16.29 ab	15.29	16.95 a	16.53	15.04	15.67ab	16.29 ab	15.41 a	16.21 ab	15.67 ab	16.11	14.46 ab
T4		15.56 ab	15.49	16.28 ab	15.66	15.94	16.14 a	15.56 ab	13.21 b	16.55 a	16.14 a	16.39	14.64 a
T5		16.81 a	15.65	15.78 b	15.59	16.58	14.88 b	16.81 a	15.46 a	14.88 bc	14.88 b	16.95	13.13 bc
T6		15.98 ab	16.45	15.31 b	15.31	16.35	13.69 c	15.98 ab	15.80 a	14.23 c	13.69 b	16.28	12.56 c
F-test		*	ns	*	ns	ns	**	*	*	*	**	ns	*
CV. %		5.64	0.1314	7.46	11.12	8.75	4.98	5.64	7.46	6.66	4.98	10.28	6.60

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร, T4= เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 17 ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ						สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ					
		0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
	ห้องปฏิบัติการ												
T1		14.89 b[2/]	15.55	14.33 c	13.25	13.98	14.96 b	14.89 b	15.86 a	14.96 a-c	14.96 ab	14.33	13.30 b
T2		15.11 b	14.95	16.39 ab	16.06	15.03	15.23 ab	15.11 b	15.80 a	16.60 a	15.23 ab	15.90	14.11 ab
T3		16.29 ab	15.29	16.95 a	16.53	15.04	15.67ab	16.29 ab	15.41 a	16.21 ab	15.67 ab	16.11	14.46 ab
T4		15.56 ab	15.49	16.28 ab	15.66	15.94	16.14 a	15.56 ab	13.21 b	16.55 a	16.14 a	16.39	14.64 a
T5		16.81 a	15.65	15.78 b	15.59	16.58	14.88 b	16.81 a	15.46 a	14.88 bc	14.88 b	16.95	13.13 bc
T6		15.98 ab	16.45	15.31 b	15.31	16.35	13.69 c	15.98 ab	15.80 a	14.23 c	13.69 b	16.28	12.56 c
F-test		*	ns	*	ns	ns	**	*	*	*	**	ns	*
CV. %		5.64	0.1314	7.46	11.12	8.75	4.98	5.64	7.46	6.66	4.98	10.28	6.60

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 กรัม/ลิตร, T4= เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี สำหรับการผลิตน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass)

1. การทดลองที่ 1 ค้นหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

1.1 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารอินทรีย์

เมื่อประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ไพรม์เมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ในอัตราที่แตกต่างกันในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไพรม์ร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีไม่ทำให้การงอกราก แรก ความงอก และความเร็วในการงอกมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ ส่วนการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับ MMO_2 อัตรา 9 กรัม/ลิตร (T17) มีผลทำให้ความเร็วในการงอกรากแรกสูงที่สุด คือ 81.17 ราก/วัน และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการไพรม์ (ตารางที่ 18)

1.2 ผลของการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการไพรม์ร่วมกับสารอินทรีย์

เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี หลังผ่านการไพรม์ร่วมกับสารอินทรีย์ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ทำให้ความยาวต้นของต้นกล้าข้าวสาลีสูงมากกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ ส่วนเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ MMO_1 อัตรา 5.5 กรัม/ลิตร (T12) มีผลทำให้ความยาวรากสูงที่สุด คือ 20.13 เซนติเมตร และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ เมื่อพิจารณาการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารอินทรีย์ทุกวิธีการไม่ทำให้ความยาวต้นกล้ามีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 18 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ไพรม์ร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	100	64.75 d-f[2/3]	99	24.73
T2	100	73.17 bc	100	24.88
T3	99	68.67 b-e	99	24.75
T4	100	67.67 c-f	100	25.00
T5	98	63.00 e-h	99	24.75
T6	100	61.42 f-h	100	25.00
T7	99	68.67 b-e	100	24.88
T8	100	67.75 c-f	100	24.88
T9	99	63.33 e-g	98	24.38
T10	100	61.42 f-h	100	25.00
T11	100	68.83 b-e	99	24.75
T12	100	64.08 e-g	99	24.75
T13	100	65.67 d-f	100	25.00
T14	100	62.75 e-h	100	24.88
T15	99	71.42 b-d	100	24.88
T16	99	68.33 b-f	100	24.88
T17	99	81.17 a	100	25.00
T18	100	74.92 b	100	25.00
T19	99	69.58 b-e	100	24.88
T20	99	63.50 e-g	100	25.00
T21	100	56.67 h	100	25.00
T22	100	63.83 e-g	100	25.00
T23	100	68.17 c-f	99	24.63
T24	100	64.50 ef	99	24.63
T25	100	56.58 h	100	24.88
T26	100	57.75 gh	100	25.00
F-test	ns	**	ns	ns
CV.%	4.50	6.13	4.45	1.22

หมายเหตุ: ns, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์, T2 = เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับน้ำ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T3-T6) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับไคโตซาน อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T7-T10) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ MMO_1 อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T11-T14) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ MMO_2 อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T15-T18) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T19-T22) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T23-T26) ตามลำดับ.

[2/] แปลงข้อมูลความงอก และการงอกรากแรกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 19 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ไพรม์ร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ		
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)
T1	15.27 a[2/]	15.04 bc	30.31
T2	14.47 a-d	12.93 d	27.41
T3	14.55 a-c	15.11 bc	29.66
T4	13.47 e	15.59 bc	29.07
T5	14.01 b-e	15.96 bc	29.98
T6	13.47 e	16.14 b	29.61
T7	14.55 a-c	14.86 c	29.42
T8	13.46 e	15.93 bc	29.39
T9	14.00 b-e	16.45 b	30.45
T10	13.47 e	16.14 b	29.61
T11	14.05 b-e	15.69 bc	29.75
T12	14.20 b-e	20.13 a	34.34
T13	14.09 b-e	15.52 bc	29.62
T14	14.22 b-e	16.16 b	30.38
T15	14.83 ab	14.72 c	29.55
T16	14.45 a-d	16.45 b	30.90
T17	14.12 b-e	16.14 b	30.25
T18	13.93 b-e	14.98 c	28.90
T19	13.63 c-e	16.02 b	29.65
T20	13.57 de	14.48 c	28.05
T21	14.14 b-e	17.06 b	31.20
T22	13.88 c-e	16.31 b	30.19
T23	13.64 c-e	16.66 b	30.30
T24	13.37 e	16.69 b	30.06
T25	13.42 e	16.28 b	29.70
T26	13.38 e	16.26 b	29.64
F-test	**	*	ns
CV.%	3.95	11.8	6.68

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์, T2 = เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับน้ำ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T3-T6) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับไคโตซาน อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T7-T10) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ MMO_1 อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T11-T14) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ MMO_2 อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T15-T18) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T19-T22) ตามลำดับ, เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ อัตรา 4, 5.5, 9, 16.5 กรัม/ลิตร (T23-T26) ตามลำดับ.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

2. ศึกษาหาคุณสมบัติชนิดและอัตราของสารเคลือบอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาหาชนิดของสารเคลือบอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีเพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ สำหรับนำไปใช้เพาะเป็นต้นอ่อนข้าวสาลี เพื่อการผลิตน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีให้มีคุณภาพทางโภชนาการสูงที่สุด จึงมีผลของการทดลองดังนี้

2.1 ประเมินลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบตำรับต่าง ๆ

เมื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติของฟิล์มทั้ง 2 ชนิด พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบเจลลาติน ที่ความเข้มข้นที่ 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร มีลักษณะเปราะบางหักง่าย แผ่นฟิล์มแตกและผิวหน้าฟิล์มไม่เรียบ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันกับแผ่นฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบกัมอารบิก ที่ความเข้มข้น 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร (ภาพที่ 3) เมื่อพิจารณาน้ำหนักแผ่นฟิล์ม พบว่าสารเคลือบที่ได้จากกัมอารบิก 30 กรัม/ลิตร ทำให้น้ำหนักแผ่นฟิล์มและการละลายของฟิล์มสูงกว่าสูตรสารเคลือบอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนความเป็นกรด - ด่าง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามสารเคลือบที่ได้จากกัมอารบิก 20 และ 30 กรัม/ลิตร ส่งผลให้ความหนืดของฟิล์มสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับสารเคลือบอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนักฟิล์ม และค่าการละลายของฟิล์มที่ได้จากสารเคลือบอินทรีย์ตำรับต่าง ๆ

ตำรับสารเคลือบ	ลักษณะของฟิล์มที่ได้	น้ำหนักฟิล์ม (กรัม)	การละลายของฟิล์ม (%)	ความเป็นกรด-ด่าง	ความหนืด (เซนติพอยส์)
1. เจลลาติน 10 g/L	มีลักษณะบางเปราะหักง่าย สีเข้ม ผิวหน้าฟิล์มไม่เรียบ	0.016 b[1/]	18 de	7.01	6.98 b
2. เจลลาติน 20 g/L	มีลักษณะบางเปราะหักง่าย สีเข้ม ผิวหน้าฟิล์มแตกไม่เรียบ	0.017 b	20 d	7.00	6.75 b
3. เจลลาติน 30 g/L	มีลักษณะเปราะหักง่าย สีเข้มขุ่น ผิวหน้าฟิล์มไม่เรียบ	0.017 b	20 d	7.00	6.60 bc
4. กัมอารบิก 10 g/L	มีลักษณะเปราหักง่าย ผิวหน้าฟิล์มแตกไม่เรียบ	0.018 b	32 c	6.72	7.98 ab
5. กัมอารบิก 20 g/L	มีลักษณะเปราหักง่าย สีเข้ม ผิวหน้าฟิล์มแตกไม่เรียบ	0.019 b	40 ab	7.00	8.12 a
6. กัมอารบิก 30 g/L	มีลักษณะเปราหักง่าย สีเข้มขุ่น ผิวหน้าฟิล์มแตกไม่เรียบ	0.019 a	42 a	6.80	8.19 a
F-test		*	*	ns	*
CV. (%)		0.86	17.25	0.17	1.75

หมายเหตุ: ns, * : มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P ≥0.05 และ P ≥0.01 ตามลำดับ.

[1/] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างทางสถิติเมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05., g/L = กรัม/ลิตร.

ภาพที่ 2 ลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ได้จากชนิดและอัตราที่แตกต่างกันของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ตำรับต่าง ๆ

2.1.1 ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์

เมื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อนำไปตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ทุกกรรมวิธีไม่ทำให้การงอกรากแรก ความงอกและความเร็วในการงอกมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับกัมอารบิก อัตรา 20 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรกดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตารางที่ 21)

2.1.2 ประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์

เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีเมื่อเคลือบร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่เคลือบกัมอารบิก อัตรา 20 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความยาวต้นดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ทุกวิธีการไม่ส่งผลทำให้ความยาวรากมีความแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคลือบทุกกรรมวิธี ทำให้ความยาวต้นกล้าสูงแต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 การงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	99	82.00 c-e[2/3]	100[2/]	24.81
T2	99	98.50 a-c	99	24.50
T3	98	90.08 ad	100	24.90
T4	98	87.25 a-d	100	24.80
T5	99	90.00 ab	100	24.91
T6	100	92.25 a	100	24.98
T7	100	86.67 a-d	100	25.00
F-test	ns	**	ns	ns
CV.%	5.49	5.30	3.44	0.81

หมายเหตุ: ns, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับเจลลาติน 10, 20, 30 กรัม/ลิตร (T2 - T4) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 10, 20, 30 กรัม/ลิตร (T5 - T7) ตามลำดับ.

[2/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรก และความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsine.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 22 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ		
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)
T1	15.15 a-c[2/]	15.75	30.90 a-c
T2	15.12 a-c	16.01	31.13 a-c
T3	14.64 b-c	15.49	30.13 b-d
T4	15.00 a-c	15.84	30.84 a-c
T5	14.91 a-c	16.55	31.46 a-c
T6	15.73 a	16.04	31.76 a-c
T7	14.96 a-c	15.90	30.86 a-c
F-test	*	ns	*
CV.%	4.28	6.13	3.61

หมายเหตุ: ns, *: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับเจลลาติน 10, 20, 30 กรัม/ลิตร (T2 - T4) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 10, 20, 30 กรัม/ลิตร (T5 - T7) ตามลำดับ.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

3. ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

จากการคัดเลือกสูตรสารเคลือบที่ดีที่สุดจากหัวข้อ 2 มา 1 ตำรับ คือ สารเคลือบ กัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร (T6) แล้วนำมาเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ โดยใช้เมล็ดที่ผ่านการเตรียมโดยวิธีการไพรม์เมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ดีที่สุดจากหัวข้อที่ 1 คือ เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ MMO_2 9 กรัม/ลิตร (T17) มีผลการทดลองดังนี้

3.1 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

3.1.1 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์

เมื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อนำไปตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับสารเคลือบเพียงอย่างเดียว (T2) เมล็ดพันธุ์ที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต อัตรา 15 กรัม/ลิตร (T8), น้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 5, 15 กรัม/ลิตร (T9, T11) และน้ำส้มควันไม้ อัตรา 5 กรัม/ลิตร (T12) ทำให้การงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกสูงมากกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต อัตรา 5 กรัม/ลิตร (T8), น้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 5, 10 กรัม/ลิตร (T9, T11) และน้ำส้มควันไม้ อัตรา 5 กรัม/ลิตร (T12) ส่งผลให้ความเร็วในการงอกสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตารางที่ 23)

3.1.2 คุณภาพการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์

เมื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกวิธีการไม่ส่งผลให้ ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้ามีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 24)

3.2 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

3.2.1 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์

เมื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อนำไปตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีส่งผลให้การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน และดัชนีความงอกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ และเมื่อพิจารณาเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบเพียงอย่างเดียวและสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี (T2-T14) ส่งผลให้ความงอกสูงกว่า และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับไคโตซาน อัตรา 5, 10 กรัม/ลิตร (T3, T4), น้ำหมักมูลไส้เดือน อัตรา 15 กรัม/ลิตร (T11) และน้ำส้มควันไม้

อัตรา 5 กรัม/ลิตร (T12) ส่งผลให้ความเร็วในการงอกสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ (ตารางที่ 25)

3.2.2 คุณภาพการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์

เมื่อตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อนำไปตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารปลาฟิต อัตรา 10 กรัม/ลิตร (T7) ส่งผลให้ความยาวลำต้นสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

ตารางที่ 23 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ต่างชนิดที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	96 d[2/3]	90.17 c	96 d	24.00 d
T2	100 a	93.58 a-c	100 a	25.00 a
T3	99 ab	95.00 a-c	99 ab	24.75 a-c
T4	97 cd	94.75 a-c	97 cd	24.25 cd
T5	98 b-d	92.25 a-c	98 b-d	24.38 b-d
T6	99 a-c	96.50 a	99 a-c	24.75 a-c
T7	98 cd	90.58 bc	98 cd	24.38 b-d
T8	100 a	94.25 a-c	100 a	25.00 a
T9	100 a	96.67 a	100 a	25.00 a
T10	100 ab	96.00 a	100 a-d	24.88 ab
T11	100 a	95.92 ab	100 a	25.00 a
T12	100 a	95.50 a	100 a	25.00 a
T13	99 a-c	93.17 a-c	99 a-c	24.75 a-c
T14	99 ab	92.17 a-c	99 ab	24.75 a-c
F-test	**	*	**	**
CV.%	4.22	3.17	4.22	1.43

หมายเหตุ: *, **: มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร (T2), เมล็ดที่เคลือบร่วมกับไคโตซาน 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T3 - T5) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T6 - T8) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T9 - T11) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T12 - T14) ตามลำดับ.

[2/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรก และความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsine.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 24 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ความงอก และความเร็วในการงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพเรือนทดลอง			
	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	90	30.92	96 b[2/3]	23.78 c
T2	95	32.67	100 a	24.88 ab
T3	94	31.58	100 a	25.00 a
T4	94	31.58	100 a	24.98 a
T5	94	32.25	98 ab	24.28 a-c
T6	99	33.58	100 a	24.83 ab
T7	93	32.25	100 a	24.85 ab
T8	96	33.17	97 ab	24.10 b-c
T9	98	33.42	100 a	24.90 ab
T10	98	33.25	98 ab	24.48 a-c
T11	98	33.58	100 a	25.00 a
T12	97	33.00	100 a	25.00 a
T13	96	33.33	100 a	24.88 ab
T14	93	31.83	100 a	24.80 ab
F-test	ns	ns	*	*
CV.%	8.26	5.48	5.15	2.09

หมายเหตุ: ns, *: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 ตามลำดับ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร (T2), เมล็ดที่เคลือบร่วมกับไคโตซาน 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T3 - T5) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T6 - T8) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T9 - T11) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T12 - T14) ตามลำดับ.

[2/] แปลงข้อมูลความงอก และการโผล่พ้นดินก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsine.

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 25 ความยาวต้น ความยาวราก ความยาวต้นกล้า และความยาวต้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ต่างชนิดที่ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			สภาพเรือนทดลอง
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)	ความยาวต้น (เซนติเมตร)
T1	16.08	15.90	31.98	9.86 c[2/]
T2	16.02	16.05	32.07	9.91 c
T3	16.45	14.54	30.99	9.69 c
T4	15.89	16.58	32.47	11.17 ab
T5	15.56	15.66	31.22	11.33 ab
T6	16.06	16.05	32.11	10.77 b
T7	15.74	16.45	32.19	11.52 a
T8	15.99	15.89	31.88	11.11 ab
T9	15.36	15.36	30.71	10.78 b
T10	18.10	15.43	33.53	11.20 ab
T11	15.47	16.80	32.26	10.85 b
T12	15.34	16.68	32.02	11.24 ab
T13	14.54	15.92	30.46	11.04 ab
T14	14.67	15.46	30.13	10.75 b
F-test	ns	ns	ns	**
CV.%	9.33	5.93	5.32	3.49

หมายเหตุ: ns: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ.

[1/]T1 =เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร (T2), เมล็ดที่เคลือบร่วมกับไคโตซาน 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T3 - T5) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T6 - T8) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T9 - T11) ตามลำดับ, เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5, 10, 15 กรัม/ลิตร (T12 - T14) ตามลำดับ.

4. การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

จากการคัดเลือกสูตรการเคลือบที่ดีที่สุดจากหัวข้อ 3 มา 4 ตำรับ คือ เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 และ 15, น้ำส้มควันไม้ 5 และ น้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร จากนั้นนำมาเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 6 เดือน จากนั้นทุก ๆ 1 เดือน จากนั้นนำมาประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าหลังผ่านการเก็บรักษา โดยมีเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบเป็นตัวควบคุม มีผลการทดลองดังนี้

4.1 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

4.1.1 ผลของคุณภาพและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิ

1) ความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ

จากการตรวจสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์ตลอดอายุการเก็บรักษาในเดือนที่ 0 และ 1 ส่งผลให้ความงอกไม่มีแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาในเดือนที่ 2 และ 3 พบว่าความงอกของเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 (T4), น้ำส้มควันไม้ 5 (T5) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความงอกยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4, 5 และ 6 ความงอกกลับไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ การตรวจสอบความงอกในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 1 เดือน พบว่าความงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาการเก็บรักษาในเดือนที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 พบว่าความงอกไม่มีแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ

เมื่อพิจารณาความเร็วในการงอกพบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1 และ 2 พบว่าความเร็วในการงอกไม่มีแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ แต่เมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ ปุ๋ยปลาฟิต 15 (T4), น้ำส้มควันไม้ 5 (T5) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 3 เดือน พบว่าความเร็วในการงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ ปุ๋ยปลาฟิต 10

(T3), ปุ๋ยปลาฟิต 15 (T4), น้ำส้มควันไม้ 5 (T5) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 เดือน พบว่าความเร็วในการงอกยังคงสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ โดยเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีส่งผลให้ความเร็วในการงอกสูงกว่าเมล็ดเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบแม้ผ่านการเก็บรักษานานถึง 6 เดือน จากการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 1 เดือน พบว่าความเร็วในการงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 2 ถึง เดือนที่ 6 พบว่าความเร็วในการงอกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

จากการตรวจสอบการงอกรากแรกในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2 และ 3 ส่งผลให้การงอกรากแรกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับ ปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 เดือน พบว่าการงอกรากแรกยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

จากการตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรกในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน ส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ

จากการตรวจสอบการโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดินในสภาพเรือนทดลองหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2 และ 3 ส่งผลให้การโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดินไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 (T5) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) ที่ผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 ส่งผลให้การโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดินยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 (T2), ปุ๋ยปลาฟิต 15 (T4), น้ำส้มควันไม้ 5 (T5) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 5 เดือน ส่งผลให้การโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดินดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 15 กรัม/ลิตร (T5) หลังผ่านการ

เก็บรักษาในเดือนที่ 6 ส่งผลให้การโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดินยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2) ผลของการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ

จากการประเมินความยาวต้นในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 3, 5 และ 6 ส่งผลให้ความยาวต้นไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 (T2), ปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร (T3) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 เดือน พบว่าความยาวต้นยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ จากการประเมินความยาวต้นในสภาพเรือนทดลองหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีตลอดอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ส่งผลให้ความยาวต้นไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ

และเมื่อประเมินความยาวรากพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และ 6 ส่งผลให้ความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 และ 5 พบว่าความยาวรากยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

จากการประเมินความยาวต้นกล้าในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และ 6 ส่งผลให้ความยาวต้นกล้าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 และ 5 พบว่าความยาวต้นกล้ายังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

4.1.2 ผลของคุณภาพและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ

1) ความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ

จากการตรวจสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีที่เก็บรักษาใน

เดือนที่ 0 พบว่า ความงอกยังไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 1 เดือน พบว่าความงอกอยู่ที่ 99% สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 (T2), ปุ๋ยปลาฟิต 10 (T3), น้ำส้มควันไม้ 5 (T5), และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความงอกหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 2 เดือน มีความงอกดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 3 ส่งผลให้ความงอกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 เดือน พบว่ายังคงมีความงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาการเก็บรักษาในเดือนที่ 5 ความงอกกลับไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตาม เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 (T2), ปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร (T3) ที่ผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 6 เดือน พบว่าความงอกยังคงดีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ จากการตรวจสอบความงอกในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 1 เดือนพบว่า ความงอกไม่มีแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ ปุ๋ยปลาฟิต 10 (T3) และน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร (T5) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 2 เดือน พบว่าความงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ น้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 เดือน พบว่าความงอกยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 5 เดือน พบว่าความงอกยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ ปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 6 เดือน พบว่าความงอกยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอกพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 (T5) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 1 เดือน ส่งผลให้ความงอกไม่มีแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 (T2) และ และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 2 เดือน พบว่าความเร็วในการงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทาง

สถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ กัมอารบิก 20 (T2), ปุ๋ยปลาฟิต 10 (T3), น้ำส้มควันไม้ 15 (T5), และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความงอกหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 3 เดือน มีความงอกดีกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ในทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษา 4 ส่งผลให้ความเร็วในการงอกไม่มีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร (T4) ส่งผลให้ความเร็วในการงอกยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 5 เดือน และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ กัมอารบิก 20 (T2) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 6 เดือน พบว่าความเร็วในการงอกยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

จากการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 1 เดือน พบว่า ความเร็วในการงอกสูงกว่า และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร (T5) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 3 เดือน ส่งผลให้ความเร็วในการงอกยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4-6 เดือน พบว่าความเร็วในการงอกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

เมื่อพิจารณาการงอกรากแรกพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2 และ 3 ส่งผลให้การงอกรากแรกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 (T3), ปุ๋ยปลาฟิต 15 (T4), น้ำส้มควันไม้ 5 (T5) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4-6 เดือน ส่งผลให้การงอกรากแรกยังคงสูงกว่าและมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

เมื่อพิจารณาความเร็วในการงอกรากแรกพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1 และ 2 ส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ ปุ๋ยปลาฟิต 15 (T4) และน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร (T5) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 3 เดือน พบว่าความเร็วในการงอกรากแรกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาการเคลือบเมล็ดร่วมกับ ปุ๋ยปลาฟิต 3 กรัม/ลิตร (T4), น้ำส้มควันไม้ 5 (T5) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บ

รักษาไปแล้ว 4-6 เดือน พบว่าความเร็วในการงอกรากแรกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

และเมื่อพิจารณาการโผล่พ้นดินในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 ส่งผลให้การโผล่พ้นดินไม่มีแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 5 และ 6 พบว่าการโผล่พ้นดินยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร (T2) ที่ผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0 ส่งผลให้ความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 1, 2 และ 3 ส่งผลให้ความเร็วในการโผล่พ้นดินไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ ปุ๋ยปลาฟิต 10 (T3), ปุ๋ยปลาฟิต 15 (T4), น้ำส้มควันไม้ 5 (T5) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4, 5 และ 6 พบว่าความเร็วในการโผล่พ้นดินยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2) ผลของการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ

จากการประเมินความยาวต้นในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2 และ 6 ส่งผลให้ความยาวต้นไม่มีแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ ปุ๋ยปลาฟิต 10 (T3), ปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 3 เดือน พบว่าความยาวต้นยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ กัมอารบิก 20 (T2), ปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร (T3) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 เดือน พบว่าความยาวต้นยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 (T3) และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 5 เดือน พบว่าความยาวต้นสูงกว่าและมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

และเมื่อพิจารณาความยาวต้นในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 3, 4 และ 6 ส่งผลให้ความยาวต้นไม่มีแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 5 เดือน ส่งผลให้ความยาวต้นยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

จากการประเมินความยาวรากพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 ส่งผลให้ความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ

และเมื่อประมาณความยาวต้นกล้าในสภาพห้องปฏิบัติการหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีตลอดอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ส่งผลให้ความยาวต้นกล้าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ

ตารางที่ 26 ความงอก (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ							สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ						
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
	ห้องปฏิบัติการ														
T1		100	100	82 b[2/3]	89 b	87	76	72	100	98 a-c	97 a	82	82 b	82	80 b
T2		99	99	83 b	95 ab	72	86	89	99	99 ab	97 a	85	84 b	86	86 a
T3		100	100	85 b	93 ab	93	90	79	100	97 c	98 a	85	87 ab	89	84 a
T4		100	99	87 b	99 a	99	88	78	100	96 bc	89 b	87	93 a	83	77 b
T5		100	100	94 ab	99 a	96	92	76	100	98 bc	97 a	81	90 ab	86	80 b
T6		100	99	99 a	99 a	96	92	90	100	100 a	99 a	87	89 ab	85	79 b
F-teat		ns	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns	**
CV. %		6.54	5.48	12.68	9.12	14.34	11.40	7.98	6.54	6.32	7.60	6.24	6.42	5.52	2.59
	เรือนทดลอง														
T1		100	94 b	98	85	67	89	79	100	89	80 c	84	88 b	77 b	75 b
T2		99	92 b	99	81	79	92	79	99	90	87 b	84	82 c	75 b	74 b
T3		99	95 b	98	87	80	92	82	99	88	91 a	88	89 b	83 a	81 ab
T4		100	97 ab	97	95	86	92	90	100	91	86 b	85	90 ab	86 a	84 a
T5		99	98 ab	99	92	71	91	89	99	93	91 a	91	89 b	85 a	79 ab
T6		100	100 a	96	90	80	96	92	100	95	88 ab	85	94 a	84 a	80 ab
F-teat		ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	**	**
CV. %		9.25	6.97	10.12	10.40	16.39	5.46	8.46	9.25	7.42	8.55	4.38	5.36	4.59	5.00

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsine.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 27 ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ							สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ						
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
	ห้องปฏิบัติการ														
T1		24.88	25.00	20.50	22.23 b[2/3]	21.63 ab	18.88	20.65	24.88	24.73 ab	24.50 ab	24.08 a	20.35	20.40 c	20.00 bc
T2		25.00	24.73	20.75	23.70 ab	17.83 b	21.45	21.00	25.00	24.65 ab	24.85 a	23.95 a	21.05	20.73 bc	21.38 a
T3		25.00	24.88	21.13	23.23 ab	23.10 a	22.48	21.00	25.00	23.68 b	24.10 b	24.33 a	20.96	21.65 a-c	20.88 ab
T4		24.88	24.60	21.63	24.61 a	24.61 a	21.86	20.98	24.88	23.58 b	24.00 b	22.08 b	21.33	23.03 a	19.20 c
T5		24.88	24.88	23.50	24.85 a	23.85 a	22.85	21.23	24.88	25.00 a	24.38 ab	23.98 a	20.03	22.40 ab	19.78 c
T6		25.00	24.73	24.63	24.63 a	23.88 a	22.88	21.00	25.00	25.00 a	25.00 a	24.75 a	21.43	22.18 a-c	19.63 c
F-teat		ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*	*	**	ns	*	**
CV. %		0.58	1.62	11.13	4.92	12.91	9.19	2.71	0.58	2.94	1.82	3.55	5.76	5.19	3.08
	เรือนทดลอง														
T1		24.76	23.26 bc	24.54	21.18	15.53	22.25	19.70 b	24.76	23.22 b	21.55	19.98 d	20.72	20.25	18.58
T2		24.67	22.55 c	24.63	20.08	18.55	23.00	19.63 b	24.67	23.95 a	21.95	21.68 bc	20.70	22.00	18.25
T3		24.88	23.51 bc	24.30	21.48	18.88	23.00	19.50 b	24.88	23.97 a	21.75	22.63 ab	21.40	23.00	19.80
T4		24.88	24.15 ab	23.97	23.60	20.08	22.88	19.58 b	24.88	24.27 a	22.37	21.38 c	20.84	22.00	20.58
T5		24.88	24.16 ab	24.38	22.58	16.75	22.75	19.68 b	24.88	24.08 a	22.98	22.73 a	22.19	23.25	19.38
T6		25.00	24.86 a	23.93	22.15	18.83	24.00	20.70 a	25.00	24.73 a	23.38	21.83 a-c	20.89	24.00	19.68
F-teat		ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	**	ns	ns	ns
CV. %		0.79	2.91	3.11	7.88	16.28	4.12	7.12	0.79	1.97	4.51	3.01	3.46	3.78	5.71

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsine.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 28 การงอกรากแรก (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ							สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ						
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
	ห้องปฏิบัติการ														
T1		100	100	99	93	85 b[2/3]	83	82	100	76	72	70	70 bc	65 bc	64 b
T2		100	99	99	98	86 b	84	82	100	85	81	67	68 c	63 c	62 b
T3		100	100	94	93	87 b	87	82	100	85	83	71	72 bc	68 a-c	67 ab
T4		99	98	98	99	95 ab	95	81	99	80	77	78	78 a	70 ab	68 a
T5		100	100	100	100	98 ab	92	82	100	70	71	75	76 ab	71 a	68 a
T6		100	99	99	99	97 a	87	83	100	82	78	73	75 ab	71 a	68 a
F-teat		ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
CV. %		2.65	5.40	8.30	9.00	8.95	8.42	5.26	2.65	9.31	7.12	5.74	4.15	3.640	3.27

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsine.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 29 ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ							สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ						
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
	ห้องปฏิบัติการ														
T1		77.50	76.42	75.67	70.17	64.42	62.92	62.17	77.50	35.08	32.83	31.58 ab[2/]	31.67 bc	29.00 bc	28.67 bc
T2		80.98	80.25	80.50	79.50	67.75	66.25	65.00	80.98	40.08	36.08	29.08 b	29.58 c	27.83 c	27.33 c
T3		78.25	76.75	71.25	70.25	66.25	66.25	64.00	78.25	40.08	37.58	31.83 ab	32.08 bc	30.33 ab	30.00 ab
T4		75.15	71.00	71.50	71.50	67.50	67.50	60.75	75.15	37.67	34.42	34.67 a	34.92 a	30.83 ab	30.17 ab
T5		72.36	70.25	69.25	70.75	68.25	65.75	60.50	72.36	31.75	31.25	33.25 a	33.67 ab	31.58 a	30.75 a
T6		75.45	73.67	73.67	74.17	72.67	68.17	66.17	75.45	41.33	34.83	32.33 ab	33.33 ab	31.58 a	30.58 ab
F-teat		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**	**
CV. %		9.85	6.00	7.61	7.33	7.05	7.357	7.36	9.85	12.84	8.67	6.93	4.93	4.36	4.06

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 30 การโผล่พ้นดิน (%) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ							สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ						
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
	เรือนทดลอง														
T1		98	95	90	82	78 ab	77 a	70 bc	98	83	83	65	65	61 c	60 c
T2		95	93	92	82	80 ab	79 a	73 ab	95	90	88	72	68	66 b	65 bc
T3		95	95	92	82	70 b	70 b	64 c	95	87	88	68	71	69 b	67 b
T4		98	90	90	89	79 ab	77 a	70 bc	98	79	80	70	74	71 ab	68 b
T5		95	87	88	89	85 a	84 a	78 a	95	81	84	65	71	71 ab	70 b
T6		99	94	94	86	86 a	84 a	76 ab	99	89	93	69	77	74 a	73 a
F-teat		ns	ns	ns	ns	*	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
CV. %		6.54	10.74	7.92	9.21	6.88	6.56	5.20	6.54	8.61	7.41	7.38	5.95	4.96	4.56

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] แปลงข้อมูลการโผล่พ้นดินก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsine.

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 31 ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ							สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ						
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
	เรือนทดลอง														
T1		40.25 ab	37.71	38.46	32.96	56.83 ab	56.33 a	54.00 bc	40.25 ab	37.00	37.17	28.17	28.42 b	27.42 b	26.92 b
T2		41.14 a	38.79	38.54	32.67	59.17 a	58.17 a	56.17 ab	41.14 a	40.25	39.33	31.58	32.83 ab	32.08 ab	31.58 b
T3		39.22 b	37.71	38.96	32.58	47.25 b	47.25 b	45.25 c	39.22 b	38.92	39.17	30.00	34.50 a	33.92 a	32.92 a
T4		40.62 ab	37.83	37.83	35.83	58.50 a	57.00 a	54.67 b	40.62 ab	36.00	36.33	30.67	35.17 a	34.00 a	32.50 a
T5		38.11 c	36.58	36.83	35.96	59.92 a	59.42 a	57.42 a	38.11 c	36.33	37.75	28.75	35.25 a	35.08 a	34.33 a
T6		40.26 ab	39.79	39.79	34.54	60.75 a	58.75 a	56.25 a	40.26 ab	40.25	41.83	30.00	37.92 a	36.67 a	36.17 a
F-teat		*	ns	ns	ns	**	*	**	*	ns	ns	ns	*	*	*
CV. %		2.89	8.17	7.30	8.22	7.68	7.82	8.12	2.89	7.68	6.56	9.62	9.44	9.61	10.19

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 32 ความยาวต้น (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ							สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ						
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
	ห้องปฏิบัติการ														
T1		15.20	14.08	14.00	13.50	13.77 ab[2/]	12.86	13.09	15.20	15.42	13.98	13.07 b	12.70 b	12.00 c	12.20
T2		14.69	13.80	13.89	13.52	14.60 a	14.31	11.53	14.69	14.76	13.90	14.16 ab	14.67 a	13.57 b	12.55
T3		14.65	13.89	13.87	14.36	14.70 a	14.35	12.55	14.65	14.30	14.47	14.61 a	15.11 a	14.78 a	12.79
T4		14.0	13.01	12.97	13.33	13.13 b	13.00	12.93	14.0	14.28	14.30	14.65 a	12.74 b	13.90 ab	13.00
T5		13.26	13.05	13.15	13.10	13.83 ab	13.20	12.60	13.26	13.89	13.60	13.70 ab	11.98 b	13.78 ab	13.70
T6		13.62	13.32	13.27	13.16	13.92 ab	13.72	12.98	13.62	13.79	12.93	13.16 b	12.62 b	14.28 a	13.84
F-teat		ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	*	ns
CV. %		5.36	6.61	5.94	5.46	4.81	7.11	9.51	5.36	6.11	6.58	6.07	6.74	8.27	14.36
	เรือนทดลอง														
T1		14.60	14.16	14.17	13.00	12.98	12.28	13.53	14.60	14.66	15.00	15.00	14.60	13.08 bc	13.43
T2		13.89	13.77	13.80	12.45	13.12	13.10	12.93	13.89	14.01	13.96	13.96	13.45	13.88 a-c	14.58
T3		14.50	14.08	14.33	13.41	13.69	13.41	12.18	14.50	13.50	14.42	14.42	14.65	14.23 ab	14.23
T4		14.0	13.14	13.11	12.97	13.20	13.10	13.33	14.0	14.07	13.97	13.97	14.67	15.03 a	15.15
T5		13.20	13.11	13.15	12.93	14.05	13.75	13.25	13.20	14.89	13.64	13.64	13.79	14.60 ab	14.25
T6		13.52	13.28	13.44	13.29	14.28	14.16	11.75	13.52	14.46	14.62	14.62	14.07	12.45 c	12.85
F-teat		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
CV. %		2.65	6.61	6.49	5.30	10.41	9.94	14.26	2.65	5.85	5.87	5.87	7.82	6.94	16.63

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร., [2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 33 ความยาวราก (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับออินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ							สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ						
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
	ห้องปฏิบัติการ														
T1		13.65	12.68	12.76	12.98	12.95 c[2/]	13.00 b	12.72	13.65	13.75	13.55	13.74	10.35	13.91	13.67
T2		14.62	13.37	13.65	13.12	13.91 bc	13.77 b	13.65	14.62	13.89	13.68	14.07	14.76	12.85	12.73
T3		13.70	13.63	13.65	13.09	14.24 b	13.38 b	13.61	13.70	13.48	13.98	14.47	13.80	13.28	14.05
T4		15.89	15.35	13.86	13.74	14.27 b	14.06 ab	13.58	15.89	13.90	13.70	14.20	14.38	13.25	13.43
T5		14.0	13.64	13.79	13.65	14.72 ab	14.33 ab	15.18	14.0	13.63	13.94	13.54	14.34	13.23	14.86
T6		14.6	13.97	14.28	14.12	15.58 a	15.30 a	14.38	14.6	14.19	13.85	13.55	15.48	13.93	14.61
F-teat		ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV. %		5.26	6.63	5.69	4.40	5.29	6.15	11.97	5.26	6.84	4.56	5.62	19.40	8.55	14.55

หมายเหตุ: ns, *: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 34 ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร) ของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาใน สภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพทดสอบ	สภาพควบคุมสภาพอุณหภูมิ							สภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ						
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
	ห้องปฏิบัติการ														
T1		30.0	26.76	26.76	26.48	26.71 c[2/]	25.86 b	25.81	30.0	29.17	27.52	26.81	23.04	25.91	25.87
T2		31.2	27.17	27.54	26.64	28.50 ab	28.08 a	25.18	31.2	28.65	27.57	28.23	29.43	26.42	28.28
T3		28.4	27.52	27.52	27.45	28.94 ab	27.73 ab	26.16	28.4	27.78	28.45	29.08	28.91	28.05	26.84
T4		29.4	26.35	26.84	27.07	27.40 bc	27.06 ab	26.51	29.4	28.18	27.99	28.85	27.12	27.15	26.43
T5		28.14	26.69	26.94	26.75	28.55 ab	27.53 ab	27.77	28.14	27.52	27.53	27.24	26.31	27.00	28.56
T6		30.62	27.29	27.55	27.28	29.50 a	29.02 a	27.35	30.62	27.98	26.78	26.71	28.09	28.20	28.45
F-teat		ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV. %		2.75	5.58	4.30	3.42	3.718	4.53	8.49	2.75	3.99	3.89	4.68	10.56	4.93	11.26

หมายเหตุ: ns, *: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

4.2 คุณภาพสารพฤกษเคมีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสาร
อินทรีย์ที่ชนิดและอัตราแตกต่างกัน

จากการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีมาประเมินคุณภาพและการเจริญเติบโตของต้นกล้าหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ ในส่วนของคุณภาพด้านพฤกษเคมีจึงได้มีการเพาะทดสอบเป็นต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheat grass) เพื่อประเมินสารพฤกษเคมีของแต่ละกรรมวิธี มีผลการทดลองดังนี้

4.2.1 ปริมาณวิตามินซีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

จากผลการทดสอบการวัดปริมาณวิตามินซีน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิกและสารอินทรีย์ (T2-T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 3 และ 6 ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 4 และ 5 พบว่ามีปริมาณวิตามินซีสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

4.2.2 การวัดค่าความหวาน (%) Brix ของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

จากผลการค่าความหวาน (%) Brix น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิกและสารอินทรีย์ (T2-T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 4 และ 5 ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร (T2) และปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร (T3) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 2 ส่งผลให้ค่าความหวานสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร (T3), ปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร (T4), และน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 3 ส่งผลให้ค่าความหวานสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบและเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร (T5), น้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 6 ส่งผลให้ค่าความหวานยังคงสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

4.2.3 การวัดปริมาณน้ำของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

จากผลการทดสอบการวัดปริมาณน้ำคั้นของต้นอ่อนข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิกและสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี (T2-T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 5 และ 6 ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 3 และ 4 ส่งผลให้ปริมาณน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

4.2.4 การตรวจสอบปริมาณคลอโรฟิลเอและบี ของน้ำคั้นนต้นอ่อนข้าวสาลี

จากผลการตรวจสอบการวัดปริมาณคลอโรฟิลเอและบีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิกและสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี (T2-T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

ตารางที่ 35 ปริมาณวิตามินซีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษา 6 เดือน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสดต้นกล้า)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1	1.70	1.73	1.38	1.38	1.30 b[2/]	1.20 c	1.30
T2	1.90	1.83	0.98	0.98	1.00 c	1.10 d	1.20
T3	1.73	1.75	1.13	1.13	1.20 c	1.20 c	1.20
T4	1.23	1.03	1.45	3.75	1.30 b	1.30 c	1.20
T5	1.35	1.65	1.40	1.40	1.75 ab	1.60 b	1.60
T6	1.60	1.65	1.73	1.73	1.80 a	1.70 a	1.60
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
CV. (%)	25.64	26.74	38.88	31.02	22.12	21.28	16.24

หมายเหตุ: ns, *: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 36 ค่าความหวาน (%) Brix ของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษา 6 เดือน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	ค่าความหวาน (%) Brix						
	0	1	2	3	4	5	6
T1	8	8	7 ab[2/]	7 ab	7	7	7 c
T2	7	7	8 a	6 b	8	7	8 b
T3	8	8	8 a	8 a	8	8	8 b
T4	8	8	7 ab	8 a	9	8	8 b
T5	9	8	6 b	7 ab	9	8	9 a
T6	9	8	6 b	8 a	8	8	9 a
F-test	ns	ns	**	**	ns	ns	*
CV. (%)	2.52	8.71	12.25	5.52	2.42	10.02	8.52

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและมีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P ≤ 0.05.

ตารางที่ 37 ปริมาณน้ำของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษา 6 เดือน เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	ปริมาณน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (มิลลิลิตร)						
	0	1	2	3	4	5	6
T1	9	9	9	7 c	7 c	7	7
T2	9	9	8	10 ab	6 cd	7	7
T3	8	9	8	9 b	7 c	7	8
T4	8	8	9	9 b	7 c	8	8
T5	9	8	9	8 c	9 b	9	7
T6	9	7	9	11 a	10 a	9	8
F-test	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
CV. (%)	17.27	27.47	12.78	18.21	21.24	16.15	31.33

ns: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ.

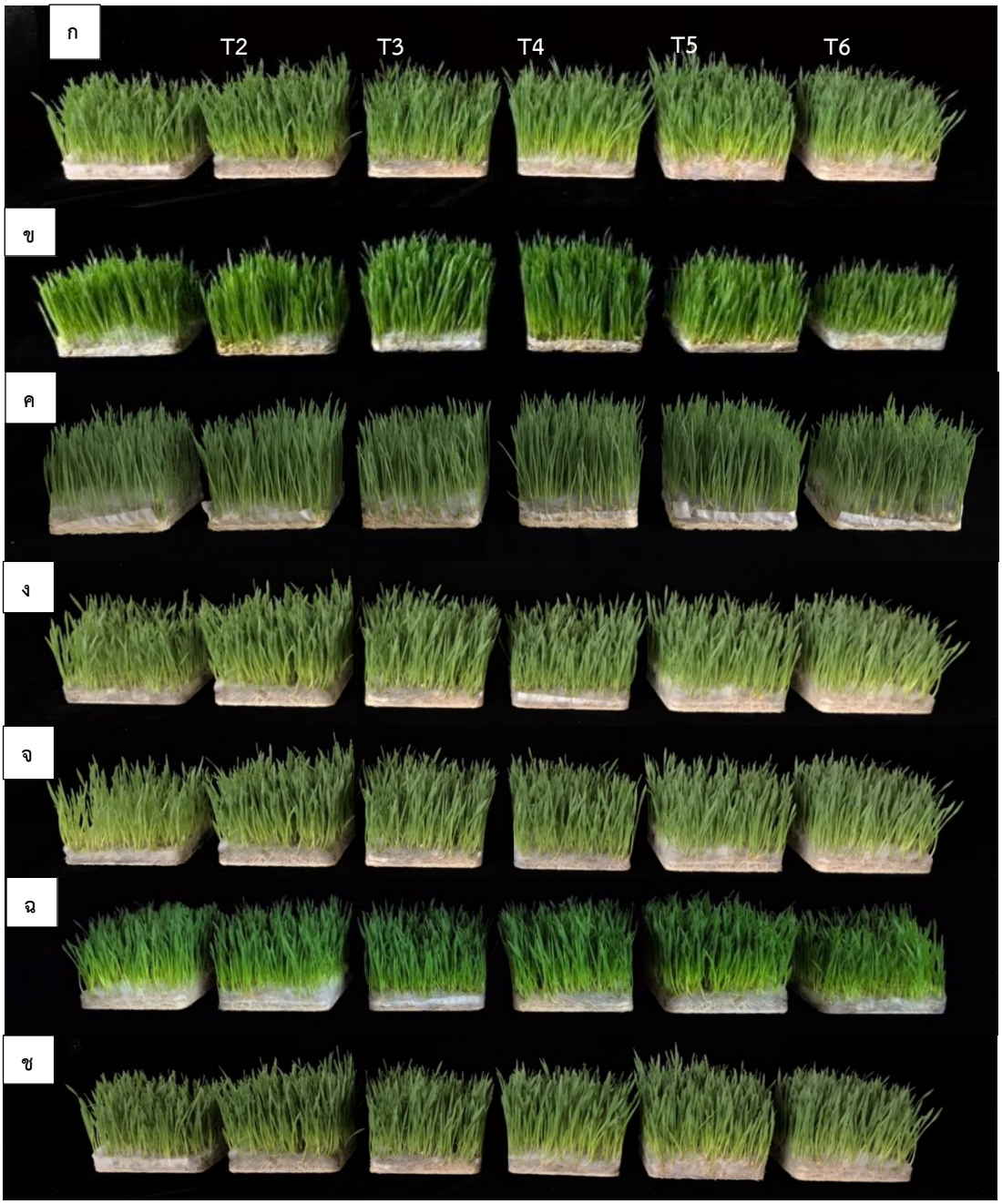
[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.

ตารางที่ 38 ปริมาณคลอโรฟิลเอและบีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี เมื่อผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ หลังการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	คลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัม/กรัม)													
	คลอโรฟิลล์เอ							คลอโรฟิลล์บี						
	0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4	5	6
T1	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.02
T2	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.03	0.04	0.03
T3	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03
T4	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.06	0.05	0.05	0.04
T5	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.02	0.06	0.05	0.05	0.04
T6	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV. (%)	3.14	1.01	7.77	1.48	1.78	1.75	2.48	4.02	1.75	5.90	3.43	2.53	2.34	4.26

หมายเหตุ: ns: ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ.

[1/]T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 15 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร.



ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ที่ผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 0-6 ในสภาพไม่ควบคุมสภาพอุณหภูมิ, 1/T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ, T2 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร, T3 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 1 กรัม/ลิตร, T4 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 3 กรัม/ลิตร, T5 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 3 กรัม/ลิตร, T6 = เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 1 กรัม/ลิตร

ก= การเพาะทดสอบต้นกล้าเดือนที่ 0, ข= การเพาะทดสอบต้นกล้าเดือนที่ 1, ค= การเพาะทดสอบต้นกล้าเดือนที่ 2, ง= การเพาะทดสอบต้นกล้าเดือนที่ 3, จ= การเพาะทดสอบต้นกล้าเดือนที่ 4, ฉ= การเพาะทดสอบต้นกล้าเดือนที่ 5, ช= การเพาะทดสอบต้นกล้าเดือนที่ 6

วิจารณ์ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาหาชนิดและอัตราของสารเคลือบและธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบเมล็ดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

การทดลองที่ 1 ค้นหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

ผลของการค้นหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์เมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี โดยการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาธาตุอาหารพืชที่ช่วยส่งเสริมการความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ KNO_3 อัตรา 20, 40 และ 60 กรัม/ลิตร (T13 - T15) (ตารางที่ 1) ส่งผลให้ความความเร็วในการงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ โดยการไพรม์เมล็ดพันธุ์เป็นการเพิ่มความชื้นหรือสารละลายที่มีความเข้มข้น อุณหภูมิ และช่วงเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้เมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้นภายในเมล็ด เมื่อเมล็ดดูดซับน้ำ Phospholipids ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของ Lipid bilayer จะหันด้านที่มีขั้วทั้งด้านในและด้านนอกเซลล์ไปทางที่มีความชื้นเป็นการเรียงตัวที่มีระเบียบ Lipid bilayer ก็สามารถควบคุมการเข้าออกของสารจากเซลล์ได้ตามปกติ Bewley and Black (1985) ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีการเตรียมความพร้อมสำหรับการงอกได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะการไพรม์ร่วมกับ KNO_3 เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากสารละลาย KNO_3 สำหรับการไพรม์เมล็ดมีคุณสมบัติสามารถแตกตัวเป็น K^+ และ NO_3^- โดย NO_3^- ที่เมล็ดดูดไปช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นมีผลให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นด้วย (ชณิตรา และคณะ, 2553) นอกจากนี้ที่เป็นส่วนประกอบของโปรโตพลาสซึมและผนังของเซลล์พืชจะอยู่ในรูป NO_3^- พืชจะต้องรีดิวซ์ NO_3^- ให้เป็น NH_4^+ แล้วนำ NH_4^+ ไปใช้ในการสร้างกรดอะมิโนต่อไป โดยไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบของสารชีวโมเลกุลมากมายในเซลล์พืชทำให้เมล็ดเมื่อดูดไนเตรทเข้าไปจะช่วยให้เมล็ดสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้นจึงส่งผลโดยตรงทำให้เมล็ดมีพัฒนาการการงอกและการเจริญเติบโตที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการไพรม์ (นภาพร และพีระยศ, 2561; บุญมี, 2558) รวมถึง KNO_3 มีส่วนในการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ amylase protease และ lipase : ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวมีส่วนช่วยในการสลายอาหารสำรองในเมล็ด (endosperm) ในระหว่างการงอก

ส่วนเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ KNO_3 ที่ความเข้มข้น 20, 40 60 และ 80 กรัม/ลิตร (T13 – T16) ส่งผลให้ความยาวต้นและความยาวต้นกล้าข้าวสาลีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ โดย KNO_3 สามารถกระตุ้นการทำงานของ

เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนและเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ทำให้เซลล์มีกิจกรรมเมแทบอลิซึมเพิ่มขึ้น (Basra et al., 2005) และยังเป็นแหล่งของธาตุอาหาร K^+ และ NO_3^- ที่เป็นประโยชน์สำหรับต้นกล้า สอดคล้องกับการทดลองของ Anosheh et al. (2011) ที่ทำการไพรม์เมล็ดข้าวโพดลูกผสมร่วมกับ KNO_3 พบว่า สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตในด้านความยาวของต้นกล้าข้าวโพดลูกผสมได้ รวมถึงจากการ รายงานของ Nawaz et al. (2017) พบว่า การไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพรงควัตถุ (pigment) ที่เกี่ยวของกับการสังเคราะห์แสงและกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวของกับสารต้านอนุมูลอิสระของต้นกล้าข้าวโพดในสภาวะเครียดจากโลหะหนักอย่างตะกั่ว (Pb) ได้ อีกทั้ง เมื่อพิจารณาผลรวมของต้นกล้าพบว่า การทำ Osmopriming ด้วย KNO_3 อัตรา 0.5% และ 1.0% ส่งผลต่อความยาวต้นและความยาวรากต้นกล้าข้าวโพดหวาน ซึ่งการใช้ KNO_3 แสดงให้เห็นว่ามีความสำคัญในการสร้างและการเคลื่อนย้ายอาหารพวกแป้งและน้ำตาลไปเลี้ยงสวนที่มีการเจริญเติบโต จึงส่งเสริมและสนับสนุนความยาวของราก และต้นกล้าให้เพิ่มขึ้นได้ (พิทยา, 2554; ยงยุทธ, 2558) ส่วนเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีกลับไม่ส่งต่อความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ โดยธาตุอาหารพืชที่นำมาไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการส่งเสริมการยืดขยายเซลล์ของรากพืช อีกทั้งความเข้มข้นที่สูงเกินไป อาจมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของรากพืชได้ จึงส่งผลให้ความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการไพรม์

การทดลองที่ 2 ศึกษาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

1) ศึกษาคุณสมบัติของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์

จากการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของสารเคลือบ 2 ชนิดได้แก่ Carboxymethyl cellulose (CMC) และ Hydroxypropyl methyl cellulose (MHEC) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 ร้อยละโดยน้ำหนัก เมื่อตรวจสอบน้ำหนักของแผ่นฟิล์ม พบว่าสารเคลือบ MHEC อัตรา 30 w/v มีน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนสารเคลือบ CMC อัตรา 10 w/v พบว่าการละลายของแผ่นฟิล์มอยู่ที่ 22 % สูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เนื่องจากจากสารเคลือบประเภท Carboxy Methyl Cellulose (CMC) เป็นพอลิเมอร์ชนิดที่ชอบน้ำ ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส โดยไฮโดรคอลลอยด์ชนิดนี้ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) (ดุษฎี และน้องนุช, 2555) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งยังมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศเล็กน้อย ละลายน้ำได้ดี มีการพองตัว และการกระจายอย่างช้า ๆ ซึ่ง Scott (1975) ได้รายงานเมื่อนำมาใช้ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์สามารถยึดเกาะกับผิวของเมล็ดพันธุ์ได้ดี อย่างไรก็ตามสารเคลือบ CMC อัตรา 20 และ 30 w/v พบว่าค่า pH มีความ

เป็นกรด - ด่าง ที่ 8.24 และ 8.22 และมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ โดย อรอนงค์ (2548) รายงานว่าค่าความเป็นกรด – ด่างที่เหมาะสมของสารเคลือบควรอยู่ในช่วง 6.0 – 8.0 ซึ่งไม่มีความเป็นพิษต่อเมล็ดพันธุ์ และสารเคลือบ MHEC อัตรา 10 และ 20 w/v พบว่าความหนืดของสารเคลือบต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เนื่องจาก MHEC เป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ มีการใช้เพื่อเป็นสารยึดเกาะและสารเคลือบยาเม็ด โดยความเข้มข้นที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับตัวทำละลาย และน้ำหนักโมเลกุลของสาร และมีคุณสมบัติแลกเปลี่ยนความชื้นกับสภาพแวดล้อมได้ (hydroscopic) (Harwood and Johnson, 1994) และยังมีการใช้เพื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน (McGee et al., 1993) และเมล็ดพันธุ์บร็อคโคลี่ (Almeida et al., 2005) โดยไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบ

2) ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

จากการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีมาเคลือบร่วมกับสารเคลือบ 2 ชนิดได้แก่ Carboxymethyl cellulose (CMC) และ Hydroxypropyl methyl cellulose (MHEC) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 ร้อยละโดยน้ำหนัก แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบ เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบในทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แต่อย่างใด โดยพบว่าความงอก ความเร็วในการงอก การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ดัชนีความงอก ดัชนีความแข็งแรง และเวลาเฉลี่ยในการงอก ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เนื่องจากสารเคลือบทั้ง 2 ชนิด เป็นไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี จึงทำให้เมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบและเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารเคลือบทุกกรรมวิธีส่งผลต่อความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้า ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยสารเคลือบแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศเล็กน้อย ละลายน้ำได้ดี และมีความหนืดต่ำ ซึ่งส่งผลให้เมื่อนำมาเคลือบกับเมล็ดสามารถยึดเกาะกับผิวเมล็ดพันธุ์ได้ดี แต่ไม่ขัดขวางต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า นอกจากนี้ บุญมี และคณะ (2553) รายงายว่าการใช้สารเคลือบ hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), polyacrylate(ED), polyvinylalcohol (PVA), PVP vinylacetate copolymer(VA), PVA-PEG copolymer (IR), HPMC:ED, HPMC:PVA, HPMC:VA, HPMC:IR และสารเคลือบทางการค้า ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

การทดลองที่ 3 การศึกษาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

จากการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชในทุกกรรมวิธีไม่ส่งต่อการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอก เนื่องจากการนำธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นแตกต่างกันมาเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ อาจไม่เหมาะสมในระยะการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี โดยความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช หากมีความเข้มข้นสูง อาจไม่ส่งผลต่อกระบวนการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ได้ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 (T5), KH_2PO_4 15 (T6) และ $CaCl_2$ 25, 50 กรัม/ลิตร (T9 – T10) ส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยวิธีการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช เป็นการเตรียมอาหารให้กับเมล็ดพันธุ์ เมื่อเมล็ดที่ผ่านการเคลือบได้รับความชื้นที่เหมาะสม ธาตุอาหารพืชจะค่อย ๆ ละลาย และเมล็ดสามารถดึงสารอาหารเหล่านั้นมาใช้ในกระบวนการงอกได้ โดยอิทธิพลของธาตุสังกะสีที่เมล็ดนำไปใช้มีบทบาทในกระตุ้นการสร้างกรดอะมิโนทริปโทเฟน ที่มีบทบาทในการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชออกซิน (IAA) ที่เพิ่มการยืดตัวของผนังเซลล์ (Plasticity) ทำให้พืชที่มีการยืดขยายเซลล์ในส่วนของปลายรากได้ดีมากขึ้น ส่งผลให้การแทงแรกรากเกิดได้เร็วกว่ามากยิ่งขึ้น และอิทธิพลของฟอสฟอรัส ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก กระตุ้นการสร้างสารที่มีผลต่อการงอกราก เช่น glucose, auxins, ethylene, cytokinin, nitric oxide (NO) และ reactive oxygen species (ROS) (Niu et al., 2012) และในส่วนของอิทธิพลของแคลเซียมส่งผลให้เป็นส่วนประกอบของมิดเดิลลาเมลลาของผนังเซลล์ เรียกว่า แคลเซียมเพ็กเทต จึงมีส่วนช่วยในยึดตัวของเซลล์ และควบคุมสมดุลไอออนบริเวณ ๆ รอบรากพืช ทำให้รากพืชเกิดการขยายเซลล์ จึงส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 (T5) และ NH_4NO_3 15, 25 กรัม/ลิตร (T12 – T13) ส่งผลให้การโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง เนื่องจากเมล็ดข้าวสาลีที่นำมาเคลือบนั้นมีคุณภาพความงอกเริ่มต้นสูง คือ มีความงอกสูง 100% จึงส่งผลให้เมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชในชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การโผล่พ้นและความเร็วในการโผล่พ้นดินไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T14) ส่งผลให้ดัชนีความแข็งแรงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ แต่ไม่มีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อาจเนื่องมาจากเมื่อเมล็ดงอกรากธาตุอาหารพืชที่เคลือบติดอยู่กับเมล็ด มีความเข้มข้นไม่เพียงพอหรือไม่เหมาะสมในระยะตั้งต้นเป็นต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งหากเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยธาตุอาหารพืชที่มีความเข้มข้นสูงหรือต่ำเกินไปอาจเกิดความเป็นพิษหรือเมล็ดไม่สามารถดูดธาตุอาหารพืชเหล่านั้นมาใช้ได้ จากการรายงานของ Bays et al. (2007) พบว่าการเคลือบเมล็ดถั่วเหลือง

พันธุ์ BRS153 ด้วยธาตุอาหารอัตรา 1,2 และ 4 มิลลิลิตรต่อ 1 กิโลกรัมเมล็ด โดยใช้พอลิเมอร์ Laborsan Red Solid Pam Bril และใช้สารป้องกันเชื้อราร่วมด้วย ซึ่งการเคลือบเมล็ดพันธุ์ทำให้ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดดีขึ้นและการเคลือบด้วยธาตุอาหารพืชอัตรา 2 มิลลิลิตรต่อ 1 กิโลกรัมเมล็ด ไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ แต่เมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยธาตุอาหารพืชอัตรา 4 มิลลิลิตรต่อ 1 กิโลกรัมเมล็ด พบว่าเกิดการเป็นพิษกับเมล็ดพันธุ์ จึงส่งผลให้ดัชนีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบไม่มีความแตกต่างกันกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 (T5), KH_2PO_4 15 (T6) และ $CaCl_2$ 25 กรัม/ลิตร (T9) ส่งผลให้ดัชนีความงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ซึ่งวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ เพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชให้กับเมล็ดพันธุ์และสามารถดูดธาตุอาหารพืชไปใช้ในกระบวนการงอกและการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งเมื่อเมล็ดพืชงอก ธาตุอาหารพืชที่เคลือบติดกับเมล็ดมีความเข้มข้นที่เพียงพอสำหรับการแพร่กระจายในรัศมีที่รากพืชสามารถดูดนำไปใช้ได้ จึงส่งผลให้ดัชนีความงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยธาตุอาหารพืชทีอิทธิพลต่อเมล็ดพันธุ์ โดย KH_2PO_4 เป็นองค์ประกอบที่หลักในเอนไซม์ต่าง ๆ หลายชนิด ที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่อการงอกของเมล็ด (Yang, 2018) โดยธาตุสังกะสีที่ได้จาก $ZnSO_4$ มีบทบาทในกระตุ้นการสร้างกรดอะมิโนทริปโทเฟน ที่มีบทบาทในการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชออกซิน (IAA) ที่เพิ่มการยืดตัวของผนังเซลล์ (Plasticity) ทำให้พืชที่มีการยืดขยายเซลล์ในส่วนของปลายรากได้ดีมากขึ้น ส่งผลให้การแทงแรกรากเกิดได้เร็วกว่ามากยิ่งขึ้น และธาตุแคลเซียมที่ได้จาก $CaCl_2$ เป็นส่วนประกอบของมิดเดิลลาเมลลาของผนังเซลล์ เรียกว่า แคลเซียมเพ็กเทต จึงมีส่วนช่วยในยืดตัวของเซลล์ และควบคุมสมดุลไอออนบริเวณ ๆ รอบรากพืช ทำให้รากพืชเกิดการขยายเซลล์ และยังทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์หลายชนิด เช่น โปรตีนไคเนส (protein kinase) ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาฟอสฟอริเลชั่น และแอลฟา-อะไมเลส ที่ทำหน้าที่ย่อยแป้งเอนโดสเปิร์มของเมล็ดให้มีโมเลกุลเล็ดลงเพื่อใช้สำหรับกระบวนการงอก จากการรายงานของ บุญมี (2558) พบว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช KNO_3 และ KH_2PO_4 อัตรา 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมเพิ่มขึ้นสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านเคลือบ ดังนั้นจากบทบาทที่สำคัญของธาตุอาหารพืชดังกล่าวทำให้การเพิ่มธาตุอาหารพืชผ่านวิธีการเคลือบเมล็ดสามารถช่วยให้เมล็ดข้าวสาลีมีการงอกรากแรกเกิดได้ไวขึ้นจากเดิมส่วนการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีพบว่า หลังการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชในทุกกรรมวิธีแสดงให้เห็นว่าความยาวต้นและความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ โดยทั่วไปธาตุอาหารพืชมีบทบาทในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และการยืดขยายเซลล์ แต่เมื่อธาตุอาหารพืชถูกเคลือบให้ติดไปกับเมล็ดที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน อาจมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตในส่วนราก และลำต้นโดยตรง เมื่อนำมาเพาะทดสอบทำให้การเจริญเติบโตในส่วนของราก และลำต้น ไม่มีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ แต่เมื่อพิจารณาความยาวของต้น

กล้าทั้งหมด (ลำต้น + ราก) แสดงให้เห็นว่า การเคลือบเมล็ดด้วย NH_4NO_3 อัตรา 35 กรัม/ลิตร (T12) มีความยาวต้นกล้าสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ ทั้งนี้หลังการเคลือบเมล็ดพบว่าต้นกล้าที่ผ่านการเคลือบเมล็ดถึงแม้จะมีความงอกไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มของการเจริญเติบโตของต้นกล้า (มีราก มีลำต้น และมีใบจริง) ที่สมบูรณ์มากขึ้นจากเดิม โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ได้รับอิทธิพลของธาตุไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนต่าง ๆ โดย NO_3^- ที่เมล็ดได้รับจากวิธีการเคลือบเมล็ด จะเข้าไปช่วยให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้นภายในเมล็ด ทำให้เมล็ดมีกระบวนการงอกและการเจริญเติบโตเร็วขึ้น อีกทั้งไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบของโปรโตพลาสซึมและผนังของเซลล์ พืชจะอยู่ในรูป NO_3^- พืชจะต้องรีดิวซ์ NO_3^- ให้เป็น NH_4^+ แล้วนำ NH_4^+ ไปใช้สร้างกรดอะมิโนต่อไป และมีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีน ส่งผลให้เซลล์มีการยืดขยายตัวได้เร็วขึ้น อีกทั้งยังสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการควบคุมการแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโตของลำต้น ใบ และราก (Davies, 2010) รวมถึงมีคุณสมบัติที่สามารถส่งเสริมการแบ่งเซลล์ของพืช การยืดยาวของลำต้น (Sun, 2011; Vera-Sirera et al., 2016) จากผลการทดลองดังกล่าวจะช่วยให้ต้นกล้าข้าวสาลีมีการเจริญเติบโตไวขึ้นและสามารถตั้งตัวได้ไวหาอาหารเองได้เร็วขึ้น และมีโอกาสที่จะเจริญเติบโตไปเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ได้เร็วขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ

การทดลองที่ 4 การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

1) ผลของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิ

1.1) ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ

จากผลการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงของความงอก ความเร็วในการงอก การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรก หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 6-10 เดือน เมล็ดที่เคลือบร่วมกับ $ZnSO_4$ 35 (T3), KH_2PO_4 15 (T4), $CaCl_2$ 25 (T5) และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) มีผลให้ความงอกยังคงสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากเมล็ดที่นำมาเคลือบนั้น เป็นเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับ KNO_3 ซึ่งเป็นการเตรียมความงอก เมื่อเมล็ดได้รับสารเคลือบที่เพิ่มธาตุอาหารพืชนั้น ยิ่งส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีสามารถงอกได้ดีขึ้น โดยธาตุอาหารพืชที่ถูกเคลือบร่วมกับเมล็ดสามารถช่วยกระตุ้นให้เมล็ดมีกิจกรรมทางชีวเคมีได้ดีเพิ่มขึ้น (Klarod et al., 2021) จึงช่วยให้เมล็ดที่แม้จะถูกเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ (4 °C) ยังคงสามารถงอกได้ดีแม้ผ่านการเก็บรักษานาน 10 เดือน โดยอิทธิพลที่ได้รับจาก

Zn มีบทบาทในการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ในปฏิกิริยาทางชีวเคมี ได้แก่ การสังเคราะห์แสง การสังเคราะห์โปรตีนและการสร้างน้ำตาลและมีส่วนในกระบวนการสังเคราะห์ทริฟโทเฟน (Tryptophan) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในกระบวนการสร้างออกซิน (Auxin) สอดคล้องกับ Rehman and Farooq (2016) รายงานว่าเมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีด้วยธาตุอาหารพืชสังกะสี (Zn) พบว่า สามารถปรับปรุงการงอก การเจริญเติบโตของต้นกล้า และผลผลิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีเพิ่มมากขึ้น (Caldelas and Weiss, 2017) ออกซินเป็นกลุ่มฮอร์โมนที่กระตุ้นการงอกของเมล็ด และจากการประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิ และอิทธิพลจากฟอสฟอรัสในรูปแบบของ $H_2PO_4^-$ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของฟอสเฟตเอสเตอร์ เช่น Suger phosphates มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหายใจ เป็นองค์ประกอบของ ATP, ADP Pi และ PPi มีบทบาทในกระบวนเมแทบอลิซึมของพลังงานภายในเซลล์ โปรโทพลาสซึม และผนังเซลล์ของพืช (ปิยะดา, 2540; สุมนทิพย์, 2542) ส่วนแคลเซียมทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โปรตีนคิเนส (photein kinase) และแอลฟา-อะไมเลส (α-amylase) ซึ่งโปรตีนคิเนสทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาฟอสฟอริเลชั่น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เพิ่มหมู่ฟอสฟอริล (phosphoryl group, - H_2PO_4) แก่โปรตีน ส่วนเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส มีหน้าที่ย่อยแป้งโดยเติมโมเลกุลของน้ำเข้าที่พันธะ α -1,4 ไกลโคซิดิก ทำให้โมเลกุลของแป้งถูกถอนให้สั้นลงเป็นโอลิโกแซกคาไรด์ (Oligosaccharides) หรือ เดกซ์ทริน ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนย้ายแป้งจากแหล่งสะสมไปยังส่วนอื่น ๆ ของพืช และช่วยย่อยแป้งในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดให้โมเลกุลเล็กลงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการงอก (Hanson, 1984) ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ข้าวสาลียังคงสามารถงอกได้ดี แม้ผ่านการเก็บรักษานานถึง 10 เดือน

ในการทดลองนี้ยังมีการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในสภาพเรือนทดลองอีกด้วย เนื่องจากเป็นสภาพที่มีความใกล้เคียงกับการนำเมล็ดพันธุ์ไปใช้ประโยชน์จริง จากผลการทดลองพบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารเคลือบ CMC เพียงอย่างเดียว (T2), $CaCl_2$ 25 (T5) และ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 2 – 6 เริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางทางเดียวกัน ส่งผลให้ความงอก ความเร็วในการงอกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 8 – 10 เดือน กลับพบว่าความงอกและความเร็วในการงอกกลับไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่นำมาเก็บรักษา มีคุณภาพเริ่มต้นสูง คือ มีความงอกสูง 99% ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่าเมล็ดมีความแข็งแรงสูง เมื่อเก็บรักษาและนำมาเพาะทดสอบในสภาพเรือนทดลองที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ จึงไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกและความเร็วในการงอกแตกต่างกัน

และเมื่อพิจารณาการโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดินของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 10 เดือน พบว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มของการโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากการเพิ่มธาตุอาหารพืชที่เป็นทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง ที่ช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นกลุ่มธาตุอาหารพืชที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับกระบวนการออสโมซิส และควบคุมความสมดุลของไอออน รวมทั้งกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในการย่อยสลายสารอาหารภายในเมล็ด และเอ็มบริโอที่ต้องการใช้ธาตุโพแทสเซียมเพื่อขยายขนาดของเซลล์ ใช้แมกนีเซียมในกระบวนการฟอสฟอริเลชันและการสังเคราะห์โปรตีน และฟอสฟอรัสที่มีบทบาทในการสังเคราะห์ลิปิดในเนื้อเยื่อ (ยงยุทธ, 2552)

1.2) การประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ

จากการตรวจสอบการเจริญเติบโตในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มทำให้ความยาวต้นสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากเมล็ดที่ผ่านการเคลือบเป็นการเตรียมสารอาหารที่เมล็ดต้องการใช้ในการเจริญเติบโต เมื่อเมล็ดเริ่มงอกนั้นสามารถดึงสารอาหารที่ติดมากับเมล็ดนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ต้นกล้าไม่ต้องหาอาหาร เพราะธาตุอาหารพืชที่ติดมากับสารเคลือบจะละลายอยู่บริเวณรอบรากและสามารถเจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะเมล็ดที่เคลือบร่วมกับ CMC 10 (T2), $ZnSO_4$ 35 (T3) และ KH_2PO_4 15 กรัม/ลิตร (T4) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 10 เดือน ส่งผลให้ความยาวต้นยังคงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการรายงานของ Singh (2007) ที่พบว่าเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเคลือบทางการค้า Teprosyn-ZnP หรือ TeprosynZn ซึ่งมีองค์ประกอบของ Zn เป็นผลทำให้การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของทานตะวัน ข้าวโพด ข้าวสาลี ถั่วเหลือง และถั่วลิสงเพิ่มขึ้น

และเมื่อตรวจสอบความยาวรากและความยาวต้นกล้า พบว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชมีแนวโน้มทำให้ความยาวรากและความยาวต้นกล้าข้าวสาลีสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ยกเว้นการเก็บรักษาในเดือนที่ 2, 6 และ 8 ที่ความยาวรากและความยาวต้นกล้าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เอาจเนื่องมาจากเมื่อพืชเริ่มงอกรากธาตุอาหารพืชที่ถูกเคลือบอยู่กับเมล็ดมีความเข้มข้นเพียงพอที่จะแพร่กระจายในรัศมีที่รากพืชสามารถดูดใช้ได้ ส่งผลให้การเจริญเติบโตดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ สอดคล้องกับการทดลองของ FERIT-TECH (2015) ที่รายงานว่าการให้ธาตุอาหารพืชจะช่วยให้รากของพืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้เร็วกว่า ต้นกล้าที่ได้มีการตั้งตัวได้เร็ว ทำให้มีการสังเคราะห์แสงได้เร็วกว่าต้นกล้าที่ไม่ได้เคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช เช่นเดียวกับ Hathcock et al. (1984) ที่พบว่าการใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

เคลือบเมล็ดพันธุ์ให้มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ทำการเคลือบปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

2) ผลของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ

2.1) ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ

จากผลการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิหลังผ่านการเก็บรักษา 10 เดือน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มส่งผลให้ความงอก ความเร็วในการงอก การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ซึ่งเมล็ดที่ผ่านการเคลือบนั้นได้รับอิทธิพลมาจากธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับสารเคลือบ กล่าวคือธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ในเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ที่มีบทบาทสำคัญต่อการกระตุ้นและควบคุมปฏิกิริยาต่าง ๆ ในกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ (Osuna et al., 2015) ส่วนธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลักในเอนไซม์ต่าง ๆ หลายชนิด ที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่อการงอกของเมล็ด (Yang, 2018) ของธาตุโพแทสเซียม มีความสำคัญต่อกระบวนการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ และเร่งปฏิกิริยาเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและการแตกตัวเคลื่อนย้ายของ starch ในเมล็ด และธาตุแคลเซียมมีบทบาทในการสร้าง Ca, pectate และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน ส่งเสริมให้เมล็ดดูด NO_3^-N อีกทั้งมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิด และทำให้โปรตีนใน mitochondria เกิดและเพิ่มขึ้น (Liu et al., 2011) เนื่องจากเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ อาจมีความชื้นเกิดขึ้น ซึ่งความชื้นของเมล็ดที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาจึงส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ เนื่องจากมีผลต่อกิจกรรมเมแทบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์ (Shewry and Stobart, 1993) ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์เกิดการเสื่อมของคุณภาพได้ง่ายกว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบ

จากการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง ซึ่งเป็นการทดสอบในสภาพปลูกจริง โดยไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธี ส่งผลให้ความงอก และความเร็วในการงอก ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีที่ทำการเพาะทดสอบในสภาพเรือนทดลองในเดือนที่ 2 พบว่าเปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดินต่ำกว่าปกติ เนื่องจากทำการเพาะทดสอบในเดือนเมษายน พ.ศ. 2563 มีสภาพอุณหภูมิที่สูงถึง 41 องศาเซียลเซส เป็นอุณหภูมิสูงสุด (Maximum temperature) ที่เมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีจะสามารถงอกได้ ซึ่งส่งผลให้อัตราการงอกและเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง (บุญมี, 2546) ซึ่งส่งผลให้การโผล่พ้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีลดลง

อย่างไรก็ตามเมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธี ส่งผลให้การโผล่พ้นดินสูงและความเร็วในการโผล่พ้นดินสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ แม้ผ่านการเก็บรักษานานถึง 10 เดือน เนื่องจากเมล็ดที่ถูกเคลือบด้วยแผ่นฟิล์มบาง ๆ สามารถช่วยป้องกันความชื้นภายนอก ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพ และช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (บุญมี และคณะ, 2553) แม้ผ่านการเก็บรักษานานถึง 10 เดือน ในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ เมล็ดพันธุ์ข้าวสาลียังคงคุณภาพดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2.2) การประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ

จากการประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับธาตุอาหารพืชหลังผ่านการเก็บรักษานานถึง 10 เดือน ส่งผลให้ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้า (ต้น + ราก) ยังคงสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับสารเคลือบเมล็ดมีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยการเคลือบเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช ได้รับอิทธิพลจาก Ca เนื่องจากมีส่วนช่วยในการยืดตัวของเซลล์ และควบคุมสมดุลไอออนบริเวณรอบ ๆ รากพืช ทำให้รากพืชเกิดการขยายเซลล์ อีกทั้งได้รับอิทธิพลจาก NH_4^+ จากการแตกตัวของ NH_4NO_3 มีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีนส่งผลให้เซลล์มีการขยายตัวได้เร็วขึ้น และสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อการควบคุมการแบ่งเซลล์ (Davies, 2010) และ NO_3^- ทำหน้าที่ในการกระตุ้นกิจกรรมของเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายรากแขนง (Crawford and Forde, 2002) สอดคล้องกับ Van Bruntand Sultenfuss (1998) รายงานว่าโพแทสเซียมสามารถช่วยในการยืดยาวและแผ่ขยายของรากพืชได้ จากการรายงานของ ภาณี และคณะ (2540) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เคลือบด้วย ZnSO4 ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก 98 % ซึ่งมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เคลือบตลอดอายุการเก็บรักษานาน 9 เดือน สอดคล้องกับรายงานของ ปิยะนุช และบุญมี (2551) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ผ่านการเคลือบสามารถรักษาระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ดีเมื่อเก็บรักษาเมล็ดในห้องที่ควบคุมสภาพแวดล้อม โดยเกือบทุกกรรมวิธีการเคลือบทำให้ความงอกของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์แม้เก็บรักษาไว้ในระยะเวลา 6 เดือน และสามารถเก็บรักษาไว้ในห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้เป็นระยะเวลา 4 เดือน

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีเพื่อตรวจสอบสารพฤกษเคมีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี

การทดลองที่ 1 ค้นหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

เมื่อตรวจสอบการไพรม์เมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการไพรม์เมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อการงอกรากแรก ความงอก ความเร็วในการงอก และดัชนีความแข็งแรง เนื่องด้วยการไพรม์เมล็ดพันธุ์เป็นการแช่เมล็ดในสารละลาย ซึ่งเมื่อนำสารอินทรีย์มาไพรม์เมล็ดที่ความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสม และไม่มีผลต่อการกระตุ้นการงอกและส่งเสริมการเจริญเติบโต แต่เมล็ดที่ไพรม์ร่วมกับ MMO_2 9 กรัม/ลิตร (T17) มีผลให้ความเร็วในการงอกรากแรก และดัชนีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ถึง 16.42 เปอร์เซ็นต์ เนื่องด้วยวิธีการไพรม์เมล็ดด้วยสารอินทรีย์ที่มีส่วนผสมของฮอร์โมนจากผลไม้สุกที่มีจิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน ซีเอติน โดยจุลินทรีย์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ที่สามารถสร้างจิบเบอริลลินที่ช่วยกระตุ้นการงอกของพืชได้ดี Gibberellins (GA) ซึ่ง GA สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกได้โดยการเพิ่มกรดอะมิโนในเอ็มบริโอและกระตุ้นเอนไซม์ในการย่อยสลายแป้งในเอนโดสเปิร์ม (Chakrabarti and Mukherji, 2003; Chauhan et al., 2009) จึงส่งผลให้เมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ MMO_2 ส่งผลให้ความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ ส่วนเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 16.5 กรัม/ลิตร (T26) มีผลให้เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อย แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรง สามารถงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ อีกทั้งอิทธิพลจากน้ำส้มควันไม้เป็นสารอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติของสารประกอบอะซีทิลโคเอนไซม์ (Acetyl coenzyme) ซึ่งสร้างขึ้นโดยพืชและจุลินทรีย์ที่ได้รับสารอาหารจากกรดน้ำส้ม ก็จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบต่าง ๆ มากมาย กระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีจุลินทรีย์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีส่วนผสมของฮอร์โมนจากผลไม้สุกที่ มีจิบเบอเรลิน ไซโตไคนิน ซีเอติน และมีส่วนผสมของ ไคโตซาน กรดซิลิกอน ช่วยให้พืชสมบูรณ์แข็งแรง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้มีกลไก ที่สำคัญคือสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช โดยการผลิตฮอร์โมนพืชหรือสนับสนุนให้พืชหาอาหาร และการดูดซึมจากดินผ่านกลไกต่าง ๆ มากขึ้น อีกทั้งจุลินทรีย์เหล่านี้ยังสามารถตรึงไนโตรเจนในบรรยากาศ (Lakshminarayana et al., 1992) กระตุ้นการละลายของฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ (Kundu and Gaur, 1980) การสังเคราะห์สารประกอบธาตุเหล็ก (Glick et al., 2007) การผลิตกรดอินทรีย์กรดอะมิโน (IAA) ซึ่งช่วยเพิ่มการเจริญของราก และลำต้น ของต้นกล้าพืช (Otieno et al., 2015)

จากการประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการไพรม์ร่วมกับสารอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยความยาวต้นของเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบสูงกว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี ซึ่งเป็นผลมาจากชนิดของสารอินทรีย์และความเข้มข้นที่นำมาไพรม์ไม่เหมาะสม โดยความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพที่ความเข้มข้นสูงเกินไปไม่มีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี ส่วนการไพรม์เมล็ดร่วมกับ MMO_1 5.5 กรัม/ลิตร (T12) กลับมีผลให้ความยาวรากสูงที่สุด และมีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรม์ โดยการไพรม์เมล็ดร่วมกับ MMO_1 ที่ความเข้มข้นเหมาะสม ส่งผลให้หัวเชื้อจุลินทรีย์ในที่มีคุณสมบัติสามารถสังเคราะห์ phytohormone ที่เป็นกรดอินทรีย์สำคัญ คือ indolo-3-acetic acid (IAA) ที่มีส่วนสำคัญต่อการแบ่งเซลล์และการขยายเซลล์ราก อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความยาวของรากและพื้นที่ผิว เพื่อให้รากสามารถดูดซึมน้ำและสารอาหารได้มากขึ้น

การทดลองที่ 2 ศึกษาหาคุณสมบัติชนิดและอัตราของสารเคลือบอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

1) ศึกษาคุณสมบัติของสารเคลือบอินทรีย์

จากการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของสารเคลือบ 2 ชนิดได้แก่กัมอารบิก และ เจลลาตินที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 20 และ 30 กรัม/ลิตร เมื่อตรวจสอบน้ำหนักแผ่นฟิล์มพบว่าสารเคลือบกัมอารบิก 30 กรัม/ลิตร มีน้ำหนักแผ่นฟิล์มสูงที่สุด โดยพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะมีน้ำหนักและความแข็งแรงของแผ่นฟิล์มมากกว่าพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ อีกทั้งพอลิเมอร์ชนิดเดียวกัน เมื่อระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นน้ำหนักแผ่นฟิล์มก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (สุวารี, 2551) เมื่อตรวจสอบความหนืดพบว่าสารเคลือบกัมอารบิก 30 กรัม/ลิตร มีค่าสูงอยู่ที่ 8.19 เซ็นติพอยส์มากกว่าสารเคลือบอื่น ๆ และสารเคลือบกเจลลาติน 10 กรัม/ลิตร มีการค่าละลายของฟิล์มอยู่ที่ 18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถละลายไวกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เนื่องจากเจลลาตินเป็นแหล่งที่มาที่ได้จากโปรตีนสัตว์ ซึ่งเป็นโปรตีนจากธรรมชาติ ไม่มีความพิษต่อเมล็ดพันธุ์และมีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้เร็ว ส่วนความกรด - ด่างของสารเคลือบในแต่ละกรรมวิธี กลับไม่มีความแตกต่างกัน จากการค้นหาชนิดและความเข้มข้นของสารเคลือบอินทรีย์ที่เหมาะสม พบว่าสารเคลือบทุกกรรมวิธีมีความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในช่วง 7 – 8 สอดคล้องกับ อรอนงค์ (2548) กล่าวว่าค่าความเป็นกรด – ด่างของสารเคลือบที่เหมาะสมในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ควรอยู่ในช่วง 6.0 – 8.0 จึงส่งผลให้ความเป็นกรด – ด่างของสารเคลือบอินทรีย์ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

2) ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารเคลือบอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

จากการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ 2 ชนิด คือ กัมอารบิก และเจลลาติน ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยสารเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบต้องไม่ทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ลดลง และควรมีคุณสมบัติในการควบคุมการแลกเปลี่ยนออกซิเจนและความชื้น อีกทั้งสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตให้กับเมล็ดพันธุ์ จากการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังผ่านการเคลือบ พบว่าการงอกราก ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอก ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เนื่องจากกัมอารบิก และเจลลาติน ถูกนำมาเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ โดยใช้ความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสมกับเมล็ด ซึ่งทำให้ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ ส่วนสารเคลือบกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรก สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เนื่องจากกัมอารบิกที่ความเข้มข้น 20 กรัม/ลิตร เป็นความเข้มข้นที่เพียงพอดสำหรับการส่งเสริมการงอกรากของเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งอิทธิพลของสารเคลือบกัมอารบิกเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่เป็นกลาง หรืออยู่ในรูปเกลือของกรดอ่อนที่มีแคลเซียม แมกนีเซียมและโพแทสเซียม สามารถละลายน้ำได้ดีเป็นสารละลายใส ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ (Ribeiro et al., 2007) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ด และไม่มีขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์

จากการประเมินการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบร่วมกับสารเคลือบอินทรีย์ พบว่าสารเคลือบกัมอารบิก 20 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความยาวต้น และความยาวต้นกล้าสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากกัมอารบิกมีปริมาณของธาตุ Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} มีความเข้มข้นสูงเป็นพิเศษ (Nasir et al., 2008) โดยธาตุแมกนีเซียมที่เป็นองค์ประกอบของคลอโลฟิลล์ในใบพืช จึงส่งผลให้มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีน มีบทบาทในการสังเคราะห์สารอาหารและส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดีมากยิ่งขึ้น (ยงยุทธ, 2552)

การทดลองที่ 3 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

จากการคัดเลือกสารเคลือบที่เหมาะสมมาเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิก 20 (T2), ปุ๋ยปลาฟิต 15 (T8), น้ำหมักมูลไส้เดือน 5, 15 (T9, T11) และ น้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร (T12) ทำให้การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก ความเร็วในการงอก และ ดัชนีความงอก สูง และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยบทบาทของสารอินทรีย์แต่ละชนิดมีส่วนในการกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งเมื่อนำมาเคลือบร่วมกับสารเคลือบที่มีความเหมาะสมและไม่ขัดขวางต่อการงอกของเมล็ดยิ่งส่งเสริมการเจริญติบโตของเมล็ดพันธุ์ได้ดี ซึ่งอิทธิพล

จากปุ๋ยปลามีค่าธาตุไนโตรเจนสูงถึงร้อยละ 0.98 โดยไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ในเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ และมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นและควบคุมปฏิกิริยาต่าง ๆ ในกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ (Osuna et al., 2015) ส่วนน้ำหมักมูลไส้เดือนยังมีสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น Indole acetic acid (IAA) ซึ่งจะส่งสัญญาณควบคุมกิจกรรมระหว่างการเจริญเติบโตและการงอก (Miransari and Smith, 2014) อย่างไรก็ตามน้ำส้มควันไม้ มีส่วนผสมของผลไม้สุกที่มีฮอร์โมน Gibberellins (GA) ช่วยเพิ่มคุณภาพความงอกของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืชโดย GA มีบทบาทสำคัญต่อการทำลายการพักตัวของเมล็ด การขยายตัวของเซลล์เอมบริโอ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดเพื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ด (Hentrich et al., 2013; Iglesias and Babiano, 1997; Liu et al., 2005) อิทธิพลของสารอินทรีย์แต่ละชนิดจึงมีความสำคัญต่อการส่งเสริมการงอกของเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากฮอร์โมน Gibberellins (GA) ที่ได้จากน้ำส้มควันไม้สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกได้โดยการเพิ่มกรดอะมิโนในเอ็มบริโอและกระตุ้นเอนไซม์ในการย่อยสลายแป้งในเอนโดสเปิร์ม (Chakraborti and Mukherji, 2003; Chauhan et al., 2009) จึงส่งผลให้ใช้เวลาในการงอกน้อยกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มส่งผลให้เจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีสูงขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เนื่องจากในสารอินทรีย์มีธาตุอาหารพืช ฮอร์โมนพืช และองค์ประกอบที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชได้

ส่วนการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารอินทรีย์ในทุกกรรมวิธี เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง พบว่าส่งผลต่อการโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่กลับส่งผลต่อความงอกและความเร็วในการงอกสูงกว่าและมีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากสารอินทรีย์แต่ละชนิดมีจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการกระตุ้นการงอกได้ โดยฮอร์โมนที่มีบทบาทต่อในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดมีการแนะนำให้ใช้ฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน เช่น Indole-3-butyric acid (IBA) เป็นฮอร์โมนที่มีบทบาทในการควบคุมการพัฒนาของต้นอ่อนของพืช โดยที่ IBA จะช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้นต้นอ่อนจะมีการพัฒนาได้เร็ว (Scarbrough and Thompson, 2004) จากการตรวจสอบการเจริญเติบโตพบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับปุ๋ยปลาฟิต 10 กรัม/ลิตร (T7) มีผลให้ความยาวต้นสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากในปุ๋ยปลามีฮอร์โมนกลุ่มออกซิน ประกอบอยู่ ระดับ 4.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (อานัฐ, 2556) โดยฮอร์โมนกลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญเพื่อการกระตุ้นการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช เพราะมีผลเกี่ยวกับการเจริญของลำต้นและราก เช่น Indole-3-butyric acid (IBA) เป็นฮอร์โมนที่มีการควบคุมการพัฒนาของต้นอ่อนของพืช (Scarbrough and Thompson, 2004) แต่การเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อความยาวราก ความยาวต้นกล้า และน้ำหนักสดต้น ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนการเคลือบร่วมกับไคโตซาน 10 กรัม/ลิตร (T5) ส่งผลให้น้ำหนักแห้งต้นสูงกว่าและมีความแตกต่างกับ

เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ นอกจากการวิธีเคลือบเมล็ดพันธุ์และชนิดของสารอินทรีย์ อีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญคือความเข้มข้นของ สารอินทรีย์ที่นำมาเคลือบ เมื่อความเข้มข้นสูงเกินไปอาจมีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งส่งผลการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำหนักของพืชไม่มีความแตกต่างกัน

การทดลองที่ 4 การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

1) ผลของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิ

1.1) ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ

จากผลการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 เดือน ส่งผลให้ความงอก ความเร็วในการงอก และการงอกรากแรก มีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตามเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีไม่ส่งผลต่อความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี ยกเว้นในเดือนที่ 1 และ 10 พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร ส่งผลให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ แต่การเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี กลับไม่มีผลต่อความเร็วในการงอกรากแรกตลอดอายุการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

เนื่องจากสารอินทรีย์ที่นำมาเคลือบประกอบไปด้วยฮอร์โมนพืชที่มีส่วนช่วยในการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ภายในเมล็ด ช่วยกระตุ้นกระบวนการเมแทบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่การแบ่งเซลล์ และขยายขนาดจนรากแทงทะลุเมล็ด จากการรายงานของ Scarbrough and Thompson (2004) กล่าวว่าฮอร์โมน IBA สามารถช่วยพัฒนาเอ็มบริโอทำให้เมล็ดพันธุ์สามารถงอกได้เร็วขึ้น จึงส่งผลให้เมล็ดที่ผ่านการเคลือบ แม้ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ยังคงสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ โดยเฉพาะในน้ำหมักมูลไส้เดือน มีธาตุอาหารในปริมาณที่เจือจางและมีจุลินทรีย์และฮอร์โมนพืชที่เป็นประโยชน์หลากหลายชนิด (อาณัฐ, 2550) และเมื่อพิจารณาการทดสอบความแข็งแรงในสภาพเรือนทดลอง พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 4 และ 5 เดือน พบว่าการโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดินไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบดับเมล็ดที่ไม่ผ่านการ

เคลือบ อย่างไรก็ตามเมื่อผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 6 กลับพบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ส่งผลให้การโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่ดินสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

1.2) การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ

จากการประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี ไม่มีผลต่อความยาวต้นของข้าวสาลี แต่ในการเจริญเติบโตของรากพบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 5 เดือน ส่งผลให้ความยาวรากและความยาวต้นกล้า (ต้น + ราก) ยังคงสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากในน้ำหมักมูลไส้เดือนประกอบไปด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น Indole acetic acid (IAA), Gibberellins และ Cytokinin โดยเฉพาะ Cytokinin ที่มีมีผลต่อการพัฒนาของเอ็มบริโอ ขนาดของเมล็ด และการเจริญเติบโตของราก (Heyl et al., 2012) ซึ่งการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารอินทรีย์ที่มีสารเร่งการเจริญเติบโตในกลุ่มของฮอร์โมนพืชมีการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี โดย Qing (2006) ได้รายงานว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวาร่วมกับฮอร์โมน Gibberellic (GA_3), 6-benzylaminopurine (6-BA) และ 2,4-dichlorophenoxyacetic (2,4-D) พบว่าอัตราความเข้มข้นของ GA_3 อัตรา 193 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้น้ำหนักแห้งรากสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2) ผลของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ

2.1) ความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ

จากผลการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 ส่งผลให้ความงอก ความเร็วในการงอก การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกยังคงสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ โดยปกติแล้วเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวแล้วนำมาเก็บรักษาในสภาพที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมินั้น ความแข็งแรงของเมล็ดจะค่อย ๆ ลดลง และความเสื่อมคุณภาพจึงค่อย ๆ เพิ่มขึ้น แต่เนื่องด้วยเมล็ดที่ผ่านการเคลือบทำให้เมล็ดได้รับความชื้นจากภายนอกน้อยลง และยังสามารถช่วยชะลอความเสื่อมคุณภาพได้ อีกทั้งการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในการช่วยส่งเสริมการงอกและเจริญเติบโตของพืชได้ จึงส่งผลให้เมล็ดที่ผ่านการเคลือบยังคงคุณภาพความงอกได้สูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธีส่งผลให้การโผล่พ้นดินและความเร็วในการ

โผล่พ้นดินยังคงสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบกัมอารบิกที่มีคุณสมบัติเหมาะสมและไม่ขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ด อีกทั้งอิทธิพลจากฮอร์โมนพืชจากปุ๋ยปลาที่ Gibberellic (GA_3) สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกได้โดยการเพิ่มกรดอะมิโนในเอมบริโอและกระตุ้นเอนไซม์ในการย่อยสลายแป้งในเอนโดสเปิร์ม (Chakraborti and Mukherji, 2003; Chauhan et al., 2009) เนื่องจากการเคลือบเมล็ดสามารถช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ อีกทั้งอิทธิพลจาก Indole-3-butyric acid (IBA) เป็นฮอร์โมนที่มีบทบาทในการควบคุมการพัฒนาของต้นอ่อนของพืช โดยที่ IBA จะช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้นต้นอ่อนจะมีการพัฒนาได้เร็ว (Scarbrough and Thompson, 2004) และการใช้ GA_3 จะสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากได้ในพืชบางชนิด (Evans, 1984; Feldman, 1984; Goodwin, 1978; Scott, 2003; Torrey, 1950) แม้ผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิความเร็วในการงอกรากแรกยังงคงสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2.2) การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิ

จากการประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง แสดงให้เห็นว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ในทุกกรรมวิธีหลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้ว 5 เดือน ส่งผลให้ความยาวต้นสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากสารอินทรีย์ยังมีสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น Indole acetic acid (IAA), Gibberellins และ Cytokinin ซึ่งฮอร์โมนพืชเหล่านี้ช่วยเสริมสร้างและช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช และนอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นจำนวนมาก (PGRs) ที่ช่วยส่งผลให้พืชได้รับธาตุอาหาร และส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโต โดยฮอร์โมน IAA และ GA_3 จะส่งสัญญาณควบคุมกิจกรรมระหว่างการเจริญเติบโตและการงอกในระหว่างการตั้งตัวของต้นกล้า (Miransari and Smith, 2014) ซึ่งช่วยให้เซลล์สามารถขยายขนาดได้ และการงอกของรากให้โผล่พ้นเปลือกหุ้มได้เร็ว (Salisbury and Ross, 1992) โดยการใช้ GA_3 ที่ความเข้มข้นสูงจะทำให้เมล็ดสามารถงอกได้มากขึ้น (Carr et al., 1964; Crozier and Reid, 1971; Murakami, 1968; Prochazka, 1981) นอกจากนี้ในน้ำหมักมูลไส้เดือนยังมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นจำนวนมาก (PGRs) ที่ช่วยส่งผลให้พืชได้รับธาตุอาหารและส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโต (Atiyeh et al., 2001; อานัฐ, 2550) สอดคล้องกับ Maku et al. (2014) พบว่า ต้นกล้า Tetrapleura tetraptera (Thaub) เมื่อได้รับฮอร์โมน IAA ความเข้มข้น 0.02 กรัม/มิลลิลิตร มีผลต่อการยืดขยายของลำต้นดีมากกว่าต้นกล้าที่ไม่ได้รับฮอร์โมน อีกทั้ง IAA ยังมี บทบาทช่วยกระตุ้นการพัฒนารากแขนง และการยืด ตัวของรากแขนงเพิ่มมากขึ้น (Blakely et al., 1982; Muday and Haworth, 1994; Torrey, 1950)

3) คุณภาพสารพฤกษเคมีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารอินทรีย์ที่ชนิดและอัตราแตกต่างกัน

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีในน้ำคั้นอ่อนข้าวสาลีในช่วงอายุ 7 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นอ่อนข้าวสาลีมีสารอาหารสมบูรณ์ที่สุด จากการตรวจสอบวัดปริมาณวิตามินซีน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าปริมาณของวิตามินซีค่อย ๆ ลดลง เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน แต่เมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 4 และ 5 พบว่ามีให้ปริมาณวิตามินซีมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากในน้ำหมักมูลไส้เดือน มีฮอร์โมน GA_3 ซึ่งมีผลในกระตุ้นการกระตุ้นของเอนไซม์หลายชนิด เพื่อควบคุมการแบ่งเซลล์ และกระตุ้นการเจริญเติบโต ของลำต้น ขนาดของใบ และขนาดของรากในต้นกล้า (Davies, 2010) จึงส่งผลให้ต้นกล้าข้าวสาลีสามรถเจริญเติบโตได้เต็มที่ ส่วนค่าความหวาน (%) Brix น้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำส้มควันไม้ 5 กรัม/ลิตร (T5), น้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร (T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 6 ส่งผลให้ค่าความหวานยังคงสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อวัดปริมาณน้ำคั้นของต้นอ่อนข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิกและสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี (T2-T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 5 และ 6 ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาเมล็ดที่เคลือบร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร หลังผ่านการเก็บในเดือนที่ 4 และ 5 ส่งผลให้ปริมาณน้ำคั้นต้นอ้อนข้าวสาลีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และจากการตรวจสอบการวัดปริมาณคลอโรฟิลเอและบีของน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีที่เคลือบร่วมกับสารอินทรีย์หลังผ่านการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าเมล็ดที่เคลือบร่วมกับกัมอารบิกและสารอินทรีย์ทุกกรรมวิธี (T2-T6) ที่เก็บรักษาในเดือนที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ เนื่องจากเมล็ดที่นำมาเก็บรักษามีคุณภาพความงอกสูง เมื่อนำมาเคลือบร่วมกับสารอินทรีย์ จึงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า เมื่อนำมาคั้นน้ำปริมาณของน้ำคั้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ได้ จึงไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ถึงแม้ผ่านการเก็บรักษานานถึง 6 เดือน

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาหาชนิดและอัตราของธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบเมล็ดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

1.1 สูตรการไพรม์เมล็ดพันธุ์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ คือ KNO_3 ที่ความเข้มข้น 40 กรัม/ลิตร ส่งผลต่อความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของข้าวสาลี

1.2 สูตรสารเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ Carboxyl methyl cellulose (CMC) ที่ความเข้มข้น 30 กรัม/ลิตร มีความหนืดที่เหมาะสม และละลายน้ำได้ไว ไม่ขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี

1.3 สูตรการไพรม์และเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ดีที่สุด คือ NH_4NO_3 35 กรัม/ลิตร (T6) ส่งผลให้ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน) และความเร็วในการโผล่พ้นดิน หลังผ่านการเก็บรักษานาน 10 เดือน เป็นสูตรการเคลือบที่แนะนำให้แก่เกษตรสำหรับการเคลือบเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี และยังคงคุณภาพที่ดีไว้ได้

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาหาชนิดและอัตราของสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์และเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี สำหรับการผลิตน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลี (Wheatgrass)

2.1 สารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการไพรม์ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ หัวเชื้อจุลินทรีย์ MMO_2 ที่ความเข้มข้น 5.5 กรัม/ลิตร ส่งผลให้ความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ เมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2.2 สูตรสารเคลือบที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี คือ กัมอารบิก ที่ความเข้มข้น 20 กรัม/ลิตร มีความหนืดที่เหมาะสม และความเป็นกรด – ด่าง อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเคลือบเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งสามารถส่งเสริมความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลี

2.3 การเคลือบเมล็ดร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือน 5 กรัม/ลิตร เป็นสูตรการเคลือบเมล็ดร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่ดีที่สุด สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีที่สุด ทำให้ความงอก ความแข็ง และทำให้การเจริญเติบโตของต้ากล้าข้าวสาลีสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และทำให้ปริมาณวิตามินซี ค่าความหวานในน้ำคั้น และปริมาณน้ำคั้นต้นอ่อนข้าวสาลีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาปริมาณของธาตุอาหารพืชและสารอินทรีย์ในต้นกล้าข้าวสาลีหลังผ่านไพรม์และเคลือบ

2. ควรมีการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เพื่อศึกษาคุณภาพและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวสาลีในนานยิ่งขึ้น

3. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพาะทดสอบต้นอ่อนข้าวสาลี โดยเพิ่มการประเมินลักษณะทางพฤกษเคมี และเน้นการศึกษาสารอาหารที่สำคัญเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปบริโภคได้อย่างปลอดภัย

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กนกพร อะทะวงษา. 2555. **วีทกราสน้ำคั้นจากต้นอ่อนข้าวสาลี**. มหาวิทยาลัยมหิดล คณะเภสัชศาสตร์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/thai/knowledgeinfo.Phpid125 (20 กรกฎาคม 2565).

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. **การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์.** กรุงเทพฯ: กลุ่มหนังสือเกษตร.

จักรพงษ์ กางโสภา. 2562. การเคลือบเมล็ดพันธุ์. **วารสารผลิตกรรมการเกษตร**, 1(2), 63-76.

_____. 2563. วัสดุประสานสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์. **วารสารแก่นเกษตร**, 48(1), 119-130.

จักรพงษ์ กางโสภา, เบญจมัย เหมืองทอง, เพชรรัตน์ จี้เพชร, สุรีมาศ จันต๊ะอินทร์ และ พีรพันธ์ ทองเปลว. 2563. ผลของการไพรม์เมล็ดด้วย KNO_3 ร่วมกับการเคลือบเมล็ดต่อความงอกการเจริญเติบโตของต้นกล้าและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. **วารสารผลิตกรรมการเกษตร**, 2(2), 15-30.

ชณิตรา โพธิคเวษฐ์, ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ภาณุมาศ ฤทธิไชย. 2553. ผลของการทำ priming ต่อ คุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวา. **ว. วิทย์. กษ.**, 41, 405-408.

ดุษฎี อุตภาพ และ น้องนุช เจริญกุล. 2555. **สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรท-ไฮโดรคอลลอยด์และการ ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม**. เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรท (Carbohydrate Technology), สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวเคมี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearning/Courseware/BCT611/chapter4.html (30 ธันวาคม 2565).

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2547. **การจัดทำระบบควบคุมคุณภาพ**. กรุงเทพฯ: สำนักขยายพันธุ์พืช กรมส่งเสริมการเกษตร.

ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน. 2543. การใช้ประโยชน์จากข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์. น. 138-142. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการธัญพืชเมืองหนาวแห่งชาติครั้งที่ 20. 10-12 มกราคม 2543 ณ โรงแรมเวียงอินทร์จังหวัดเชียงราย.

นนทิภา เสรีสงแสง, วิษฐิดา จันทราพรชัย, เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และ มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์. 2552. การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ่อนข้าวงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1.

น. 776-783. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นภาพร เวชกามา และ พีระยศ แข็งขัน 2561. การปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ด้วยเทคนิค Seed priming. **วารสารเกษตรพระวรุณ**, 1, 17-30.

บุญมี ศิริ. 2546. **วิทยาการเมล็ดพันธุ์**. ขอนแก่น: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

_____. 2558. **การปรับปรุงสภาพและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์**. ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

บุญมี ศิริ, ปราณี แก้วเมืองกลาง และ วิทวัส วรพันธรรมกุล. 2555. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วยธาตุอาหารพืชต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. **แก่นเกษตร**, 40(ฉบับพิเศษ), 171-176.

บุญมี ศิริ, ผดุงขวัญ จิตโรภาส และ สุวารี ก่อเกษตรวิศว์. 2553. ผลของสารก่อฟิล์มที่มีต่อคุณลักษณะของการเคลือบและเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด. **แก่นเกษตร**, 38(28-39.

ประนอม ศรัยสวัสดิ์. 2547. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.seed.or.th/SeedNews/ (20 ธันวาคม 2565).

ปราโมทย์ ทิพย์ดวงตา. 2534. **ยาเม็ดเคลือบฟิล์ม**. เชียงใหม่: ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปรียา แก้วนารี, คณิต วิชิตพันธุ์, สุกานดา วิชิตพันธุ์, ปรีกมล กลั่นฤทธิ์ และ บุญมี ศิริ. 2550. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความงอกและการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลท์จากเมล็ดพริกหวานที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดโดยวิธีไพรมมิ่ง. **ว. วิทย์. กษ.**, 38(5 พิเศษ), 156-159.

ปิยะดา ธีรกุล. 2540. **ธาตุอาหารพืชสรีรวิทยาของพืช**. ขอนแก่น: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น.

ปิยะนุช เทียงดีฤทธิ์ และ บุญมี ศิริ. 2551. ผลของวิธีการเคลือบและสารเคลือบเมล็ดต่อคุณภาพและการป้องกันโรคราน้ำค้างของข้าวโพดหวานพิเศษ. **ว.วิทย์.กษ.**, 39(3), 242-245.

พจนา สีขาว และ บุญมี ศิริ. 2550. ผลของการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่มีคุณภาพต่างกันโดยวิธีการทำ seed priming. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 38(5 พิเศษ), 168-172.

พิทยา สรวมศิริ. 2554. **ธาตุอาหารในการผลิตพืชสวน**. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิสิทธิ์ สุทธิอารมณ์ และ ภารุณี ถนอมเกียรติ. 2535. **Tablet Coating**. กรุงเทพฯ: แผนกวิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

พีระยศ แข็งขัน, บุญมี ศิริ, เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร และ ปริญดา ศรีวิเศษ. 2544. การใช้สารเคมีเพื่อชะลอและปรับปรุงการเสื่อมคุณสภาพของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 32(183-193.

เพียรกิจ แดงประเสริฐ. 2530. **ยาเม็ด**. ขอนแก่น: ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไพศอล หะยีสา และ ดนัย นุณยเกียรติ. 2546. ผลของอุณหภูมิสูงต่อการลดอาหารสะท้านหนาวของผลลำไยพันธุ์ดอ. **วารสารเกษตร**, 19(2), 107-115.

ภาณี ทองพำนัก, วุฒิชัย ทองดอนแอ, ประภาส ประเสริฐสูงเนิน, กนิษฐา สังคะหะ & ญาณี มั่นอ้น. 2540. การเคลือบและการพอกเมล็ดพันธุ์พืชและการใช้ประโยชน์. ใน **รายงานผลการวิจัยประจำปี ทุนอุดหนุนวิจัยปี 2540**. กรุงเทพฯ: ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ภารดี แซ่อึ้ง และ สุพรรษา มีกลิ่นหอม. 2563. ผลของการแช่น้ำหมักชีวภาพต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี**, 8(1), 49-59.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2558. **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนา รุจิรวนิช. 2544. การผลิตไคตินไคโตซาน. น. 1-10. ใน **การประชุมเชิงปฏิบัติการไคตินและไคโตซาน จากวัตถุดิบธรรมชาติการประยุกต์ใช้**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัลลภ สันติประภา. 2540. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายสุดา โยวราช. 2557. **คุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการเคลือบร่วมกับฮอร์โมนพืช.** ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุมนทิพย์ บุนนาค. 2542. **ธาตุอาหารพืชและการลำเลียงสรีรวิทยาเบื้องต้นของพืช**. ขอนแก่น: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวารี ก่อเกษตรวิศว์. 2551. **ผลของการเคลือบที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรอนงค์ กิตติพงษ์พัฒนา. 2548. **สารเคลือบ: เอกสารคำสอน ระดับปริญญาตรี กระบวนวิชาสารช่วยสำหรับรูปแบบยาเตรียมของแข็ง**. เชียงใหม่: สายวิชาวิทยาเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรอนงค์ โพธิ์แป้น. 2552. **คุณลักษณะทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมีของผลิตที่เกิดขึ้น ตลอดการผลิตทั้งในรูปของแข็งและของเหลวจากการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน**. โครงงานนักศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยสงขลา.

อัษฎาวุธ แสงนภาเพ็ญ. 2542. **การสกัดไคโตซานจากกากเซลล์จุลินทรีย์ในอุตสาหกรรม (กรดซิตริก)**. ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าลาดกระบัง.

อานัฐ ตันโช. 2550. **ไส้เดือนดิน (Earthworms)**. ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

_____. 2556. **เกษตรธรรมชาติประยุกต์แนวคิดหลักการเทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย**. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์ทรีโอแอดเวอร์ไทซิ่ง แอนด์มีเดีย.

Abdul-Baki, A. A. & Anderson, J. D. 1973. Vigor determination in Soybean seed by multiple criteria. **Crop Science** 13, 630-633.

Almeida, C. d., Rocha, C. D. R. & Razera, L. F. 2005. **Polymer coating, germination and vigor of broccoli seed**. [Online]. Available http://www.scielo.br/scielo.php (30 December 2022).

Anosheh, H. P., Sadeghi, H. & Emam, Y. 2011. Chemical priming with urea and KNO3 enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, 14(4), 289-295.

AOSA. 1983. **Seed vigor testing Handbook**. New York: Association of official Seed Analysis.

Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D. & Lucht, C. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. **Pedobiologia**, 49, 297–306.

Atici, Ö., Ağar, G. & Battal, P. 2005. Changes in phytohormone contents in chickpea seeds germinating under lead or zinc stress. **Biologia Plantarum**, 49(2), 215-222.

Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Subler, S. & Metzger, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. **Bioresource Technology**, 78(1), 11-20.

Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F. & Come, D. 1997. Changes in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds during accelerated aging and subsequent priming. pp. 665-672. In **Basic and Applied Aspects of Seed Biology**. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Basra, S., Farooq, M., Tabassum, R. & Ahmad, N. 2005. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing seed treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). **Seed Science and Technology**, 33(3), 623-628.

Bays, R., Baudet, L., Henning, A. A. & Lucca, F. O. 2007. Soybean seed coating with micronutrients, fungicide and polymer. **Revista Brasileira de Sementes**, 29(2), 60-67.

Ben-Arye, E., Goldin, E., Wengrower, D., Stamper, A., Kohn, R. & Berry, E. 2002. Wheat grass juice in the treatment of active distal ulcerative colitis: a randomized double-blind placebo-controlled trial. **Scand J Gastroenterol**, 37(4), 444-449.

Bewley, D. D. & Black, M. 1982. **Physiology and Biochemistry of Seed in Relation to Germination Vol.** 2. **Seed Viability, Dormancy and Environmental Control**. New York: Springer-Verlay.

_____. 1985. **Seed: Physiology of development and germination**. New York and London: Plenum Press.

Blakely, L. M., Durham, M., Evans, T. A. & Blakely, R. M. 1982. Experimental Studies on Lateral Root Formation in Radish Seedling Roots. I. General Methods, Developmental Stages, and Spontaneous Formation of Laterals. **Botanical Gazette**, 143(3), 341-352.

Bose, J., Babourina, O. & Rengel, Z. 2011. Role of magnesium in alleviation of aluminium toxicity in plants. **Journal of Experimental Botany Advance Access published January**, 62(7), 2251-2264.

Bradford, K. J. 1986. Manipulation of Seed Water Relations Via Osmotic Priming to Improve Germination Under Stress Conditions. **HortScience**, 21(5), 1105-1112.

Bray, C. M. 2015. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. **Seed development and germination**, 767-789.

Bray, C. M., Davison, P. A., Ashraf, M. & Taylor, R. M. 1989. Biochemical changes during priming of leek seeds. **Annals of Botany**, 63, 185-193.

Caldelas, C. & Weiss, D. J. 2017. Zinc Homeostasis and isotopic fractionation in plants: a review. **Plant and Soil**, 411(1), 17-46.

Calzuola, L., Marsili, V. & Glanfranceschi, G. L. 2004. Zinc Homeostasis and isotopic fractionation in plants: a review. **Plant and Soil**, 411(1), 17-46.

Carr, D. J., Reid, D. M. & Skene, K. G. M. 1964. The supply of gibberellins from the root to the shoot. **Plania**, 63, 382-392.

Chaimongkon, O., Sompamitra, C., Sawadeemit, C., Vearasilp, S. & Thanapornpoonpong, S. 2011. Effect of seed coating mixtures of urea and polyethylene glycol on the quality of sweet corn seedlings. **Agricultural Science Journal**, 42(3 Suppl), 385-388.

Chakrabarti, N. & Mukherji, S. 2003. Effect of Phytohormone Pretreatment on Nitrogen Metabolism in Vigna radiata Under Salt Stress. **Biologia Plantarum**, 46(1), 63-66.

Chauhan, J., Chauhan, J. S., Tomar, Y. K., Badoni, A., I., S. N. & Seema, A. 2009. Morphology, germination and early seedling growth in (*Phaseolus mungo* L.) with reference to the influence of various plant growth substances. **Journal of American Science**, 6, 34-41.

Chérel, I., Lefoulon, C., Boeglin, M. & Sentenac, H. 2014. Molecular mechanisms involved in plant adaptation to low K+ availability. **Journal of Experimental Botany**, 65(3), 833-848.

Choudhary, V. K., Kumari, S., Chaurasia, A. K., Naseem, M., Gupta, A. & Maiti, R. K. 2008. Effect of priming and ageing on seed quality parameters of chilli (*Capsicum annuum*). **Agric. Environ. & Biotech**, 1(3), 111-116.

Copeland, L. O. & McDonald, M. B. 2001. **Principles of Seed Science and Technology**. Norwell, Massachusetrs: Kluwer Academic Publisher.

Crawford, N. M. & Forde, B. G. 2002. **Molecular & Developmental Biology of Inorganic Nitrogen Nutrition: The Arabidopsis Book**. American Society of Plant Biologists.

Crozier, A. & Reid, D. M. 1971. Do roots synthesize gibberellins? **Canadian Journal of Botany**, 49(6), 967-975.

Davies, P. J. 2010. Plant hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action, Springer Dordrecht Heidelberg London. **American Journal of Plant Sciences**, 5, 20.

Dell Aquilla, A. & Tritto, V. 1990. Ageing and osmotic priming in wheat seeds: Effects upon certain components of seed quality. **Annals and Botany**, 65(1), 21-26.

Delouche, J. C. & Baskins, C. C. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Sci. and Technol**, 1, 427-452.

Dezfuli, P. M., Sharif-zadeh, F. & Janmohammadi, M. 2008. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*zea mays* L.). **Journal of agricultural and biological science**, 3, 22-25.

Dias, D. C. F. S., Marcos-Filho, J. & Carmello, Q. A. C. 1997. Potassium leakage test for the evaluation of vigour in soybean seeds. **Seed science and Technology**, 25, 7-18.

Epstein, E. & Bloom, A. J. 2005. **Mineral Nutrition of plant: Principle and Perspectives**. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.

Evans, M. L. (1984). Functions of hormones at the cellular level of organization. pp. 50-53. In T. K. Scott (Ed.), **Encyclopedia Plant Physiol. New Series Vol. 10: Hormonal Regulation of Development II**. New York: Springer Verlag FAO 2015 Seeds.

Feldman, L. J. 1984. Regulation of Root Development. **Annual Review of Plant Physiology**, 35(1), 223-242.

FERIT-TECH. 2015. **Seed Enhancertm Best Value Complete Nutrition Seed Coating**. Australia: FERIT-TECH Australia Pty Ltd.

Frett, J. J., Pill, W. G. & Morneau, D. C. 1991. A comparison of priming agent for tomato and asparagus seed. **Horticulture Science**, 26, 115-118.

Gamaley, A. V., Nadporozhskaya, M. A., Popov, A. I., Chertov, O. G., Kovsh, N. V. & Gromova, O. A. 2001. Non-root nutrition with vermicompost extracts as the way of ecological optimisation. pp. 862-8630 In W. J. Horst, M. K. Schenk, A. Bürkert, N. Claassen, H. Flessa, W. B. Frommer, H. Goldbach, H. W. Olfs, V. Römheld, B. Sattelmacher, U. Schmidhalter, S. Schubert, N. v. Wirén & L. Wittenmayer (Eds.), **Plant Nutrition: Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research**. Dordrecht: Springer Netherlands.

Gerhard, F. 2006. **The seed biology place**. [Online]. Available http://www.seedbiology.de/seedtechnology.asp (4 March 2017).

Glick, B. R., Cheng, Z., Czarny, J. & Duan, J. 2007. Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. **European Journal of Plant Pathology**, 119(3), 329-339.

Goodwin, P. B. 1978. Phytohormones and growth and development of organs of the vegetative plant. pp. 31-173. In D. S. Letham, P. B. Goodwin & T. J. V. Higgins (Eds.), **Phytohormones and Related Compounds: A Comprehensive Treatise II. Phytohormones and the Development of Higher Plants.** Amsterdam: Elsevier North-Holland Biomedical Press.

Gutteridge, J. M. C. & Halliwell, B. 1994. **Antioxidants in nutrition, health, and disease**. New York: Oxford university Press.

Hanson, J. B. 1984. The function of calcium in plant nutrition. In P. B. Tinker & A. Louchli eds (Eds.), **Advances in Plant Nutrition**. New York: Praeger Publishers.

Harrington, J. F. 1973. Biochemical basis of seed longevity. **Seed Science and Technology**, 453-461.

Harwood, R. J. & Johnson, J. L. 1994. Hydroxypropyl methylcellulose. pp. 229-232. In A. Wade & P. J. Weller (Eds.), **Handbook of pharmaceutical excipiens.** 2nd ed. London: The pharmaceutical Press.

Hathcock, A. L., Dernoeden, P. H., Turner, T. R. & McIntosh, M. S. 1984. Tall Fescue and Kentucky Bluegrass Response to Fertilizer and Lime Seed Coatings1. **Agronomy Journal**, 76(6), 879-883.

Hentrich, M., Böttcher, C., Düchting, P., Cheng, Y., Zhao, Y., Berkowitz, O., Masle, J., Medina, J. & Pollmann, S. 2013. The jasmonic acid signaling pathway is linked to auxin homeostasis through the modulation of YUCCA8 and YUCCA9 gene expression. **Plant J**, 74(4), 626-637.

Hepler, P. K. & Wayne, R. O. 1985. Calcium and Plant Development. **Annual Review of Plant Physiology**, 36(1), 397-439.

Heydecker, W., Higgins, J. & Turner, Y. J. 1975. Invigoration of seeds. **Seed Science and Technology**, 3, 881-888.

Heyl, A., Riefler, M., Romanov, G. A. & Schmülling, T. 2012. Properties, functions and evolution of cytokinin receptors. **European Journal of Cell Biology**, 91(4), 246-256.

Hiscox, J. D. & Israelstam, G. F. 1979. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, 57(12), 1332-1334.

Iglesias, R. G. & Babiano, M. J. 1997. Endogenous abscisic acid during the germination of chick-pea seeds. **Physiologia Plantarum**, 100(3), 500-504.

Indra, N. & Gayathri, S. 2003. Management of blackgram root rot caused by Macrophomina phaseolina by antagonistic microorganisms. **Journal of Madras Agricultural**, 90(7-9), 490-494.

Jett, L. W., Welbaum, G. E. & Morse, R. D. 1996. Effect of matric and osmotic priming treatments on broccoli seed germination. **Amer. Soc. Hort. Sci. J.**, 121, 423-429.

Kaewsorn, P., Kasemsirisawad, S., Chulaka, P. & Somkul, C. 2013. Germination Enhancement of ElephantApple (Dillenia indica L.) Seed by Water, GA_3 and KNO_3. **Agricultural Science J**, 44(2), 85-88.

Khangkhun, P. 2003. **The Biochemical and Quality Changes during an Accelerated Aging Process and using of Chemicals to Delay Deterioration and Improve Quality of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Seeds.** Master Thisis. Khon Kaen University.

Klarod, K., Dongsansuk, A., Piepho, H.-P. & Boonmee, S. 2021. Seed coating with plant nutrients enhances germination and Seedling growth, and promotes total dehydrogenase activity during seed germination in tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Seed Science and Technology**, 49(2), 107-124.

Kohler, G. 1944. The effect of stages of growth on chemistry of the grasses. **Bio Chemistry**, 152, 215-223.

Kundu, B. S. & Gaur, A. C. 1980. Establishment of nitrogen-fixing and phosphate-solubilising bacteria in rhizosphere and their effect on yield and nutrient uptake of wheat crop. **Plant and Soil**, 57(2), 223-230.

Lakshminarayana, K., Narula, N., Hooda, I. S. & Faroda, A. S. 1992. Nitrogen economy in wheat (*Triticum aestivum*) through use of Azotobacter chroococcum. **Indian J. Agr. Sci.**, 62(1), 75–76.

Liu, P. P., Koizuka, N., Homrichhausen, T. M., Hewitt, J. R., Martin, R. C. & Nonogaki, H. 2005. Large-scale screening of Arabidopsis enhancer-trap lines for seed germination-associated genes. **Plant J**, 41(6), 936-944.

Liu, T.-W., Wu, F.-H., Wang, W.-H., Chen, J., Li, Z.-J., Dong, X.-J., Patton, J., Pei, Z.-M., Zheng, H.-L. & Rennenberg, H. 2011. Effects of calcium on seed germination, seedling growth and photosynthesis of six forest tree species under simulated acid rain. **Tree Physiology**, 31(4), 402-413.

Lu, X.-P. & Yong-fu, B. 2005. Influences of primed and pelleted flue-cured tobacco seeds on the growth of tobacco seedlings produced by float system. **Journal of Hunan Agricultural University, (Natural Sciences)**, 4, 388-391.

Maku, J., Gbadamosi, A. & Samuel Adekunle, O. 2014. Effect of Some Growth Hormones on Seed Germination and Seedling Growth of Tetrapleura tetraptera (Thaub). **International Journal of Plant Research**, 4(1), 36-42.

McDonald, M. B. 1999. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment **Seed Sci. & Technol**, 27, 177-237.

_____. 2000. Seed priming. pp. 287-326. In M. Black & J. D. Bewley (Eds.), **Seed Technology and Its Biology Basis**. Sheffield: Sheffield Academic Press.

McGee, D., Joseph, B., John, L., Paramjeet, G. & Roman, B. 1993. Seed coating with environmentally acceptable polymers as an alternative to fungicide treatment of corn and soybeans. **Leopold Center Progress Report**, 2, 81-84.

Mengel, K. & Kirkby, E. A. 1987. **Principles of Plant Nutrition**. N.P.: Potash Institute Bern.

Miranda, R. 2001. Trigo. **Cuaderno de actualizacion de AACREA**, 63, 113-117.

Miransari, M. & Smith, D. L. 2014. Plant hormones and seed germination. **Environmental and Experimental Botany**, 99, 110-121.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Sci**, 7(9), 405-410.

Mu, J., Uehara, T. & Furuno, T. 2003. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radicle growth of seed plants. **Journal of Wood Science**, 49(3), 262-270.

Muday, G. K. & Haworth, P. 1994. Tomato root growth, gravitropism, and lateral development: correlation with auxin transport. **Plant Physiol Biochem**, 32(2), 193-203.

Murakami, Y. 1968. Gibberellin-like substances in roots of *Oryza saliva,* Pharbitis nil, and Ipomoea batatas and the site of their synthesis in the plant. **Bot. Mag**, 81, 334-343.

Nadeem, M., Mollier, A., Morel, C., Vives, A., Prud'homme, L. & Pellerin, S. 2011. Relative contribution of seed phosphorus reserves and exogenous phosphorus uptake to maize (*Zea mays* L.) nutrition during early growth stages. **Plant and Soil**, 346(1), 231-244.

Nasir, O., Artunc, F., Saeed, A., Kambal, M. A., Kalbacher, H., Sandulache, D., Boini, K. M., Jahovic, N. & Lang, F. 2008. Effects of gum arabic (*Acacia senegal*) on water and electrolyte balance in healthy mice. **Journal of Renal Nutrition**, 18(2), 230-238.

Nawaz, F., Naeem, M., Akram, A., Ashraf, M. Y., Ahmad, K. S., Zulfiqar, B., Sardar, H., Shabbir, R. N., Majeed, S., Shehzad, M. A. & Anwar, I. 2017. Seed priming with KNO_3 mediates biochemical processes to inhibit lead toxicity in maize (*Zea mays* L.). **J Sci Food Agric**, 97(14), 4780-4789.

Niu, Y. F., Chai, R. S., Jin, G. L., Wang, H., Tang, C. X. & Zhang, Y. S. 2012. Responses of root architecture development to low phosphorus availability: a review. **Annals of Botany**, 112(2), 391-408.

Osuna, D., Prieto, P. & Aguilar, M. 2015. Control of Seed Germination and Plant Development by Carbon and Nitrogen Availability. **Frontiers in Plant Science**, 6, 1-14.

Otieno, N., Lally, R., Kiwanuka, S., Lloyd, A., Ryan, D., Germaine, K. & Dowling, D. 2015. Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic Pseudomonas isolates. **Frontiers in Microbiology**, 6, 745.

Pamuk, S. G. 2004. **Controlling water dynamic in Scots pine (*Pinus sylvertris* L.) seed before and during seedling emergence.** PhD. Thesis. Swedish University of Agriculture Sciences, Uppsala, SWEDEN.

Panayotov, N. & Stoeva, N. 2000. Viability and some physiological indices of seeds of different age from vegetable spcies pepper (*Capsicum annum* L.). **Capsicum and Eggplant Newsletter**, 19, 111-114.

Petruzzeli, L. 1986. Wheat Viability at high moisture content under hermetic and aerobic storage conditions. **Annals and Botany**, 58, 259-265.

Priestley, D. A. 1986. **Seed Aging: Implications for Seed Storage and Persistence in the Soil**. London: Comstock Publishing Associates.

Prochazka, S. 1981. Translocation of growth regulators from roots in relation to the stem apical dominance in pea (*Pisum sativum* L.) seedlings. pp. 407-409. In R. Brouwer et al. (Ed.), **Structure and Function of Plant Roots**. Hague: Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers.

Qing, Y. W. 2006. **Effects of GA3, 6-BA and 2, 4-D applied in cucumber seed film coating**. [Online]. Available http://www.dissertationtopic.net/doc/1002130 (20 December 2022).

Rathod, T. H. & Jadhao, S. D. 2006. Effect of seed pelleting on growth, yield and morphological. Parameters in soybean (*Glycine max* L.). **Journal of Asian of Biology Science**, 1(2), 60-63.

Rehman, A. & Farooq, M. 2016. Zinc seed coating improves the growth, grain yield and grain biofortification of bread wheat. **Acta Physiologiae Plantarum**, 38(10), 238.

Ribeiro, C., Vicente, A. A., Teixeira, J. A. & Miranda, C. 2007. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, 44(1), 63-70.

Roberts, E. H. 1973. Predicting the Storage Life of Seeds. **Seed Science and Technology**, 1, 499-514.

Salisbury, F. B. & Ross, C. W. 1992. **Plant Physiology**. Belmont: Wadsworth Publishing.

Scarbrough, J. & Thompson, M. 2004. **Do rooting hormones affect the germination rate of seed**. California state science fair 2004 project summary.

Scott, D. 1975. Effect of seed coating on establishment. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, 18(1), 59-67.

Scott, J. M. & Blair, G. J. 1988. Phosphorus seed coatings for pasture species. II. Comparison of effectiveness of phosphorus applied as seed coatings, drilled or broadcast, in promoting early growth of phalaris (*Phalaris aquatica* L.) and lucerne (*Medicago sativa* L.). **Australian Journal of Agricultural Research**, 39(3), 447-455.

Scott, T. 2003. Auxins and Roots. **Annu Rev Plant Physiol**, 23(235-258.

Shewry, P. R. & Stobart, K. 1993. **Seed Storage Compounds: Biosynthesis, Interactions, and Manipulation**. New York: Oxford University Press.

Shyam, R., Singh, S. N., Vats, P., Singh, V. K., Bajaj, R., Singh, S. B. & Banerjee, P. K. 2007. Wheat grass supplementation decreases oxidative stress in healthy subjects: a comparative study with spirulina. **J Altern Complement Med**, 13(8), 789-791.

Singh, M. V. 2007. Efficiency of seed treatment for ameliorating zinc deficiency in crops. p. In **Zinc Crops** 2007**, Improving Crop Production and Human Health**. 24-26 May, 2007, Istanbul, Turkey.

Siri, B., Vichitphan, K., Kaewnaree, P., Vichitphan, S. & Klanrit, P. 2013. Improvement of quality, membrane integrity and antioxidant systems in sweet pepper (Capsicum annuum Linn.) Seeds affected by osmopriming. **Australian Journal of Crop Science**, 7(3), 2068-2073.

Sivritepe, H. O. & Senturk, B. 2011. A Comparison of Hydro and Halopriming with Dehydration Treatments for Physiological Enhancement of Pepper Seeds. **Journal of Agricultural Faculty of Uludag University**, 53-64.

Sun, T.-P. 2011. The molecular mechanism and evolution of the GA-GID1-DELLA signaling module in plants. **Curr Biol**, 21(9), 338-345.

Sung, F. J. M. & Chang, Y. H. 1993. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. **Seed Science and technology**, 21(1), 97-105.

Taylor, A. G. & Harman, G. E. 1990. Concepts and Technologies of Selected Seed Treatments. **Annual Review of Phytopathology**, 28(1), 321-339.

Torrey, J. G. 1950. The Induction of Lateral Roots by Indoleacetic Acid and Root Decapitation. **American Journal of Botany**, 37(4), 257-264.

Van Brunt, J. M. & Sultenfuss, J. H. 1998. Better crops with plant food. **Potassium: Functions of Potassium**, 82(3), 4-5.

Van Ginkel, M. & Villareal, R. L. (1996). *Triticum* L. Record from Proseabase. In G. J. H. Grubben และS. Partohardjono (Eds.), **PROSEA (Plant Resources of South-East Asia) Foundation, Bogor, Indonesia**. Indonesia: Foundation, Bogor.

Vera-Sirera, F., Gomez, M. D. & Perez-Amador, M. A. 2016. **DELLA Proteins, a group of GRAS transcription regulators that mediate gibberellin signaling**. [Online]. Available https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128008546000208?via%3Dihub (10 January 2023).

Wang, X.-r., Gao, J.-h., Zhang, C.-h., Liao, H. & Yan, X.-l. 2009. Effects of Seed Coating and P Application on Tobacco Growth and Nutrient Accumulation. **Journal of South China Agricultural University**, 30(2), doi:10.7671/j.issn.1001-7411X.2009.7602.7002.

West, S. H., S.K. Loftin, M. What, C.D. Batich & Beatty., C. L. 1985. Polymer as moisture barrier to main seed quality. **Crop Science**, 25, 941-944.

Woodstock, L. W., Furman, K. & Leffler, H. R. 1985. Relationship Between Weathering Deterioration and Germination, Respiratory Metabolism, and Mineral Leaching from Cottonseeds1. **Crop Science**, 25(3), 459-466.

Yang, W. 2018. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on growth and seed germination of Capsella bursa-pastoris (L.) Medikus. **Journal of Plant Nutrition**, 41(5), 636-644.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวสุรีมาศ จันต๊ะอินทร์

เกิดเมื่อ 28 กรกฎาคม 2540

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2559 ระดับมัธยมตอนปลาย โรงเรียนหอพระ เชียงใหม่

พ.ศ. 2562 ระดับปริญญาตรี คณะผลิตกรรมการเกษตร
สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2564 ประสบการณ์สอนภาคปฏิบัติการวิชาวิทยาการเมล็ดพันธุ์ (Seed Technology) แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564 ประสบการณ์การเป็นผู้ช่วยสอนการเรียนรู้อิสระ แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564 ประสบการณ์การเป็นผู้ช่วยสอนปัญหาพิเศษ แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรีทั้ง 2 ปีและ 4 ปีคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้