อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวิจัยประกอบด้วย 3 การทดลอง ซึ่งได้ใช้ตัวอย่างพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิจากจังหวัดต่างๆในประเทศไทยโดยได้รับเมล็ดพันธุ์จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีจำนวน 59 ตัวอย่าง สถานีทดลองข้าวสันป่าตองจำนวน 3 ตัวอย่างและจากแหล่งต่างๆในจังหวัดแม่ฮ่องสอน 12 ตัวอย่างรวมเป็น 74 ตัวอย่าง ซึ่งรวบรวมมาจาก 17 จังหวัด ในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ ส่วนพันธุ์ที่ใช้เปรียบเทียบ คือ ข้าวขาวดอกมะลิ105 ซึ่งเป็นเมล็ดพันธุ์คัด (breeder seed) และข้าวพันธุ์กข 6 รวมทั้งสิ้น 76 ตัวอย่าง (ตารางภาคผนวกที่ 1)

ดำเนินการวิจัย ณ สถานีทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2539 สิ้นสุด เดือนกันยายน 2540 และ แบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐาน การเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นข้าว ลักษณะที่สัมพันธ์กับการให้ผลผลิตและผลผลิตของตัวอย่างข้าวขาวดอกมะลิ

ทำการปลูกข้าว 76 ตัวอย่าง วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block จำนวน 2 ซ้ำ

การปลูกและดูแลรักษา

เตรียมดินก่อนการปักดำโดยการไถ ทำเทือก แล้วจึงทำการปักดำเมื่อต้นกล้ามีอายุ 25 วัน ใช้ข้าวจำนวน 76 ตัวอย่าง ปลูกโดยแต่ละตัวอย่างใช้พื้นที่ขนาด 2 ตารางเมตร ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร ปลูกในอัตรา 1 ต้นต่อหลุม แล้วหว่านปุ๋ยเกรด 16-16-16 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำ 15 วัน หว่านฟูราดาน อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชในนา การให้น้ำและการกำจัดวัชพืชชนิดอื่นๆ กระทำตามความเหมาะสม

การบันทึกผลการทดลอง

ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐาน การเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นข้าว ลักษณะที่สัมพันธ์

กับการให้ผลผลิตและผลผลิตของตัวอย่างข้าวขาวดอกมะลิ15 ลักษณะ คือ ความกว้างและ ความยาวของใบธงที่ระยะออกดอก ความสูงของต้นที่ระยะออกดอก วันที่ออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนหน่อสูงสุดที่ระยะ 57 วันหลังปักดำ จำนวนหน่อต่อต้นที่ระยะออกดอก จำนวนรวงต่อต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์การสร้างรวง ความยาวของรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด ผลผลิตจากพื้นที่ตัวอย่าง 1 ตารางเมตร ความกว้าง ความยาวและความหนาของเมล็ด ข้าวกล้อง วิธีการบันทึกข้อมูลดังนี้

1. ความกว้างและความยาวของใบธง สุ่มวัดจาก 5 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย ในระยะออกดอก โดยมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

2. ความสูงของต้น วัดจากพื้นดินถึงข้อของใบธง โดยสุ่มวัดจำนวน 5 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย ในระยะออกดอก โดยมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

3. อายุวันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ โดยนับจำนวนวันตั้งแต่วันตกกล้าจนถึงวันที่ข้าว 2 แถวกลางเริ่มออกดอก

4. จำนวนหน่อสูงสุด โดยสุ่มนับจำนวนหน่อทั้งหมดต่อข้าว 1 กอในแปลงย่อย

5. จำนวนหน่อต่อต้น โดยสุ่มนับจำนวนหน่อจากข้าว 5 ต้น ในแปลงย่อย ที่ระยะออกดอก

6. จำนวนรวงต่อต้น โดยสุ่มนับจำนวนต้นที่มีรวงจากข้าว 5 ต้น ในแปลงย่อย ที่ระยะเก็บเกี่ยว

7. เปอร์เซ็นต์การสร้างรวง โดยนับจำนวนรวงต่อต้น และจำนวนหน่อสูงสุด ตามข้อที่ 4 และ 5

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสร้างรวง} = \frac{\text{จำนวนรวงต่อต้น}}{\text{จำนวนหน่อสูงสุด}} \times 100$$

8. ความยาวของรวง วัดจากปลายรวงถึงฐานรวง โดยสุ่มวัดจำนวน 10 รวงในแปลงย่อย ที่ระยะเก็บเกี่ยว

9. จำนวนเมล็ดต่อรวง นับจำนวนเมล็ดเต็มจากรวง 10 รวง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

10. น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด สุ่มเมล็ดข้าวเปลือกจำนวน 1,000 เมล็ดในแปลงย่อย มีหน่วยเป็นกรัม

11. ผลผลิต เก็บผลผลิตข้าวจาก 2 แถวกลาง ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร จำนวน 16 กอ ทำการนวด แล้วนำมาหาน้ำหนัก เทียบค่าเป็นกิโลกรัมต่อไร่ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

12. ความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดข้าวกล้อง สุ่มวัดจาก 10 เมล็ดต่อ 1 แปลงย่อย โดยใช้เวอร์เนียเป็นอุปกรณ์สำหรับวัด โดยมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

การวิเคราะห์

วิเคราะห์ analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลอง โดยใช้วิธี Least Significant Different (LSD) ตามวิธีของ Steel and Torrie (1960) และนำข้อมูลของลักษณะทางสัณฐานเป็นฐานในการจัดกลุ่มตัวอย่างข้าว และเปรียบเทียบกับการแบ่งกลุ่มที่จำแนกตัวอย่างโดยวิธีการทางไอโซไซม์

การทดลองที่ 2 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางไอโซไซม์ โดยวิธีอิเลคโตรโฟรีซิส

การเตรียมตัวอย่างพืช

นำเมล็ดข้าวแต่ละตัวอย่างมาทำความสะอาด แล้วแช่น้ำทิ้งไว้ 2 วัน ทำการเปลี่ยนน้ำที่แช่เมล็ดข้าวทุกวัน จากนั้นนำมาเพาะในกระบะที่ใส่เครื่องปลูก (ขี้เถ้าแกลบสีดำต่อทราย อัตรา 1 ต่อ 1) ภายใต้สภาพโรงเรือนเป็นระยะเวลา 7 วัน จึงนำส่วนของต้นอ่อน (seedling) ส่วนเหนือพื้นดินขึ้นไป มาทำการบดด้วยโกร่งในไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) หลังจากนั้น นำเนื้อเยื่อที่บดละเอียด แล้วห่อด้วย aluminium foil เก็บไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ -70 ^{0} C (ควรทำการสกัดเอนไซม์ทันที ไม่ควรแช่นานเกิน 3 สัปดาห์)

การสกัดเอนไซม์

นำส่วนของข้าวที่บดแล้วมาสกัดด้วย 0.1 M Tris-HCl buffer pH 6.8, PVP 5 %, DTT 2 mM และ PMSF 1 % โดยใช้ตัวอย่างพืชปริมาณ 0.4 กรัม ต่อสารละลาย 900 µl ใช้แท่งแก้วกวนเนื้อเยื่อกับสารละลายให้เข้ากัน แล้วจึงนำไปหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 14,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ภายใต้อุณหภูมิ 4 ^{0} C (Bradford,1976)

การทำอิเลคโตรโฟรีซิส

การตรวจสอบเอนไซม์ใช้วิธีการแยกโมเลกุลเอนไซม์ด้วยเทคนิคอิเลคโตรโฟรีซิสแบบ DISC (discontinuity) ผ่านสารตัวกลางคือ โพลีอะคริลาไมด์เจล (polyacrilamide gel) แผ่นเจลที่ใช้มีความหนา 0.75 มิลลิเมตร stacking gel ความเข้มข้น 4.5 เปอร์เซ็นต์ resolving gel (separating gel) ความเข้มข้น 10.0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแยกไอโซไซม์ เตรียมเจลตามสูตรดัดแปลงของ Hames and Rickwood (1981) ตามตารางผนวกที่ 2 ลงใน chamber เดินกระแสไฟฟ้า 15.0 มิลลิแอมแปร์ ในการเคลื่อนที่ใน stacking gel และ 25.0 มิลลิแอมแปร์ ในช่วงการเคลื่อนที่ใน separating gel เอนไซม์เคลื่อนที่จากขั้วลบไปขั้วบวก (cathodic system) มีอิเลคโทรดบัฟเฟอร์ (electrode buffer) (Tris-HCl 0.025 M, glycine 0.192 M pH 8.3 และน้ำ) เป็นสะพานไฟ จนกระทั่งการเดินทางของสารตรวจสอบห่างจากขอบเจลด้านล่างประมาณ 0.5 เซนติเมตร จึงปิดเครื่องอิเลคโตรโฟรีซิส นำแผ่นเจลออกจากกระจก แล้วทำการย้อมสี

การย้อมสีเอนไซม์

นำแผ่นเจลที่ได้มาทำการย้อมสี (activity staining) ด้วย staining solution เพื่อตรวจจับการเคลื่อนที่ของเอนไซม์บนแผ่นเจล การย้อมสีเอนไซม์ Esterase (EST), Glutamate oxaloacetate trasaminase (GOT), Leucine amino peptidase (LAP), Malic enzyme (ME) ร่วมกับ Isocitrate dehydrogenase (IDH) และ Malate dehydrogenase (MDH) ตามสูตรของ Vellejos (1983) ตามภาคผนวกที่ 3

การบันทึกข้อมูล

บันทึกผลเจลที่ย้อมสีแล้ว โดยการถ่ายภาพและนำมาศึกษาตำแหน่ง จำนวน ขนาด และความเข้มของแถบสี และนำค่าการมีแถบสี และไม่มีแถบสีมาวิเคราะห์กลุ่ม

อัตราการเคลื่อนที่ (*Rf*) = ตำแหน่งของแถบสี / ตำแหน่งแถบสีของ bromphenol blue

การวิเคราะห์

การวิเคราะห์กลุ่ม (cluster analysis) โดยใช้เอนไซม์กำหนดให้ตัวอย่างพืชเป็น operating taxonomic units (OTU's) และแถบสีเป็นลักษณะ (character) ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ ที่ได้จากการมีแถบสีหรือไม่มีแถบสีของแต่ละตำแหน่ง (loci) แล้วแปลงค่าที่มีแถบสีเป็น 1 และค่าที่ไม่มีแถบสีเป็น 0 (Sneath and Sokal,1973) วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอย่างข้าวโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS release 6.0 (FOR WINDOW)

การทดลองที่ 3 วิเคราะห์ทางคุณภาพการหุงต้ม และปริมาณโปรตีนของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ

นำตัวอย่างข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิจากแหล่งต่างๆของประเทศไทย 74 ตัวอย่าง พร้อมทั้งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 พันธุ์คัดและข้าวพันธุ์กข6 รวมเป็น 76 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ทางคุณภาพการหุงต้มและปริมาณโปรตีนโดยวิธีการดังนี้คือ

1. ปริมาณแป้งอมิโลส (amylose content) โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

วิธีการวิเคราะห์

ทำการละลายแป้ง โดยบดเมล็ดข้าวสารขาวด้วยเครื่องบดให้เป็นแป้ง ชั่งแป้ง 0.10 กรัมใส่ในขวดวัดปริมาตร ปิเปตแบ่งเอธิลแอลกอฮอล์ 95 % ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ เพื่อเกลี่ยแป้งให้กระจายออก ระวังอย่าให้แป้งขึ้นมาเกาะตามผนังขวด ปิเปตสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N เติมลงไป 9 มิลลิลิตร พร้อมทั้งล้างแป้งที่เกาะอยู่ตามผนังขวด ตั้งทิ้งไว้ 15-24 ชั่วโมง แล้วจึงเติมน้ำกลั่นให้ได้

ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าขวด ปิเปตสารละลายแป้งปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขวดใหม่ เติมน้ำกลั่น 70 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดอะซิติก 1 N จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 20 นาที ได้สารละลายแป้ง

ทำตามขั้นตอนข้างต้น แต่ไม่เติมสารละลายแป้ง สารละลายที่ได้ใช้เป็นสารละลายเปรียบเทียบ (blank)

ปรับค่าแอบซอร์แบนซ์เท่ากับศูนย์ โดยใช้สารละลายเปรียบเทียบ แล้ววัดความเข้มของสีของสารละลายแป้ง ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร นำค่าแอบซอร์แบนซ์ที่ได้ไปหาปริมาตรอมิโลส (ร้อยละ) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้

การเขียนกราฟมาตรฐาน (standard curve) ทำได้ดังนี้คือ ชั่งโปเตโตอมิโลส 0.04 กรัม ใส่ในขวดวัดปริมาตร ทำตามขั้นตอนข้างต้น โดยใช้โปเตโตอมิโลสแทนแป้ง สารละลายที่ได้เป็นสารละลายมาตรฐาน ปิเปตแบ่งสารละลายมาตรฐาน 1 2 3 และ 4 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร เติมน้ำกลั่นประมาณ 70 มิลลิลิตร ปิเปตเติมสารละลายกรดอะซิติก 1 N ปริมาตร 0.40 0.80 1.20 และ 1.60 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดแก้วที่มีสารละลายมาตรฐาน ตามลำดับ แล้วปิเปตเติมสารละลายไอโอดีน 2.00 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร วัดค่าแอบซอร์แบนซ์ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เขียนกราฟระหว่างค่าปริมาณอมิโลส (เป็นร้อยละ 0.8 16 24 และ 32) กับค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารละลายมาตรฐาน แปลงค่าแอบซอร์แบนซ์เป็นเปอร์เซ็นต์อมิโลส นำค่าแอบซอร์แบนซ์ของแต่ละตัวอย่างมาเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วแปลงเป็นปริมาณอมิโลส

2. ค่าความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)

วิธีวิเคราะห์

บดเมล็ดข้าว 8-10 เมล็ด โดยเครื่อง Wig L Bug Amalgamator นาน 1 นาที หรือบดด้วย cyclone sample mill ที่มีตะแกรงขนาด 0.40 มิลลิเมตร ชั่งแป้งที่บดได้ 100 ±1 มิลลิกรัม (ที่ความชื้น 12 %) ใส่ในหลอดแก้วจำนวน 2 ซ้ำ เติม 95 % ethanol ที่ละลาย thymol blue 0.025 % ปริมาณ 0.20 มิลลิลิตร เติม 0.20 N KOH ปริมาณ 2.00 มิลลิลิตร ปั่นของเหลวในหลอดนาน 2-3 วินาที ด้วย test tube mixer เพื่อให้แป้งลอยตัว ต้มหลอดแก้วในน้ำเดือดพล่านทันที ปิดฝาหลอดด้วยลูกแก้ว ต้มนาน 8 นาที (ต้มทีละหลอดตาม

ลำดับ ระวังระดับน้ำมิให้สูงเกินไป ให้น้ำแป้งในหลอดขึ้นสูงเพียง 2/3 ของหลอด) เมื่อครบ 8 นาที นำขึ้นจากน้ำเดือดปั่นบน test tube mixer เพื่อให้น้ำแป้งเข้ากันทั่วถึง ทำให้แป้งเย็น โดยแช่หลอดทดลองในน้ำแข็งเย็นจัด นาน 20 นาที วางหลอดที่มีแป้งในแนวนอนบนกระดาษกราฟที่มีช่องแบ่งละเอียดถึง 1 มิลลิลิตร วางไว้นาน 30 นาที อ่านระยะทางที่แป้งสุกไหล โดยเทียบกับกระดาษกราฟ

ควรให้หม้อน้ำเดือดพล่าน หากเดือดไม่รุนแรงจะเกิดการนอนก้นของแป้ง และเมื่อนำหลอดบรรจุน้ำแป้งลงต้ม ต้องแน่ใจว่าแป้งไม่นอนก้นหลอดเขยื้อน

3. การสลายตัวของเมล็ดในด่าง (akali spreading value)

วิธีการวิเคราะห์

สุ่มเมล็ดข้าวสารเต็มเมล็ด 10 เมล็ดใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ วางจานเลี้ยงเชื้อบนพื้นสีเข้ม (เพื่อช่วยประเมินค่าชัดเจนขึ้น) เติมสารละลาย KOH 1.7 % ประมาณ 27 มิลลิลิตร (ให้ข้าวสารทั้งเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย) แล้วปิดฝา ตั้งทิ้งไว้ 23 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (ระวังอย่าขยับจานเลี้ยงเชื้อ หรือทำให้เมล็ดข้าวสารขยับเขยื้อน)

4. อัตราการยืดตัวของข้าวสุก (grain elongation ratio after cooking)

วิธีการวิเคราะห์

สุ่มเมล็ดข้าวสารเต็มเมล็ด 20 เมล็ดและวัดความยาว 10 เมล็ด คำนวณค่าเฉลี่ย นำข้าวสาร 20 เมล็ดใส่ในตะแกรง แล้วแช่ในน้ำเย็น 30 นาที นำข้าวสารพร้อมตะแกรง ต้มในน้ำเดือด 10 นาที ยกตะแกรงขึ้นจากน้ำเดือดแล้วจุ่มในน้ำเย็น เทข้าวในจานพลาสติกที่มีฝาปิด เลือกเมล็ดที่ตรง 10 เมล็ด วัดความยาว คำนวณหาอัตราการยืดตัวของข้าวสุก

อัตราการยืดตัวของข้าวสุก (elongation ratio) = $\frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสุก}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของข้าวสาร}}$

5. ปริมาณโปรตีน (protein content) วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในข้าวสาร โดยวิธี Micro-kjedahl method

การย่อย (digestion)

ชั่งตัวอย่างพืชที่แห้งและบดละเอียดแล้ว หนัก 0.20 กรัม ใส่ลงใน Keidahl flasks เติม digestion mixture 5 มิลลิลิตร นำไปตั้งบนเตาย่อยในตู้ดูดควัน ค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิย่อย จนกระทั่งได้สารละลายสีเขียวอ่อนใส (ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

การกลั่น (distillation)

เทสารละลายที่ย่อยได้ลงในเครื่องกลั่นให้หมดโดยใช้น้ำกลั่นล้างซ้ำๆ กัน 2-3 ครั้ง(พยายามใช้น้ำให้น้อยที่สุด) เติม NaOH 60 % ลงไปประมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ส่วนผสมของ indicatorจำนวน 10 มิลลิลิตร ลงใน erlenmeyer flask นำเอา flask ไปวางไว้ใต้ปลายเครื่องควบแน่น และให้ปลายเครื่องควบแน่นอยู่ใต้ผิวระดับของสารละลายใน flask ทำการกลั่นประมาณ 7 นาที แล้วปล่อยให้สารละลายในเครื่องควบแน่นหยดลงใน flask ให้หมด พร้อมทั้งล้างปลายเครื่องควบแน่นด้วยน้ำกลั่น

การไตเตรท (titration)

นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นทั้งหมดมาไตเตรทด้วย HCL 0.05 N บันทึกจำนวนมิลลิลิตรของ HCl ที่ใช้ไป

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

$$\% N = \frac{(\text{sample titer - blank titer}) \times N \text{ of HCl} \times 14 \times 100}{\text{sample weight} \times 100}$$

การบันทึกผลการทดลอง

1. **ปริมาณอมิโลส** ทำการวัดปริมาณอมิโลสโดยดูความเข้มของสีกับอมิโลสซึ่งใช้เป็นตัวมาตรฐาน ในการเปรียบเทียบแล้วเปรียบเทียบผลที่ได้ ดังนี้คือ

ถ้ามี	ปริมาณอมิโลส (%)	ประเภทข้าว	ลักษณะข้าวสุก
	0-9	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
	10-19	ข้าวอมิโลสต่ำ	เหนียว
	20-24	ข้าวอมิโลสปานกลาง	เหนียวเล็กน้อย
	25-34	ข้าวอมิโลสสูง	ร่วน ค่อนข้างแข็ง

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิมีปริมาณอมิโลสประมาณ 12-19 %

2. **ความคงตัวของแป้งสุก** ทำการวัดระยะทางที่แป้งสามารถไหลไปในหลอดแก้วทดลอง

ระยะทางที่แป้งไหล (มิลลิเมตร)	ความคงตัวของแป้งสุก
25-40	แป้งแข็ง
41-60	แป้งปานกลาง
61-100	แป้งอ่อน

3. **ค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่าง** อ่านได้ดังนี้

คะแนน	ลักษณะการสลายตัวของเมล็ด
1	เมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง
2	เมล็ดพองตัว
3	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ด แต่ไม่โดยรอบหรือแคบ
4	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ดโดยรอบและกว้าง
5	เมล็ดแตกปริทางขวางหรือทางยาว แป้งกระจายออกโดยรอบและกว้าง
6	เมล็ดสลายรวมกับแป้งที่กระจายออก
7	เมล็ดสลายจนหมดได้แป้งใส

การประเมินค่า

ค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่าง (akali spreading value)	อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature)	°ซ
1-3	สูง	74.5-79
4-5	ปานกลาง	70-74
6-7	ต่ำ	ต่ำกว่า 70

4. **ความยาวของเมล็ด** เมื่อต้มสุกแล้ว

อัตราส่วนระหว่างความยาวของเมล็ดข้าวหุงสุกต่อความยาวของเมล็ดข้าวสารน้อยกว่า 1.9 แสดงว่าเมล็ดข้าวยืดปกติ

อัตราส่วนระหว่างความยาวของเมล็ดข้าวหุงสุกต่อความยาวของเมล็ดข้าวสารมากกว่า 1.9 แสดงว่าเมล็ดข้าวยืดตัวมาก

5. **ปริมาณไนโตรเจนในข้าวสาร** โดยคำนวณ

$$\%N = \frac{(\text{sample titer - blank titer}) \times N \text{ of HCl} \times 14 \times 100}{\text{sample weight} \times 100}$$

สถานที่ทำการทดลอง

แปลงทดลองศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ห้องปฏิบัติการเคมี หน่วยวิจัยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เริ่มทำการวิจัยตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2539 และสิ้นสุดการวิจัยวันที่ 30 กันยายน 2540