บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ คือ 15, 2Ø, 3Ø กิโลแรด และที่ไม่ได้ฉายรังสีที่มีต่อข้าวบาร์เลย์ 5 พันธุ์คือ #3Ø9, Jyoti, IBON 118, Ratna, FNBL 81Ø2-13 ทำการทดลองในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมและในเรือนกระจกใน M_1 generation และได้ศึกษาผลของรังสีที่มีต่อข้าวบาร์เลย์อีก 3 พันธุ์คือ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 ทั้งใน M_1 และ M_2 generation ทั้งหมดนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของรังสีที่มีต่อข้าวบาร์เลย์ในลักษณะต่าง ๆ ทั้งในระดับประชากร ต้นพืช เซลล์ และเอ็นไซม์

การทดลองนี้ได้ผลเหมือนกับการทดลองของ Gaul (1977) ซึ่งเขาได้รายงานถึงผลของรังสีที่มีต่อข้าวบาร์เลย์ใน M_1 generation ว่า รังสีทำให้ต้นได้รับอันตราย ตายเป็นหมัน และมีผลต่อส่วนประกอบของเซลล์ ความงอกของเมล็ด ความอยู่รอด ความสูงของต้น และเขาอ้างถึงผลการทดลองที่แล้วมาว่า รังสีปริมาณ 1Ø-4Ø กิโลแรด จะทำให้ความอยู่รอดของข้าวบาร์เลย์ลดลงสัมพันธ์กับปริมาณรังสี ในการทดลองนี้ได้ผลเหมือนกันคือ รังสีมีผลต่อข้าวบาร์เลย์ใน M_1 generation โดยมีผลต่อความงอก การได้รับอันตราย ความอยู่รอด การตาย ความสูง และการเป็นหมัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เปอร์เซ็นต์ความงอก

จากผลการทดลองในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสและในเรือนกระจกที่มีอุณหภูมิ 3Ø-4Ø องศาเซลเซียส ปรากฏว่าได้ผลเหมือนกันคือปริมาณรังสี พันธุ์ข้าวบาร์เลย์ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างปริมาณรังสีกับพันธุ์มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าวบาร์เลย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยความงอกจะลดลงสัมพันธ์กับปริมาณรังสีแบบเส้นตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปริมาณรังสี 3Ø กิโลแรดพบว่าความงอกของทุกพันธุ์ลดลง และลดลงอย่างมากในพันธุ์ Ratna และ FNBL 81Ø2-13 ที่ทำการทดลองในห้องควบคุมสภาวะ

แวดล้อม และจากการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความงอกของทั้งสองการทดลองในทุกปริมาณรังสี และในข้าวบาร์เลย์ทุกพันธุ์พบว่าสภาพการทดลองในเรือนกระจกอุณหภูมิสูงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงมากกว่าการทดลองในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อม แสดงให้เห็นว่าข้าวบาร์เลย์จะตอบสนองต่อรังสีในสภาพอุณหภูมิสูงมากกว่าในสภาพอุณหภูมิเหมาะสม เนื่องจากตามธรรมชาติข้าวบาร์เลย์เป็นพืชที่ต้องการอุณหภูมิค่อนข้างต่ำในการเจริญเติบโต

จากการทดสอบอิทธิพลของรังสีแกมมาที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าวบาร์เลย์อีก 3 พันธุ์คือ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 ในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าได้ผลเหมือนกับสองการทดลองแรกคือปริมาณรังสี และปฏิกิริยาร่วมระหว่างปริมาณรังสีกับพันธุ์มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยความงอกลดลงสัมพันธ์กับปริมาณรังสี แต่ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกใน M_2 generation เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความงอกของข้าวบาร์เลย์ทุกพันธุ์ไม่สัมพันธ์กับปริมาณรังสี อย่างไรก็ตามจำนวนเมล็ดที่ใช้ทดสอบความงอกใน M_2 generation น้อยเพราะจำนวนเมล็ดที่เก็บเกี่ยวได้จาก M_1 generation มีจำนวนน้อย

จากการศึกษาอิทธิพลของรังสีที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกพบว่ารังสีมีผลทำให้ความงอกของข้าวบาร์เลย์ทั้ง 8 พันธุ์ลดลง โดยความงอกลดลงสัมพันธ์กับปริมาณรังสี และพบว่าข้าวบาร์เลย์ที่ต่างพันธุ์กันจะตอบสนองต่อรังสีเกี่ยวกับความสามารถในการงอกต่างกันขึ้นกับพื้นฐานทางพันธุกรรม และจากการทดลองยังพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการตอบสนองต่อรังสีเกี่ยวกับความงอกของข้าวบาร์เลย์โดยที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เมล็ดข้าวบาร์เลย์ที่ฉายรังสีงอกได้ต่ำกว่าที่อุณหภูมิเหมาะสม และพบว่ารังสีที่ฉายในรุ่น M_1 generation ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกใน M_2 generation รังสีทำให้เกิดการตายของเซลล์ เนื้อเยื่อ และอวัยวะโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นอ่อน (embryo)

<u>เปอร์เซ็นต์ต้นผิดปกติของงอก</u>

จากผลการทดลองปรากฏว่าปริมาณรังสี พันธุ์ข้าวบาร์เลย์ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างปริมาณรังสีกับพันธุ์มีอิทธิพลต่อปริมาณต้นผิดปกติของงอกของข้าวบาร์เลย์พันธุ์ #3Ø9, Jyoti, IBON 118, Ratna และ FNBL 81Ø2-13 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยปริมาณต้นผิดปกติเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณรังสีแบบเส้นตรง ปริมาณรังสียิ่งสูงจำนวนต้นผิดปกติยิ่งมาก พันธุ์ Ratna และ Jyoti ที่ฉายรังสี 3Ø กิโลแรดพบว่ามีจำนวนต้นผิดปกติสูงสุดคือ 8.44 และ 8.89

เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่พวกที่ไม่ได้ฉายรังสีมีต้นผิดปกติขณะงอกเพียง 1 - 1.44 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นแสดงให้เห็นว่าถึงแม้จะไม่ได้มีการฉายรังสีก็มีต้นผิดปกติด้วย อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์ต้นผิดปกติจะมากขึ้นเมื่อฉายรังสีปริมาณมากขึ้น

การศึกษาอิทธิพลของรังสีแกมมาที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ต้นผิดปกติของข้าวบาร์เลย์อีก 3 พันธุ์คือ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 และในการทดลองนี้ได้จำแนกลักษณะผิดปกติขณะงอกของข้าวบาร์เลย์เนื่องจากอิทธิพลของรังสีได้เป็นสองแบบคือ แบบแรกเป็นพวกที่ขณะงอกจะไม่มี coleoptile ห่อหุ้มยอดทำให้ปลายใบคลี่ออกโดยส่วนของยอดยังฝังอยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน ลักษณะดังกล่าวจะทำให้ข้าวบาร์เลย์ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้และจะตายภายใน 6Ø วัน และจากการวิเคราะห์ผลพบว่าปริมาณต้นผิดปกติแบบนี้ขึ้นกับปริมาณรังสี และปฏิกิริยาร่วมระหว่างรังสีกับพันธุ์ โดยปริมาณต้นผิดปกติแบบนี้มีมากขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณรังสีแบบเส้นตรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ บรบ 2 ที่ฉายรังสี 3Ø กิโลแรด ต้นผิดปกติแบบนี้สูงถึง 14.Ø9 เปอร์เซ็นต์ขณะที่พวกไม่ได้ฉายรังสีมีเพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ลักษณะผิดปกติอีกแบบหนึ่งคืองอกแล้วใบม้วนเป็นหลอดโดยที่ใบไม่คลี่ออก พวกนี้จะตายภายใน 6Ø วันเช่นกัน แต่จะมีบางต้นที่สามารถเจริญเติบโตจนกระทั่งออกรวงแต่เมล็ดลีบ หรือต้นจะแห้งตายไปหลังจากออกรวงแล้ว และจากการวิเคราะห์ผลปรากฏว่าปริมาณรังสี พันธุ์ข้าวบาร์เลย์ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างรังสีกับพันธุ์มีอิทธิพลต่อปริมาณต้นผิดปกตินี้อย่างมาก โดยปริมาณต้นผิดปกติจะเพิ่มมากขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณรังสีโดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ บรบ 2 ที่ฉายรังสี 3Ø กิโลแรดมีจำนวนมากถึง 34.73 เปอร์เซ็นต์ ในขณะพวกที่ไม่ได้ฉายรังสีมีเพียง 1.66 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

จากการศึกษาปริมาณต้นผิดปกติใน M_2 generation ผลปรากฏว่าปริมาณต้นผิดปกติของพันธุ์ บรบ 2 พันธุ์เดียวเท่านั้นที่สัมพันธ์กับปริมาณรังสีทุก ๆ ปริมาณโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ปริมาณรังสี 3Ø กิโลแรดปริมาณต้นผิดปกติสูงถึง 33.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์ บรบ 5 และ บรบ 6 ปริมาณต้นผิดปกติไม่สัมพันธ์กับปริมาณรังสี

<u>เปอร์เซ็นต์ต้นตายเมื่ออายุ 6Ø วัน</u>

จากการทดลองพบว่าปริมาณรังสี พันธุ์ข้าวบาร์เลย์ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างปริมาณรังสีกับพันธุ์มีอิทธิพลต่อปริมาณต้นตายของข้าวบาร์เลย์พันธุ์ #3Ø9, Jyoti, IBON 118 Ratna และFNBL 81Ø2-13 อย่างมากโดยปริมาณต้นตายเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณรังสีแบบเส้นตรง พวกที่ฉายรังสี 3Ø กิโลแรดเปอร์เซ็นต์ต้นตายเพิ่มขึ้นอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์

#3Ø9 ต้นตายมีสูงถึง 13.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ไม่ได้ฉายรังสีมีเพียง 1 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น รังสีมีผลต่อความอ่อนแอและความมีชีวิตรอดของต้นอ่อนขณะงอกและหลังจากงอกแล้วโดยที่ต้นตายเหล่านี้เป็นพวกเดียวกับต้นผิดปกติได้แก่พวกที่งอกโดยไม่มี coleoptile ห่อหุ้มยอด และพวกที่ใบม้วนเป็นหลอด โดยเปอร์เซ็นต์ต้นตายสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ต้นผิดปกติด้วย เปอร์เซ็นต์ต้นผิดปกติมากเปอร์เซ็นต์ต้นตายจะมากขึ้น

จากการศึกษาอิทธิพลของรังสีต่อปริมาณต้นตายของข้าวบาร์เลย์อีก 3 พันธุ์คือ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 ได้ผลเช่นเดียวกันคือปริมาณรังสี พันธุ์ข้าวบาร์เลย์และปฏิกิริยาร่วมระหว่างปริมาณรังสีกับพันธุ์มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ต้นตายอย่างมาก โดยปริมาณต้นตายสัมพันธ์กับปริมาณรังสีแบบเส้นตรง ปริมาณรังสียิ่งสูงเปอร์เซ็นต์ต้นตายยิ่งมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ บรบ 2 ที่ฉายรังสี 3Ø กิโลแรดต้นตายสูงถึง 34.73 เปอร์เซ็นต์ในขณะที่พวกที่ไม่ได้ฉายรังสีมีเพียง 1.16 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และจากผลการทดลองแล่ดงให้เห็นว่าข้าวบาร์เลย์ต่างพันธุ์กันจะตอบสนองต่อปริมาณรังสีต่างกันโดยที่พันธุ์ บรบ 2 ตอบสนองต่อรังสีมากที่สุด และยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นตายสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ต้นผิดปกติขณะงอกด้วย เนื่องจากต้นที่ผิดปกติจะตายไป

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ต้นตายใน M_2 generation ของข้าวบาร์เล่ย์ 3 พันธุ์คือ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 ปรากฏว่ารังสีที่ฉายใน M_1 generation ไม่มีผลต่อปริมาณต้นตายของข้าวบาร์เลย์ใน M_2 generation และเปอร์เซ็นต์ต้นตายใน M_2 generation ไม่สัมพันธ์กับปริมาณรังสี ยิ่งกว่านั้นพันธุ์ บรบ 2 และ บรบ 5 ที่ฉายรังสี 2Ø และ 3Ø กิโลแรดไม่มีต้นตายเลยซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมล็ดจาก M_1 generation ของพวกที่ฉายรังสี 2Ø และ 3Ø กิโลแรดของข้าวบาร์เลย์สองพันธุ์นี้มีความสมบูรณ์ดีเนื่องจากใน M_1 generation ต้นที่อ่อนแอจะตายไปหรือไม่ให้ผลผลิต ดังนั้นต้นที่สามารถเจริญเติบโตจนให้ผลผลิตได้จะเป็นต้นที่ปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความมีชีวิตรอดและความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูง

การทดลองโดยปรับอุณหภูมิเป็น 4Ø $\pm$ 2 องศาเซลเซียสในช่วงออกรวงผลปรากฏว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์ #3Ø9, Jyoti, IBON 118 และ Ratna ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงและมีชีวิตรอดได้ไม่ว่าจะผ่านการฉายรังสีปริมาณใดก็ตาม แต่พันธุ์ FNBL 81Ø2-13 พันธุ์เดียวเท่านั้นที่สามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูงและมีชีวิตรอดได้ แต่ก็ไม่ให้ผลผลิต แสดงให้เห็นว่ารังสีไม่มีผลทำให้ข้าวบาร์เลย์ทนทานต่ออุณหภูมิสูง แต่ความสามารถในการทนทานนี้ขึ้นกับพันธุ์ และการ

ทดลองในเรื่อนกระจกก็ได้ผลเช่นเดียวกันคือ พันธุ์ FNBL 81Ø2-13 พันธุ์เดียวเท่านั้นที่สามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ ออกรวงแต่เมล็ดลีบและแห้งตายในที่สุดเนื่องจากอากาศร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วก่อนที่เมล็ดจะแก่ และจากการทดลองกับข้าวบาร์เลย์อีก 3 พันธุ์ ในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ผลปรากฏว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 2 และ บรบ 5 ทั้งที่ไม่ได้ฉายรังสีและที่ฉายรังสีทุกปริมาณตายหมด ส่วนพันธุ์ บรบ 6 ที่ฉายรังสี 3Ø กิโลแรดมีเพียงต้นเดียวเท่านั้นที่รอดตาย ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 1 ใน 1485 ต้นกรณีที่มีสาเหตุมาจากผลของรังสี อย่างไรก็ตามต้นที่รอดนี้ได้ตายไปเมื่อย้ายไปปลูกใหม่ในกระถาง

ลักษณะต้นผิดปกติและอัตราความผิดปกติ

จากทั้ง 3 การทดลองพบลักษณะผิดปกติแบบต่าง ๆ ได้แก่ลักษณะขาวเผือก เหลือง (xantha) เหลืองซีด ใบลาย ใบกว้างยาวและลำต้นสูงใหญ่กว่าปกติ และลักษณะการออกดอกผิดปกติซึ่งเป็นผลจากการได้รับรังสี

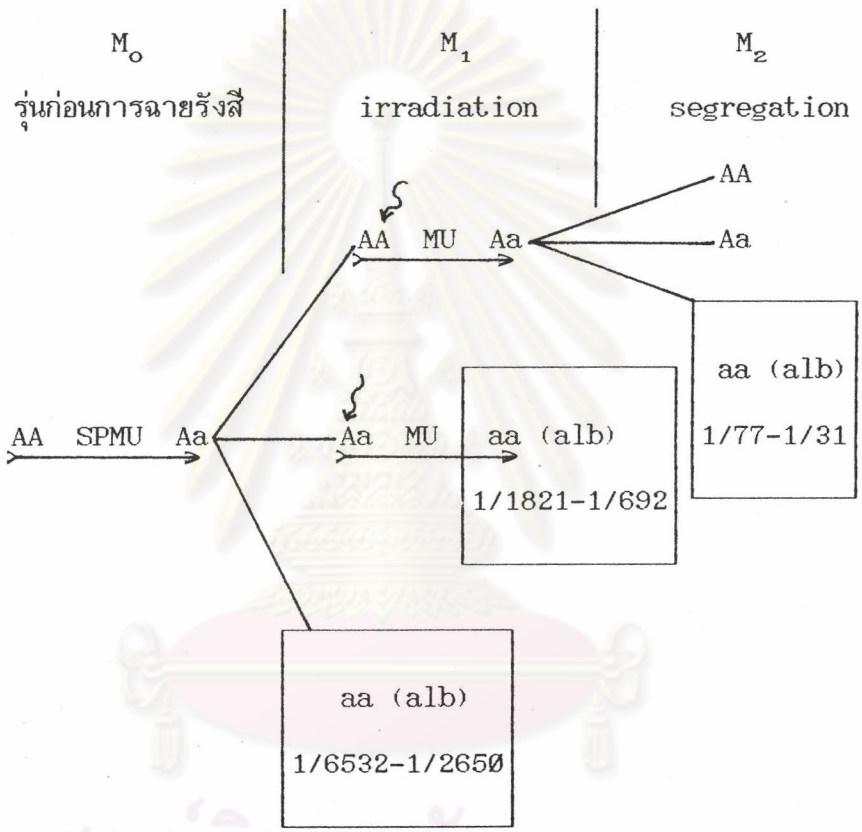
ลักษณะขาวเผือกไม่พบ ในข้าวบาร์เลย์พันธุ์ #3Ø9 บรบ 5 และ บรบ 6 ที่ไม่ได้ฉายรังสีและที่ฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ แต่พบลักษณะขาวเผือกในข้าวบาร์เลย์พันธุ์ Jyoti ที่ฉายรังสี 3Ø กิโลแรด พันธุ์ Ratna ที่ฉายรังสี 2Ø และ 3Ø กิโลแรด และบรบ 2 ที่ฉายรังสี 15 กิโลแรด นอกจากนี้ยังพบลักษณะขาวเผือกในพันธุ์ IBON 118 และ FNBL 81Ø2-13 ในพวกที่ไม่ได้ฉายรังสี แสดงให้เห็นว่าลักษณะขาวเผือกไม่ได้เกิดกับข้าวบาร์เลย์ทุกพันธุ์ อย่างไรก็ตามลักษณะขาวเผือกอาจเกิดขึ้นได้เองหรือเกิดจากการได้รับรังสีซึ่งจากการทดลองพบว่าลักษณะขาวเผือกอาจเกิดขึ้นได้เองในอัตราส่วนระหว่าง 1 ใน 6532 ถึง 1 ใน 265Ø ต้น แต่ถ้าเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของรังสีอัตราส่วนจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1 ใน 1821 ถึง 1 ใน 692 จะเห็นได้ว่าโอกาสการเกิดลักษณะขาวเผือกในพวกที่ฉายรังสีจะสูงกว่าพวกที่ไม่ได้ฉายรังสีมาก และจากการศึกษาการถ่ายทอดลักษณะขาวเผือกใน M_2 generation พบว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 6 ที่ M_1 generation ผ่านการฉายรังสี 2Ø กิโลแรด พบต้นข้าวเผือกในอัตราส่วน 1 ใน 77 ถึง 1 ใน 31 ต้น ซึ่งเป็นโอกาสเกิดต้นขาวเผือกที่สูงมากและสูงกว่าใน M_1 generation

ข้าวบาร์เลย์เป็นพืชผสมตัวเองดังนั้นต้นปกติที่ไม่ใช่ albino น่าจะมียีนอยู่ในสภาพ homozygous dominance และการที่จะเกิดมิวเตชันพร้อมกันทีเดียว 2 alleles เพื่อให้ได้ homozygous recessive สำหรับลักษณะขาวเผือกนั้นเป็นไปได้ยากมาก ดังนั้นสาเหตุ

ของการเกิดลักษณะขาวเผือกเป็นไปได้ 2 กรณีคือ

1. เกิด spontaneous mutation เพียง 1 allele แล้วเกิดการแยกตัวของยีน (segregation) ทำให้ได้ลูกที่มียีนอยู่ในสภาพ homozygous recessive ของลักษณะขาวเผือก (ไดอะแกรม)

2. เกิดจากการได้รับรังสี รังสีทำให้ต้นที่มียีนอยู่ในสภาพ heterozyhous มิวเตทเป็น homozygous recessive ของลักษณะขาวเผือก (ไดอะแกรม)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไดอะแกรม แสดงลักษณะและอัตราการเกิดต้นขาวเผือก (albino) ใน generation ต่าง ๆ ของข้าวบาร์เลย์ที่สรุปจากผลของ 4 การทดลอง

SPMU : spontaneous mutation

MU : mutation

alb : albino

↙ : ได้รับรังสี

M_o, M_1, M_2 : generation ที่ Ø, 1 และ 2 ตามลำดับ

ตัวเลข : อัตราการเกิด

ลักษณะผิดปกติอื่น ๆ ได้แก่ลักษณะเหลือง (xantha)พบในข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 2 ที่ฉายรังสี 2Ø กิโลแรด ลักษณะเหลืองซีด (chlorosis) พบในข้าวบาร์เลย์พันธุ์ Jyoti ที่ฉายรังสี 15 กิโลแรด ลักษณะใบลาย (striata) เป็นทางยาวสีขาวพบในพันธุ์ IBON 118 ที่ฉายรังสี 3Ø กิโลแรด และในพันธุ์ บรบ 2 ที่ฉายรังสี 2Ø กิโลแรด นอกจากนี้พบต้นที่มีลักษณะออกรวงผิดปกติโดยแทงช่อดอกทะลุกาบใบออกมาทำให้ช่อดอกบิดงอ และยังพบลักษณะของใบบิดงอในพันธุ์ FNBL 81Ø2-13 ที่ฉายรังสี 2Ø และ 3Ø กิโลแรด และพบพวกที่มีใบกว้างและยาวกว่าปกติในพันธุ์ บรบ 2 ที่ฉายรังสี 3Ø กิโลแรด ลักษณะผิดปกติเหล่านี้เป็นผลจากการได้รับรังสี ซึ่งรังสีมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเซลล์ เนื้อเยื่อ ทำให้การแบ่งเซลล์ช้าลง ตลอดจนมีผลต่อโปรตีน เอ็นไซม์ และส่วนประกอบของเซลล์จนทำให้การเจริญของเนื้อเยื่อและอวัยวะผิดรูปแบบไปจากปกติ

ลักษณะผิดปกติที่เป็นผลมาจากการได้รับรังสีในการทดลองนี้แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1. ลักษณะผิดปกติที่เป็นผลมาจากการแปรผันทางพันธุกรรม(genetic variation) ซึ่งมีสาเหตุมาจากมิวเตชัน ได้แก่ลักษณะขาวเผือก ลักษณะผิดปกติแบบนี้จะถ่ายทอดไปสู่รุ่นต่อ ๆ ไปได้ และสามารถตรวจสอบได้โดยวิธีการติดตามประชากรที่ผิดปกติในรุ่นต่อ ๆ ไป หรือใช้การวิเคราะห์ไอโซไซม์ในกรณีที่ไม่มีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากพันธุกรรม

2. ลักษณะผิดปกติที่เป็นผลทางสรีรวิทยาเนื่องจากการได้รับรังสี เช่น ลักษณะการงอก และการออกรวงที่ผิดปกติ ลักษณะใบและยอดบิดงอ ลักษณะผิดปกติที่เป็นผลทางสรีรวิทยานี้ไม่สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้

ลักษณะผิดปกติอื่น ๆ ได้แก่ เหลือง (xantha) เหลืองซีด (chlorosis) ใบลาย (striata) ใบกว้างและยาว และต้นสูงใหญ่กว่าปกติ ลักษณะเหล่านี้ถ้าจะให้แน่ใจว่าลักษณะใดเป็นผลมาจากการแปรผันทางพันธุกรรม ลักษณะนั้นจะต้องถ่ายทอดได้ และในการตรวจสอบประชากรจะต้องมากพอ อย่างไรก็ตามไม่พบลักษณะผิดปกติเหล่านี้ใน M_2 generation เนื่องจากต้นผิดปกติดังกล่าวไม่ให้ผลผลิตดังนั้นจึงไม่สามารถถ่ายทอดลักษณะไปยังรุ่นต่อไปได้

<u>การเจริญพันธุ์</u>

จากผลการตรวจสอบอัตราการเจริญพันธุ์ (fertility) ของข้าวบาร์เลย์ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาโดยวิธีการย้อมละอองเกสรด้วย Propiono-carmine ผลปรากฏว่ารังสีแกมมามีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การเจริญพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยรังสีทำให้การเจริญพันธุ์ลดลง

สัมพันธ์กับปริมาณรังสีแบบเส้นตรง ปริมาณรังสียิ่งสูงเปอร์เซ็นต์การเจริญพันธุ์ยิ่งลดลง แต่พันธุ์ข้าวบาร์เลย์และปฏิกิริยาร่วมระหว่างรังสีกับพันธุ์ไม่มีผลต่อความแตกต่างของอัตราการเจริญพันธุ์ การเจริญพันธุ์โดยเฉลี่ยของข้าวบาร์เลย์ 3 พันธุ์ คือ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 ที่ฉายรังสี 15, 2Ø, และ 3Ø กิโลแรด ลดลง 5.87,1Ø.59 และ 16.62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และจากผลการตรวจสอบอัตราการเจริญพันธุ์ใน M_2 generation ผลปรากฏว่ารังสีปริมาณต่าง ๆ ที่ฉายให้ข้าวบาร์เลย์ใน M_1 generation ไม่มีผลต่อการเจริญพันธุ์ใน M_2 generation โดยที่เปอร์เซ็นต์การเจริญพันธุ์ของทุกพันธุ์ในพวกที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีและพวกที่ฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกันมาก

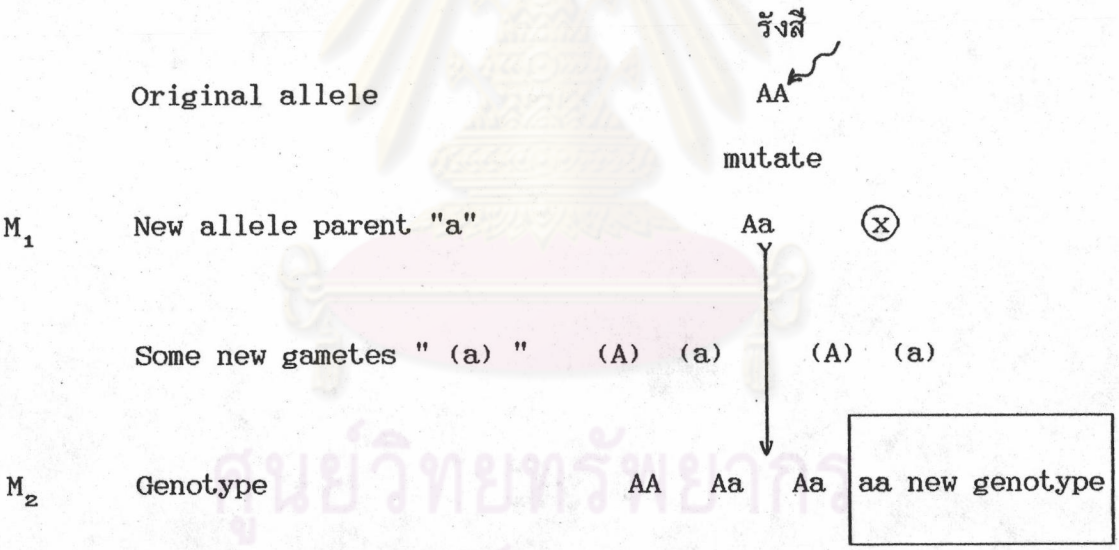
สาเหตุหนึ่งของการไม่เจริญพันธุ์ การไม่มีชีวิตของไมโครสปอร์ หรือละอองเกสรเป็นผลมาจากความผิดปกติขณะมีการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโอซีสของไมโครสปอร์เนื่องจากความผิดปกติของโครโมโซมมีผลทำให้การแยกตัวของโครโมโซมไม่สมดุลย์ตามปกติ(indeterminate segregation) และก่อให้เกิดความไม่สมดุลย์ของยีน (genetic inbalance) ในเซลล์สืบพันธุ์ ในที่สุดทำให้เกิดการตาย (lethality) ของเซลล์สืบพันธุ์ (Pizzarello and Witcofski, 1975) ลักษณะดังกล่าวจะทำให้ได้ไมโครสปอร์ หรือละอองเกสรที่ไม่เจริญพันธุ์ และจากการทดลองนี้ที่พบว่ารังสีแกมมามีผลทำให้การเจริญพันธุ์ของข้าวบาร์เลย์ลดลงเฉพาะใน M_1 generation แต่ไม่มีผลต่อการเจริญพันธุ์ใน M_2 generation อาจจะเนื่องมาจากการซ่อมแซมมิวเตชัน เหตุผลอีกประการหนึ่งคือการคัดทิ้งที่เกิดขึ้นได้เอง จากการทดลองพบว่าต้นที่มีลักษณะผิดปกติเนื่องจากการได้รับรังสี เช่น พวกต้นสูงใหญ่จะตายไปหรือไม่ตายและออกรวงแต่ก็ไม่ติดเมล็ดซึ่งแสดงให้เห็นว่าพวกที่มีลักษณะผิดปกติจะถูกคัดทิ้งออกไปจากประชากร พวกที่มีลักษณะผิดปกติรวมไปถึงพวกที่ไม่เจริญพันธุ์ และเปอร์เซ็นต์การเจริญพันธุ์ต่ำด้วย ดังนั้นเมล็ดที่เก็บเกี่ยวได้จาก M_1 generation จึงเป็นพวกที่มีความสมบูรณ์แข็งแรงและการเจริญพันธุ์ดี และเมื่อนำมาปลูกใน M_2 generation อัตราการเจริญพันธุ์จึงปกติ

การเป็นหมันของเกสรตัวผู้เนื่องจากอิทธิพลของรังสีเป็นผลที่เกิดขึ้นได้ทั้งจากสาเหตุทางสรีรวิทยา และจากมิวแตนท์ยีน ในกรณีที่เกิดจากมิวเตชันก็จะทำให้ได้ต้นมิวแตนท์ที่เกสรตัวผู้เป็นหมัน (male sterile) ซึ่ง Tavcar (1965) ได้รายงานว่าการชักนำให้เกิดมิวเตชันในข้าวบาร์เลย์โดยการใช้รังสีแกมมาทำให้ได้ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ที่เกสรตัวผู้เป็นหมัน

ความสูงที่ระยะเก็บเกี่ยว

จากผลการทดลองปรากฏว่าปริมาณรังสี และปฏิกิริยาร่วมระหว่างปริมาณรังสีกับพันธุ์ไม่มีอิทธิพลต่อความสูงของข้าวบาร์เลย์ 5 พันธุ์คือ #3Ø9, Ratna, Jyoti, IBON 118 และ FNBL 81Ø2-13 แต่ความสูงที่แตกต่างกันอย่างมากนี้เนื่องจากพันธุ์ที่ต่างกัน สาเหตุที่รังสีไม่มีอิทธิพลต่อความสูงอาจจะเนื่องมาจากต้นที่รอดตายส่วนใหญ่เป็นต้นที่แข็งแรงและเจริญเติบโตปกติดี ส่วนต้นแคระแกร็นหรือต้นผิดปกติมักจะตายไปภายในสัปดาห์ที่ 6 ดังนั้นจึงไม่สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้จนกระทั่งวัดความสูง อีกสาเหตุหนึ่งคือการที่รังสีจะทำให้ยีนที่ควบคุมลักษณะความสูงมิวเตทแล้วแสดงออกใน M_1 generation เป็นไปได้ยากมากแต่ลักษณะดังกล่าวจะแสดงออกใน M_2 เพราะใน M_2 generation จะเริ่มมีการแยกตัวของยีน

ถ้าสมมติให้ allele "A" ควบคุมลักษณะต้นสูงและ "a" ต้นเตี้ย



จากการทดลองกับข้าวบาร์เลย์อีก 3 พันธุ์คือ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 พบว่าปริมาณรังสี พันธุ์ข้าวบาร์เลย์ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างปริมาณรังสีกับพันธุ์มีอิทธิพลต่อความสูงของข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 2 และ บรบ 5 อย่างมาก โดยรังสีที่ปริมาณ 2Ø และ 3Ø กิโลแรดมีผลทำให้ข้าวบาร์เลย์ทั้งสองพันธุ์สูงขึ้นแต่ไม่มีอิทธิพลต่อความสูงของพันธุ์ บรบ 6 จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ารังสีมีอิทธิพลต่อความสูงใน M_1 generation ได้ ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจาก 2 ประการคือ

1. เกิดการมิวเตชันที่เดียวสอง alelles พร้อมกัน ซึ่งกรณีนี้เป็นไปได้ยาก

2. เมล็ดที่ใช้ในการทดลองไม่ใช่พันธุ์แท้ (homozygous line) จึงเป็นไปได้ที่ยีนอยู่ในสภาพ heterozygous มาก่อนที่จะมีการฉายรังสี ดังนั้นเมื่อเกิดการมิวเตชันเพียง allele เดียวก็สามารถแสดงออกได้ใน M_1 generation

อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองใน M_2 generation พบว่าปริมาณรังสี 3Ø กิโลแรดทำให้ความสูงของข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 2 และ บรบ 6 สูงขึ้น 5.35 และ 9.9Ø เซนติเมตรตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการแสดงออกของลักษณะความสูงใน M_2 generation ไม่จำเป็นต้องสัมพันธ์กับ M_1 generation ซึ่งขึ้นกับโอกาสในการแยกตัวของยีน ในการทดลองนี้ได้ผลคล้ายกับการทดลองของ Tavcar (1965); Gill, Nanda and Karam (1974); Ibrahim and Sharaan (1974) คือรังสีแกมมาชักนำให้ได้ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ต้นสูง

<u>การวิเคราะห์ไอโซไซม์</u>

การวิเคราะห์ไอโซไซม์เอสเทอร์เรสของข้าวบาร์เลย์ 3 พันธุ์คือ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 15,2Ø และ 3Ø กิโลแรดเปรียบเทียบกับพวกที่ไม่ได้ฉายรังสีเพื่อตรวจสอบการแปรผันทางพันธุกรรมพบว่าตัวอย่างที่ฉายรังสีจำนวนหนึ่งมีรูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติ แต่ไม่พบตัวอย่างที่รูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติในพวกที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสีทั้งใน M_1 และ M_2 generation

ใน M_1 generation พบตัวอย่างที่มีรูปแบบไอโซไซม์ผิดปกติจากข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 2 และ บรบ 5 ที่ผ่านการฉายรังสีทุกปริมาณ แต่พันธุ์ บรบ 6 พบเฉพาะพวกที่ฉายรังสี 15 และ 3Ø กิโลแรดเท่านั้น ส่วนพวกที่ฉายรังสี 2Ø กิโลแรดไม่พบตัวอย่างที่รูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติเนื่องจากขนาดของตัวอย่าง (sample size) ที่ใช้ในการตรวจสอบน้อย ซึ่งตามปกติแล้วที่ปริมาณรังสี 15 กิโลแรดพบตัวอย่างที่มีรูปแบบไอโซไซม์ผิดปกติก็น่าจะพบในพวกที่ฉายรังสี 2Ø กิโลแรดด้วย

ความผิดปกติของรูปแบบไอโซไซม์ของข้าวบาร์เลย์ 3 พันธุ์ที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กันพบว่าข้าวบาร์เลย์ทั้ง 3 พันธุ์คือ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 มีความผิดปกติของรูปแบบไอโซไซม์ที่ต่างกันพันธุ์ละ 2 รูปแบบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณรังสีแตกต่างกัน แต่การผิดปกติของรูปแบบไอโซไซม์เหมือนกันได้ ความผิดปกติของรูปแบบไอโซไซม์เหล่านี้จะเกิดจากความผิดปกติของไอโซไซม์เอสเทอร์เรสพวกที่โมเลกุลเคลื่อนที่ช้า (บริเวณ

ที่ค่า Rf ต่ำ) อาจจะเนื่องมาจากชนิดและปริมาณของประจุไฟฟ้ารวม ขนาดหรือรูปร่างของโมเลกุล ความผิดปกตินี้น่าจะมีสาเหตุจากมิวเตชันเนื่องจากรังสี ซึ่ง Loomis และ Kuspa (1984) ได้กล่าวว่าไอโซไซม์ของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันแต่มีรูปแบบต่างกันสาเหตุหนึ่งเนื่องจากมิวเตชัน นอกจากนี้ Brassiri และ Rauhani (1977) ได้ใช้วิธีการศึกษารูปแบบไอโซไซม์เอสเทอร์เรสเพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับวิธีการศึกษาไอโซไซม์ฟอสฟาเตส หรือเปอร์ออกซิเดสในการจำแนกข้าวบาร์เลย์ 12 สายพันธุ์

มิวเตชันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้าของกรดอมิโนในโมเลกุลของโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเอ็นไซม์เช่นจาก CTT เป็นรหัสสำหรับกรดอมิโนกลูตามิกซึ่งมีประจุเป็นบวก ถ้าเกิดการมิวเตชันทำให้รหัสเปลี่ยนเป็น TTT จะได้กรดอมิโนไลซีนซึ่งมีประจุลบการเปลี่ยนแปลงขนาดของโมเลกุลเช่นจากรหัส ATT ซึ่งเป็นรหัสหยุดการสังเคราะห์โปรตีนเกิดมิวเตชันเป็น GTT จะทำให้ได้โปรตีนที่มีโมเลกุลยาวและน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าปกติ ทำนองเดียวกันอาจเกิดมิวเตชันของเบสทำให้การสังเคราะห์โปรตีนหยุดก่อนกำหนดทำให้ได้โปรตีนที่มีโมเลกุลสั้นและมีน้ำหนักน้อยกว่าปกติ ส่วนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโมเลกุลก็เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของประจุและขนาดของโมเลกุล เหล่านี้ทำให้ได้ไอโซไซม์ที่มีรูปแบบผิดปกติ จากคุณสมบัติดังกล่าวสามารถใช้ตรวจสอบการแปรผันทางพันธุกรรมของพืชได้โดยอาศัยความสามารถที่ไม่เท่ากันในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลในตัวค้ำจุนด้วยกระแสไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์ไอโซไซม์นี้ ตัวอย่างจำนวนหนึ่งที่ใช้วิเคราะห์เป็นตัวอย่างที่ทราบความผิดปกติของลักษณะภายนอกแล้วคือ ลักษณะใบใหญ่และลำต้นสูงใหญ่กว่าปกติและจากการวิเคราะห์พบว่ามีรูปแบบของไอโซไซม์ที่ผิดผิดปกติด้วย และจากการวิเคราะห์ไอโซไซม์เอสเทอร์เรสนี้ยังพบว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 5 และ บรบ 6 มีรูปแบบของไอโซไซม์คล้ายกันมากเช่นเดียวกับลักษณะภายนอกที่สังเกตเห็นและรูปแบบไอโซไซม์ของทั้งสองพันธุ์นี้แตกต่างจากของพันธุ์ บรบ 2 อย่างเห็นได้ชัด ขณะเดียวกันลักษณะภายนอกที่สังเกตเห็นก็แตกต่างกันมากทั้งขนาดของต้น สีของใบ ระยะเวลาออกรวง ฯลฯ เหล่านี้แสดงให้เห็นว่าพืชชนิดเดียวกันที่มีลักษณะสันฐานคล้ายกันย่อมมีรูปแบบของไอโซไซม์ที่คล้ายกันมากกว่าพวกที่มีลักษณะต่างกัน

การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของพันธุ์พืชชนิดเดียวกันถ้าไม่มีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องพบว่ารูปแบบของไอโซไซม์น่าจะเหมือนกัน แต่ถ้ารูปแบบของไอโซไซม์ต่างกันน่าจะเนื่องมาจากความแตกต่างทางพันธุกรรม จากหลักการนี้สามารถใช้ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์พืชได้ จากตัวอย่างที่ 23 ภาพที่ 21 จะเห็นว่าเป็นรูปแบบไอโซไซม์ของข้าวบาร์เลย์พันธุ์

บรบ 2 ที่เมล็ดปนกับพันธุ์ บรบ 6 ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ การปนของเมล็ดพันธุ์เป็นไปได้ 2 กรณีคือ ปนมาแต่แรก และปนขณะการปลูก

ใน M_2 generation พบตัวอย่างที่รูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติเฉพาะในข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 2 ที่ฉายรังสี 30 กิโลแรด และพันธุ์ บรบ 6 ที่ฉายรังสี 15 กิโลแรดเท่านั้น แต่ไม่พบตัวอย่างที่รูปแบบไอโซไซม์ผิดปกติในพันธุ์ บรบ 5 ในทุกปริมาณรังสี และจากการเปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างที่มีรูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติของข้าวบาร์เลย์ 3 พันธุ์ระหว่าง M_1 กับ M_2 genreration ผลปรากฏว่าใน M_1 generation พบตัวอย่างที่มีรูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติเป็นจำนวนมากขณะที่ใน M_2 generation พบน้อยมากและในบางพันธุ์ไม่พบเลย ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองนี้ไม่เป็นไปตามความจริงที่ว่าในการชักนำให้เกิดมิวเตชันจะเกิดการแปรผันทางพันธุกรรมมากขึ้นในประชากรของ M_2 generation เนื่องจากการแยกตัวของยีน (gene segregation) ดังนั้นใน M_2 generation ควรจะมีตัวอย่างที่รูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติเพิ่มมากขึ้น แต่จากการทดลองไม่เป็นไปตามนั้นน่าจะเนื่องจาก

1. การคัดเลือก (selection) ต้นมิวแตนท์ที่เกิดจากการมิวเตชันอย่างมากจนไม่สามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้ หรือผลของรังสีทำให้ละอองเกสรตัวผู้เป็นหมัน ต้นตายไปเนื่องจากการได้รับรังสี ทำให้เหลือเฉพาะพวกที่ทนต่อรังสีและต้นปกติเท่านั้น ซึ่งสามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้ ดังจะเห็นได้จากพวกที่มีลำต้นและใบใหญ่กว่าปกตินั้นมีรูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติด้วย และมักจะตายไปทำให้ไม่สามารถถ่ายทอดรูปแบบของไอโซไซม์ไปยังรุ่นต่อไปได้ ดังนั้นต้นที่มีรูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติถูกคัดออกไปจากประชากรใน M_2 generation ทำให้ M_2 generation มีตัวอย่างที่รูปแบบของไอโซไซม์ผิดปกติน้อยกว่าใน M_1 generation

2. การซ่อมแซมมิวเตชัน ในกรณีที่เกิดมิเตชันในระบบของสิ่งมีชีวิตจะมีกระบวนการซ่อมแซมได้แก่ excision repair โดยกระบวนการของเอ็นไซม์ specific gamma endonuclease, exonuclease, DNA - polymerase I และ polynucleotide ligase (Yarmonenko, 1988) นอกจากนี้ยังมีกระบวนการ replicative repair โดยมีเอ็นไซม์ตรวจสอบความถูกต้องขณะการจำลองตัวเองของ DNA ซึ่งเรียกวิธีการของเอ็นไซม์นี้ว่า prove reading

การถ่ายทอดลักษณะผิดปกติ

จากผลการศึกษาการถ่ายทอดพันธุกรรมของลักษณะผิดปกติได้แก่ลักษณะขาวเผือก ใบลาย ใบกว้างและยาวกว่าปกติ ลักษณะต้นสูงใหญ่ การเจริญพันธุ์ของละอองเกสรและการถ่ายทอดรูปแบบของไอโซไซม์ที่ผิดปกติจาก M_1 ไปยัง M_2 generation ผลปรากฏว่าลักษณะผิดปกติดังกล่าวทุกลักษณะถ่ายทอดไปยัง M_2 generation ในอัตราส่วนที่ต่ำมาก และบางลักษณะไม่มีการถ่ายทอดเลยคือ ลักษณะใบลาย ใบกว้างและยาวกว่าปกติ ลักษณะต้นสูงใหญ่ และการเจริญพันธุ์ของไมโครสปอร์ ส่วนการแปรผันทางพันธุกรรมที่วิเคราะห์ได้จากรูปแบบของไอโซไซม์เอสเทอร์เรสพบว่า รูปแบบที่ผิดปกติของข้าวบาร์เลย์ทั้ง 3 พันธุ์ที่ M_1 ผ่านการฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ สามารถถ่ายทอดได้ในอัตราส่วนที่ต่ำมาก ส่วนลักษณะขาวเผือกของข้าวบาร์เลย์พันธุ์บรบ 2 และ บรบ 5 ไม่พบใน M_2 generation ทั้ง ๆ ที่พบใน M_1 generation พันธุ์ บรบ 2 พันธุ์ และ บรบ 6 ที่ M_1 ไม่พบต้นขาวเผือกแต่พบใน M_2 generation เป็นไปได้ที่ว่าเกิดการมิวเตชันใน M_1 ทำให้ได้ยีโนไทพ์แบบ heterozygous แล้วแยกตัวใน M_2 จึงทำให้พบลักษณะดังกล่าวในเฉพาะ M_2 generation

จากทฤษฎีที่ว่าลักษณะผิดปกติดังกล่าวมาทั้งหมดถ้าเกิดจากยีนมิวเตชันแล้วการแปรผันของลักษณะเหล่านั้นจะมีมากขึ้นใน M_2 generation แต่จากการทดลองนี้พบว่าลักษณะผิดปกติทุกลักษณะมีการแปรผันลดลงซึ่งถ้าลักษณะเหล่านั้นเกิดจากยีนมิวเตชันจริงแล้วสาเหตุที่ทำให้การแปรผันลดลงน่าจะเนื่องมาจากเหตุผลสองประการคือการซ่อมแซมมิวเตชัน และการคัดเลือกโดยที่ต้นผิดปกติมักจะไม่มีโอกาสสืบทอดลูกหลานต่อไปได้เนื่องจากการเป็นหมันหรือตายไป

ผลผลิต

จากผลการทดลองในห้องควบคุมสภาวะแวดล้อมโดยใช้ข้าวบาร์เลย์ 8 พันธุ์ ทำการศึกษาปริมาณผลผลิตปรากฏว่าจากการทดลองปลูกข้าวในภาชนะที่มีพื้นที่ วัสดุปลูก และสภาพแวดล้อมที่จำกัด ตลอดจนการหมุนเวียนของอากาศ และความแรงของลม ทำให้ทราบว่าในสภาพดังกล่าวไม่เหมาะที่จะศึกษาเกี่ยวกับปริมาณผลผลิต หรือใช้ผลผลิตเป็นตัววัดความแตกต่างทางพันธุกรรมหรือการแปรผันเนื่องจากรังสี อย่างไรก็ตามจากการทดลองก็พบว่าปริมาณรังสียิ่งสูงขึ้นแนวโน้มของผลผลิตจะยิ่งต่ำลง

การทดลองในสภาพแวดล้อมที่จำกัดเช่นนี้เหมาะที่จะใช้ศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพมากกว่าการศึกษาปริมาณ การศึกษาลักษณะเชิงปริมาณ เช่นผลผลิตควรจะทำการศึกษาในระดับของ

แปลงทดลองหรือในไร่ที่มีพื้นที่มากพอที่จะทำให้การทดลองเชื่อถือได้มากที่สุด ในทางกลับกันการศึกษาในสภาพไร่ที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่นั้นไม่เหมาะที่จะใช้ศึกษาลักษณะเชิงคุณภาพ เช่นลักษณะผิดปกติแบบต่าง ๆ ซึ่งทำได้ยากมากเพราะจะต้องทำการสำรวจต้นผิดปกติจากประชากรจำนวนมาก

<u>การคัดเลือกต้นอายุเก็บเกี่ยวเร็ว</u>

จากการคัดเลือกข้าวบาร์เลย์ต้นที่มีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าปกติใน M_2 generation ผลปรากฏว่าข้าวบาร์เลย์ที่ M_1 generation ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี ผ่านการฉายรังสี 15,2Ø และ 3Ø กิโลแรด พันธุ์ บรบ 2 จำนวนที่คัดเลือกได้เท่ากับ Ø,2,2 และ Ø ต้นตามลำดับ ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าปกติ 1 สัปดาห์ พันธุ์ บรบ 5 จำนวนที่คัดเลือกได้เท่ากับ 1,5,2 และ 2 ต้น และพันธุ์ บรบ 6 จำนวนที่คัดเลือกได้เท่ากับ Ø,1,2 และ Ø ต้น โดยที่สองพันธุ์หลังมีอายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าปกติ 2 สัปดาห์ ปริมาณรังสี 15 และ 2Ø กิโลแรดทำให้ได้จำนวนสายพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวเร็วจำนวนมากกว่าการใช้รังสีปริมาณ 3Ø กิโลแรดและพวกที่ไม่ฉายรังสี การทดลองนี้ทำให้ได้ข้าวบาร์เลย์ที่ออกดอกและอายุเก็บเกี่ยวเร็วซึ่งได้ผลคล้ายกับการทดลองของ Tavcar (1965); Donini and Devreux (197Ø); Bansal 1971,1972; Devreux , Donini and Scarascia-Mugnozza (1972); Enchev (1976); Stephanov and Gorastev (1976); Hussein, Abdalla and Sharaan (1979) คือรังสีแกมมาชักนำให้ได้ข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ที่ออกดอกเร็ว และจากการทดลองกับข้าวบาร์เลย์มิวแตนท์ในกลุ่มของ Gustafsson และการทดลองในญี่ปุ่นโดย Yamashita et al. ทั้งสองการทดลองทำให้ได้ข้าวบาร์เลย์ 38 สายพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวเร็วกว่าปกติ ซึ่งการที่อายุเก็บเกี่ยวเร็วขึ้นนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาการตอบสนองต่อช่วงแสงที่เป็นผลมาจากอิทธิพลของมิวแตนท์ยีน

อย่างไรก็ตามการคัดเลือกข้าวบาร์เลย์ใน M_2 generation ประชากรใน M_2 จะต้องมากพอเพื่อให้ได้ลักษณะที่ต้องการ ซึ่งขึ้นกับลักษณะนั้น ๆ เช่น มิวแตนท์ที่ให้ผลผลิตสูง คุณภาพผลผลิตดี ต้นเตี้ยแข็งแรง ฯลฯ สามารถเลือกได้จากอัตราส่วนที่ไม่มากนักคืออยู่ในช่วงประมาณ 1 ใน 1,ØØØ ถึง 1 ใน 1ØØ,ØØØ แต่ถ้าเป็นลักษณะความต้านทานโรคประชากรสำหรับการคัดเลือกจะต้องสูงมากคืออยู่ในช่วงประมาณ 1ØØ,ØØØ-1,ØØØ,ØØØ แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือกมิวแตนท์นั้นต้องทำในสภาพไร่ ส่วนปริมาณรังสีที่เหมาะสมจากรายงานการทดลอง Tavcar (1965) พบว่าความถี่ของมิวเตชันของลักษณะที่มีประโยชน์

มีโอกาสเกิดขึ้นได้สูง โดยการใช้รังสีปริมาณต่ำ โดยรังสีปริมาณต่ำจะทำให้เกิด micro-lesion mutation แต่รังสีปริมาณสูงมักจะทำให้เกิด macro-lesion mutation ที่จะทำให้ได้ลักษณะในทางลบ หรือทำให้ตายได้

<u>การหา $LD_{50/60}$</u>

การหาปริมาณรังสีที่ทำให้ข้าวบาร์เลย์ตายหรือมีชีวิตรอด 50 เปอร์เซ็นต์ที่อายุ 60 วัน ด้วยวิธีการถดถอย (regression) แล้วสร้าง regression line จากนั้นลากเส้นจากการตายที่ 50 เปอร์เซ็นต์ไปยังแกนปริมาณรังสี ผลปรากฏว่า LD_{50} ของข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 เท่ากับ 36, 66 และ 51 กิโลแรดตามลำดับ ข้าวบาร์เลย์ต่างพันธุ์กัน LD_{50} ย่อมแตกต่างกันและจากการทดลองนี้ผลปรากฏว่า LD_{50} ของพันธุ์ บรบ 2 ต่ำสุดรองลงมาคือ บรบ 6 และบรบ 5 ตามลำดับ ค่าLD_{50} ยิ่งต่ำแสดงให้เห็นว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์นั้นตอบสนองต่อรังสียิ่งมาก

ประโยชน์ของการหา LD_{50}

1. เพื่อบอกว่าพืชชนิดนั้น ๆ ตอบสนองต่อปริมาณรังสีมากน้อยต่างกันอย่างไร พืชต่างชนิดกันย่อมตอบสนองต่อปริมาณรังสีต่างกันแม้แต่พืชชนิดเดียวกัน คนละพันธุ์กันก็ตอบสนองต่อรังสีต่างกัน

2. ใช้กำหนดปริมาณรังสีที่เหมาะสมสำหรับการศึกษามิวเตชัน ในการศึกษามิวเตชันจำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดปริมาณรังสีที่เหมาะสมเพื่อที่จะทำให้ได้พืชมิวแตนท์แบบต่าง ๆ เช่นรังสีปริมาณต่ำจะทำให้เกิดมิวเตชันแบบ micro-lesion และมักจะทำให้ได้มิวแตนท์ที่มีประโยชน์ ส่วนรังสีปริมาณสูงจะทำให้เกิดมิวเตชันแบบ macro-lesion ซึ่งมักจะทำให้เกิดผลในทางลบ

การกำหนดปริมาณรังสีที่เมหาะสมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืช จากผลการทดลองพบว่าข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 2 มี LD_{50} เท่ากับ 36 กิโลแรด และจากการศึกษาผลของรังสีที่ปริมาณ 30 กิโลแรดซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ LD_{50} พบว่าที่ปริมาณรังสีนี้จะทำให้เกิดผลในทางลบแสดงให้เห็นว่าในการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยรังสีปริมาณรังสีที่ฉายไม่ควรมากกว่า LD_{50} และปริมาณรังสีที่เหมาะสมคืออยู่ในช่วงไม่เกินครึ่งหนึ่งของค่า LD_{50} แต่สำหรับการกำหนดปริมาณรังสีเพื่อศึกษาอิทธิพลของรังสีที่มีต่อพืชเกี่ยวกับลักษณะทั่ว ๆ ไป ปริมาณรังสีควรจะกำหนดให้มากกว่าที่ LD_{50} เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ทั้งทางบวกและทางลบ

ข้อดีของการหา LD_{50} โดยการสร้าง regression line คือได้ค่าคาดคะเนที่เที่ยงตรง และสามารถที่จะหา LD ที่ปริมาณอื่นได้จนกระทั่งถึงที่ 100 กิโลแรด คือปริมาณรังสีที่ทำให้ข้าวบาร์เลย์ตาย 100 เปอร์เซนต์ ขณะเดียวกันวิธีการนี้ยังสามารถใช้คาดคะเนได้ว่าที่ปริมาณรังสีใด ๆ จะทำให้ข้าวบาร์เลย์ตายกี่เปอร์เซนต์โดยที่ LD และปริมาณรังสีที่ต้องการหาจะต้องอยู่ในรัศมีที่ regression line ตัดผ่าน

ผลของรังสีที่มีต่อความผิดปกติของโครโมโซม

ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อความผิดปกติของโครโมโซมในโซมาติกเซลล์ปลายรากของข้าวบาร์เลย์พันธุ์ บรบ 2 บรบ 5 และ บรบ 6 ที่ผ่านการฉายรังสีปริมาณ 20 และ 40 กิโลแรดเปรียบเทียบกับพวกที่ไม่ได้ฉายรังสีผลปรากฏว่าไม่พบความผิดปกติของโครโมโซมในพวกที่ไม่ได้ผ่านการฉายรังสี ส่วนพวกที่ผ่านการฉายรังสีพบความผิดปกติของโครโมโซมอย่างมาก พันธุ์ บรบ 2 ที่ฉายรังสี 20 กิโลแรดพบว่าโครโมโซมขาดตรงเซนโทรเมียร์ ที่ฉายรังสี 40 กิโลแรดโครโมโซมเกิดการแตกหักอย่างมาก ขาดตรงเซนโทรเมียร์และเกิด chromatid gap พันธุ์ บรบ 5 ที่ฉายรังสี 20 กิโลแรดพบว่าโครโมโซมเกิดการแตกหัก พวกที่ฉายรังสี 40 กิโลแรดโครโมโซมแตกหักและเกิด chromatid gap พันธุ์ บรบ 6 ที่ผ่านการฉายรังสี 20 กิโลแรดพบว่าโครโมโซมแตกหัก ขาดตรงเซนโทรเมียร์ และเกิด acentric fragment และพวกที่ผ่านการฉายรังสี 40 กิโลแรดพบว่าโครโมโซมแตกหักอย่างมาก

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ารังสีแกมมาทำให้โครงสร้างของโครโมโซมผิดปกติแบบต่าง ๆ ได้แก่ acentric fragment และ chromatid gap ซึ่งเหมือนกับการทดลองในบัวจีนของ กันยารัตน์ ไชยสุต (2532) และจากการทดลองนี้ยังพบว่ารังสีแกมมาทำให้โครโมโซมขาดตรงเซนโทรเมียร์ และโครโมโซมแตกหักเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยรังสีทำให้เกิดความผิดปกติกับโครโมโซมได้โดยพลังงานจากรังสีโดยตรง หรือเกิดจากสารที่ได้จากการแตกตัวของน้ำซึ่งเป็นผลทางอ้อม สารที่ได้จากการแตกตัวของน้ำเนื่องจากรังสีจะมีคุณสมบัติในการ oxidation และทำให้พันธะทางเคมีของสารอื่นแตกหัก (Yarmonenko, 1988) รวมถึงในระดับของโครโมโซมด้วย อย่างไรก็ตามความรุนแรงของความผิดปกติขึ้นกับปริมาณรังสีเองและปัจจัยอื่น ๆ อีกเช่น วงชีพเซลล์ ความชื้น ปริมาณออกซิเจน ตลอดจนความแตกต่างของพันธุ์พืช ฯลฯ

ผลจากความผิดปกติของโครโมโซมคือทำให้เกิดความไม่สมดุลย์ของยีน (genetic inbalance) ในเซลล์สืบพันธุ์ส่งผลให้เกิดการตาย (lethality) ของเซลล์สืบพันธุ์นั้น การสูญเสียโครโมโซมทั้งแท่งหรือบางส่วนไปจะทำให้เกิดการสูญหายของยีนซึ่งจะทำให้เกิดการสูยเสียหน้าที่ของยีนนั้น ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย