

**การปรับปรุงข้าวหอมพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ให้มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง  
โดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารเคมีก่อการกลายพันธุ์  
Mutation Breeding of Aromatic Rice (*Oryza sativa* L. var. KDML 105)  
for Photoperiod Insensitivity by Chemical Mutagen**

ประภา ศรีพิจิตต์<sup>1</sup>      อรอนงค์ นัยวิกุล<sup>2</sup>  
Prapa Sripichitt<sup>1</sup>      Onanong Naivikul<sup>2</sup>

---

**ABSTRACT**

Mutation breeding of aromatic rice variety KDML 105 for photoperiod insensitive character was conducted by using chemical mutagen ethyl methanesulfonate (EMS). Seeds were soaked in EMS solution at the concentrations of 0.75, 1.0 and 1.25% for 12 hrs. The treated seeds were then grown into  $M_1$  plants and  $M_2$  progenies. The  $M_2$  progenies were determined for photoperiod sensitivity under long daylength condition. Five plants among 3,320  $M_2$  progenies were found to be photoperiod insensitive. The mutation frequency of the photoperiod insensitive character was 0.15%. The photoperiod insensitive character of the  $M_2$  plants was inherited to the  $M_3$  progenies when grown under short daylength condition. Grain physical quality of the  $M_3$  lines were investigated. Sixty-four  $M_3$  plants exhibiting photoperiod insensitive character, short culm and physical grain quality similar to KDML 105 were selected. All of the 64  $M_4$  lines were photoperiod insensitive when grown under long daylength condition. Grain physical quality, cooking and eating quality including aroma of the  $M_4$  lines were analysed. Eleven  $M_4$  lines possessing grain quality similar to KDML 105 were selected and 25 plants showing good agronomic characters were chosen from these lines. All of the 25  $M_5$  lines showed photoperiod insensitive character when grown under short daylength condition. Seeds of each line were analysed for grain physical quality, cooking and eating quality including aroma. Eight  $M_5$  lines having grain quality similar to KDML 105 and good agronomic performance were selected. Yield test and grain

**Keywords :** mutation breeding, aromatic rice, photoperiod sensitivity, chemical mutagen

---

- 1   ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-3130
- 1   Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand. Tel. 0-2579-3130
- 2   ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-5325
- 2   Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok 10900. Thailand. Tel. 0-2579-5325

quality analysis of the selected  $M_5$  lines were performed in 1995 rainy season. The results revealed that grain yield of the  $M_5$  lines varied between 715 to 1,194 kg/rai whereas the check variety RD 23 which was photoperiod insensitive yielded 1,185 kg/rai. Grain physical quality, cooking and eating quality including aroma of all lines were inferior to those of KDML 105.

## บทคัดย่อ

การปรับปรุงข้าวหอมพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ให้มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง โดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารเคมีก่อการกลายพันธุ์ ethyl methanesulfonate (EMS) ได้นำเมล็ดมาแช่ในสารละลาย EMS ที่ความเข้มข้น 0.75, 1.0 และ 1.25% เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดมาปลูกเป็นต้น  $M_1$  เมื่อแก่เก็บเกี่ยวเมล็ด นำไปปลูกลูกข้าว  $M_2$  ตรวจสอบความไวต่อช่วงแสงในสภาพที่มีช่วงแสงยาว พบว่าลูกข้าว  $M_2$  ทั้งหมด 3,320 ต้น มีต้นกลายพันธุ์ที่แสดงลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงจำนวน 5 ต้น หรือมีอัตราการกลายพันธุ์ของลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงเกิดขึ้น 0.15% คัดเลือกต้นที่ไม่ไวต่อช่วงแสง นำไปปลูกเป็นลูกข้าว  $M_3$  เพื่อตรวจสอบการถ่ายทอดลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงในสภาพที่มีช่วงแสงสั้น พบว่า ลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงของลูกข้าว  $M_2$  ทั้งหมดสามารถถ่ายทอดสู่ลูกข้าว  $M_3$  นอกจากนั้นในชั่วนี้ยังได้ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดทางกายภาพ และคัดเลือกต้นลูกข้าว  $M_3$  ที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย และเมล็ดมีคุณภาพทางกายภาพใกล้เคียงหรือเท่ากับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ไร่จำนวน 64 ต้น นำเมล็ดไปปลูกเป็นลูกข้าว  $M_4$  ภายใต้สภาพที่มีช่วงแสงยาว สายพันธุ์ทั้งหมดแสดงลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง จึงเก็บเกี่ยวเมล็ดแล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ คุณภาพหุงต้มและรับประทานซึ่งรวมทั้งความหอมด้วย คัดเลือกสายพันธุ์ที่เมล็ดมีคุณภาพดีไว้ได้ 11 สายพันธุ์ ในระหว่างสายพันธุ์คัดเลือกต้นที่มีลักษณะทางการเกษตรที่ดี คัดเลือกไว้ 25 ต้น นำเมล็ดไปปลูกเป็นลูกข้าว  $M_5$  ภายใต้สภาพที่มีช่วงแสงสั้น

ลูกข้าว  $M_5$  ทุกสายพันธุ์จากทั้งหมด 25 สายพันธุ์ แสดงลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง จึงเก็บเกี่ยวเมล็ดจากทุกสายพันธุ์มาวิเคราะห์ที่คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพหุงต้มและรับประทานซึ่งรวมถึงความหอมด้วย คัดเลือกสายพันธุ์ที่เมล็ดมีคุณภาพดีใกล้เคียงกับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และมีลักษณะทางการเกษตรที่ดี ไว้จำนวน 8 สายพันธุ์ จากการทดสอบผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของสายพันธุ์ดังกล่าวในฤดูนาปี 2538 พบว่า ผลผลิตของสายพันธุ์ข้าว  $M_5$  แตกต่างกันตั้งแต่ 715 ถึง 1,194 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ กข 23 ซึ่งไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิต 1,185 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ดของทุกสายพันธุ์มีคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพหุงต้มและรับประทานซึ่งรวมถึงความหอมค่อนข้างด้อยกว่าพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105

**คำหลัก :** การปรับปรุงพันธุ์ข้าว ข้าวหอมพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ไวต่อช่วงแสง สารเคมีก่อการกลายพันธุ์

## คำนำ

การปรับปรุงพันธุ์พืชโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นวิธีการหนึ่งในการสร้างความผันแปรทางพันธุกรรมให้กับประชากรพืช (genetic variability) เพื่อเป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับการคัดเลือกต้นพืชที่มียีนโตนไทป์ (genotype) ที่ต้องการ ซึ่งต้นที่คัดเลือกได้ถ้ามีลักษณะที่ดีพอก็อาจใช้เป็นพันธุ์ใหม่ให้เกษตรกรนำไปปลูกได้ หรือถ้ายีนโตนไทป์ที่คัดเลือกไว้ยังมีลักษณะบางอย่างที่ไม่ดี ก็อาจนำมาผสมกับพันธุ์อื่นที่มี

ลักษณะดีเพื่อให้เกิดการรวมตัวของยีนในรูปแบบต่างๆ (recombination) แล้วจึงคัดเลือกยีนใหม่ ๆ ที่ต้องการออกมา การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารพันธุกรรมของเซลล์ ซึ่งอาจเป็นการเปลี่ยนแปลงของยีน (gene mutation) หรือโครโมโซม (chromosome mutation) (Gaul, 1977)

การกลายพันธุ์สามารถชักนำให้เกิดขึ้นได้โดยการใช้รังสี (physical mutagen) หรือสารเคมี (chemical mutagen) สารเคมีที่มีประสิทธิภาพสูงในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืช ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มของพวก alkalinizing agent ซึ่งได้แก่ ethyl methanesulfonate (EMS), diethyl sulfate (DES) และ ethyleneimine (EI) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EMS เป็นสารเคมีซึ่งนิยมใช้กันมากที่สุดในการชักนำการกลายพันธุ์ในพืช มีประสิทธิภาพสูงในการทำให้เกิดการกลายพันธุ์ และใช้ได้ผลดีกับพืชทุกชนิด (สิรินุช, 2536)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำสารเคมี EMS มาใช้ในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในข้าวหอมพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 เพื่อสร้างแหล่งความผันแปรทางพันธุกรรมสำหรับการคัดเลือกต้นกลายพันธุ์ที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย โดยที่เมล็ดยังคงคุณภาพงอกดีและรับประทานที่ปลอดภัยจนความหอมไว้ได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมเมล็ด

นำเมล็ดข้าวหอมพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยสารละลาย chlorox 20% นาน 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด 3-4 ครั้ง นำเมล็ดที่ฟอกฆ่าเชื้อแล้วใส่ลงในถุงตาข่ายไนลอน แล้วนำไปแช่ในน้ำ (pre-soaking) เป็นเวลานาน 20 ชั่วโมง (Rao, 1977) ทั้งนี้เพื่อกระตุ้นให้เซลล์มีการสังเคราะห์ DNA โดยที่ระยะ S(S phase) ของการสังเคราะห์ DNA เป็นระยะที่เซลล์ไว (sensitive) ต่อการเข้าทำปฏิกิริยา alkylation ของ

สารเคมี EMS มาก จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์สูงขึ้น (สิรินุช, 2536)

### การแช่เมล็ดในสารเคมีก่อการกลายพันธุ์ EMS

นำเมล็ดที่ผ่านการแช่น้ำนาน 20 ชั่วโมงแล้วมาแช่ในสารละลาย EMS ความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75 และ 2.0% (ปริมาตร/ปริมาตร) ตามลำดับ โดยใช้สารละลาย EMS ปริมาตร 0.5 มล. ต่อหนึ่งเมล็ด แช่เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดมาล้างด้วยน้ำที่ไหลผ่านเป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง เพื่อขจัดสารละลาย EMS ที่หลงเหลืออยู่ในเมล็ด

### การตรวจสอบความงอกของเมล็ด

นำเมล็ดที่ผ่านการแช่ในสารละลาย EMS ความเข้มข้นต่างๆ ดังกล่าวมาเพาะบนกระดาษเพาะ แต่ละความเข้มข้นของ EMS ทำการเพาะเมล็ด 4 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด ภายหลังจากการเพาะเมล็ดไปนาน 2 สัปดาห์ ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอก แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด โดยคิดเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่ไม่ได้แช่ในสารละลาย EMS (control) ซึ่งปรับให้มีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ จนพบระดับความเข้มข้นของ EMS ที่ทำให้เมล็ดมีความงอก 70 เปอร์เซ็นต์ (reduction dose 30 หรือ  $RD_{30}$ ) และ 50 เปอร์เซ็นต์ ( $RD_{50}$ ) ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าจะจะเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในอัตราที่สูง

### การปลูกต้นข้าว $M_1$ และลูกข้าวต่างๆ

นำเมล็ดข้าวหอมพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่น้ำนาน 20 ชั่วโมงแล้วมาแช่ในสารละลาย EMS ความเข้มข้น 0.75, 1.0, และ 1.25% ตามลำดับ (จากผลการทดลองข้างต้น) โดยที่ความเข้มข้น 0.75% ใช้เมล็ดจำนวน 1,500 เมล็ด และที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.25% ใช้เมล็ดจำนวน 2,500 เมล็ด แช่เมล็ดในสารละลาย EMS นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดไปล้างด้วยน้ำที่ไหลผ่านนาน 4 ชั่วโมง เพาะเมล็ดในกระบะเพาะที่บรรจุด้วยดินนา เมื่อต้นกล้า  $M_1$  มีอายุ 3

สปีดย้ายไปปลูกในแปลงนาทดลองของภาควิชาพืชไร่นา วิทยาเขตบางเขน ดูแลรักษาต้นข้าว  $M_1$  จนกระทั่งออกดอกจึงเก็บเกี่ยวเมล็ด ปลูกลูกข้าว  $M_2$  และข้าวต่อๆ มาในแบบต้นต่อแถว ซึ่งอาจเป็น 2, 4 หรือ 6 แถว ขึ้นอยู่กับจำนวนเมล็ดที่ต้องการใช้ในแต่ละชั้ว ด้านหัวและท้ายแปลงจะปลูกพันธุ์เปรียบเทียบ (control) ที่ไวต่อช่วงแสงได้แก่พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 นางมุลเอส-4 และพันธุ์เปรียบเทียบที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ได้แก่ พันธุ์ กข 23 IR 841 - 85 - 1 -2 และ Basmati 370

#### การตรวจสอบความไวต่อช่วงแสงของต้น/สายพันธุ์ข้าวชั้วต่างๆ

เริ่มตรวจสอบตั้งแต่ลูกข้าว  $M_2$  และทุกๆ ชั้วต่อมา การตรวจสอบความไวต่อช่วงแสงสามารถกระทำได้ในสภาพที่มีช่วงแสงยาวและสั้นตามธรรมชาติ การตรวจสอบในสภาพที่มีช่วงแสงยาวหรือฤดูนาปีทำได้โดยการปลูกต้นข้าวที่ต้องการตรวจสอบในราวเดือนเมษายน ซึ่งเป็นระยะในแต่ละรอบปีที่ช่วงแสงเริ่มยาวกว่า 12 ชั่วโมงต่อวัน ต้นหรือสายพันธุ์ใดออกดอกก่อนวันที่ 1 กันยายน จัดว่าเป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง (photoperiod insensitive) เนื่องจากโดยปกติพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงจะมีอายุตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งออกดอกไม่นานเกินกว่า 150 วัน (Vergara et al., 1976) ส่วนข้าวที่ออกดอกหลังวันที่ 1 กันยายน จัดว่าเป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง สำหรับการตรวจสอบความไวต่อช่วงแสงในสภาพที่มีช่วงแสงสั้นหรือฤดูนาปรังทำได้โดยการปลูกข้าวที่ต้องการตรวจสอบในราวเดือนพฤศจิกายน ซึ่งมีช่วงแสงสั้นกว่า 12 ชั่วโมงต่อวัน (short daylength) ต้นหรือสายพันธุ์ใดที่มีอายุวันออกดอกสั้นมากใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีอายุวันออกดอกประมาณ 57 วัน ถึง 59 วัน เมื่อปลูกในสภาพที่มีช่วงแสงสั้น (ประภาและคณะ, 2537) จัดว่าเป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง เนื่องจากต้นข้าวถูกกระตุ้นให้ออกดอกเร็วมากโดยช่วงแสงสั้น ทั้งๆ ที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นยังไม่เต็มที่ จึงมีอายุวัน

ออกดอกสั้น ถ้าต้นหรือสายพันธุ์ใดมีอายุวันออกดอกยาวใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบที่ไม่ไวต่อช่วงแสง จัดว่าเป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง เนื่องจากต้นข้าวสามารถออกดอกได้เมื่อการเจริญเติบโตทางลำต้นเต็มที่ไม่ว่าจะได้รับช่วงแสงสั้นหรือยาวก็ตาม (Vergara and Chang, 1985)

#### การศึกษาลักษณะทางเกษตรของต้น/สายพันธุ์ข้าวชั้วต่างๆ

บันทึกลักษณะทางการเกษตรต่างๆ ของต้น/สายพันธุ์ข้าวตั้งแต่ชั้ว  $M_2$  ถึง  $M_5$  ได้แก่ ความสูงจากโคนกอถึงปลายรวงที่สูงที่สุด อายุวันออกดอกนับตั้งแต่วันที่เริ่มปลูกจนถึงวันที่จำนวนกอในแถวออกดอก 75% จำนวนต้นตอกอ จำนวนรวงตอกอ เปอร์เซนต์การติดเมล็ดดี และการหักล้ม (lodging) ซึ่งพิจารณาจากความแข็งแรงของลำต้น ดังนี้

- 1 แข็งแรง (ต้นข้าวทั้งหมดตั้งตรง)
- 5 ปานกลาง (ต้นข้าวล้มพอประมาณ)
- 9 อ่อนแอ (ต้นข้าวส่วนมากล้มราบ)

#### การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดทางกายภาพของต้น/สายพันธุ์ข้าวชั้วต่างๆ

นำเมล็ดที่เก็บเกี่ยวจากแต่ละต้นในลูกข้าว  $M_3$  และแต่ละสายพันธุ์ในลูกข้าว  $M_4$  และ  $M_5$  มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ตามวิธีการที่ได้กล่าวไว้ใน ประภาและคณะ (2539)

#### การตรวจสอบคุณภาพหุงต้มและรับประทานของเมล็ดสายพันธุ์ข้าวชั้วต่างๆ

นำเมล็ดที่เก็บเกี่ยวจากสายพันธุ์ข้าวในลูกข้าว  $M_4$  และ  $M_5$  มาวิเคราะห์คุณภาพหุงต้มและรับประทาน ตามวิธีการที่ได้กล่าวไว้ใน ประภาและคณะ (2539)

#### การคัดเลือกต้น/สายพันธุ์ข้าวในชั้วต่างๆ

คัดเลือกต้น/สายพันธุ์ข้าวในชั้วต่างๆ ( $M_2$  ถึง  $M_5$ ) ที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย จำนวนรวง

ดอกสูง และไม่หักล้ม นอกจากนี้ช่  $M_3$  ยังได้คัดเลือกต้นที่เมล็ดมีคุณภาพทางกายภาพดี ส่วนในช่  $M_4$  และ  $M_5$  คัดเลือกสายพันธุ์ที่เมล็ดมีคุณภาพทางกายภาพคุณภาพพุ่งดีและรับประทานใกล้เคียงกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

#### การทดสอบผลผลิต

ทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวช่  $M_5$  ที่คัดเลือกไว้ได้ในฤดูนาปีที่มีสภาพช่วงแสงยาว โดยมีพันธุ์มาตรฐานปลูกเปรียบเทียบ 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และนางมลอเอส 4 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง และพันธุ์ กข 23 IR 841 - 85 - 1 - 2 และ Basmati 370 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design) จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกโดยวิธีปักดำ เมื่อวันที่ 19 เมษายน 2538 ปักดำสายพันธุ์ละ 5 แถว แถวยาว 5 ม. กอละ 3 ต้น ระยะปลูก 25 x 25 ซม. เก็บเกี่ยวรวงจาก 3 แถวกลาง เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยผลผลิตของแต่ละสายพันธุ์ บันทึกลักษณะทางเกษตรต่างๆ ตลอดจนทดสอบคุณภาพเมล็ดทางกายภาพ คุณภาพพุ่งดีและรับประทานซึ่งรวมถึงความหอมของแต่ละสายพันธุ์ด้วย

#### ผลการทดลองและวิจารณ์

##### การงอกของเมล็ดที่ได้รับสารเคมีก่อการกลายพันธุ์ EMS

เมื่อนำเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการแช่ในสารละลาย EMS ความเข้มข้น 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5, 1.75 และ 2.0% ตามลำดับ มาเพาะบนกระดาษเพาะ แล้วตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกภายหลังจากการเพาะไปนาน 2 สัปดาห์ พบว่าเมล็ดที่ผ่านการแช่สารละลาย EMS ความเข้มข้น 0.25% สามารถงอกได้ 100% เช่นเดียวกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการ

แช่สารละลาย EMS (0%) (Table 1) เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดลดลงตามลำดับ เมื่อความเข้มข้นของ EMS เพิ่มขึ้นจาก 0.5 เป็น 2.0% ผลการทดลองนี้สอดคล้องรายงานของ Ramakrishna *et al.* (1989) ที่พบว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารเคมีก่อการกลายพันธุ์ ethyl sulphate ที่ใช้แช่เมล็ดเพิ่มขึ้น เป็นที่ทราบกันดีว่าสิ่งก่อการกลายพันธุ์ทั้งพวกรังสีและสารเคมีมีผลต่อการงอกของเมล็ด โดยเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดจะลดลงเมื่อปริมาณรังสีหรือความเข้มข้นของสารเคมีเพิ่มขึ้น (Gual, 1977)

เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลาย EMS พบว่าความเข้มข้นของ EMS ที่ทำให้เมล็ดมีความงอก 70 เปอร์เซ็นต์ ( $RD_{70}$ ) และ 50 เปอร์เซ็นต์ ( $RD_{50}$ ) มีค่าประมาณ 1.0 และ 1.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Figure 1) ซึ่งในการทดลองต่อไปจะเลือกใช้ EMS ที่ความเข้มข้นซึ่งทำให้เมล็ดมีความงอกอยู่ระหว่าง 50 ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ เพราะที่ความเข้มข้นดังกล่าวจะเหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในอัตราที่สูง (สิรินุช, 2536)

##### ต้นข้าว $M_1$ ที่เจริญมาจากเมล็ดที่ได้รับสารเคมีก่อการกลายพันธุ์ EMS

เมื่อนำเมล็ดข้าวจำนวนมากแช่ในสารละลาย EMS ที่ความเข้มข้น 0.75, 1.0 และ 1.25% (จากผลการทดลองข้างต้น) เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมง แล้วนำไปเพาะในกระบะเพาะ พบว่าเมล็ดที่ผ่านการแช่ในสารละลาย EMS 0.75% จำนวน 1,500 เมล็ด สามารถงอกเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ และเมื่อย้ายปลูกแล้วสามารถเจริญเป็นต้นข้าว  $M_1$  จนกระทั่งออกดอกเก็บเกี่ยวเมล็ดได้ จำนวน 452 ต้น (30.1%) ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการแช่ในสารละลาย EMS 1.0% จำนวน 2,500 เมล็ด สามารถงอกเป็นต้นกล้า และเจริญเป็นต้น  $M_1$  ได้เพียง 135 ต้น (5.4%) แต่ที่ความเข้มข้นของ EMS 1.25% เมล็ดทั้งหมด 2,500 เมล็ด ส่วนใหญ่ไม่งอก เมล็ดส่วน

น้อยที่สามารถงอกเป็นต้น แต่ต้นที่ได้มีลักษณะผิดปกติ เช่น แคระแกรน ใบเหลือง และมีชีวิตได้ระยะหนึ่งก็ตายไปทั้งหมด จะเห็นได้ว่าความรุนแรงของสาร EMS ที่มีต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในการเพาะเมล็ด โดยการเพาะเมล็ดที่ได้รับสาร EMS บนกระดาษเพาะเมล็ดในห้องปฏิบัติการมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดที่เพาะในกระบะเพาะที่อยู่ในเรือนปลูกพืชทดลอง นอกจากนั้นต้นกล้าที่งอกออกมาและมีลักษณะผิดปกติ มักจะตายไปก่อนการย้ายไปปลูกในแปลงนา

### ความไวต่อช่วงแสงของลูกชั่ว $M_2$

เมื่อนำเมล็ดที่เก็บเกี่ยวจากต้น  $M_1$  มาเพาะให้งอกเป็นลูกชั่ว  $M_2$  พบว่าเมล็ดของบางต้นมีอัตราการงอกค่อนข้างต่ำ บางต้นก็ไม่งอก นอกจากนี้ต้น  $M_1$  จำนวนมากเป็นหมันไม่ติดเมล็ด หรือติดเมล็ดน้อยมากไม่เพียงพอสำหรับการปลูกเป็นลูกชั่ว  $M_2$  ทำให้จำนวนสายพันธุ์ของลูกชั่ว  $M_2$  ลดลงเหลือเพียง 332 สายพันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนต้น  $M_1$  ซึ่งมีทั้งหมด 587 ต้น

เนื่องจากลักษณะความไวต่อช่วงแสงในข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ถูกควบคุมด้วยยีนเพียง 1 คู่ โดยลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงเป็นลักษณะด้อย (สุวิช, 2535) ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง จะต้องกระทำในชั่ว  $M_2$  จึงจะมีโอกาสพบการกลายพันธุ์ของยีนด้อยได้ (Gottschalk and Wolff, 1983)

จากการตรวจสอบความไวต่อช่วงแสงของลูกชั่ว  $M_2$  จำนวน 332 สายพันธุ์ซึ่งประกอบด้วยจำนวนต้นทั้งหมด 3,320 ต้น ในสภาพที่มีช่วงแสงยาว โดยการปลูกในแปลงนาทดลองของสถานีทดลองข้าวบางเขน เมื่อวันที่ 16 เมษายน 2536 พบว่า EMS ที่ความเข้มข้น 0.75% ไม่สามารถชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง การกลายพันธุ์ในลักษณะดังกล่าวพบเกิดขึ้นที่ความเข้มข้นของ EMS 1.0% เท่านั้น โดยพบสายพันธุ์  $M_2$  จำนวน 2 สายพันธุ์มีการกระจาย

ตัวของยีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าว ทำให้ได้ต้นที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงจำนวน 5 ต้น อัตราการกลายพันธุ์ของลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงที่เกิดขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.6% เมื่อคิดต่อจำนวนต้นในชั่ว  $M_1$  (หรือสายพันธุ์ในชั่ว  $M_2$ ) หรือเท่ากับ 0.15% เมื่อคิดต่อจำนวนต้นในชั่วลูก  $M_2$  (Table 2)

ต้น  $M_2$  ทั้ง 5 ต้น ซึ่งจัดว่ามีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงมีอายุออกดอกอยู่ระหว่าง 80 ถึง 84 วัน (Table 3) ซึ่งไม่นานเกินกว่า 150 วัน โดยออกดอกตรงกับวันที่ 5 ถึง 9 กรกฎาคม 2536 หรือออกดอกก่อนวันที่ 1 กันยายน 2536 (Vergara *et al.*, 1976) ในขณะที่ต้นอื่นๆ ออกดอกหลังวันที่ 1 กันยายน 2536 ซึ่งจัดว่าเป็นต้นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง ส่วนต้นเปรียบเทียบกับขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง ต้องการช่วงแสงสั้นเพื่อชักนำให้ข้าวสร้างช่อดอกอ่อน มีอายุออกดอกเฉลี่ย 190 วัน ซึ่งยาวนานเกินกว่า 150 วัน โดยออกดอกเฉลี่ยตรงกับวันที่ 23 ตุลาคม 2536 ปกติข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะออกดอกประมาณ วันที่ 20 ตุลาคม (วรวิทย์, 2530) ส่วนลักษณะทางเกษตรอื่นๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 เช่นกัน ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าจำนวนต้นตอกอ จำนวนรวงตอกอและการติดเมล็ดของต้น  $M_2$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง และต้นเปรียบเทียบกับขาวดอกมะลิ 105 ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากในขณะที่ปลูกเกิดการระบาดของแมลงหลายชนิดต่อเนื่องกัน เช่น หนอนกอ หนอนมันไผ่ และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ทำให้ต้นและรวงตลอดจนเมล็ดถูกทำลายได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสารเคมีก่อการกลายพันธุ์ EMS ที่ความเข้มข้น 1.0% สามารถชักนำให้ยีนเด่นที่ควบคุมลักษณะไวต่อช่วงแสงของข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (สุวิช, 2535) เปลี่ยนแปลงเป็นยีนด้อย ซึ่งในชั่ว  $M_1$  ยีนด้อยแฝงอยู่กับยีนเด่นหรืออยู่ในสภาพ heterozygous จึงยังคงแสดงลักษณะไวต่อช่วงแสงอยู่ ต่อมาในชั่ว  $M_2$  มีการกระจายตัวของยีน

เกิดขึ้น ทำให้ยืนด้อยดังกล่าวมาอยู่ด้วยกันในสภาพที่เหมือนกันหรืออยู่ในสภาพ homozygous และแสดงลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงออกมาให้เห็น คัดเลือกต้น  $M_2$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 5 ต้น

#### การถ่ายทอดลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงในลูกชั่ว $M_3$

จากการตรวจสอบการถ่ายทอดลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงของลูกชั่ว  $M_2$  สู่ลูกชั่ว  $M_3$  โดยนำเมล็ดจากต้น  $M_2$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงมาปลูกเป็นลูกชั่ว  $M_3$  ในเรือนปลูกพืชทดลองของภาควิชาพืชไร่นา วิทยาเขตบางเขน ภายใต้สภาพที่มีช่วงแสงสั้นตามธรรมชาติ โดยปลูกเมื่อวันที่ 3 พฤศจิกายน 2536 พบว่าลูกชั่ว  $M_3$  ทั้งหมด 5 สายพันธุ์ แสดงลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง มีอายุวันออกดอกอยู่ระหว่าง 90 ถึง 98 วัน (Table 4) ซึ่งใกล้เคียงกับอายุวันออกดอกของต้นเปรียบเทียบของพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงทั้ง 3 พันธุ์ คือ กข 23, Basmati 370 และ IR 841 - 85 - 1 - 2 ซึ่งมีอายุออกดอก 89, 82 และ 93 วันตามลำดับ ในขณะที่ต้นเปรียบเทียบที่ไวต่อช่วงแสง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ นางมลอเอส 4 มีอายุออกดอกสั้นมาก 62 และ 63 วัน เนื่องจากพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง เมื่อปลูกในสภาพที่มีช่วงแสงสั้น ช่วงแสงจะกระตุ้นให้ข้าวออกดอกเร็วมากโดยที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นยังไม่เต็มที่ ส่วนลูกชั่ว  $M_3$  และพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ออกดอกเมื่อระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นสิ้นสุดลงแล้ว โดยช่วงแสงสั้นไม่มีอิทธิพลต่อการออกดอก (Vergara and Chang, 1985) จึงมีอายุวันออกดอกยาวนานกว่าพันธุ์ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงของลูกชั่ว  $M_2$  สามารถถ่ายทอดสู่ลูกชั่ว  $M_3$  ได้ หรือคงตัวอยู่ในลูกชั่ว  $M_3$

จากการศึกษาลักษณะทางเกษตรของลูกชั่ว  $M_3$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง พบว่าในแต่ละสายพันธุ์ซึ่งประกอบด้วยต้นข้าวจำนวน 20 ต้น ยังมีการกระจายตัวของ

ลักษณะต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสูง ในบางสายพันธุ์มีความแตกต่างกันมาก ตั้งแต่ต้นเตี้ยมากจนถึงสูงมาก จำนวนต้นและรวงต่อกอ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดตึกก็แตกต่างกันในระหว่างต้นของแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ดังกล่าวของแต่ละสายพันธุ์ได้แสดงไว้ใน Table 4 ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบแต่ละพันธุ์มีความสม่ำเสมอของลักษณะต่างๆ ภายในพันธุ์เดียวกัน แต่แตกต่างกันไปในแต่ละพันธุ์

#### การคัดเลือกต้น/สายพันธุ์ข้าวในชั่ว $M_3$ ถึง $M_5$

ในชั่ว  $M_3$  ได้คัดเลือกต้นที่มีลักษณะเตี้ย จำนวนรวงต่อกอสูง ไม่หักล้ม และเมล็ดมีคุณภาพทางกายภาพใกล้เคียงกับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ไว้จำนวน 64 ต้น ในชั่ว  $M_4$  ได้คัดเลือกสายพันธุ์ที่เมล็ดมีคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพหุงต้มและรับประทานใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบข้าวดอกมะลิ 105 ไว้จำนวน 11 สายพันธุ์ ในระหว่างสายพันธุ์คัดเลือกต้นที่มีลักษณะเตี้ย จำนวนรวงต่อกอสูง และไม่หักล้ม ได้จำนวน 25 ต้น ส่วนในชั่ว  $M_5$  ได้คัดเลือกสายพันธุ์ที่เมล็ดมีคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพหุงต้มและรับประทานใกล้เคียงกับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ไว้จำนวน 8 สายพันธุ์ ในแต่ละสายพันธุ์คัดเลือกทั้งต้นที่มีลักษณะแตกต่างจากต้นอื่นๆ ที่อยู่ในสายพันธุ์เดียวกันเก็บเกี่ยวเมล็ดจากต้นที่เหลือนำเมล็ดมารวมกันในแต่ละสายพันธุ์เพื่อใช้ในการทดสอบผลผลิต

#### ผลผลิตของสายพันธุ์ข้าวชั่ว $M_5$ ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง

จากการทดสอบผลผลิตและลักษณะทางเกษตรอื่นๆ ของสายพันธุ์ข้าวชั่ว  $M_5$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงซึ่งคัดเลือกได้จากการปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารเคมี EMS จำนวน 8 สายพันธุ์ ในแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ภายใต้สภาพที่มีช่วงแสงยาวของฤดูนาปี 2538 พบว่า สายพันธุ์ข้าว  $M_5$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงทั้ง 8 สายพันธุ์ มีอายุวันออกดอกแตกต่างกัน

ตั้งแต่ 100 ถึง 111 วัน ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ กข 23 ซึ่งไม่ไวต่อช่วงแสงเช่นเดียวกัน มีอายุวันออกดอก 103 วัน (Table 5) ความสูงแตกต่างกันตั้งแต่ 112 ถึง 157 ซม. โดยสายพันธุ์ที่ 1 และ 8 จัดว่าเป็นข้าวต้นสูง ปานกลาง ลำต้นจึงตั้งตรงไม่หักล้ม ส่วนสายพันธุ์ที่เหลือ (สายพันธุ์ที่ 2 ถึง 7) จัดว่าเป็นข้าวต้นสูง จึงหักล้ม ปานกลางจนถึงมาก จำนวนต้นและรวงต่อกอแตกต่างกันตั้งแต่ 13 ถึง 20 ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบ กข 23 มีจำนวนต้นและรวงต่อกอเป็น 18 เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดดีแตกต่างกันตั้งแต่ 52.9 ถึง 73.1% โดยสายพันธุ์ที่ 1 และ 2 ให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดดีค่อนข้างสูง (70.7 และ 73.1%) ใกล้เคียงกับพันธุ์เปรียบเทียบ กข 23 (70.8%) ผลผลิตของสายพันธุ์ข้าว  $M_5$  แตกต่างกันตั้งแต่ 715 ถึง 1,194 กิโลกรัมต่อไร่ โดยสายพันธุ์ที่ 1 ให้ผลผลิตสูงสุด 1,194 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ กข 23 ซึ่งให้ผลผลิต 1,185 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามผลผลิตของทั้งสองไม่แตกต่างกันทางสถิติ สายพันธุ์ที่ 8 ให้ผลผลิตรองลงมา 949 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติไปจากพันธุ์เปรียบเทียบ กข 23 นอกจากนี้สายพันธุ์ที่ 1 ยังมีความต้านทานต่อโรคไหม้ (blast) ดีกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ซึ่งรวมทั้งพันธุ์เปรียบเทียบ กข 23 ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบข้าวดอกมะลิ 105 และนางมลเอส 4 ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ เนื่องจากต้นส่วนใหญ่ถูกโรคและแมลงทำลายจนตายไปเกือบหมด ดังนั้นจึงไม่สามารถนำข้อมูลผลผลิตและลักษณะทางเกษตรอื่นๆ มาเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ทั้ง 8 นี้ได้ อย่างไรก็ตามข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำมากเพียง 277 กิโลกรัมต่อไร่ในแปลงเกษตรกร ปีเพาะปลูก 2538/39 ฤดูนาปีซึ่งตรงกับช่วงเวลาในการทดสอบผลผลิตครั้งนี้ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2541)

#### คุณภาพเมล็ดทางกายภาพของสายพันธุ์ข้าวข้าว $M_5$ ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง

ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถวิเคราะห์คุณภาพ

ทางกายภาพ คุณภาพหุงต้ม และรับประทานของเมล็ดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ซึ่งปลูกเป็นพันธุ์เปรียบเทียบในแปลงทดสอบผลผลิตได้ เนื่องจากผลผลิตของพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ได้รับความเสียหายมาก ทำให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดได้ จึงวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพหุงต้มและรับประทานของเมล็ดข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่เก็บเกี่ยวได้จากสถานีทดลองข้าวบางเขนในฤดูนาปี 2537 แทนเมล็ดข้าวข้าวดอกมะลิ 105 จากแปลงทดสอบผลผลิตครั้งนี้ จากการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางกายภาพของสายพันธุ์ข้าวข้าว  $M_5$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงซึ่งมีทั้งหมด 8 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 พบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ดของสายพันธุ์ข้าว  $M_5$  ส่วนใหญ่ต่ำกว่าพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ยกเว้นสายพันธุ์ที่ 4 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงที่สุด (2.7 กรัม) (Table 6) ลักษณะท้องไข่ของสายพันธุ์  $M_5$  แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีท้องไข่น้อย (สายพันธุ์ที่ 1, 2, 3 และ 8) และกลุ่มที่มีท้องไข่ปานกลาง (สายพันธุ์ที่ 4, 5, 6 และ 7) ส่วนพันธุ์เปรียบเทียบข้าวดอกมะลิ 105 เมล็ดใสไม่มีท้องไข่ ในขณะที่พันธุ์ กข 23 เมล็ดมีท้องไข่น้อย โดยปกติเมล็ดข้าวที่ใสหรือมีท้องไข่น้อย เมื่อนำไปสีจะมีข้าวหักน้อย ได้ข้าวเต็มเมล็ดหรือตันข้าวสูง หรือมีคุณภาพการสีที่ดี จึงขายได้ราคาดีกว่าเมล็ดที่มีท้องไข่มาก (เครือวัลย์, 2534) เมล็ดของสายพันธุ์ข้าวข้าว  $M_5$  มีขนาดและรูปร่างยาวเรียว ยกเว้นสายพันธุ์ที่ 3 ซึ่งเมล็ดยาวมากและเรียว เช่นเดียวกับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ซึ่งเมล็ดยาวมากและเรียว ในขณะที่พันธุ์ กข 23 เมล็ดยาวและเรียว ปัจจุบันตลาดข้าวคุณภาพสูงต้องการพันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดยาวเรียว เมล็ดของสายพันธุ์ข้าวข้าว  $M_5$  มีความแกร่งแตกต่างกันตั้งแต่ 7.8 ถึง 9.1 ในขณะที่เมล็ดของพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีความแกร่ง 8.8 พันธุ์ กข 23 มีความแกร่ง 7.6 ซึ่งต่ำกว่าค่าความแกร่งของสายพันธุ์ข้าว  $M_5$  ทุกสายพันธุ์ โดยทั่วไปเมล็ดที่มีความแกร่งสูง เมื่อนำไปสีข้าวจะแตกหักน้อย หรือได้ตันข้าวสูง ความขาวของข้าวสารของสายพันธุ์ข้าว  $M_5$

อยู่ระหว่าง 40.6 ถึง 44.1 ซึ่งต่ำกว่าความยาวของ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (44.2) และพันธุ์ กข 23 (45.4) เมล็ดข้าวสารที่มีความขาวมากกว่าจะมองดูสวยงาม กว่าข้าวสารที่ขาวน้อยกว่า เมล็ดของสายพันธุ์ข้าว  $M_5$  มี คุณภาพการสีดี ยกเว้นสายพันธุ์ที่ 3 เมล็ดมีคุณภาพ การสีปานกลาง แต่พันธุ์เปรียบเทียบกับข้าวดอกมะลิ 105 เมล็ดมีคุณภาพการสีดีมาก ส่วนพันธุ์ กข 23 มี คุณภาพการสีดี เมล็ดที่มีคุณภาพการสีดีจะขายได้ราคา ดีกว่าเมล็ดที่มีคุณภาพการสีต่ำ จะเห็นได้ว่าสายพันธุ์ ข้าวข้าว  $M_5$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงทั้ง 8 สายพันธุ์ที่คัดเลือก ไว้ได้ มีคุณภาพเมล็ดทางกายภาพใกล้เคียงกับพันธุ์ เปรียบเทียบ กข 23 แต่คุณภาพทางกายภาพด้อยกว่า พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 เล็กน้อย เช่นลักษณะท้องไข และคุณภาพการสี

#### คุณภาพหุงต้มและรับประทานของสายพันธุ์ข้าวข้าว $M_5$ ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง

จากการวิเคราะห์คุณภาพหุงต้ม และรับ รับประทานของสายพันธุ์ข้าวข้าว  $M_5$  ทั้งหมด 8 สายพันธุ์ พบว่า สายพันธุ์ข้าว  $M_5$  มีเปอร์เซ็นต์อะมิโลสแตกต่างกันตั้งแต่ 23.2 ถึง 27.3 (Table 7) ทำให้สามารถแบ่ง สายพันธุ์ข้าว  $M_5$  ออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มี ปริมาณอะมิโลสปานกลางและสูงในขณะที่พันธุ์เปรียบ เทียบข้าวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอะมิโลสต่ำ (14%) ส่วนพันธุ์ กข 23 เป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสปานกลาง โดยปกติเมล็ดข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสสูง เมื่อหุงเป็น ข้าวสุกแล้วจะมีความเหนียวน้อยลงหรือร่วนมากขึ้น และ ยังมีความนุ่มน้อยลงด้วย (งามชื่น, 2531) ค่าการ สลายเมล็ดในต่างแตกต่างกันตั้งแต่ 2 ถึง 6 ในขณะที่ พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีค่าเท่ากับ 6 และพันธุ์ กข 23 มีค่าเท่ากับ 2 จากค่าการสลายเมล็ดในต่างทำให้ ประเมินได้ว่า สายพันธุ์ข้าว  $M_5$  มีอุณหภูมิแป้งสุกแตก ต่างกันตั้งแต่ต่ำจนถึงสูง ซึ่งแสดงว่าแต่ละสายพันธุ์ ต้องการระยะเวลาในการหุงต้มแตกต่างกันตั้งแต่สั้น

จนถึงยาว ในขณะที่พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 มีอุณหภูมิ แป้งสุกต่ำหรือต้องการระยะเวลาในการหุงต้มสั้น ส่วน พันธุ์ กข 23 มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงหรือต้องการระยะ ระยะเวลาในการหุงต้มนาน โดยปกติข้าวที่มีปริมาณอะมิโลส ต่ำ ควรมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำหรือต้องการระยะเวลาใน การหุงต้มสั้น แต่ถ้ามีอุณหภูมิแป้งสุกปานกลางหรือสูง จะทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการหุงต้มมากขึ้น เมื่อหุงเป็น ข้าวสุกแล้วปริมาณความชื้นในเมล็ดอาจสูงเกินไป ทำให้ ข้าวสุกมีลักษณะแฉะ (งามชื่น, 2531) ในทำนอง เดียวกันข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสปานกลางหรือสูงควรมี อุณหภูมิแป้งสุกปานกลางหรือสูงด้วย หรือต้องการ ระยะเวลาในการหุงต้มมากขึ้น แต่ถ้ามีอุณหภูมิแป้งสุก ต่ำหรือใช้เวลาในการหุงต้มสั้น เมื่อหุงเป็นข้าวสุกแล้ว จะมีลักษณะร่วนแข็งมากขึ้น จากการตรวจสอบความ คงตัวของแป้งสุก พบว่าสายพันธุ์ข้าว  $M_5$  ส่วนใหญ่มี ความคงตัวของแป้งสุกอ่อน ยกเว้นสายพันธุ์ที่ 6 และ 8 มีความคงตัวของแป้งสุกปานกลาง พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และ กข 23 ก็มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน ข้าว ที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน เมื่อหุงเป็นข้าวสุกแล้ว จะนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง หากข้าว ทั้งสองมีปริมาณอะมิโลสอยู่ในระดับเดียวกัน (งามชื่น, 2531) ดังนั้นเมื่อนำเมล็ดข้าวของสายพันธุ์ข้าว  $M_5$  มา หุงให้สุก พบว่าข้าวสุกของแต่ละสายพันธุ์มีลักษณะ แตกต่างกันตั้งแต่นุ่มเหนียว เช่นเดียวกับพันธุ์ข้าวดอก มะลิ 105 แข็งเล็กน้อยและเหนียวเช่นเดียวกับพันธุ์ กข 23 จนถึงแข็งเล็กน้อยและไม่เหนียว ทั้งนี้เนื่องจาก แต่ละสายพันธุ์มีปริมาณอะมิโลส อุณหภูมิของแป้งสุก และความคงตัวของแป้งสุกแตกต่างกันไป อัตราการ ยึดตัวของข้าวสุกของสายพันธุ์ข้าว  $M_5$  ไม่แตกต่างกัน มากนัก (2.4 ถึง 2.5) ซึ่งใกล้เคียงกับพันธุ์ กข 23 (2.4) และข้าวดอกมะลิ 105 (2.5) ในระหว่างการหุงต้มถ้า เมล็ดข้าวสารมีการยึดตัวมากโดยเฉพาะด้านยาว จะ ทำให้ข้าวสุกมีความกระด้างน้อยลง (งามชื่น, 2531) ความหอมของแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกันตั้งแต่น้อย

(2.1) จนถึงปานกลาง (3.1) หรือทุกสายพันธุ์มีความหอมน้อยกว่าพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความหอมมากที่สุด (5) ส่วนพันธุ์ กข 23 ก็มีความหอมน้อย (1.9) จึงอาจกล่าวได้ว่าสายพันธุ์ข้าวช้าว  $M_5$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงบางสายพันธุ์ ได้แก่สายพันธุ์ที่ 3, 6 และ 7 เมื่อหุงเป็นข้าวสุกแล้วจะมีลักษณะนุ่มเหนียวเช่นเดียวกับพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 แต่ทุกสายพันธุ์มีความหอมน้อยกว่าพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 บางสายพันธุ์ข้าวสุกมีลักษณะแข็งเล็กน้อยและเหนียวเช่นเดียวกับพันธุ์ กข 23 แต่มีความหอมมากกว่าพันธุ์ กข 23

### สรุปผลการทดลอง

ในการปรับปรุงข้าวหอมพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ไม่ไวต่อช่วงแสงโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารเคมีก่อการกลายพันธุ์ EMS สามารถคัดเลือกได้สายพันธุ์ข้าวช้าว  $M_5$  ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงจำนวน 8 สายพันธุ์ โดยมีอายุวันออกดอกแตกต่างกันตั้งแต่ 100 ถึง 111 วัน ความสูงแตกต่างกันตั้งแต่ต้นเตี้ย (112 ซม.) จนถึงสูง (157 ซม.) ให้ผลผลิตแตกต่างกันตั้งแต่ 715 ถึง 1,194 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบ กข 23 ให้ผลผลิต 1,185 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ผลผลิตเสียหายมาก ไม่สามารถเก็บเกี่ยวเมล็ดได้ เมล็ดของสายพันธุ์ข้าวช้าว  $M_5$  มีคุณภาพทางกายภาพส่วนใหญ่ดีกว่าพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 เช่น เมล็ดมีขนาดสั้นกว่าเล็กน้อย มีท้องไข่มากกว่าเล็กน้อย

และคุณภาพการสีดีกว่าพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 คุณภาพหุงต้มและรับประทานของบางสายพันธุ์ใกล้เคียงกับพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 กล่าวคือ ข้าวสุกมีลักษณะนุ่มเหนียว บางสายพันธุ์ข้าวสุกมีลักษณะแข็งเล็กน้อยและเหนียวใกล้เคียงกับพันธุ์ กข 23 และบางสายพันธุ์ข้าวสุกแข็งเล็กน้อยและไม่เหนียว อย่างไรก็ตามทุกสายพันธุ์มีความหอมน้อยกว่าพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 จึงอาจกล่าวได้ว่า การปรับปรุงข้าวหอมพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 โดยการใช้สารเคมีก่อการกลายพันธุ์ EMS สามารถชักนำให้ลักษณะไวต่อช่วงแสงของพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 เปลี่ยนแปลงเป็นไม่ไวต่อช่วงแสงได้ แต่การปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีนี้ไม่สามารถรักษาคุณภาพเมล็ดที่ดีของพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 ไว้ได้ ยิ่งกว่านั้นยังทำให้คุณภาพเมล็ดด้อยลงไป ซึ่งอาจจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแต่ละสายพันธุ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการคัดเลือกต่อไปอีก เพื่อปรับปรุงคุณภาพเมล็ดให้ใกล้เคียงกับพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 มากที่สุด เนื่องจากคุณภาพเมล็ดของข้าวพันธุ์นี้เป็นที่ต้องการของตลาดมากที่สุด

### คำขอขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้

**Table 1** Germination of seeds of aromatic rice variety KDML 105 after treated with various concentrations of EMS for 12 hours.

EMS (%)	No. of seeds treated	No. of seeds germinated	Germination (%)
0.0	200	200	100.0
0.25	200	200	100.0
0.50	200	196	98.0
0.75	200	147	73.5
1.00	200	143	71.5
1.25	200	103	51.5
1.50	200	68	34.0
1.75	200	28	14.0
2.00	200	13	6.5

**Table 2** Mutation frequency of photoperiod insensitive character recovered among EMS treated  $M_2$  progenies grown under long daylength 1993.

EMS (%)	No. of $M_1$ families sown	No. of $M_1$ families segregated	No. of $M_2$ plants grown	No. of $M_2$ plant mutated	Mutation frequency/ $M_1$ families (%)	Mutation frequency/ $M_2$ plants (%)
0.75	243	0	2,430	0	0	0
1.00	89	2	890	5	2.3	0.56
<b>Total</b>	<b>332</b>	<b>2</b>	<b>3,320</b>	<b>5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.15</b>

**Table 3** Some agronomic characters of the photoperiod insensitive mutants segregated in the  $M_2$  progenies.

Plant no.	Pedigree	Date of 75% flowering	Days to 75% flowering	Plant height (cm)	No. of tillers per plant	No. of panicles per plant	Seed fertility (%)
1	29-1	July 9, 93	84	139	16	7	18.2
2	29-6	July 5, 93	80	155	13	8	10.5
3	29-7	July 8, 93	83	146	6	2	19.5
4	45-2	July 6, 93	81	152	11	4	26.8
5	45-5	July 9, 93	84	154	9	3	19.9
Check	KDML 105	Oct 23, 93	190	136	8	5	60.6

**Table 4** Some agronomic characters of the  $M_3$  photoperiod insensitive lines grown under short daylength 1993/94.

Plant no.	Pedigree	Date of 75% flowering	Days to 75% flowering	Plant height (cm)	No. of tillers per plant	No. of panicles per plant	Seed fertility (%)
1	29-1	Feb 9, 94	98	98-170 (134)	11-32 (18)	11-32 (17)	84.4-94.1 (89.9)
2	29-6	Feb 1, 94	90	112-160 (141)	5-33 (14)	5-33 (14)	60.8-90.8 (78.4)
3	29-7	Feb 7, 94	96	36-172 (132)	10-38 (20)	10-33 (19)	74.8-91.3 (84.6)
4	45-2	Feb 9, 94	98	103-174 (146)	12-31 (17)	12-27 (16)	57.5-80.5 (72.1)
5	45-5	Feb 9, 94	98	96-175 (146)	8-31 (17)	8-30 (16)	81.5-94.3 (87.0)
Check 1	KDML 105	Jan 4, 94	62	102	13	13	76.1
Check 2	NMS 4	Jan 5, 94	63	109	9	9	65.7
Check 3	RD 23	Jan 31, 94	89	103	10	9	74.5
Check 4	BMT 370	Jan 24, 94	82	137	21	21	81.3
Check 5	IR 841	Feb 4, 94	93	117	18	17	86.0

In parentheses is average number.

**Table 5** Yield and some agronomic characters of the  $M_5$  photoperiod insensitive lines grown in yield trial under long daylength 1995.

Line no.	Pedigree	Date of 75% flowering	Days to 75% flowering	Plant height (cm)	No. of tillers per plant	No. of panicles per plant	Seed fertility (%)	Grain yield (kg/rai)	Lodging <sup>1</sup>	Blast resistance <sup>2</sup>
1	29-1-4-3	Aug 3, 95	106 bc <sup>3</sup>	114 cd	20 a	20 a	70.7 a	1,194 a	1	4
2	29-7-4-5	July 28, 95	100 c	141 b	17 abc	17 ad	73.1 a	757 cd	7	7
3	29-7-18-2	Aug 4, 95	107 bc	151 ab	14 cd	14 de	57.3 ab	890 a-d	5	6
4	29-7-18-3	July 30, 95	102 de	151 ab	15 bcd	15 cde	64.2 ab	715 d	8	7
5	45-2-19-1	July 31, 95	103 cde	157 a	13 d	13 e	52.9 b	918 a-d	9	7
6	45-5-6-2	Aug 3, 95	106 bc	148 ab	14 bcd	14 cde	55.4 b	889 a-d	6	7
7	45-5-6-3	Aug 2, 95	105 bcd	138 b	16 a-d	16 a-e	64.5 a	823 bcd	4	6
8	45-5-7-1	Aug 8, 95	111 a	112 cd	17 a-d	17 a-e	63.0 ab	949 a-d	1	6
Check 1	RD 23	July 31, 95	103 cde	108 d	18 ab	18 abc	70.8 a	1,185 ab	1	7
Check 2	BMT 370	Aug 5, 95	108 ab	141 b	16 a-d	16 b-e	50.4 ab	312 e	1	5
Check 3	IR 841	Aug 3, 95	106 bc	123 c	15 bcd	15 cde	65.8 ab	1,104 abc	1	7
C.V. (%)		-	2.4	7.2	13.8	14.1	23.9	24.5	-	-
F-test		-	**	**	**	**	*	**	-	-

1 Lodging scale : 1 = very strong, 2 = medium, 3 = weak

2 Rating : 0 = free from disease, 1 = 10% infection, 2 = 20% infection,

3 = 30% infection, 4 = 40% infection, 5 = 50% infection,

6 = 60% infection, 7 = 70% infection, 8 = 80% infection, 9 = 90% infection

3 Means followed by the same letter are not significantly different from each other at the 5% level by Ducan's New Multiple Range Test.

Table 6 Grain physical quality of the M<sub>5</sub> photoperiod insensitive lines grown in yield trial under long daylength 1995.

Line no.	Pedigree	100 grain weight (g)	Chalkiness	Grain length	Grain shape	Hardness	Whiteness	Milling quality				
								Hull	Bran	Head rice	Broken	Rating
1	29-1-4-3	2.5	0.8	L	SL	8.0	41.1	21.5	12.6	47.9	18.0	G
2	29-7-4-5	2.5	0.8	L	SL	8.1	40.6	21.8	13.9	41.0	23.3	G
3	29-7-18-2	2.4	0.9	VL	SL	8.7	44.1	22.7	13.8	37.3	26.2	F
4	29-7-18-3	2.7	1.1	L	SL	9.1	43.0	21.4	12.9	40.9	24.8	G
5	45-2-19-1	2.5	1.1	L	SL	7.8	43.2	21.0	13.9	42.4	22.9	G
6	45-5-6-2	2.5	1.0	L	SL	8.4	40.8	22.5	13.3	43.1	21.1	G
7	45-5-6-3	2.5	1.0	L	SL	8.0	40.9	22.3	12.9	43.2	21.6	G
8	45-5-7-1	2.5	0.7	L	SL	8.1	41.0	22.3	12.9	49.0	15.8	G
Check 1	KDML 105	2.6	0	VL	SL	8.8	44.2	21.5	13.2	50.8	14.5	VG
Check 2	RD 23	2.5	0.5	L	SL	7.6	45.4	22.0	14.0	47.6	16.4	G
Check 3	BMT 370	2.0	1.7	ML	SL	7.6	43.5	23.5	19.3	21.3	35.9	P
Check 4	IR 841	2.6	0.9	L	SL	7.8	45.2	22.8	13.0	45.9	18.3	G

Table 7 Grain cooking and eating quality of the M<sub>5</sub> photoperiod insensitive lines grown in yield trial under long daylength 1995.

Line no.	Pedigree	Amylose %	Alkaline test	Gelatinization temperature	Gel consistency	Cooked rice	Elongation ratio	Aroma
1	29-1-4-3	27.3	6	low	soft	slightly hard non-sticky	2.5	3.2
2	29-7-4-5	23.9	6	low	soft	slightly hard sticky	2.5	2.1
3	29-7-18-2	24.4	4	medium	soft	soft, sticky	2.4	2.3
4	29-7-18-3	23.9	6	low	soft	slightly hard sticky	2.4	3.1
5	45-2-49-1	23.2	2	high	soft	slightly hard sticky	2.5	2.2
6	45-5-6-2	25.7	6	low	medium	soft sticky	2.5	2.3
7	45-5-6-3	25.9	6	low	soft	soft sticky	2.4	2.3
8	45-5-7-1	25.0	6	low	medium	slightly hard sticky	2.4	2.9
Check 1	KMDL 105	14.0	6	low	soft	soft, sticky	2.5	5.0
Check 2	RD 23	24.0	2	high	soft	slightly hard sticky	2.4	1.9
Check 3	BMT 370	20.0	3	high	soft	soft, sticky	2.5	2.7
Check 4	IR 841	21.6	2	high	soft	soft, sticky	2.5	1.8

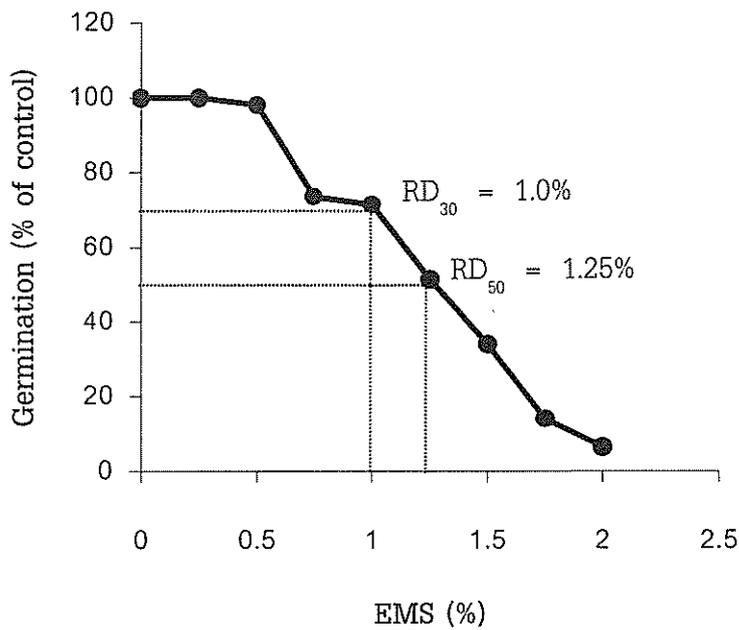


Figure 1 Effect of ethyl methanesulfonate (EMS) on the germination of seeds expressed as percent of control.

### เอกสารอ้างอิง

เครือวัลย์ อัดตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 53 หน้า.

งามชื่น คงเสรี. 2531. คุณภาพหุงต้มรับประทานและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง. หน้า 94-105. ใน : การปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

ประภา ศรีพิจิตต์ อรอนงค์ นัยวิกุล และวิทยา แสงแก้วสุข. 2537. การปรับปรุงข้าวหอม (*Oryza sativa* L.) พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้เทคนิคการชักนำให้คัพภะสร้างยอดจำนวนมากกว่าร่วมกับรังสีแกมมา. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 28 : 180 - 192.

ประภา ศรีพิจิตต์ อภิชาติ วรณวิจิตร ประดิษฐ์พงศ์ทองคำ อรอนงค์ นัยวิกุล และวิทยา แสงแก้วสุข. 2539. การคัดเลือกข้าวหอม (*Oryza sativa* L.) พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่ไวต่อช่วงแสงจากแหล่งความผันแปรทางพันธุกรรมที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. หน้า 26-36. ใน : การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 34. วันที่ 30 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2539. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

วรวิทย์ พาณิชพัฒน์. 2530. ข้าวหอมขาวดอกมะลิ 105 บัสมัติและอื่นๆ. โครงการตำราชาวบ้าน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 45 หน้า. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2541. ข้าวนาปี ผลการสำรวจ ปีเพาะปลูก 2538/39 สำนักงาน

- เศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 138 หน้า.
- สิรินุช ลามศรีจันทร์. 2536. การกลายพันธุ์ของพืช. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 197 หน้า.
- สุวิช ทาเจริญ. 2535. ระยะเวลาการเจริญเติบโตทางลำต้น ระดับและพันธุกรรมของลักษณะความไวต่อช่วงแสงของข้าวหอม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- Gaul, H. 1977. Sterility. Page 96 - 97. In : Manual on Mutation Breeding. 2<sup>nd</sup> ed. IAEA, Vienna.
- Gottschalk, W. and G. Wolff. 1983. Induced Mutations in Plant Breeding. Monographs on Theoretical and Applied Genetics 7. Springer-Verlag, Berlin. 238 pp.
- Ramakrishna, B.; T.V.V. Seetharami Reddi and D. Raja Babu. 1989. Gamma rays and DES induced seedling injury and cytological aberrations in two cultivars of rice. *Proc. Conf. on Cytol. & Genet.* 2 : 33-37.
- Rao, G.M. 1977. Efficiency and effectiveness of gamma rays and EMS in rice. *Cytologia* 42 : 443 - 450.
- Vergara, B.S. and T.T. Chang. 1985. Flowering Response of the Rice Plant to Photoperiod. 4<sup>th</sup> ed. IRRI, Los Banos. 61 pp.
- Vergara, B.S.; B. Jackson and S.K. De Datta. 1976. Deep water rice and its response to deep water stress. Page 301 - 315. In : Proceedings of the Symposium on Climate & Rice. IRRI, Los Banos.
-