



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พันธุศาสตร์)

ปริญญา

พันธุศาสตร์

พันธุศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การคัดเลือกข้าวพันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงจากการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในข้าวขาวดอกมะลิ 105

Selection of Salinity Tolerant and Photoperiod Insensitive Rice Lines from Induced Mutation of KDML 105

نامผู้วิจัย นางสาวชนพร แหะไรสง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ, วท.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สุรินทร์ ปิยะโชคนากุล, Dr.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช, Dr.Agr.Sci.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การคัดเลือกข้าวพันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงจากการชักนำให้เกิด

การกลายพันธุ์ในข้าวขาวดอกมะลิ 105

Selection of Salinity Tolerant and Photoperiod Insensitive Rice Lines from Induced
Mutation of KDML 105

โดย

นางสาวธนพร แห่ไชสง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พันธุศาสตร์)

พ.ศ. 2555

ธนพร แหะไรสง 2555: การคัดเลือกข้าวพันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงจากการชัก
นำให้เกิดการกลายพันธุ์ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
(พันธุศาสตร์) สาขาวิชาพันธุศาสตร์ ภาควิชาพันธุศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก: ศาสตราจารย์ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ, วท.ม. 65 หน้า

นำเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_5 2
สายพันธุ์ ออกปลูกและแต่ละสายพันธุ์คัดเลือกไว้ 6 กอ รวมทั้งหมดเป็น 12 สายพันธุ์ และนำเมล็ด
ของชั่วรุ่น M_6 ทั้ง 12 สายพันธุ์นี้ปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยวางแผนการ
ทดลองแบบ RCBD (Randomized complete block design) จำนวน 3 ซ้ำ ให้ผสมตัวเองจนกระทั่ง
ได้เมล็ดชั่วรุ่น M_7 จากการทดลองพบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วง
แสงชั่วรุ่น M_6 ทั้ง 12 สายพันธุ์ มีจำนวนต้นตอกอ จำนวนรวงตอกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และ
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) ไม่แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และได้คัดเลือกไว้
จำนวน 4 สายพันธุ์ คือ K1, K3, K7, K9 ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) สูงกว่าพันธุ์ข้าว
ขาวดอกมะลิ 105 จากนั้นนำข้าวที่คัดเลือกไว้ ทั้ง 4 สายพันธุ์ มาสกัดดีเอ็นเอวิเคราะห์พันธุกรรม
เปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิค AFLP โดยใช้ไพรเมอร์จำนวน 15 คู่ พบว่า
ปรากฏแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 239 แถบ มีแถบที่เหมือนกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 211 แถบ
(88.33%) และแถบที่แตกต่างกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 28 แถบ (11.67 %) โดยข้าวขาวดอก
มะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงทั้ง 4 สายพันธุ์ มีลักษณะพันธุกรรมเหมือนกับ
พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตั้งแต่ 86.66-88.33 เปอร์เซ็นต์

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Thanaporn Heathisong 2012: Selection of Salinity Tolerant and Photoperiod Insensitive Rice Lines from Induced Mutation of KDML 105. Master of Science (Genetics), Major Field: Genetics, Department of Genetics. Thesis Advisor: Professor Pradit Pongtongkam, M.S. 65 pages.

Seeds of M_5 generation of two salt tolerant and photoperiod insensitive KDML 105 mutant lines were grown and 6 hills of each line were selected. The 12 lines of M_6 generation were compared to the controlled KDML 105 using RCBD (randomized complete block design) with 3 replications. They were further self-pollinated to produce M_7 generation. Comparing the characteristics, the tillers/hill, panicles/hill, seeds/panicle, and yield/rai of these 12 M_6 lines were not statistically different from the controlled KDML 105. Four lines (K1, K3, K7, K9) from the 12 M_6 lines with strong tendency to have superior yield/rai were selected and these lines were DNA analyzed using AFLP with 15 pairs of primer. The results showed a total of 239 bands having 211 (88.33%) monomorphic and 28 (11.67%) polymorphic bands. They were also 86.66-88.33% similar in genetic composition to the controlled KDML 105.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ ปิยะโชติณากุล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีและตรวจสอบแก้ไขเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์เสาวนีย์ สุพุทธิธาดา ประธานการสอบ และผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ดร. กาญจนา กล้าแข็ง ที่กรุณาให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณศูนย์ข่าวปทุมธานีที่ให้การอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลองและขอบพระคุณพี่ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดและอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่

ขอขอบพระคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ห้องปฏิบัติการพันธุศาสตร์ทุก ๆ คน ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยและคำปรึกษา รวมทั้งให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณและขอขอบคุณงามความดีที่ได้รับจากงานวิทยานิพนธ์นี้แด่คุณพ่อสุพจน์ แหะไชสง คุณแม่พรพรรณ แหะไชสง นางสาวสายใจ แหะไชสง นายศุภนิมิต แหะไชสง นางสาวกานดา ทศรักษาและนายสุเมท ภูพันธ์ที่คอยให้การสนับสนุน เป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการทำวิจัยทำให้ผู้วิจัยประสบผลสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

ธนพร แหะไชสง

เมษายน 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญตาราง (ต่อ)	(3)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	29
ผล	29
วิจารณ์	41
สรุปและข้อเสนอแนะ	43
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	44
ภาคผนวก	55
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	65

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ลำดับเบสของไพรมอร์แต่ละชนิด	24
2 วันออกดอกที่ 75% ความสูง จำนวนต้นตอกอ จำนวนรวงตอกอ ความยาวรวง เมล็ดทั้งหมดต่อต้น % เมล็ดดี น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตที่ความชื้นมาตรฐาน 14% (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าว ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	32
3 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	35
4 ลักษณะทางเคมีของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	38
5 การเปรียบเทียบลักษณะพันธุกรรมข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_7 4 สายพันธุ์ กับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิคเอเอฟแอลพีดีโดยใช้ ไพรมอร์ 15 คู่	39

ตารางผนวกที่

1 ผลการคำนวณค่าทางสถิติของความสูงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	60
2 ผลการคำนวณค่าทางสถิติจำนวนต้นตอกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
3 ผลการคำนวณค่าทางสถิติจำนวนรวงต่อกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	61
4 ผลการคำนวณค่าทางสถิติความยาวรวงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	61
5 ผลการคำนวณค่าทางสถิติจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	62
6 ผลการคำนวณค่าทางสถิติ % เมล็ดดีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	62
7 ผลการคำนวณค่าทางสถิติผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่ของ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	63
8 ผลการคำนวณค่าทางสถิติน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	63
9 ผลวันออกดอกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105	64

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

- 1 ลายพิมพ์ดีเอ็นเอ AFLP ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็ม
และไม่วิโตช่วงแสงช่วง F₇, 4 สายพันธุ์ (K1, K3, K7, K9)
และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้จากคู่ไพรเมอร์ต่างๆ ได้แก่
E-AGC/M-CTT, E-AGC/M-CAT, E-ACG/M-CAG,
E-AGG/M-CTT, E-AGG/M-CTC
(ลูกศรชี้แสดงแถบดีเอ็นเอที่ต่างกันกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105)

40

**การคัดเลือกข้าวพันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงจากการชักนำให้เกิดการกลาย
พันธุ์ในข้าวขาวดอกมะลิ 105**

**Selection of Salinity Tolerant and Photoperiod Insensitive Rice Lines
from Induced Mutation of KDML 105**

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย เนื่องจากเป็นอาหารหลักและเป็นสินค้าส่งออกสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างมาก จากเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในช่วงปี 2554-2555 ส่งผลให้ทั่วโลกมีความต้องการปริมาณข้าวเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.58 รวมทั้งประเทศไทยได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน จากการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตรเดือนกันยายน 2554 ผลผลิตของข้าวโดยรวมทั้งประเทศสามารถผลิตได้ 24.511 ล้านตัน ผลผลิตข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา 0.167 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 0.69 ของข้าวไทยมีผลผลิตเฉลี่ย 396 กิโลกรัมต่อไร่ จากการสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวในไทยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 61.946 ล้านไร่ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) จึงถือได้ว่า ไทยเป็นผู้ผลิตข้าวเพื่อการส่งออกเป็นอันดับที่ 1 ของโลก โดยมีการส่งออกทั้งสิ้น 1.87 ล้านตัน แต่ให้ผลผลิตต่ำกว่าผู้ส่งออกข้าวรายอื่นทั้งหมด ได้แก่ ประเทศเวียดนาม จีนและ อินเดีย (สมศักดิ์, 2554) ซึ่งพบว่า มีการส่งออกเพิ่มมากขึ้นและขายข้าวในราคาที่ต่ำกว่าไทย ทางเลือกหนึ่งที่สำคัญสำหรับข้าวไทยเพื่อการแข่งขันในตลาดโลก คือ “การเน้นคุณภาพข้าว” เป็นสำคัญ (กัญญา, 2547) โดยพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพการสีและการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายทั้งภายในและต่างประเทศพบว่า มีการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและในบางพื้นที่ของภาคตะวันออกเท่านั้น ซึ่งพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตน้ำฝน มักประสบปัญหาฝนแล้ง ดินเค็ม น้ำท่วมและการชลประทานไม่สมบูรณ์มากกว่าพื้นที่อื่น ๆ ทำให้ได้ผลผลิตต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาดินเค็มเป็นปัญหาหลักของการปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การแก้ปัญหาการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็ม โดยการคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนดินเค็มเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์ของพื้นที่ดังกล่าวได้ ซึ่งพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกจากจะเป็นพันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพการสี การหุงต้มดียังมีความสามารถทนดินเค็มและทนแล้งในระดับปานกลาง ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสีแกมมาให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสามารถในการทนดินเค็มเพิ่มขึ้น (จิรพรรณ, 2551) การนำ

พันธุ์กลายที่ได้มาคัดเลือกต่อเนื่องให้มีความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งคัดเลือกให้มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงจะช่วยให้ได้พันธุ์ข้าวที่ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถปลูกข้าวได้ตลอดปี เป็นการช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น



วัตถุประสงค์

เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ไม่ไวต่อช่วงแสงและสามารถทนดินเค็ม



การตรวจเอกสาร

ความสำคัญของข้าว

ข้าวเป็นแหล่งอาหารที่มีความสำคัญต่อมนุษย์และสัตว์อย่างมาก โดยข้าวมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญจำพวกโปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุสำคัญหลายชนิด ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมนุษย์ ประชากรกว่าครึ่งโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะประเทศในทวีปเอเชียซึ่งมีประชากรหนาแน่น ดังนั้นข้าวจึงปลูกมากในเอเชียและใช้บริโภคในเอเชียประมาณ 90% โดยที่ข้าวจัดเป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า (Family: *Gramineae* หรือ *Poaceae*) สกุลออไรซ่า (Genus: *Oryza*) ข้าวเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อน และอบอุ่น มีการแพร่กระจายตั้งแต่เส้นรุ้งที่ 53 องศาเหนือถึง 35 องศาใต้ และเนื่องจากข้าวมีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางจึงสามารถขึ้นได้ดีตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงระดับสูงประมาณ 2,500 เมตร ปัจจุบันมีข้าวทั้งหมด 23 ชนิด (species) เป็นข้าวปลูกเพื่อบริโภค 2 ชนิด จำนวนมากกว่า 120,000 สายพันธุ์ คือข้าวปลูกเอเชีย (*Oryza sativa* Linn.) และข้าวปลูกแอฟริกา (*O. glaberrima* Steud.) (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2544) มีจำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์ (diploid, $n=12$ หรือ $2n=24$) และอีก 21 ชนิดจัดเป็นข้าวป่า (wild rice) มีจำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์และเทตระพลอยด์ (tetraploid, $2n=48$) (จรัส, 2534; สงกรานต์, 2544; อรอนงค์, 2550) โดยข้าวปลูกเอเชียแบ่งออกได้ 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มข้าวอินดิกา (Indica) มีลักษณะข้าวเมล็ดยาวสามารถขึ้นได้ดีในเขตร้อน แถบตอนใต้ของอินเดีย หมู่เกาะมลายู ไทยและฟิลิปปินส์ กลุ่มข้าวจาปอนิกา (Japonica) มีลักษณะเมล็ดสั้นปลูกในเขตอากาศเย็นแถบกลุ่มน้ำเหลืองของจีน ยูนาน ญี่ปุ่น เกาหลี และกลุ่มข้าวจาวานิกา (Javanica) มีลักษณะเมล็ดสั้นปลูกแถบเขตศูนย์สูตร อินโดนีเซียและพม่า (ประสูติ, 2524; จรัส, 2534)

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่พบความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวสูง เนื่องจากมีภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าว โดยพบการแพร่กระจายทั่วประเทศ และเป็นศูนย์กลางกำเนิดของข้าวเอเชียแห่งหนึ่งของโลก สถาบันวิจัยข้าวได้มีการรวบรวมพันธุ์ทั้งพันธุ์ข้าวปลูกและพันธุ์ข้าวป่าไว้มากกว่า 19,000 ตัวอย่าง (สงกรานต์, 2544) ที่ศูนย์ปฏิบัติและเก็บเชื้อสายพันธุ์แห่งชาติ จ. ปทุมธานี ซึ่งมีข้าวป่า 6 ชนิด ได้แก่ *Oryza granulata*, *Oryza minuta*, *Oryza rufipugon*, *Oryza officinalis*, *Oryza nivara* และ *Oryza ridleyi* (ประณีต, 2531; พัชราภรณ์ 2539) นอกจากนี้ประเทศไทยนั้นถือได้ว่า บริโภคข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรและเป็นสินค้าออกนำ

เงินตราเข้าประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาทจนถึงปัจจุบัน ซึ่งคนไทยตั้งแต่บรรพบุรุษได้ถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ เกี่ยวกับข้าวให้แก่ลูกหลานอย่างต่อเนื่องจนเป็นประเพณีวัฒนธรรมสืบทอดจนถึงปัจจุบัน ซึ่งพันธุ์ข้าวที่ได้รับความนิยม และรู้จักกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก คือ พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อ 50 ปีก่อน ชาวบ้านชานเมืองชลบุรีได้ค้นพบข้าวเจ้าพันธุ์พื้นบ้านมีสีขาวเหมือนดอกมะลิ แต่กลิ่นหอมคล้ายใบเตย จากลักษณะพิเศษที่น่าสนใจนี้ จึงได้นำมาปลูก และคัดพันธุ์โดยมีพื้นที่ปลูกหลักอยู่ที่แหลมประคู้ อำเภอนันทนิคม และต่อมาก็ขยายไปที่ท่าทองหลวง อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ประมาณช่วงปี พ.ศ. 2493-94 กองการข้าวได้เก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นบ้านจากที่ต่าง ๆ พนักงานเกษตรได้ทำการรวบรวมข้าวจากเขตอำเภอบางคล้าได้จำนวน 199 รวง เพื่อทำการปลูกคัดพันธุ์บริสุทธิ์ที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรงในช่วงปี พ.ศ. 2498 โดยการปลูกคัดพันธุ์นี้พบว่า ต้นข้าวแถวที่ 105 ได้ข้าวคุณภาพดีที่สุด คือ มีเมล็ดยาวเรียวยาวใส และมีกลิ่นหอมจากสารหอมระเหย คือ 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งลักษณะกลิ่นหอมนี้ควบคุมด้วยยีน *badh 2* โดยมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 8 (Amarawathi, 2008) จึงใช้ข้าวแถวที่ 105 นี้เป็นแม่พันธุ์ในการขยายพันธุ์ต่อมา หลังจากนั้นก็มีการนำไปปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์ท้องถิ่นอื่นในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคอีสาน จนคัดได้เป็นสายพันธุ์ 4-2-105 ซึ่งมีลักษณะเด่น คือ เมล็ดข้าวสารยาวเรียวยาวสวย และมีกลิ่นหอม มีรสชาติดี ทนแล้ง ทนดินเปรี้ยว และดินเค็ม คณะกรรมการจึงได้พิจารณาให้ใช้ขยายพันธุ์และนำมาส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก ตั้งแต่วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2502 โดยใช้ชื่อว่า “ข้าวขาวดอกมะลิ 105” ลักษณะสำคัญทางพฤกษศาสตร์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือ ความสูง 140 ซม. ระยะพักตัวของเมล็ด 56 วัน ผลผลิต 363 กิโลกรัม/ไร่ อายุเก็บเกี่ยว 25 พฤศจิกายน ช่วงออกดอก 20 ตุลาคม (เป็นพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง) เมล็ดข้าวกล้อง ยาว 7.5 มิลลิเมตร กว้าง 2.1 มิลลิเมตร หนา 1.8 มิลลิเมตร เปอร์เซ็นต์แป้ง อมิโลส 12-17% (วิฑูรย์, 2545) แต่ยังพบข้อด้อยเกี่ยวกับลักษณะไวต่อช่วงแสง ต้นสูง หักล้มง่าย ไม่ต้านทานต่อโรค และแมลงหลายชนิด เช่น โรคไหม้ โรคใบสีส้ม และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (วรวิทย์, 2530) นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ข้าวหอมอื่น ๆ ในโลกนอกเหนือจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของไทย เช่น พันธุ์ข้าวบาสมัติ (Basmati) ของอินเดีย และปากีสถาน พันธุ์ข้าวมาลากิท ซังซอง และมีลกราไซ (Malagkit sungsong and Milagrasi) ของฟิลิปปินส์ เซเรตัส มาลัม (Seratus Malarm) ของอินโดนีเซีย และเฮียริ (Hierri) ของญี่ปุ่น ข้าวพันธุ์เดลล่าหรือเดลโลโรส (Della or Dellorose) ของอิตาลี เป็นต้น (วิฑูรย์และนิรมล, 2545)

เกณฑ์การแบ่งสายพันธุ์ข้าว

พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกมีอยู่หลากหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีลักษณะประจำพันธุ์ไม่เหมือนกัน การแบ่งแยกชนิดของพันธุ์ข้าวใช้เกณฑ์ในการแบ่งแตกต่างกัน เช่น ชนิดของแป้งในเมล็ดที่บริโภค ดังนั้นข้าวพันธุ์เดียวกันอาจถูกจัดไว้ในข้าวชนิดต่างๆ กันได้ ลักษณะที่สำคัญในการแบ่งพันธุ์ข้าวอย่างหนึ่ง คือ ความไวต่อช่วงแสง (photoperiod sensitivity) ซึ่งระดับช่วงแสงมีผลกระตุ้นให้ข้าวมีการออกดอก (เอมอร์ และคณะ, 2547) ดังนั้นสามารถแบ่งพันธุ์ข้าวได้โดยใช้เกณฑ์ต่างๆ ดังนี้

1. แบ่งตามความไวของช่วงแสง ได้ดังนี้

1.1 ข้าวที่ไวต่อช่วงแสง หมายถึง ข้าวที่ปลูกมีวันออกดอกในช่วงแสงกลางวันสั้นกว่ากลางคืน มีกำหนดการออกดอกที่ชัดเจน เนื่องจากการออกดอกถูกควบคุมโดยความยาวของช่วงแสง

1.2 ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง หมายถึง ข้าวที่ปลูกโดยมีอายุนับจากวันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวคงที่เพราะวันออกดอกไม่เกี่ยวข้องกับความยาวของช่วงแสง จึงสามารถปลูกได้ตลอดปี หากมีน้ำพอเพียง และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เหมาะสม (ทวี, 2544)

Ahmad (1979) ได้เปรียบเทียบระดับความไวต่อช่วงแสงของข้าวกับการจำแนกชนิดของข้าวไว้ว่า ข้าวที่ไวต่อช่วงแสงน้อยอาจเรียกว่า ข้าวเบา (early maturity) ข้าวที่ไวต่อช่วงแสงปานกลาง อาจเรียกว่าเป็นข้าวกลาง (medium maturity) และข้าวที่ไวต่อช่วงแสงมากอาจเรียกว่าเป็นข้าวหนัก (late maturity)

ความยาวของช่วงแสงจะขึ้นอยู่กับความยาวของวัน ในกรณีที่ความยาวของวันหรือความยาวของช่วงแสงมากเกิน 12 ชั่วโมง จะมีผลทำให้พันธุ์ข้าวพื้นเมืองโดยทั่วไป ซึ่งถือเป็นพืชวันสั้น (short-day plant) และมีความไวต่อช่วงแสง (photoperiod-sensitive variety) ออกดอกช้าลงหรือไม่ออกดอกเลย อย่างไรก็ตามในพันธุ์ข้าวที่ได้รับการปรับปรุงไม่ให้ความไวต่อช่วงแสง (photoperiod-insensitive variety) นั้นจะไม่ได้รับอิทธิพลจากความยาวของช่วงแสง คือ สามารถออกดอกได้ตามอายุของข้าวพันธุ์นั้นไม่ว่าจะช่วงเวลาใดของปีก็ตาม เช่น ในกรณีพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ซึ่งมีอายุตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน จะเริ่มออกดอกหลังปลูกไปแล้ว 90 วัน (ช่วงเวลาเริ่มออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 30 วัน) เป็นต้น ในการปลูกข้าวที่ไวต่อช่วงแสงนั้น จำเป็นจะต้องคำนึงถึงเวลาที่เหมาะสมในการเริ่มต้นปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่าต่อการ

ลงทุน ในทางตรงกันข้ามหากปลูกข้าวที่ไวต่อช่วงแสงในเวลาก่อนปลายเดือนกันยายน เพียงระยะเวลาสั้น ๆ พอถึงเวลาออกดอกปลายเดือนกันยายนข้าวจะออกดอกได้แต่ให้ผลผลิตน้อย ทั้งนี้ เพราะการมีลำต้นไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามในกรณีที่เกิดความแปรปรวนในการตกของฝน เช่น ฝน มาช้ากว่าปกติ ก็ควรจะหันไปปลูกข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงแทน เพื่อให้ผลผลิตเต็มที่คุ้มค่าต่อการลงทุน (บุญหงส์, 2547)

2. แบ่งตามสภาพการเก็บเกี่ยวข้าว โดยแบ่งตามเวลาในการเก็บเกี่ยวข้าว

2.1 ข้าวเบา หมายถึง ข้าวที่ปลูกโดยใช้ระยะเวลาสั้น

2.2 ข้าวกลาง หมายถึง ข้าวที่ปลูกโดยใช้ระยะเวลากลาง

2.3 ข้าวหนัก หมายถึง ข้าวที่ปลูกโดยใช้ระยะเวลานาน

ลักษณะของข้าวที่สำคัญทางการเกษตรนอกจากจะพิจารณา ความไวต่อช่วงแสง สภาพพื้นที่การปลูก เวลาในการเก็บเกี่ยว ระยะพักตัวของเมล็ด ความสามารถในการขึ้นน้ำ ลักษณะรูปทรงต้น ความต้านทานต่อแมลงและศัตรูพืช มีความทนทานต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสม ความต้องการของเกษตรกร และตลาดในการส่งออกรวมทั้งด้านผลผลิตแล้ว นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพเมล็ดควบคู่กับคำว่า “คุณภาพข้าว” ได้แก่ คุณภาพการสี (milling quality), คุณภาพการหุงต้ม รับประทาน และการแปรรูป (cooking, eating and processing quality), คุณภาพด้านโภชนาการ (nutritive quality) และคุณภาพตามมาตรฐานซื้อขาย (กัญญา, 2547) ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวก็เช่นเดียวกันได้นำลักษณะดังกล่าวมาใช้ในการพิจารณาเพื่อพัฒนาพันธุ์ข้าว โดยลักษณะคุณภาพของข้าวมี 2 ประเภท (กัญญา, 2547; อรอนงค์ 2550)

คุณภาพข้าวทางกายภาพ

1. โครงสร้างของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าวเป็นผลชนิด caryopsis มีเยื่อเมล็ด (testa) อยู่ติดกับผนังรังไข่ (ovary wall) เมล็ดข้าวประกอบด้วย

แกลบ (hull หรือ husk) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว ประกอบด้วยเปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) หาง (awn) ขั้วเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemma) เปลือกใหญ่จะปกคลุม 2 ใน 3 ของเนื้อที่เมล็ดเปลือกเล็กจะยึดแน่นอยู่ภายในส่วนของเปลือกใหญ่ด้วยโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายตะขอ (hooklike structure) ดังนั้นเปลือกข้าวจึงปิดแน่น

ข้าวกล้อง (brown rice) เป็นส่วนที่ใช้บริโภค ประกอบด้วยเอ็มบริโอ และส่วนที่เป็นแป้ง(starchy endosperm) แยกเป็นส่วนประกอบย่อยดังนี้

เยื่อหุ้มข้าวกล้อง (caryopsis coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ได้แก่เยื่อชั้นนอก (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) และเยื่อกัน (nucellus)

เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (aleurone layer) อยู่ด้านในต่อจากเยื่อกัน (nucellus) เป็นเนื้อเยื่อชนิดเดียวกับเนื้อเมล็ด (endosperm) เซลล์ของเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดประกอบด้วย โปรตีน และไขมัน

ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสารจะอยู่ชั้นในสุดของเมล็ด ประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง

เอ็มบริโอ (embryo) เป็นส่วนที่อยู่ติดกับส่วนที่เป็นแป้งทางด้านท้องของเมล็ด (ventral side) เอ็มบริโอเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไป ดังนั้นจึงประกอบด้วยต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เยื่อหุ้มต้นอ่อน (coleoptile) และเยื่อหุ้มรากอ่อน (coleorhiza) ท่อน้ำท่ออาหาร (epiblast) และใบเลี้ยง (scutellum)

2. ลักษณะทางกายภาพของข้าว

สีและน้ำหนักเมล็ด (color and grain weight) น้ำหนักของเมล็ดสามารถประเมินได้ 2 รูปแบบ คือ น้ำหนักต่อปริมาตร ประเมินเป็นกรัมต่อลิตร หรือน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด ประเมินเป็นน้ำหนัก 100 เมล็ด หรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เป็นต้น

สีข้าวเปลือก (hull color) เป็นลักษณะประจำพันธุ์ ซึ่งมีส่วนในการตั้งชื่อพันธุ์ในอดีต เช่น ขาวพวง ขาวนางนย เนื่องจากมีเปลือกสีฟางหรือสีขาว เป็นต้น โดยเปลือกเมล็ดข้าวจะมีผลต่อสีของข้าวสารนี้

สีข้าวกล้อง (pericarp color) สีข้าวกล้องจะมีการแสดงออกที่เยื่อหุ้มเมล็ด สำหรับส่วนที่เป็นแป้งของข้าวทุกชนิดจะมีสีขาวเสมอ สีข้าวกล้องมีผลต่อข้าวนี้เช่นเดียวกันกับสีข้าวเปลือกมีผลต่อคุณภาพของข้าว

2.1 ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ขนาดรูปร่างของเมล็ด ได้แก่ ความยาว ความกว้าง ความหนา และรูปร่างของเมล็ด ขนาดรูปร่างเป็นลักษณะประจำพันธุ์ มีความแตกต่างกันขึ้นกับพันธุ์ และสภาพพื้นที่ปลูก

ขนาดเมล็ด จำแนกตามความยาวของเมล็ด ได้ดังนี้ (IRRI,1996)

ยาวมาก ยาวกว่า 7.5 มม.

ยาว 6.6-7.5 มม.

ปานกลาง	5.5-6.6 มม.
สั้น	สั้นกว่า 5.5 มม.

รูปร่างเมล็ด จำแนกโดยใช้สัดส่วนความยาว/ความกว้าง ได้ดังนี้

เรียวยาว	มากกว่า 3.0
ปานกลาง	2.0-3.0
ป้อม	น้อยกว่า 2.0

3. ลักษณะท้องไข่ (chalkiness)

ลักษณะท้องไข่ในเมล็ดข้าวเกิดจากการจับตัวกันอย่างหลวม ๆ ของเม็ดแป้ง (starch granule) กับโปรตีน (protein body) ในส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ด มีลักษณะขุนขาว ลักษณะท้องไข่ในเมล็ดข้าวมี 3 ชนิด ได้แก่

white center หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นตรงกลางของส่วนที่เป็นแป้งในเมล็ด
white belly หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดขึ้นทางด้านข้างหรือด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับเอมบริโอ

white back หมายถึง ท้องไข่ที่เกิดทางด้านหลังของเมล็ดด้านตรงข้ามกับเอมบริโอ

ลักษณะท้องไข่ในเมล็ดข้าวไม่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้ม และรับประทาน แต่เป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ เพราะเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพ และราคาข้าว เนื่องจากข้าวที่มีท้องไข่มากเมื่อนำไปสีจะพบว่ามีข้าวหัก ได้ข้าวเต็มเมล็ดน้อย

4. ความขาวของข้าวสาร (milled rice whiteness)

ข้าวที่ผ่านการขัดสีแล้วจะมีสีขาวเสมอเพราะเหลือเฉพาะส่วนแป้งของเมล็ด ความขาวของข้าวสารจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่นระดับการสี องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ด ระยะเวลาของการเก็บรักษาข้าวเปลือก เป็นต้น ความขาวของข้าวสารซึ่งจำแนกโดยระดับการสีจะเป็นตัวกำหนดชั้นของข้าว

5. ความใสขุ่นของข้าวสาร (grain transparency)

ความใสขุ่นของข้าว หมายถึง ความทึบแสงหรือความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด สามารถเห็นความแตกต่างได้ในข้าวเจ้า โดยลักษณะนี้สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาคุณภาพการสี และคุณภาพการซื้อขายของข้าวได้ (กัญญา, 2547)

คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว

คุณภาพการหุงต้มเป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคตัดสินใจในการเลือกซื้อขึ้นอยู่กับความชอบของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่ทำให้ข้าวพันธุ์ต่าง ๆ มีคุณภาพของข้าวสุกแตกต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบดังนี้ (งามชื่น, 2547; อรอนงค์, 2550)

1. ปริมาณอมิโลส (apparent amylose content) แม้ว่าแป้งจะมีอมิโลเพคตินปริมาณมากกว่าอมิโลส แต่โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทของข้าวโดยถือเอาอมิโลสเป็นหลัก อัตราส่วนของอมิโลสและอมิโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น แป้งข้าวเหนียวมีแต่อมิโลเพคตินหรือมีอมิโลสปนอยู่เพียงเล็กน้อย ในแป้งข้าวเจ้าจะมีอมิโลสปนอยู่ประมาณ 10-34% ปริมาณอมิโลสเป็นสาเหตุที่ทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น โดยข้าวที่มีอมิโลสสูงจะดูดน้ำได้มากในระหว่างการหุงต้ม ดังนั้นปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงต้ม จึงมีผลต่อคุณภาพข้าวสุก ในขณะที่ข้าวที่มีอมิโลสต่ำข้าวสวยจะมีลักษณะเหนียวติดกันเป็นก้อนจึงไม่ขึ้นห่อ แบ่งประเภทของข้าวตามปริมาณอมิโลสได้ ดังนี้

ประเภทข้าว	ปริมาณอมิโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
ข้าวอมิโลสต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวอมิโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
ข้าวอมิโลสสูง	26-34	ร่วนแข็ง

2. ความคงตัวของแป้ง (gel consistency) แม้ปริมาณอมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่ระหว่างข้าวที่มีค่าอมิโลสเท่ากัน อาจมีความแข็งแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการคืนตัวของข้าวสุกไม่เท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนไม่เท่ากัน การทดสอบความแข็งของแป้ง

สูก สามารถทดสอบจากการอ่านระยะทางแป้งไหลไป แบ่งข้าวตามค่าความคงตัวของแป้งสูกเป็น 3 ประเภท (งามชื่น, 2547) ได้แก่

<u>ประเภทแป้งสูก</u>	<u>ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)</u>
แป้งสูกแข็ง	26-40
แป้งสูกปานกลาง	41-60
แป้งสูกอ่อน	61-100

3. ระยะเวลาในการหุงต้ม (cooking time) การต้มเมล็ดข้าวให้สูกอาจใช้ระยะเวลา 14-24 นาทีหรือมากกว่า เมล็ดของข้าวสูกต้องไม่มีไตของแป้งดิบภายในเมล็ด ระยะเวลาจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสูก (gelatinization temperature) การวิเคราะห์อาจใช้วิธีการหาความหนืด (viscosity) ของแป้งเพิ่มขึ้น โดยใช้ Brabender Amyloviscograph หรือประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสูก โดยหาค่าการสลายเมล็ดของข้าวสารในด่าง (alkali test) โดยแช่เมล็ดข้าวสารในสารละลาย KOH 1.7% นาน 23 ชั่วโมง และใช้ค่าการสลายเมล็ดมาประมาณระดับอุณหภูมิแป้งสูกได้ ดังนี้ (สถาบันวิจัยข้าว, 2543)

<u>อุณหภูมิแป้งสูก (°ซ.)</u>	<u>ระดับ</u>	<u>ค่าการสลายเมล็ดในด่าง</u>	<u>ระยะเวลาหุงต้ม(นาท)</u>
ต่ำกว่า 69	ต่ำ	6-7	12-17
70-74	ปานกลาง	4-5	17-24
มากกว่า 75	สูง	1-3	> 24

4. วิธีการหุงต้ม นอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้กล่าวข้างต้นแล้ว วิธีการหุงต้มยังมีส่วนที่ทำให้คุณภาพข้าวสูกต่างกัน เช่น การหุงต้มข้าวอมิโลสสูง หากใส่น้ำน้อยจะแข็งกระด้างมาก แต่เมื่อใส่น้ำมากจะช่วยให้ข้าวนุ่มมากขึ้น และทำให้การขยายปริมาตรมากขึ้นด้วย การหุงข้าวโดยรินน้ำทิ้ง (เช็ดน้ำ) เป็นการทำให้เมล็ดข้าวมีโอกาสดูดน้ำได้มาก และทำให้ข้าวแข็งกระด้างน้อยลง (งามชื่น, 2547)

5. การยืดตัวของเมล็ดข้าว (elongation ratio during cooking) ในระหว่างการหุงต้มเมล็ดข้าวมีการขยายตัวทุกด้าน โดยเฉพาะด้านยาว ลักษณะนี้เป็นคุณภาพพิเศษของข้าวบางพันธุ์ซึ่งจะช่วยเสริมให้เมล็ดข้าวสูกขยายขนาดเพิ่มขึ้น และหากเมล็ดข้าวสูกเป็นข้าวที่ไม่เหนียวติดกัน การขยายขนาดเมล็ดข้าวสูกจะช่วยให้ข้าวขึ้นหม้อดีขึ้น เพราะการขยายตัวทำให้ข้าวโปร่งขึ้นไม่ติดกัน

แน่น เช่น ข้าวพันธุ์ Basmati 370 ซึ่งเป็นข้าวอมิโลสปานกลางมีการยืดตัวดีมาก จึงเป็นที่นิยมในตลาดตะวันออกกลาง (งามชื่น, 2547)

6. กลิ่นหอม (aroma) ข้าวทั่วไปอาจมีสารระเหยหลายชนิด เคยมีผู้ทำการวิเคราะห์ไอที่ระเหยจากการหุงข้าว Koshihikari ของญี่ปุ่น พบว่า มีสารอยู่กว่าร้อยชนิด ซึ่งประกอบไปด้วยสารไฮโดรคาร์บอน 13 ชนิด แอลกอฮอล์ 13 ชนิด aldehyde 16 ชนิด ketone 14 ชนิด กรด 14 ชนิด ester 8 ชนิด phenol 5 ชนิด pyridine 3 ชนิด pyrazine 6 ชนิด ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีความหอมแตกต่างกัน เช่น สาร 2-acetylthiazole และ benzothiasole มีกลิ่นรำ สำหรับข้าวหอมมีสาร 2-acetyl-1-pyrroline มากกว่าข้าวทั่วไป ในข้าวสารหอมหนึ่งกรัมอาจมีสารนี้อยู่ประมาณ 0.04 ไมโครกรัม และในข้าวกล้องอาจมีปริมาณ 0.1-0.2 ไมโครกรัมต่อกรัม และยังพบว่าสารหอมนี้มีปริมาณสูงมากในพืชตระกูลใบเตย (*Pandanus amaryllifolius* Roxb., Fragrant screw pine) ซึ่งมีปริมาณสูงถึง 1 ไมโครกรัมต่อกรัม (งามชื่น, 2547)

7. ปริมาณโปรตีน (protein content) การพิจารณาคุณภาพข้าวสุกไม่ค่อยอ้างอิงถึงปริมาณโปรตีน แต่มีรายงานพบว่า โปรตีนโดยเฉพาะที่อยู่ส่วนนอกของเมล็ดมีส่วนที่ทำให้ระยะเวลาในการหุงต้มเมล็ดข้าวให้สุกนานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนจะเป็นตัวขัดขวางการซึมของน้ำเข้าไปภายในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ข้าวโปรตีนสูงยังทำให้เมล็ดแกร่งขึ้น คุณภาพการสีไม่ดี (มีรำเหลืออยู่มาก) จากการศึกษาผลการใส่ปุ๋ยต่อคุณภาพข้าว พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มโปรตีนในเมล็ดข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ให้สูงขึ้น ข้าวสุกมีสีคล้ำลง และข้าวมีความนุ่มลดลง (งามชื่น, 2547)

ลักษณะของดินเค็ม

ดินเค็ม คือดินที่มีปริมาณเกลือสูงจนมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช (Yokoi *et al.*, 2002; Maathuis, 2006; Galvani, 2007) พืชที่ปลูกบนดินเค็มการเจริญเติบโตจะชะงัก ใบมีสีเขียวจัด บางชนิดอาจจะแสดงอาการของเกลือเป็นพิษ ปลายใบไหม้แล้วม้วนงอ

ดินเค็มแบ่งออกเป็น 3 ระดับดังนี้ (สถาบันวิจัยข้าว, 2544)

ดินเค็มน้อย	มีค่าความเค็ม	< 4 dS/m (dS/m = deciseimens per metre)
ดินเค็มปานกลาง	มีค่าความเค็ม	4-8 dS/m
ดินเค็มจัด	มีค่าความเค็ม	> 8 dS/m

ดินเค็มเป็นอุปสรรคสำคัญซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรทั่วโลก (Yamaguchi *et al.*, 2005) รวมทั้งพื้นที่ประเทศไทยเกือบทุกภูมิภาคประสบปัญหาดินเค็ม เช่น ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า การปลูกพืชให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากดินนาในภาคนี้มีดินเค็มกระจายเกือบทุกจังหวัดของภาค โดยมีค่าความเค็มอยู่ในช่วง 2-16 dS/m (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544)

ดินเค็มในประเทศไทยมีการจำแนกชนิดขึ้นอยู่กับสภาพทางภูมิประเทศตามแหล่งพื้นที่พบได้แก่ ดินเค็มบกกษยทะเลที่เป็นดินตะกอนตามปากแม่น้ำ แล่งฝั่งทะเลอ่าวไทย และทะเลอันดามันเป็นพื้นที่ดำนํ้าท่วมขังเป็นประจำ ดินเค็มบกกษยกลางเป็นดินตะกอนน้ำกร่อยเกิดจากการสะสมของน้ำเกลือที่ไหลลงใต้ดินหรือเกิดจากการดักน้ำดินไปขายเกิดการแพร่กระจายดินเค็มขึ้นพบในแถบจังหวัด สิงห์บุรี กาญจนบุรี อุทัยธานี ชัยนาท และดินเค็มบกกษยตะวันออกเฉียงเหนือเกิดจากเกลือธรรมชาติหรือนํ้าเค็มใต้ดินสะสมในบริเวณที่ลุ่มเกิดเป็นชั้นเกลือใต้ดินที่เรียกว่า เกลือหิน (salt bearing rock) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบริเวณดินเค็มที่มีปริมาณโซเดียมสูงเรียกว่า ดินโซดิก โดยลักษณะดินโซดิกพบเกือบทุกจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดินเค็มส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของพืชมากมาย (สมศรี, 2532; เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ, 2532) เช่น ใบมีขนาดเล็กลง เมล็ดงอกช้าลง มีลำต้นแคระแกร็น นอกจากนี้ยังส่งผลให้การเจริญเติบโตหยุดชะงักมีขนาดลำต้นเล็ก สีใบเข้มขึ้นจากการสะสมของคลอโรฟิลล์ ใบห่อม้วนเพื่อช่วยลดการคายน้ำทางปากใบหรือพบว่าใบเหลือง ปลายใบไหม้แห้งกรอบรวมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเมแทบอลิซึม

ผลกระทบที่เกิดจากความเค็มในพืชดังกล่าวมีสาเหตุมาจาก 1) ความเครียดออสโมติก (osmotic stress) เนื่องจากสภาพพื้นที่ดินเค็ม พืชจะใช้พลังงานมากกว่าปกติในการดูดน้ำ และธาตุอาหาร เมื่อพืชมีแรงดันออสโมติกสูงทำให้ความต่างศักย์ของน้ำลดลงส่งผลทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินมาใช้ได้อย่างเพียงพอ 2) ความเป็นพิษของธาตุบางชนิดจากการที่พืชดูดไอออนเก็บสะสมมากเกินไป โดยไอออนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} และ SO_4^{2-} (USSL, 1954) 3) การขาดสมดุลของธาตุอาหาร pH ในดินที่สูงส่งผลให้ธาตุอาหารบางชนิดของพืชลดลง (อรุณี และ สมศรี, 2539)

Munns (2002) ได้เปรียบเทียบสรีรวิทยาของเกลือและน้ำในพืช พบว่า ขณะที่พืชดูดน้ำ สารละลายเกลือภายในพืชจะลดลงได้ และหากพบระดับสารละลายเกลือที่อยู่ภายในพืชสูงจะทำให้เป็นพิษต่อพืช การเจริญเติบโตไม่เต็มที่และกระบวนการสังเคราะห์แสงบริเวณใบลดลง ส่งผลให้

พืชไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ โดยพบว่า พืชที่มีความทนเค็มจะมีการขนส่งไอออนไว้ที่แวคิวโอล การเคลื่อนย้ายไอออนโซเดียมและคลอไรด์อยู่ในระดับต่ำเพื่อยับยั้งไม่ให้ไอออนเพิ่มขึ้นภายในไซโทพลาซึมหรือผนังเซลล์ ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

Ali *et al.*, (2004) ทดสอบความทนเค็มภายใต้สภาวะความเข้มข้นเกลือที่ $EC=8.5$ dS/m พบว่า สภาวะความเค็มส่งผลให้ข้าวมีปริมาณของสารคลอโรฟิลล์ เปอร์เซ็นต์การออกดอก จำนวนกอก ความยาวรวง และจำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง

ความทนเค็มของพืชในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยในช่วงแรกของการเจริญเติบโตในพืชบางชนิดอาจพบความรุนแรงสูง เมื่อระยะเวลาผ่านไปช่วงหนึ่งพืชจะสามารถปรับตัวให้อยู่ในสมดุลได้ นอกจากนี้พืชยังอาศัยกลไกการปรับตัวให้เข้ากับสภาพทนเค็ม (วิจิตพล และคณะ, 2553) เช่น การหลีกเลี่ยงเกลือ (salt exclusion, salt avoidance) เพื่อให้เกลือเข้าไปภายในพืชน้อยลงโดยการไม่ขยายรากไปยังบริเวณดินเค็ม ยึดระยะเวลาออกจนกว่าจะมีสภาวะที่เหมาะสม การดูดเกลือเข้าสะสมหรือคายออก (salt absorption: accumulation, excretion) เพื่อปรับแรงดันออสโมซิส เป็นการรักษาความเต่งภายในเซลล์ การควบน้ำช่วยลดความเข้มข้นของเกลือในพืช สร้างสารเคลือบที่ใบไม่ให้เกิดการสูญเสียน้ำ และช่วยลดการคายน้ำลง การลดขนาด และจำนวนใบลง เพื่อเพิ่มพลังงานให้พืชสามารถควบน้ำมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ (อรุณีและสมศรี, 2540) การเลือกพืชที่สามารถทนเค็มจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขปัญหาดินเค็ม นอกจากนี้ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงดิน และใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินเค็มต่อไปได้

พืชทนเค็ม คือ พืชที่สามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตได้ในดินเค็มโดยให้ผลผลิตครบวงจร โดยพืชต่างชนิดกันมีความสามารถในการทนเค็มแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับที่สามารถทนเค็มได้ แม้แต่พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์ความทนต่อความเค็มก็ไม่เท่ากัน (Cha-um *et al.*, 2009) พืชที่สามารถทนเค็มมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น ถั่วลิสงเตา มันเทศ หนุ่ยเนเปียร์ ข้าวโพด กะหล่ำปลี มะพร้าว สะเดา ฯลฯ

ข้าวเป็นพืชทนเค็ม โดยสามารถทนความเค็มปานกลาง แต่ละช่วงการเจริญเติบโตจะมีความทนทานต่อความเค็มต่างกัน และสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีน้ำขัง (บุญหงษ์, 2547) นอกจากนี้มีการทดสอบความทนเค็มของข้าวหลายชนิด พบว่า พันธุ์ข้าวแต่ละชนิดมีความสามารถ

ทนเค็มได้แตกต่างกัน ดังเช่น Lee *et al.* (2003) ทดลองในข้าวจAPONIKAและอินดิกา เพาะเลี้ยงข้าว ทั้ง 2 ชนิดจำนวน 10 พันธุ์ ลงบนอาหารที่มีเกลือ และอาหารที่ไม่มีเกลือ โดยในช่วง 4 วันแรกเลี้ยง บนอาหารที่มีเกลือ 6 dS/m และใน 14 วันต่อมาเลี้ยงลงบนอาหารที่มีเกลือ 12 dS/m จากการทดลอง พบว่า ข้าวอินดิกามีความสามารถทนเค็มได้มากกว่าข้าวจAPONIKA

Theerakulpisut *et al.* (2005) ได้ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม ความทนเค็ม และ สรีรวิทยาในการตอบสนองต่อโซเดียมคลอไรด์ของข้าว (*Oryza sativa* L.) 6 สายพันธุ์ได้แก่ Pokkali, IR29, พันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย 4 พันธุ์ได้แก่ Dang Dawk Kok, Luang Ta Moh, Supanburi 2 และ KDML 105 ในระดับความเค็มที่แตกต่างกัน โดยนำต้นกล้าเพาะลงบนอาหารภายใต้ความ เข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ 6 และ 12 dS/m เปรียบเทียบกับต้นกล้าที่เลี้ยงบนอาหาร ธรรมดา พบว่า ข้าวแต่ละพันธุ์มีคุณสมบัติทางกายภาพเกี่ยวข้องกับระดับความทนเค็ม น้ำหนักต้น กล้า ราก และอัตราการสังเคราะห์แสงแตกต่างกัน โดยข้าว Pokkali สามารถทนเค็มได้ในระดับสูง แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนจากกลุ่มอื่นๆ และในข้าว KDML 105 เมื่อเทียบกับ IR29 ที่มีความไวสูง พบว่า ความทนเค็มอยู่ในระดับปานกลาง

โดยในปีเดียวกันนี้ Shereen *et.al.* ได้ทดลองเพาะเลี้ยงข้าวลูกผสมที่ทำการผสมข้ามด้วย พันธุ์ IR55178 จำนวน 6 สายพันธุ์ (L-2, L-12, L-43, L-64, L-96, L-104) ลงในสารละลาย Yoshida และเติมโซเดียมคลอไรด์ในระดับ 0, 75, 100 มิลลิโมลาร์ พบว่า ความเค็มส่งผลต่อการเจริญเติบโต ทางลำต้น และการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ของข้าว โดยมีจำนวนใบ และน้ำหนักสดลดลงใน แต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน

Prajuanmon (2009) ได้ทดสอบลักษณะทนเค็มของข้าว (*Oryza sativa* L.) ภายใต้สภาวะ เกลือตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและทางชีวเคมีในข้าว 3 พันธุ์ (*Oryza sativa* L. cvs. Pokkali, Leuang Anan, KDML 105) ในระดับความเค็มที่แตกต่างกันและนำต้นกล้าอายุ 7 วันเลี้ยงลงบน อาหาร MS ที่เติมโซเดียมคลอไรด์ในระดับ 0, 50, 100, 150, 200 มิลลิโมลาร์ ระยะเวลา 15 วัน พบว่า ความสูง ความยาวของราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง และอัตราการเจริญเติบโตของพืช ลดลง นอกจากนี้ยัง พบว่า มีอัตราส่วนของโซเดียมต่อโพแทสเซียมและสารโปรตีนในใบเพิ่มสูงขึ้น ในข้าว Pokkali พบการสะสมของสารโปรตีนน้อยลง ตรงข้ามกับ KDML 105 ที่มีการสะสมของ สารโปรตีนสูงกว่าในข้าว Pokkali และข้าว Pokkali ยังพบอัตราส่วนของโซเดียมต่อโพแทสเซียม

น้อยเมื่อเทียบกับ Leuang Anan ที่มีอัตราส่วนโซเดียมต่อโพแทสเซียมสูงกว่า แสดงให้เห็นว่าข้าวแต่ละชนิดมีความทนเค็มได้แตกต่างกัน

การปรับปรุงพันธุ์ข้าว

ปัจจุบันการปรับปรุงพันธุ์ข้าวได้นำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง นอกจากจะช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดผลกระทบจากการผลิตข้าวแล้วยังช่วยเพิ่มมูลค่าของข้าวให้ได้พันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีและปริมาณผลผลิตเพิ่มมากขึ้นตามที่ต้องการ และยังต้านทานโรคและแมลงเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีวิธีการปรับปรุงสายพันธุ์ดังนี้ (บุญหงษ์, 2547)

1. การนำพันธุ์ข้าวจากแหล่งอื่นเข้ามาปลูก (introduction) การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยวิธีนี้มีข้อดีคือ ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้มากกว่าวิธีอื่นๆ หมายถึง การนำข้าวพันธุ์ดีจากแหล่งอื่นทั้งในและนอกประเทศเข้ามาปลูก ศึกษาความเป็นไปได้ในการให้ผลผลิตรวมทั้งลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิต ในกรณีที่พันธุ์ข้าวนั้นได้ผลผลิตและลักษณะอื่นๆ ดีในท้องถิ่นที่ปลูกดังกล่าว ก็สามารถขยายพันธุ์ใช้เป็นข้าวพันธุ์ดีในการแนะนำสู่เกษตรกรต่อไป

2. การคัดเลือกพันธุ์จากพันธุ์ข้าวปลูก (selection) การคัดเลือกพันธุ์จากพันธุ์ข้าวปลูก หมายถึง การคัดเลือกต้นข้าวที่มีลักษณะดีจากประชากรรวมของพันธุ์ข้าวปลูกพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง โดยไม่มีการบังคับให้เกิดการผสมข้ามต้นหรือข้ามพันธุ์ก่อนการคัดเลือก แล้วนำเมล็ดของต้นข้าวที่ได้รับการคัดเลือกไปปลูกศึกษาและคัดเลือกต่อไป จนสามารถพัฒนาเป็นข้าวพันธุ์ดีได้ในที่สุด การคัดเลือกพันธุ์จากพันธุ์ข้าวปลูก อาจแบ่งเป็น 2 วิธีได้แก่

2.1 การคัดเลือกหมู่ (mass selection) เป็นการคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดีและมีความเหมือนหรือคล้ายคลึงกันได้เป็นจำนวนมาก และเก็บเมล็ดจากต้นเหล่านี้รวมกันเพื่อปลูกเป็นสายพันธุ์ดีเก็บเกี่ยวต่อไปโดยไม่มีการทดสอบรุ่นลูก (progeny test) การคัดเลือกดังกล่าวมีโอกาสประสบความสำเร็จมาก ถ้าลักษณะที่คัดเลือกถูกควบคุมโดยยีนน้อยคู่และมีอัตราพันธุกรรมสูง

2.2 การคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ (pure line selection) เป็นการคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดีจากประชากรข้าวที่มีความแปรปรวน และเก็บเกี่ยวเมล็ดแยกแต่ละต้นที่คัดเลือกไว้ หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดไปปลูกเป็นต้นต่อแถวหรือหลายแถว เพื่อทำการศึกษาและคัดเลือกต้นที่ดีไว้ปลูกคัดเลือกตามวิธีการเดิมต่อไปอีกหลายชั่วรุ่นจนแน่ใจว่าเป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์ แล้วจึงนำสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่

ได้ไปปลูกทดสอบผลผลิตและลักษณะอื่น ๆ โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์มาตรฐาน (standard check variety) เพื่อพิจารณาว่าจะขยายเป็นพันธุ์ใหม่ต่อไปหรือไม่

ร่วมจิต และคณะ (2553) ทดลองคัดเลือกข้าวไร่นาวัชพืชโดยนำพันธุ์ข้าวไร่นาวัชพันธุ์บริสุทธิ์แบบคัดรวม 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เล็บนกและพันธุ์ดอกขาม ในระยะการเจริญเติบโตของข้าว จนกระทั่งเก็บเกี่ยวไม่มีการกำจัดวัชพืช จากการทดลอง พบว่า ต้นข้าวพันธุ์เล็บนกมีความสูงต้น 95-120 ซม. อายุออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ที่ 105 วันและมีต้นที่ทนต่อวัชพืช 10 ต้น ส่วนในพันธุ์ดอกขามมีความสูง 91-119 ซม. อายุออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ที่ 104 วันและมีต้นที่ทนต่อวัชพืช 18 ต้น ถือได้ว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการทนต่อวัชพืช

3. การผสมพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ (hybridization and selection) เป็นวิธีการนำเอาละอองเรณูจากข้าวพันธุ์หนึ่งไปผสมกับไข่ของข้าวอีกพันธุ์หนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะรวมเอาลักษณะดีของพันธุ์ต่างๆ ไว้ด้วยกันในสายพันธุ์หรือพันธุ์ใหม่ที่ได้จากการผสม เช่น การผสมพันธุ์ข้าวด้วยวิธีผสมกลับให้มีลักษณะข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง (ศิลปะชัย, 2544) สำหรับวิธีการคัดเลือกหลังการผสมเพื่อให้ได้พันธุ์แท้ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

3.1 การคัดเลือกพันธุ์แบบสืบตระกูล (pedigree method) เป็นการคัดเลือกต้นข้าวที่มีลักษณะดีตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ตั้งแต่ลูกชั่วที่ 2 (F_2) เป็นต้นไป ต้นที่ได้รับการคัดเลือกจะทำการจดประวัติไว้อย่างละเอียดและนำไปปลูกคัดเลือกเป็นรุ่นต่อแถวในชั่วต่อไป จนได้สายพันธุ์บริสุทธิ์ เช่น สุชาติ และคณะ (2552) ได้ทดลองปลูกข้าวจากการผสมพันธุ์ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรีและพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1 โดยวิธีการคัดเลือกแบบสืบตระกูลได้ข้าวสายพันธุ์ SPR9907-22-1-2-2-1 ซึ่งพบว่า มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น มีคุณภาพเมล็ดดีและข้าวสุกนุ่มแบบข้าวหอมมะลิ

3.2 การคัดเลือกพันธุ์แบบเก็บเมล็ดรวม (bulk method) การคัดเลือกพันธุ์โดยวิธีนี้จะแตกต่างจากการคัดเลือกพันธุ์แบบสืบตระกูลในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 2-5 เท่านั้น กล่าวคือ จะไม่มีการคัดเลือกต้นดีในชั่วรุ่นที่ 2-5 แต่อย่างใด แต่จะเก็บเมล็ดจากทุกต้นในแต่ละชั่วรุ่นรวมกัน ปลูกไปเรื่อย ๆ เพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการคัดเลือกเองภายใต้สภาพธรรมชาติ จนกระทั่งถึงลูกผสมชั่วรุ่นที่ 6 เป็นต้นไป จึงทำการปลูกคัดเลือกด้วยวิธีเดียวกับการปลูกคัดเลือกพันธุ์แบบสืบตระกูล

4. การใช้เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม (biotechnology and genetic engineering approach) เนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยวิธีปกติ ซึ่งอาศัยความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติย่อมมีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น ต้องใช้ระยะเวลายาวนานในการพัฒนาพันธุ์

ใหม่ที่ต้องการ นอกจากนั้นในการผสมข้ามระหว่างชนิด (interspecific hybridization) ของข้าว เช่น การผสมระหว่างข้าวพันธุ์ป่า (wild species) กับข้าวพันธุ์ปลูก (cultivated species) อาจทำได้ยาก เนื่องจากการผสมไม่ติด (incompatibility) ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรมจึงอาจช่วยแก้ปัญหาการผสมไม่ติดเมล็ดได้ เทคโนโลยีชีวภาพที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อนำมาปรับปรุงพันธุ์ข้าวอาจแบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอช่วยคัดเลือกรายในการปรับปรุงพันธุ์พืช (marker assisted selection, MAS) และพันธุวิศวกรรม (บุญหงษ์, 2547)

นอกจากวิธีการปรับปรุงพันธุ์ดังกล่าวแล้ว การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นักปรับปรุงพันธุ์นิยม การชักนำให้เกิดการกลาย (induced mutation) หมายถึง การใช้รังสีหรือสารเคมีที่เรียกว่า สารก่อการกลาย (mutagen) ในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารพันธุกรรม (gene mutation) โครงสร้างของโครโมโซม (chromosomal aberration) หรือจำนวนโครโมโซม (polyploid) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสร้างลักษณะดีใหม่ ๆ ที่ยังไม่เคยพบในสภาพธรรมชาติ ให้เกิดขึ้นในระยะเวลาอันรวดเร็วและสามารถถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปสู่รุ่นลูกหลานได้

ในปี ค.ศ. 1982 L.J. Stadler ได้ชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในข้าวโพดและข้าวบาร์เลย์ ด้วยการฉายรังสีเอกซ์ สามารถเหนี่ยวนำให้พืชทั้งสองชนิดเกิดการกลายพันธุ์ได้ จากการทดลองดังกล่าวทำให้นักปรับปรุงพันธุ์พืชสนใจนำรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมาไอออนชนิดอื่น ๆ เช่น รังสีแกมมา (γ -ray) สารเคมี เอทิลมีเทนซัลโฟเนต (ethyl methane sulfonate, EMS) มาชักนำให้เกิดการกลายสายพันธุ์ในพืช (สิรินุช, 2540) ประภา และ อรอนงค์ (2545) ทำการปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง ปลูกช่วงรุ่น M_3 จนถึง M_5 พบว่า มีสายพันธุ์ที่มีคุณภาพเมล็ดและลักษณะทางการเกษตรดีใกล้เคียงกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 8 สายพันธุ์

นักปรับปรุงพันธุ์นิยมใช้รังสีแกมมาในการเหนี่ยวนำให้พืชเกิดการกลายมากกว่ารังสีเอกซ์ เนื่องจากสามารถฉายรังสีตัวอย่างพืชได้ทั้ง 2 แบบ คือ การฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) คือ ให้อัตราและปริมาณรังสีสูงใช้ระยะเวลาในการฉายรังสีสั้น พืชที่ฉายรังสีด้วยวิธีนี้มักเป็นเมล็ด ท่อนพันธุ์หรือเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยงและการฉายรังสีแบบเรื้อรัง (chronic irradiation) โดยอัตราและปริมาณในการฉายรังสีต่ำ แต่ให้ตัวอย่างพืชได้รับรังสีเป็นระยะเวลานานๆ เช่น สัปดาห์ เดือนหรือปี นิยมใช้กับพืชกำลังเติบโตหรือเลือกใช้เฉพาะช่วงใดช่วงหนึ่งของการเจริญเติบโต ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จในการชักนำให้เกิดการกลายได้แก่ ปริมาณหรือ

ความเข้มข้น (doses) ที่เหมาะสมของสิ่งก่อกลายพันธุ์สภาพแวดล้อมบางอย่างที่เหมาะสมในขณะที่ทำการชักนำ เช่น ความชื้นของเมล็ด อุณหภูมิ เป็นต้น และส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปชักนำให้เกิดการกลายจะใช้เมล็ดเป็นหลัก

Baloch *et al.* (2004) ใช้รังสีแกมมากระตุ้นให้เกิดการกลายของคลอโรฟิลล์ในข้าว (*Oryza sativa* L.) พันธุ์พื้นเมือง 3 พันธุ์ (sarshar, Shua-92, IR8) ในปริมาณรังสี 150, 200, 250 เกรย์ พบว่า ปริมาณรังสี 200 เกรย์ ทำให้เกิดการกลายในคลอโรฟิลล์ขึ้น

สมศักดิ์และคณะ (2549) ได้รายงานการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้ต้านทานโรคใบยอย่นซึ่งเกิดจากเชื้อไวรัส (soybean crinkle leaf virus, SCLV) โดยนำเมล็ดถั่วเหลืองสายพันธุ์ CM 9238 – 54 – 1 (ST) ไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 200 เกรย์ หลังจากตรวจสอบความต้านทานโรค SCLV พบว่า มี 6 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์เดิม 74-81 เปอร์เซ็นต์

จิรพรรณ (2551) ได้ปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนเค็มโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการฉายรังสีแกมมา จากการนำยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ไปฉายรังสี 0 (กลุ่มควบคุม) และ 30 เกรย์ แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติมเกลือ 0, 0.5, 1.0, 1.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำยอดที่รอดชีวิตออกปลูกในกระถางที่บรรจุทรายและสารละลายธาตุอาหารตามสูตรของ Yoshida และคณะ (1972) และเติมเกลือแกลบ 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า กลุ่มที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีต้นข้าวรอดชีวิต 3 ต้น และกลุ่มที่ผ่านการฉายรังสีมีต้นข้าวรอดชีวิต 26 ต้น จึงคาดว่า ต้นข้าวที่รอดชีวิตทั้งหมด 29 ต้นเป็นต้นที่ทนเค็ม

Rashid (2009) ได้ปรับปรุงพันธุ์ข้าว Basmati-370 และ basmati-Pak ด้วย ^{60}Co พบว่าความเข้มของรังสีแกมมามีผลให้เกิดกลายในข้าวพันธุ์ basmati เช่นเดียวกับการใช้รังสีแกมมาและ EMS ร่วมกันในถั่วเหลือง 2 ชนิดคือ Pusa-16 และ PK-1042 เกิดลักษณะการกลายในส่วนของคลอโรฟิลล์ โดยผลจากการฉายรังสีแกมมาสามารถจัดได้เป็น 4 type ได้แก่ albina, xantha, chlorine และ viridis (Khan and Tyagi, 2010)

การใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการปรับปรุงสายพันธุ์ข้าว

ในอดีตการปรับปรุงพันธุ์พืชทนเค็มยังคงมีข้อจำกัดในการคัดเลือกตัวอย่างและประโยชน์ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ โดยขึ้นอยู่กับจำนวนของยีนหรือกลุ่มของยีนที่ควบคุมลักษณะทนเค็มซึ่งมีความซับซ้อน (Flower and Yeo, 1995) โดยพบว่า ความทนเค็มควบคุมด้วยยีนหลายยีนเป็นลักษณะเชิงปริมาณ (Sahi *et al.*, 2006) จากการศึกษาลักษณะทนเค็มในข้าวมีการแสดงออกของยีนอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 1 (Gregorio *et al.*, 1997)

เครื่องหมายโมเลกุลหรือ marker เป็นเครื่องหมายที่ใช้บ่งชี้ความแตกต่างหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) ของสิ่งมีชีวิตทั้งทางปริมาณและคุณภาพ โดยสามารถแยกความแตกต่างระหว่างและภายในสปีชีส์ (between and within species) หรือระหว่างแต่ละตัว (between individuals) แบ่งระดับเครื่องหมายโมเลกุลออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับโปรตีน เป็นการตรวจสอบที่โมเลกุลของโปรตีนชนิดต่างๆ และระดับดีเอ็นเอ ซึ่งตรวจสอบลำดับของนิวคลีโอไทด์ในโมเลกุลของดีเอ็นเอ ประโยชน์ของเครื่องหมายโมเลกุลในการปรับปรุงสายพันธุ์ข้าวคือ การใช้เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกสายพันธุ์อย่างมีประสิทธิภาพ (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2544)

เครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker) หมายถึง ดีเอ็นเอที่ใช้เป็นเครื่องหมายบ่งชี้ความจำเพาะของสิ่งมีชีวิตตัวหนึ่ง สายพันธุ์หนึ่ง สปีชีส์หนึ่ง หรือในระดับต่างสปีชีส์ เป็นดีเอ็นเอที่อยู่ในตำแหน่งหนึ่งบนโครโมโซม (nuclear DNA) หรือดีเอ็นเอในออร์แกเนลล์ (mitochondrial DNA หรือ chloroplast DNA) ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีเครื่องหมายดีเอ็นเอมาใช้ในพืชมากขึ้นเนื่องจาก เครื่องหมายดีเอ็นเอให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำและสามารถแยกความแตกต่างของลักษณะที่แสดงออกของพืชในแต่ละสายพันธุ์ได้ โดยเครื่องหมายดีเอ็นเอสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1. Hybridization-based marker เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่อาศัยการเข้าคู่กันของลำดับเบสของดีเอ็นเอที่ใช้ตรวจสอบ (probe) กับดีเอ็นเอที่ต้องการ เช่น RFLP 2. PCR-based marker เป็นเครื่องหมายดีเอ็นเอที่ใช้การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยเทคนิค PCR เช่น RAPD, AFLP, ISSR และ SSR (McGregor *et al.*, 2000; Dong *et al.*, 2000; Fu *et al.*, 2008)

Jeung *et al.* (2005) ได้ใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ RAPD, ISSR และ AFLP ทดสอบในข้าว Japonica และ Indica พบว่า มีแถบดีเอ็นเอเกิดขึ้นทั้งหมด 970 แถบ จากการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ

ทั้ง 3 เทคนิค พบว่า แถบดีเอ็นเอของเทคนิค AFLP ปรากฏแถบมากที่สุด คือ 740 แถบ โดยเทคนิค AFLP แสดงให้เห็นความแตกต่างของลายพิมพ์ดีเอ็นเอได้อย่างมีประสิทธิภาพ คิดเป็นร้อยละ 0.99% เทคนิค SSR ร้อยละ 0.76 % และ RAPD ร้อยละ 0.61% จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนโมเลกุลด้วย AMOVA ในการพิจารณาลักษณะจีโนไทป์ทั้งหมด 14 พันธุ์ของข้าวจาปอนิกาและอินดิกา

AFLP (amplified fragment length polymorphism)

เป็นเทคนิคของเครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker) แบบหนึ่ง พื้นฐานของ AFLP คือ การตรวจสอบดีเอ็นเอที่ตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ โดยการเพิ่มปริมาณด้วยปฏิกิริยา PCR (polymerase chain reaction) ดังนั้นจึงรวมเอาความน่าเชื่อถือของเทคนิค RFLP (Restriction fragment length polymorphism) และประสิทธิภาพของ PCR เข้าด้วยกัน เทคนิค AFLP พัฒนาขึ้นโดย Zabeau และ Vos นักวิจัยของบริษัท Keygene N.V. ประเทศเนเธอร์แลนด์ และได้จดสิทธิบัตรในปี ค.ศ. 1993 (Mackill, 1996; สุรินทร์, 2552)

เทคนิค AFLP สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายด้าน เช่น การศึกษาแผนที่ QTLs ในข้าว (Nandi *et al.*, 1997) ในมะกอกโอลีฟ (Belaj *et al.*, 2003) ความหลากหลายของสับปะรด (Pérez, *et al.*, 2009) ถั่วลิสง (El-Khishin *et al.*, 2009) และองุ่นสายพันธุ์ปักดำ (Pok dum) (รัฐพล, 2551) ความหลากหลายทางพันธุกรรมของมะเขือเทศ (Wang *et al.*, 2011) และ DNA methylation ในข้าว (Wensheng *et al.*, 2011) เป็นต้น

ได้มีรายงานการใช้เทคนิค AFLP กับข้าว เช่น กาญจนและคณะ (2549) ใช้เครื่องหมาย AFLP เพื่อบ่งชี้ลักษณะโพลีพลอยด์ที่พบในลูกผสม PTT03084 ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าว *Oryza minuta* (GS.8173) โดยใช้ไพรเมอร์ 10 คู่ พบว่า มี 8 คู่ที่แสดงดีเอ็นเอในตำแหน่งเดียวกัน ต่อมาปี พ.ศ. 2550 กนกพรและคณะได้ศึกษาความแตกต่างระหว่างข้าวพันธุ์กลายไม่วิวดอช่วงแสง กับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 การศึกษาในข้าวลูกผสม BC₁F₁ ที่มีความต้านทานโรคขอบใบแห้ง (Supanyika *et al.*, 2007) และ Li *et al.* (2010) ได้ใช้เครื่องหมาย AFLP เพื่อตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมและโครงสร้างประชากรของ rice grasshopper ในข้าว (*Oryza japonica*) หาความสัมพันธ์ของโฮสต์ต่างชนิดกัน บริเวณเกาะ Hainan และทางตอนใต้ของจีนใช้ไพรเมอร์ 8 คู่ ปรากฏแถบดีเอ็นเอทั้งหมด 564 แถบและมีแถบดีเอ็นเอต่างกัน (polymorphic) 563 แถบ นอกจากนี้

Liu *et al.* (2011) ใช้เทคนิค AFLP ร่วมกับ bulked segregant analysis (BSA) ในการวิเคราะห์ลักษณะเชิงปริมาณเกี่ยวกับเปอร์เซ็นต์ท้องไขในข้าว (*Oryza sativa* L.) โดยใช้ลูกผสมของพ่อแม่สายพันธุ์ Shanyou63 โดยตำแหน่งของยีนที่เกี่ยวข้องกับเปอร์เซ็นต์ท้องไขอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 3, 6, 8 ได้แก่ qIPG-3, qIPGC-6, qIPGC-8



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

เมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_5

เมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_5 ได้มาจากการทดลองของจิรพรรณ ทองสร้อย ในปี พ.ศ.2551 โดยนำยอดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ไปฉายรังสี 0 (กลุ่มควบคุม) และ 30 เกรย์ แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BAP 3 มิลลิกรัมต่อลิตรและเติมเกลือ 0, 0.5, 1.0, 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยยอดที่ผ่านการฉายรังสีจะเพาะเลี้ยงจำนวน 80 ยอดบนอาหารแต่ละสูตรและยอดที่ไม่ผ่านการฉายรังสีจะเพาะเลี้ยงจำนวน 20 ยอดบนอาหารแต่ละสูตร แล้วนำยอดที่รอดชีวิตออกปลูกในกระถางที่บรรจุทรายและสารละลายธาตุอาหารตามสูตรของ Yoshida และคณะ (1972) และเติมเกลือแคง 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีต้นข้าวรอดชีวิต 3 ต้น และกลุ่มที่ผ่านการฉายรังสีมีต้นข้าวรอดชีวิต 26 ต้น จึงคาดว่าต้นข้าวที่รอดชีวิตทั้งหมด 29 ต้น (M_1 plant) นี้ทนเค็ม แล้วนำต้นข้าว 29 ต้นนี้ออกปลูกในสภาพธรรมชาติและให้ผสมตัวเองอีก 4ชั่วรุ่น จนกระทั่งได้เมล็ดชั่วรุ่น M_5 ซึ่งคัดเลือกไว้ 36 สายพันธุ์และพบว่า มีอยู่ 2 สายพันธุ์ที่มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งแต่ละสายพันธุ์คัดเลือกแยกกอไว้ 6 กอต่อสายพันธุ์รวมทั้งหมด 12 กอหรือ 12 สายพันธุ์ เพื่อนำไปปลูกในชั่วรุ่นต่อไป

วิธีการ

1. นำเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงเพาะปลูกในแปลงทดลอง

1.1 นำเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_5 จาก 2 สายพันธุ์ ที่คัดเลือกไว้ 12 สายพันธุ์ปลูกเพื่อขยายสายพันธุ์ ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีและเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในช่วงฤดูนาปรัง พ.ศ.2553 (มี.ค.-มิ.ย.) และเก็บเกี่ยวเมล็ดชั่วรุ่น M_6

1.2 นำเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 ปลูกเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีช่วง

ฤดูนาปี พ.ศ. 2553 (ส.ค.-พ.ย.) โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ ระยะปลูกระหว่างต้นและแถว 25x25 ซม. สายพันธุ์ละ 5 แถว ๆ ละ 21 ต้นและเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M₇

2. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M₇ ที่มีลักษณะพันธุกรรมใกล้เคียงกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

2.1 นำต้นข้าวที่มีลักษณะทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M₇ 4 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาสกัดดีเอ็นเอตามวิธีของ Agrawal *et al.*(1992) เพื่อตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอโดยใช้เทคนิค AFLP (สุรินทร์, 2552; Vos and Kuiper, 1997) เพื่อเปรียบเทียบและคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีพันธุกรรมใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ไพรเมอร์ทั้งหมด 15 คู่ คือ E1/M1, E1/M4, E1/M8, E2/M1, E2/M3, E3/M2, E3/M4, E4/M6, E4/M7, E4/M8, E5/M6, E5/M7, E7/M1, E8/M6, E8/M8 ตามการทดลองของสุพรรณฤฎิภา (2549) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ลำดับเบสของไพรเมอร์แต่ละชนิด

ไพรเมอร์ <i>EcoRI</i>	ไพรเมอร์ <i>MseI</i> primer
E1 = GACTGCGTACCAATTCAAC	M1 = CAGGATTCCTGAGTAACAG
E2 = GACTGCGTACCAATTCAAG	M2 = CAGGATTCCTGAGTAACAC
E3 = GACTGCGTACCAATTCACA	M3 = CAGGATTCCTGAGTAACAA
E4 = GACTGCGTACCAATTCACT	M4 = CAGGATTCCTGAGTAACATA
E5 = GACTGCGTACCAATTCAGC	M5 = GATGAGTCCTGAGTAACATG
E6 = GACTGCGTACCAATTCACC	M6 = CAGGATTCCTGAGTAACCTT
E7 = GACTGCGTACCAATTCACG	M7 = CAGGATTCCTGAGTAACAT
E8 = GACTGCGTACCAATTCAGG	M8 = CAGGATTCCTGAGTAACCTC

เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยาถูกลูโซ่ วิเคราะห์ขนาดของแถบดีเอ็นเอด้วยวิธี denaturing polyacrylamide gel electrophoresis (สุรินทร์, 2552)

3. การตรวจวัดองค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วงรุ่น M₆

วัดองค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วงรุ่น M₆ 12 สายพันธุ์ โดยให้หมายเลขของข้าวทั้ง 12 สายพันธุ์ เป็น K1-K12 เปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD (randomize complete block design) ที่แปลงทดลองข้าวของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ซึ่งทำการปลูกจำนวน 3 ซ้ำ โดยมีระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร แต่ละหมายเลขปลูก 5 แถว เมื่อต้นข้าวเจริญเติบโต จัดบันทึกวันออกดอก วัดองค์ประกอบผลผลิต ในระยะติดเมล็ดซึ่งพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวดังนี้

1. บันทึกวันออกดอกที่ 75%
2. ความสูง (ซม.) จากโคนต้นจนถึงใบธง สุ่มวัด 10 กอ คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละหมายเลข
3. จำนวนต้นต่อกอ สุ่มวัด 10 กอ คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละหมายเลข
4. จำนวนรวงต่อกอ สุ่มวัด 10 กอ คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละหมายเลข
5. ความยาวรวง จากคอรวงถึงปลายรวง สุ่มวัด 5 รวง คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละหมายเลข
6. เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี สุ่มนับ 5 รวง คำนวณหาค่าเฉลี่ยของแต่ละหมายเลข
7. น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) สุ่มนับ 1,000 เมล็ดแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
8. ผลผลิตเปรียบเทียบเป็นกิโลกรัมต่อไร่ที่ความชื้นมาตรฐาน โดยชั่งน้ำหนักของผลผลิตที่เกี่ยวข้องได้ 3 แถวกลางและวัดความชื้น ทำการปรับผลผลิตที่ความชื้นมาตรฐานที่ 14% จากสูตร

$$\text{ผลผลิตที่ความชื้นมาตรฐาน} = \frac{100 - \text{ความชื้นที่วัดได้}}{100 - \text{ความชื้นมาตรฐาน 14\%}} \times \text{น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งได้}$$

4. การตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดข้าวทางกายภาพ

นำเมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวจากผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงข้าวรุ่น M₀ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

1. ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension) ได้แก่ ความยาว ความกว้าง ความหนา และรูปร่างของเมล็ด (กัญญา, 2547)

ขนาดเมล็ด จำแนกตามความยาวของเมล็ด ได้ดังนี้ (IRRI,1996)

ยาวมาก	ยาวกว่า 7.5 มม.
ยาว	6.6-7.5 มม.
ปานกลาง	5.5-6.6 มม.
สั้น	สั้นกว่า 5.5 มม.

รูปร่างเมล็ด จำแนกโดยใช้สัดส่วนความยาว/ความกว้าง ได้ดังนี้

เรียวยาว	มากกว่า 3.0
ปานกลาง	2.0-3.0
ป้อม	น้อยกว่า 2.0

2. สีข้าวเปลือก (hull color) เป็นลักษณะประจำพันธุ์ สีของข้าวกล้องจะแสดงออกที่เชื้อหุ้มผล ข้าวกล้องมีสีแตกต่างกัน เช่น ขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทาและม่วง (กัญญา, 2547)

3. ลักษณะท้องไข่ (chalkiness) เป็นลักษณะที่ใช้กำหนดคุณภาพของข้าว ประเมินจากจุดสีขาวคล้ายขอลึกที่เกิดขึ้นในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดข้าวสาร แบ่งออกได้ดังนี้ (กัญญา, 2547)

ลักษณะเมล็ด	ค่าท้องไข่
เมล็ดใส (clear grain)	0
ท้องไข่เล็กน้อย (slightly chalky)	น้อยกว่า 1
ท้องไข่ปานกลาง (moderately chalky)	1-1.5
ท้องไข่ค่อนข้างมาก (chalky)	1.6-2
ท้องไข่มาก (very chalky)	มากกว่า 2

5. การตรวจสอบคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว

นำเมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสง ข้าวรุ่น M₀ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มาวิเคราะห์คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว ได้แก่

1. ปริมาณอมิโลส (apparent amylose content) วิเคราะห์โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี โดยเมื่ออมิโลสทำปฏิกิริยากับไอโอดีน จะได้สีน้ำเงินและวัดความเข้มของสีโดยใช้สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานแป้งข้าวในระดับต่างๆ สามารถแบ่งได้ดังนี้ (งามชื่น, 2547)

<u>ประเภทข้าว</u>	<u>ปริมาณอมิโลส (%)</u>	<u>ลักษณะข้าวสุก</u>
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวเจ้า		
ข้าวอมิโลสต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวอมิโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
ข้าวอมิโลสสูง	26-34	ร่วนแข็ง

2. ความคงตัวของแป้ง (gel consistency) สามารถทดสอบจากการอ่านระยะทางแป้งไหลไปได้ (มม.) ในการแบ่งข้าวตามค่าความคงตัวของแป้งสุกแบ่งออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ (งามชื่น, 2547)

<u>ประเภทแป้งสุก</u>	<u>ระยะทางที่แป้งไหล (มม.)</u>
แป้งสุกแข็ง	26-40
แป้งสุกปานกลาง	41-60
แป้งสุกอ่อน	61-100

3. อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) ประเมินได้จากค่าการสลายเมล็ดในค่าการสลายของเมล็ดข้าวในสารละลายด่าง (alkaline test) วิเคราะห์โดยการนำเมล็ดแช่สารละลาย

KOH ความเข้มข้น 1.7% ตั้งทิ้งไว้นาน 23 ชั่วโมงแล้วจึงอ่านค่าการกระจายของเมล็ด (งามชื่น, 2547)

อุณหภูมิแป้งสุก (°C) ระดับ	ค่าการสลายเมล็ดในค่า	ระยะเวลาหุงต้ม(นาท)
ต่ำกว่า 69	ต่ำ	6-7
70-74	ปานกลาง	4-5
มากกว่า 75	สูง	1-3
		> 24

4. การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio) วิเคราะห์โดยส้อมเมล็ดข้าวสาร วัดความยาวนำไปแช่น้ำนาน 30 นาที แล้วจึงนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 10 นาที จากนั้นนำเมล็ดข้าวแช่เย็นและเลือกเมล็ดที่ตรง ทำการวัดความยาว อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกได้จากสัดส่วนของความยาวของเมล็ดข้าวสุก/ความยาวเฉลี่ยของเมล็ดข้าวสาร แบ่งอัตราการยืดของเมล็ดข้าวสุกเป็น 2 กลุ่ม คือ (งามชื่น, 2547)

ยืดตัวปกติ	อัตราการยืดตัวน้อยกว่า 1.9
ยืดตัวมาก	อัตราการยืดตัวมากกว่า 1.9

5. กลิ่นหอม (aroma) ชั่งเมล็ดข้าว 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำเกลือ (NaCl) 10% ปริมาตร 2 มิลลิเมตร นำไปไว้ในตู้อบอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็น แล้วดมกลิ่นของสารระเหยโดยเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ละม้ายมาศ, 2544)

ผลและวิจารณ์

ผล

องค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

จากการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และวัดองค์ประกอบผลผลิต วันออกดอก ความสูง จำนวนต้นตอกต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง เปอร์เซ็นต์ เมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่ที่ความชื้นมาตรฐาน 14% ได้ผลดังต่อไปนี้

วันออกดอก 75%

จากการเปรียบเทียบวันออกดอกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 จำนวน 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยได้ทำการจดบันทึกวันออกดอก 75% พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีวันออกดอกน้อยที่สุดคือ 82 วัน ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 มีวันออกดอก 83 วัน (K1, K2, K3, K4, K5) และ 85 วัน (K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12) (ตารางที่ 2)

ความสูงของต้น

จากการสุ่มวัดความสูงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความสูงมากที่สุด คือ 141.76 ซม. รองลงมา คือ สายพันธุ์ K7 มีความสูง 136.43 ซม. และสายพันธุ์ความสูงน้อยที่สุด คือ K4 มีความสูง 129.20 ซม. (ตารางที่ 2)

จำนวนต้นตอก

จากการสุ่มวัดจำนวนต้นตอกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ทาง

สถิติ พบว่า มีจำนวนต้นตอกอไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีจำนวนต้นตอกออยู่ในช่วง 11.46 กอถึง 13.06 กอ (ตารางที่ 2)

จำนวนรวงตอกอ

จากการสุ่มวัดจำนวนรวงตอกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีจำนวนรวงตอกอไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ มีจำนวนรวงตอกออยู่ในช่วง 9.96 รวงถึง 11.36 รวง (ตารางที่ 2)

ความยาวรวง

จากการสุ่มวัดความยาวรวงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสายพันธุ์ K6 มีความยาวรวงมากที่สุด คือ 28.79 ซม. ซึ่งมากกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีความยาวรวง 25.49 ซม. และสายพันธุ์ K6 มีความยาวรวงไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ K1, K2, K3, K4, K5, K7, K9, K10, K11 และ K12 (ตารางที่ 2)

จำนวนเมล็ดต่อรวง

จากการสุ่มนับจำนวนเมล็ดทั้งหมดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือมีจำนวนเมล็ดต่อรวงอยู่ในช่วง 114 เมล็ดถึง 139 เมล็ด (ตารางที่ 2)

เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี

จากการสุ่มวัดเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสายพันธุ์ K3 ที่มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวงมากที่สุด คือ 87.53 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวง 79.76 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ K3 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวงใกล้เคียงกับ K1 (86.90

เปอร์เซ็นต์), K4 (86.23 เปอร์เซ็นต์), K8 (86.30 เปอร์เซ็นต์) และ K10 (86.76 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

จากการสุ่มวัดน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M₆ 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า น้ำหนัก 1000 เมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดอยู่ในช่วง 26.36 กรัม ถึง 29.55 กรัม (ตารางที่ 2)

ผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่

จากการวัดผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M₆ 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า แต่ละสายพันธุ์ให้ผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสายพันธุ์ K9 ให้ผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่สูงที่สุดคือ 817.12 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ สายพันธุ์ K1 786.97 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (691.49 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 วันออกดอกที่ 75%, ความสูง, จำนวนต้นตอก, จำนวนรวงตอก, ความยาวรวง, จำนวนเมล็ดตอรวง, % เมล็ดดี, น้ำหนัก 1,000 เมล็ดและผลผลิตที่ความชื้นมาตรฐาน 14% (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายพันธุ์เดิมและไม่ไวต่อช่วงแสง 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ตัวอย่าง	วัน ออก ดอก 75 %	ความสูง (ซม.)	จำนวน ต้นตอ กอ	จำนวน รวงต่อ กอ	ความ ยาวรวง (ซม.)	จำนวน เมล็ดต่อ รวง	% เมล็ด ดี	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด	ผลผลิต (ก.ก. ต่อ ไร่)
KDML 105	82c	141.76a	11.46a	10.96a	25.49d	124.4a	79.76cd	28.05a	691.49a
K1	83b	133.83bc	13.06a	10.83a	28.43ab	126.3a	86.90a	27.49a	786.97a
K2	83b	131.70bc	12.60a	11.16a	27.37bc	119.6a	85.36ab	27.09a	555.40a
K3	83b	130.13c	11.60a	9.96a	28.20abc	121.3a	87.53a	27.20a	770.3a
K4	83b	129.20c	12.46a	11.66a	27.71abc	128a	86.23a	27.92	711.09a
K5	83b	131.96bc	12.73a	11.10a	28.09abc	115.8a	83.70abc	27.34a	751.63a
K6	85a	134.10bc	12.53a	10.36a	28.79a	139a	83.70abc	27.36a	739.74a
K7	85a	136.43b	12.60a	10.53a	28.19abc	133.7a	83.96ab	27.53ab	777.98a
K8	85a	129.96c	13a	11.36a	27.03c	114a	86.30a	26.36a	698.45a
K9	85a	135.70b	12.33a	11.70a	28.77a	126.8a	81.93bcd	27.74a	717.12a
K10	85a	131.76bc	11.80a	10.83a	27.75abc	115a	86.76a	27.84a	754.24a
K11	85a	135.70bc	11.33a	11.16a	28.18abc	113.3a	84.26ab	29.55a	675.62a
K12	85a	130.26c	12.20a	11.36a	27.57abc	131.5a	79.60d	28.04a	639.32a
CV= 6.330814e-15	2.27		7.15	8.58	2.7	12.49	2.82	3.57	11.65
E-12									
LSD = 8.961535e-15	5.10				1.27		4.00		
E-12									
Sig	***	**			**		**		

Signif. code: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

คุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

จากการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งน้ำหนักเมล็ด 250 กรัม ส่งตรวจคุณภาพเมล็ดทางกายภาพที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี คือ ลักษณะขนาดของเมล็ด สีของเมล็ดข้าวเปลือก และลักษณะท้องไข่ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 3)

ขนาดรูปร่างเมล็ด (grain dimension)

จากการชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 250 กรัม ส่งวัดขนาดรูปร่างของเมล็ดพบว่า แต่ละสายพันธุ์มีความยาวใกล้เคียงกันโดยมีขนาดรูปร่างเมล็ดอยู่ในช่วง 7.32-7.57 มม. ซึ่งสามารถจำแนกได้ว่าเป็นลักษณะเมล็ดยาวโดยสายพันธุ์ K11 มีความยาวของเมล็ดสูงสุด 7.57 มม. รองลงมา คือ พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวของเมล็ด 7.54 มม. ส่วนความกว้างของเมล็ดแต่ละสายพันธุ์มีความกว้างของเมล็ดใกล้เคียงกันโดยมีความกว้างของเมล็ดอยู่ในช่วง 1.99-2.15 มม. และสายพันธุ์ K11 มีความกว้างของเมล็ดสูงสุด 2.15 มม. รองลงมาคือ พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีความกว้างของเมล็ด 2.10 มม. สำหรับความหนาของเมล็ดพบว่า แต่ละสายพันธุ์มีความหนาของเมล็ดใกล้เคียงกันคือ มีความหนาของเมล็ดอยู่ในช่วง 1.67-1.75 มม. โดยสายพันธุ์ K11 มีความหนาของเมล็ดสูงสุดคือ 1.75 มม. รองลงมาคือ สายพันธุ์ K3, K8, K9 และ K10 ซึ่งมีความหนาของเมล็ดเท่ากับ 1.73 มม. จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ มีลักษณะคล้ายคลึงกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างมาก (ตารางที่ 3)

ลักษณะท้องไข่

จากการวัดคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า แต่ละสายพันธุ์มีค่าของลักษณะท้องไข่น้อยกว่า 1 ให้ผลลักษณะท้องไข่เล็กน้อย (slightly chalky) แต่สายพันธุ์ K1, K3, K4, K6, K7, K9, K10 และ K12 มีลักษณะท้องไข่น้อยที่สุดคือ 0.01 ซึ่งเมื่อนำข้าวไปสีจะมีข้าวหักน้อยมากและมีคุณภาพในการขัดสีอยู่ระดับดี (ตารางที่ 3)

ลักษณะสีเปลือก

จากการตรวจสอบลักษณะสีเปลือกของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M_6 12 สายพันธุ์ มีลักษณะสีเปลือกของเมล็ดข้าวสีฟาง ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยลักษณะสีเปลือกของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M_6 12 สายพันธุ์ ได้รับการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ตารางที่ 3)

จากผลของข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตทางกายภาพ การตรวจวัดคุณภาพเมล็ดทางกายภาพ และทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M_6 12 สายพันธุ์ เมื่อนำมาประกอบการพิจารณาคัดเลือกข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M_6 เพื่อที่จะปลูกทดสอบสายพันธุ์ในพื้นที่ดินเค็มต่อไป ซึ่งได้คัดเลือกข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M_6 ไว้จำนวน 4 สายพันธุ์ คือ K1, K3, K7 และ K9 โดยสายพันธุ์ที่มีต้นตอสูงที่สุด คือ K1 (13.06 ต้นตอ) สายพันธุ์ที่มีความยาวรวงสูงสุด คือ K9 (28.77 ซม.) สายพันธุ์ที่มีเมล็ดรวมต่อรวงสูงสุด คือ K7 (133.70 เมล็ด) สายพันธุ์ที่มีเมล็ดดีต่อรวงสูงสุด คือ K3 (87.53 เมล็ด) และผลผลิตมากที่สุดคือ K9 (817.12 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาคือ สายพันธุ์ K1 (786.97 กิโลกรัมต่อไร่), K3 (770.3 กิโลกรัมต่อไร่) และ K7 (777.98 กิโลกรัมต่อไร่) ด้วยเหตุผลดังกล่าวได้คัดเลือกข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M_6 ไว้จำนวน 4 สายพันธุ์ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะพันธุกรรมกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิค AFLP ต่อไป

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายพันธุ์เดิมและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ตัวอย่าง	ข้าวกล้อง			ยาว/กว้าง	ท้องไข่	สีเปลือก
	ยาว (มม.)	กว้าง (มม.)	หนา (มม.)			
KDML 105	7.54	2.10	1.69	3.59	0.06	s
K1	7.45	1.99	1.67	3.74	0.01	s
K2	7.39	2.00	1.71	3.70	0.02	s
K3	7.4	2.00	1.73	3.70	0.01	s
K4	7.35	2.01	1.68	3.66	0.01	s
K5	7.37	2.03	1.68	3.63	0.02	s
K6	7.32	2.02	1.70	3.62	0.01	s
K7	7.45	2.04	1.70	3.65	0.01	s
K8	7.27	2.01	1.73	3.62	0.03	s
K9	7.40	2.02	1.73	3.66	0.01	s
K10	7.43	2.01	1.73	3.70	0.01	s
K11	7.57	2.15	1.75	3.52	0.06	s
K12	7.40	2.03	1.72	3.65	0.01	s

S= สีฟาง

คุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

จากการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งน้ำหนักเมล็ด 250 กรัม ส่งตรวจคุณภาพทางเคมีของเมล็ด ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ทำการวัดคุณภาพเมล็ดทางเคมี คือ ปริมาณอมิโลส (apparent amylose content) ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio) และกลิ่นหอม (aroma) ได้ผลดังต่อไปนี้

ปริมาณอมิโลส (apparent amylose content)

จากการวัดปริมาณอมิโลสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงมีปริมาณอมิโลสปานกลางจนถึงสูงอยู่ในช่วง 25.02 ถึง 26.34% ซึ่งเมื่อหุงต้มแล้วมีลักษณะของข้าวสุกค่อนข้างร่วนและแข็งเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (16.28%) มีลักษณะข้าวสุกเหนียวและนุ่ม (ตารางที่ 4)

ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)

จากการวัดความคงตัวของแป้งสุกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยดูจากระยะทางการไหลของแป้งสุกในแนวราบ พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 ทั้ง 12 สายพันธุ์ มีความคงตัวของแป้งสุกอยู่ในช่วง 33-93 มิลลิเมตร อยู่ระดับแป้งสุกแข็งจนถึงอ่อน โดยมีความสัมพันธ์กับค่าอมิโลส มีลักษณะของข้าวสุกร่วนและแข็ง (ตารางที่ 4)

อุณหภูมิของแป้งสุก (gelatinization temperature)

จากการวัดอุณหภูมิของแป้งสุกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยหาค่าการสลายเมล็ดข้าวในสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่ความเข้มข้น 1.7% พบว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 ทั้ง 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าเท่ากับ 7 คือมีอุณหภูมิแป้งสุก ($^{\circ}\text{C}$) ต่ำกว่า 69°C ซึ่งใช้ระยะเวลาในการหุงต้ม 12-17 นาที จึงทำให้ข้าวสุกพร้อมรับประทานได้ (ตารางที่ 4)

การยืดตัวของเมล็ดข้าว (elongation ratio)

จากการวัดการยืดตัวของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงข้าวรุ่น M_0 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า มีค่าการยืดตัวของเมล็ดข้าวใกล้เคียงกัน คือ มีการยืดตัวของเมล็ดข้าวปกติอยู่ในช่วง 1.59-1.68 เท่า มีการยืดตัวปกติ เมื่อหุงสุกมีลักษณะร่วนค่อนข้างแข็ง (ตารางที่ 4)

กลิ่นหอม (aroma)

จากการวัดความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงข้าวรุ่น M_0 ทั้ง 12 สายพันธุ์ พบว่า ไม่มีความหอม (0) ส่วนพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่าความหอมเท่ากับ 1 ซึ่งให้ความหอมอ่อน แสดงให้เห็นว่า ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงข้าวรุ่น M_0 ทั้ง 12 สายพันธุ์ มีความหอมต่างกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 น่าจะมีปัจจัยทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยความหอมของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีผลเนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกหรือสภาพแวดล้อมร่วมด้วย และในการวัดระดับความหอมใช้วิธีการดมกลิ่นซึ่งอาศัยความชำนาญของบุคคล จึงทำให้การวัดความหอมแต่ละครั้งอาจมีค่าระดับความหอมเปลี่ยนแปลงได้ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ลักษณะทางเคมีของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายพันธุ์เต็มและไม่วิเคราะห์ช่วงแสง
ช่วง M_7 12 สายพันธุ์ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ตัวอย่าง	%Amylose	Gel	Alkali	E.R.	Aroma
KDML 105	16.28	81	7.0	1.64	1
K1	26.34	64	7.0	1.65	0
K2	25.89	93	7.0	1.61	0
K3	26.50	66	7.0	1.59	0
K4	26.41	49	7.0	1.62	0
K5	26.35	40	7.0	1.62	0
K6	25.28	39	7.0	1.68	0
K7	26.64	39	7.0	1.63	0
K8	26.47	37	7.0	1.65	0
K9	26.24	33	7.0	1.65	0
K10	26.24	33	7.0	1.64	0
K11	25.02	37	7.0	1.65	0
K12	25.83	39	7.0	1.62	0

1 = หอมอ่อน, 0 = ไม่มีกลิ่นหอม

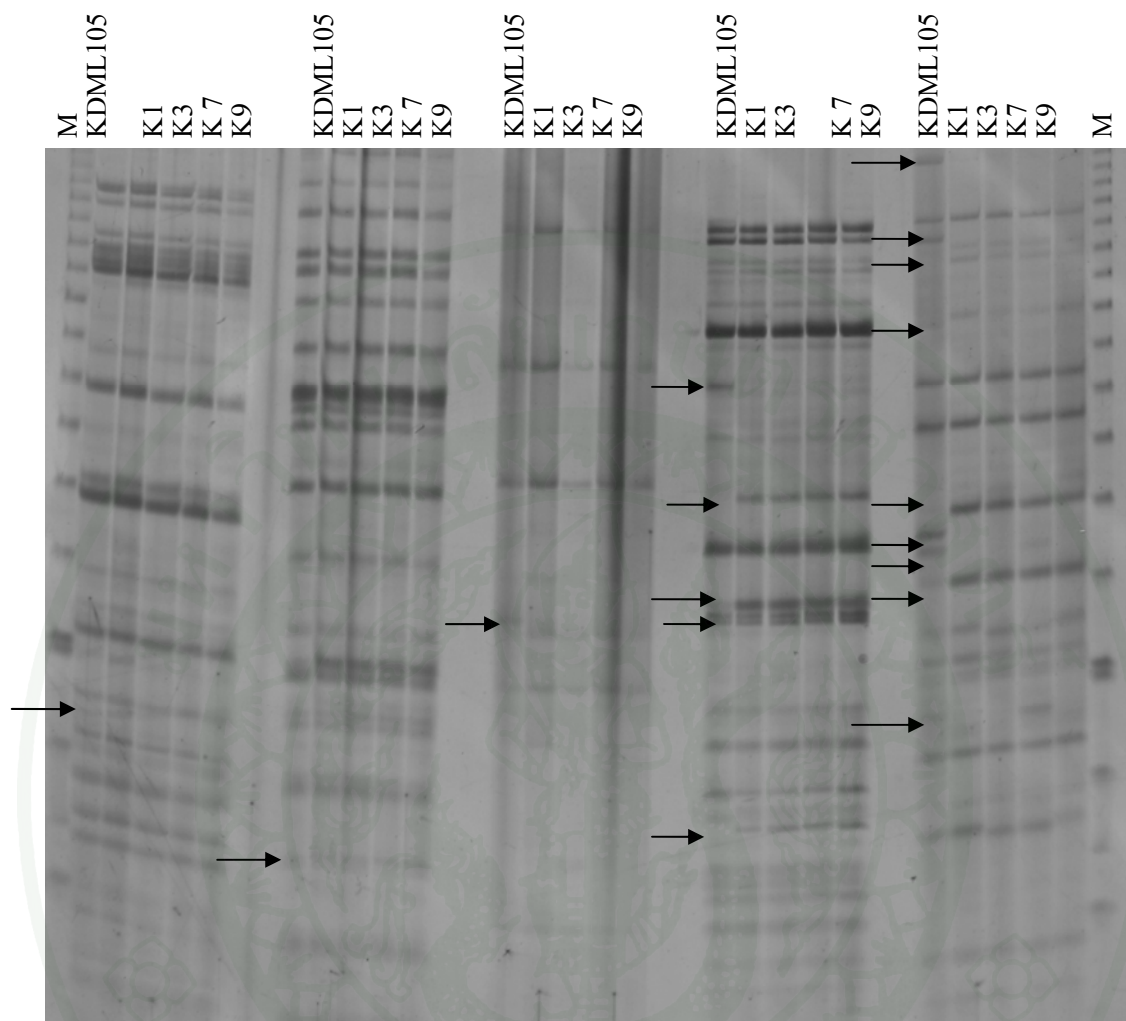
**การคัดเลือกข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายพันธุ์เต็มและไม่วิเคราะห์ช่วงแสงช่วง M_7 4 สายพันธุ์ ที่มี
ลักษณะพันธุกรรมใกล้เคียงกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105**

เมื่อนำดีเอ็นเอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายพันธุ์เต็มและไม่วิเคราะห์ช่วงแสงช่วง M_7 จำนวน 4 สายพันธุ์ ที่คัดเลือกไว้ ได้แก่ สายพันธุ์ K1, K3, K7 และ K9 เปรียบเทียบพันธุกรรมกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิค AFLP โดยใช้ไพรเมอร์ 15 คู่ (ตารางที่ 1) พบว่า มีแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏทั้งหมด 239 แถบ และสายพันธุ์ K1, K3, K7 และ K9 มีแถบดีเอ็นเอที่เหมือนกับสายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (monomorphic band) จำนวน 207 ถึง 211 แถบ คิดเป็น 86.66-88.33 เปอร์เซ็นต์ และแถบดีเอ็นเอที่มีความแตกต่างจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (polymorphic band) จำนวน 28 ถึง 32 แถบ คิดเป็น 11.67-13.34 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ข้าวขาว

ดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M₇ ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีลักษณะพันธุกรรมที่คล้ายคลึงกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตั้งแต่ 86.66-88.33 เปอร์เซ็นต์ โดยสายพันธุ์ K1 มีพันธุกรรมคล้ายคลึงกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 มากที่สุด คือ (88.66 เปอร์เซ็นต์) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M₇ 4 สายพันธุ์ กับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิคเอเอฟแอลพีโดยใช้ไพรเมอร์ 15 คู่

ข้าวขาวดอกมะลิ พันธุ์กลายทนเค็ม และไม่ไวต่อช่วงแสง	จำนวนแถบ ดีเอ็นเอที่พบ ในแต่ละสายพันธุ์	จำนวนแถบ ดีเอ็นเอ ที่เหมือน พันธุ์ KDML 105	จำนวนแถบ ดีเอ็นเอ ที่ต่างกับ พันธุ์ KDML 105	เปอร์เซ็นต์ แถบดีเอ็นเอ ที่เหมือนกับ พันธุ์ KDML 105	เปอร์เซ็นต์ แถบดีเอ็นเอ ที่ต่างกับ พันธุ์ KDML 105
KDML 105	239	227	12	94.98	5.02
K1	239	211	28	88.33	11.67
K3	239	207	32	86.66	13.34
K7	239	207	32	86.66	13.34
K9	239	207	32	86.66	13.34



ภาพที่ 1 ลายพิมพ์ AFLP ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายพันธุ์และไม่วิเคราะห์ช่วงแสงข้าวรุ่น M, 4 สายพันธุ์ (K1, K3, K7, K9) และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้จากคู่ไพรเมอร์ต่างๆ ได้แก่ E-AGC/M-CTT, E-AGC/M-CAT, E-ACG/M-CAG, E-AGG/M-CTT, E-AGG/M-CTC (ลูกศรชี้แสดงแถบดีเอ็นเอที่ต่างกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105)

วิจารณ์

จากการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้รังสีแกมมาแล้ว จึงคัดเลือกจนกระทั่งได้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_7 แสดงให้เห็นว่า รังสีแกมมาชักนำให้เกิดการกลายในพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 สอดคล้องกับการทดลองในพืชอื่น ๆ ที่ใช้รังสีแกมมาชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ เช่น ในหญ้ากีนีนีสีม่วง (Pongtongkam, 2005) หญ้าเนเปียร์แคระ (Pongtongkam, 2006a) หญ้ารูซี่ (Pongtongkam, 2006b) หญ้าแพงโกล่า (ศิริณา, 2551)

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ มีความสูงน้อยกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นลักษณะดีที่จะช่วยลดข้อจำกัดของการหักล้มง่ายในพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (อรอนงค์, 2550) นอกจากนี้ความยาวรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี มีความแตกต่างทางสถิติ และมีบางสายพันธุ์ที่ให้ลักษณะที่ดีกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จึงมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แม้ว่า จำนวนต้นตอกอ จำนวนรวงตอกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดตอรวง ไม่แตกต่างทางสถิติจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ก็ตาม

ผลของคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ พบว่า ขนาดรูปร่างมีเมล็ดยาว มีลักษณะท้องไข่น้อย และลักษณะสีเปลือกมีสีฟาง ซึ่งคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ คล้ายคลึงกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แสดงให้เห็นว่า ลักษณะทางกายภาพดังกล่าวได้รับการถ่ายทอดมาจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ผลของคุณภาพทางเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ พบว่า มีค่าอมิโลสอยู่ช่วง 25.02-26.34 % ซึ่งแตกต่างจากข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีค่าปริมาณอมิโลสอยู่ที่ 16.28 % ข้าวสุกนุ่ม โดยข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ มีอมิโลสสูงคล้ายคลึงกับข้าวพันธุ์ปทุมมาดีที่มีอมิโลสอยู่ในช่วง 25-34 เปอร์เซ็นต์ (ละม้ายมาศ, 2544: Gopalakrishnan, 2007) และคล้ายคลึงกับข้าวเจ้าสายพันธุ์ IR75003-UBN-111-10-4-5 ที่มีอมิโลส 27.6 % (สมใจ, 2551) ทำให้ข้าวสุกแข็งร่วนมากกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ พบว่า ไม่มีความหอมเมื่อเทียบกับพันธุ์ข้าวขาว

ดอกมะลิ 105 ซึ่งใช้วิธีการดมกลั่นในการทดสอบ จึงอาจมีค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกหรือสภาพแวดล้อมร่วมด้วย จากรายงานของ Alan (2007) ได้อธิบายไว้ว่า อิทธิพลของพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมเป็นตัวกำหนดลักษณะเอกลักษณ์เฉพาะทางกายภาพ ซึ่งอาจทำให้ความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ลดลงไปจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ผลของข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตทางกายภาพและการตรวจวัดคุณภาพเมล็ดทางกายภาพและทางเคมีได้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_7 ที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงไว้จำนวน 4 สายพันธุ์ คือ K1, K3, K7 และ K9

การนำเครื่องหมายโมเลกุลหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_7 จำนวน 4 สายพันธุ์ (K1, K3, K7 และ K9) ผลการวิเคราะห์ AFLP ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_7 พบว่า มีพันธุกรรมคล้ายคลึงกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อยู่ในช่วง 86.66-88.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้เห็นว่า เทคนิค AFLP เป็นเทคนิคที่เหมาะสมในการหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์กลาย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sengsai *et al.* (2007) และพิระพงษ์ (2553) ที่ใช้เทคนิค AFLP หาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ต้านทานต่อโรคขอบใบแห้ง

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็ม และไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 12 สายพันธุ์ มีลักษณะ จำนวนต้นตอกกอ จำนวนรวงตอกกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า ลักษณะทางกายภาพในข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสง M_6 12 สายพันธุ์ ยังคงลักษณะเดิมของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แต่มีลักษณะบางประการแตกต่างจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้แก่ ลักษณะความสูง ความยาวรวงตอกกอและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี รวมทั้งลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสง พบว่า มีลักษณะทางการเกษตรบางลักษณะที่ดีกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เช่น ลักษณะความสูง ความทนเค็ม ลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงและผลผลิตสูง จากลักษณะดังกล่าวโดยเฉพาะลักษณะผลผลิตที่สูง จึงคัดเลือกข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_7 ไว้ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ K1, K3, K7 และ K9 ซึ่งให้ผลผลิต 786.97, 770.3, 777.98 และ 817.12 กิโลกรัมต่อไร่ ไว้เพื่อนำไปปลูกในพื้นที่ดินเค็มต่อไป

2. การใช้เครื่องหมาย AFLP วิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_7 จำนวน 4 สายพันธุ์ (K1, K3, K7 และ K9) ที่ได้คัดเลือกไว้เปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้ไพรเมอร์ 15 คู่ พบว่ามีแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏทั้งหมด 239 แถบ แถบดีเอ็นเอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_7 คล้ายคลึงกับพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 อยู่ในช่วง 86.66-88.33 เปอร์เซ็นต์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกพร บุญศิริชัย, กาญจนา กล้าแข็ง และ วไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์. 2550. การศึกษาความแตกต่างระหว่าง ข้าวพันธุ์กลายไม่วัยต่อช่วงแสงกับพันธุ์เดิมด้วยเทคนิคทางดีเอ็นเอ, น. 1-7.
ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิเวศลิษฐ์ ครั้งที่ 10. สถาบันเทคโนโลยีนิเวศลิษฐ์แห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2544. เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม. กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กาญจนา กล้าแข็ง, สุนิคม ตาปราบ, กนกพร บุญศิริชัย, รังสิต เล็งหะพันธุ์, สมคิด วรราช,
เกริก เกษโกศล, กัญญา เชื้อพันธุ์, สุนันทา วงศ์ปิยชน และ นิวัติ เจริญศิลป์. 2551.
Allohexaploid, PTT03084, น. 51-62. ใน รายการประชุมวิชาการข้าวและข้าวฟ่างเมือง
หนาว, ชลบุรี.

กัญญา เชื้อพันธุ์. 2547. คุณภาพข้าวทางกายภาพ, น. 31-38. ใน คุณภาพและการตรวจสอบข้าว
หอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพข้าวสวย, น. 41-48. ใน คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย
กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จิรพรรณ ทองสร้อย. 2551. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนเค็มโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการฉาย
รังสีแกมมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2534. ความรู้เรื่องข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศิรณา อุทุมพฤกษ์พร. 2551. การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในหญ้าแพงโกล่าโดยรังสีแกมมา
ร่วมกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวี คุปต์กาญจนากุล. 2544. ความรู้เรื่องข้าวและเทคโนโลยีการผลิตข้าว, น. 1-14. ใน เทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี. กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

บุญหงษ์ จงกิด. 2547. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประณีต จิระสุทัศน์. 2531. ข้าว. ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูพระนคร, กรุงเทพฯ.

ประภา ศรีพิจิตต์ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2545. การปรับปรุงข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้มีลักษณะไม่ไวต่อช่วงแสงโดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารเคมีก่อการกลายพันธุ์. ว. วิชาการเกษตร 20 (2): 74-90.

ประสูติ สิทธิสรวง. 2524. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้าว (สรีรวิทยาของข้าวจากภาพ). กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

พิระพงษ์ เกห์ง. 2553. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ต้านทานต่อโรคขอบใบแห้งโดยวิธีผสมกลับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรารณ ตั้งมั่น. 2539. เอกสารประกอบการสอนเทคโนโลยีการผลิตข้าว. คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพิษณุโลก กระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพฯ.

ร่วมจิตร นกข, ธีรายุทธ์ วิจิตรภาพ และสอาด หัสนันท์. 2553. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวไร่นาวัชพืช. ว. วิทย. กษ. 41 (3/1) (พิเศษ): 57-60.

รัฐพล นัตรบรรยงค์, สุรศักดิ์ นิลนนท์ และ อุณารุจ บุญประกอบ. 2551. การตรวจสอบพันธุ์อ่อนรับประธานสดพันธุ์ปอกดำและริเบียร์ โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ร่วมกับการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอด้วยเทคนิคเอฟแอลพี ว. วิทย. กษ. 39 (3) (พิเศษ): 17-21.

ละม้ายมาศ ยังสุข. 2544. คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน, น. 171-176. ใน เทคโนโลยีการผลิต
ข้าวหอมมะลิคุณภาพดี. กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์.

กรุงเทพฯ.

วรวิทย์ พาณิชพัฒน์. 2530. ข้าวหอมขาวดอกมะลิ 105 บัณฑิต และอื่นๆ. โครงการตำราชาวบ้าน.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิจิตพล มีแก้ว, ณัฐพล ชันธปราบ และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. 2553. การปรับตัวของพืชภายใต้สภาวะ
ที่มีความเค็ม. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ 10 (2): 28-37.

วิฑูรย์ ปัญญากุล. 2545. คู่มือการผลิต-การจัดการข้าวหอมมะลิอินทรีย์. มุลนิธิสายใยแผ่นดิน,
กรุงเทพฯ.

วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ และ นิรมล ชวนบุญ. 2545. หอมกลิ่น ข้าวมะลิหอมเรื่องราวและการต่อสู้เพื่อ
รักษาพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ. องค์การความหลากหลายทางชีวภาพและภูมิปัญญาไทย
(BIOTHAI) มูลนิธิเกษตรยั่งยืน (ประเทศไทย), นนทบุรี.

วาสนา วรมิศรี. 2538. การปรับปรุงข้าวหอมของไทย. ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สถาบันวิจัยข้าว.
กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ศิลปะชัย ก่อเจริญ. 2544. การปรับปรุงข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้มีลักษณะไม่ไวต่อช่วง
แสงโดยใช้วิธีการผสมกลับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2539. ผลงานที่สำเร็จในรอบ 80 ปี, น. 70-95. ใน เอกสารที่ระลึกครบรอบ
80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 2544. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับข้าวไทย.
สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สรุปผลการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตรเดือนกันยายน. การพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร 26 (3) : 2-3.

สงกรานต์ จิตรากร. 2544. ข้าวกับวิถีชีวิตคนไทย. น. 13-28. ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับข้าวไทย. ฝ่ายนิเทศสัมพันธ์ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช), กรุงเทพฯ.

สมใจ สาลีโท, อัมพล สุวรรณวงศ์, วีระศักดิ์ หอมสมบัติ, อัญชลี ขาวนา, ถนอมจิตร ฤทธิมนตรี, สุขวิทยา ภาโสทะ, ชนะ ศรีสมภาร, ดวงใจ สุริยาอรุณโรจน์, ละม้ายมาศ ยังสุข, อนุชาติ กษตติต, รณชัย ช่างศรี, ณราวุฒิ ปิยโชติสกุลชัย, เอกสิทธิ์ สกฤต, สมหมาย เลิศนา, ปรีชาติ คงสุวรรณและสรเรศริญ เสี่ยงใส. 2551. IR75003-UBN-111-10-4-5 ข้าวเจ้าสายพันธุ์ดีเด่นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ Promising Line for Northeast Region: IR75003-UBN-111-10-4-5. น. 128-135. ใน รายงานการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว, ชลบุรี.

สมศรี อรุณินท์. 2532. ดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ ศรีสมบูรณ์, วันเพ็ญ ศรีทองชัย, พิระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, อานนท์ มลิพันธุ์, สุรศักดิ์ วัฒนพันธุ์สอน, นิภาภรณ์ ยังฉิมและอลงกรณ์ กรณ์ทอง. น. 38-44. ศักยภาพการให้ผลผลิตของถั่วเหลืองพันธุ์กลายต้านทานโรคใบยอดขุ่น. ใน การสัมมนาวิชาการเทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่ออาหารปลอดภัยและเกษตรยั่งยืน. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ โพธิ์ทอง. 2554. นวัตกรรมการใช้พันธุ์ข้าวลูกผสม ซีพี 304 มาใช้กับการทำนาของประเทศไทย. เทคโนโลยีการเกษตรแนวใหม่ 12 (134): 30-39.

สิรินุช ลามศรีจันทร์. 2540. การกลายพันธุ์ของพืช. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 197 หน้า.

สุชาติ นักปราชญ์, สุนิยม ตาปราบ, โอภาส วรวาท, กนิณ จำเลชะสิงห์, สุรินทร์ ไตรดีตานันท์,
 สาธิต ทยาพัชร, ลือชัย อารยะรังสฤษฎ์, เกษม สุนทราจารย์, วาสนา พันธุ์เพ็ง,
 กิ่งแก้ว คุณเขต, กัญญา เชื้อพันธุ์, สุนันทา วงศ์ปิยะชน, สุภาวิณี แสงโชติ, อภิชาติ ลาวัณย์
 ประเสริฐ, อดุลย์ กฤษณะดิ, เฉลิมชาติ ฤาไชยคาม, สุภาพร จันทรบัวทอง,
 อัญชลี ประเสริฐศักดิ์, สุรพล จิตพร, รัชฎ พันธุ์พิทยแพทย, กาญจนา กล้าแจ้ง,
 สมหมาย ศรีวิสุทธิ, บังอร ธรรมสามสิริณ, สุรพงศ์ โพธิ์บุญและนิตยา รื่นสุข. 2552.
 SPR 99007-22-1-2-2-1 สายพันธุ์ข้าวอายุสั้น สำหรับนาชลประทาน. น. 11-19. ใน รายงาน
 การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว, ชลบุรี.

สุพรรณฉีกา เล็งสาย. 2549. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ต้านทานต่อเชื้อขอบใบแห้ง
 โดยวิธีผสมกลับและการเพาะเลี้ยงอับเรณูร่วมกับการคัดเลือกด้วยเครื่องหมายโมเลกุล.
 วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล. 2552. เครื่องหมายดีเอ็นเอ: จากพื้นฐานสู่การประยุกต์. สำนักพิมพ์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 2543. ความรู้เรื่องข้าว. ปทุมธานี.

_____. 2544. เทคโนโลยีการผลิตข้าวพันธุ์ดี. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
 จำกัด, กรุงเทพฯ.

อรุณี ยูวะนิยม และสมศรี อรุณินท์. 2539. การวิจัยพืชทนเค็มและพืชชอบเกลือบางชนิดในพื้นที่ดิน
 เค็ม กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2540. การวิจัยพืชชอบเกลือเพื่อปลูกบนพื้นที่ดินเค็มจัด. ว. อนุรักษ์ดินและน้ำ 13 (1): 4-23.

อรุณี วงศ์ปิยะสถิต. 2550. การกลายพันธุ์: เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ. 2532. ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

เอมอร อังสุรัตน์, ขวลิศ อิงประยูร, สนธิชัย จันทน์เปรม, อุไรวรรณ พิงเพ็ชร, รัชนี อิงประยูร, จัษฎชัย แก้วสนธิ, จุฬารัตน์ วัฒนนะ, คณิงรัตน์ คำมณี, ไพบุลย์ ชื่นเจริญศรี, สุรพล จารุพงศ์, ลีริวิทย์ พงษ์อารีย์ และบุญเชียง จำพับ. 2547. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการโครงการข้าวเพื่อความยั่งยืน. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

Agrawal, G.K., R.N. Pandey and V.P. Agrawal. 1992. Isolation of DNA from *Choerospondias asillaris* leaves. **Biotech. Biodiv. Lett.** 2: 19-24.

Alan, H.S. 2007. Molecular markers to assess genetic diversity. **Euphytica** : 313-321.

Ali, Y., Z. Aslam, M.Y. Ashraf and G.R. Tahir. 2004. Effect of salinity on chlorophyll concentration, leaf area, yield and yield components of rice genotypes grown under saline environment. **Internat. J. Environ. Sci. Tech.** 3: 221-225.

Ahmad, M.S. 1979. Photoperiod sensitivity in rainfed lowland rice. pp : 135-138. In IRRI (ed). **Rainfed Lowland Rice**. IRRI. Los. Banos.

Amarawathi Y., R. Singh, A.K. Singh, V. P. Singh, T. Mohapatha, T. R. Sharma and N. K. Singh. 2008. Mapping of quantitative trait loci for basmati quality traits in rice (*Oryza sativa* L.). **Mol. Breed.** 21: 49-65.

Baloch, A. W., A. M. Soomro, H. R. Bogiio, M. S. Bogiio, T. Mohammad and N.N. Mastoi. 2004. Gamma irradiation induced chlorophyll mutation in rice (*Oryza sativa* L.). **SAARC. J. Agri.** 2: 257-261.

- Belaj, A., Z. Satovic, G. Cipriani, L. Baldoni, R. Testolin, L. Rallo and I. Trujillo. 2003. Comparative study of the discriminating capacity of RAPD, AFLP and SSR markers and of their effectiveness in establishing genetic relationships in olive. **Theor. Appl. Genet.** 107: 736-744.
- Cha-um, S., T. Trakulyingcharoen, P. Smitamana and C. Kirdmanee. 2009. Salt tolerance in two rice cultivars differing in salt tolerant abilities in responses to iso-osmotic stress. **J. Agron. Crop. Sci.** 3: 221-230.
- Dong, N.V., P.K. Subudhi, P.N. Luong, V.D. Quang, T.D. Quy, H.G. Zheng, B. Wang and H.T. Nguyen. 2000. Molecular mapping of rice gene conditioning thermosensitive genic male sterility using AFLP, RFLP and SSR techniques. **Theor. Appl. Genet.** 100: 727-734.
- El-Khishin, D.A., L.E. Belatus, A. Abd El-Hamid and K.H. Radwan. 2009. Molecular characterization of banana cultivars (*Musa* spp.) from Egypt using AFLP. **Res. Agric. Biol. Sci.** 5: 272-279.
- Flowers, T.J. and A.R. Yeo. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next?. **Aust. J. Plant. Physiol.** 22: 875-884.
- Fu, H. W., Y. F. Li. and Q. Y. Shu. 2008. A revisit of mutation induction by gamma rays in rice (*Oryza sativa* L.): Implications of microsatellite markers for quality control. **Mol. Breed.** 22: 281-288.
- Galvani, A. 2007. The challenge of the food sufficiency through salt tolerant crops. **Rev. Environ. Sci. Biotechnol.** 6: 3-16.
- Gaul, H. 1977. Sterility. pp 96-97. *In* **Manual on Mutation Breeding**. 2nd ed. IAEA. Vienna.

- Gopalakrishnan, S., R. K. Sharma, K. A. Rajkumar, M. Joseph, V. P. Singh, A. K. Singh, K. V. Bhat, N. K. Singh and T. Mohapatra. 2008. Integrating marker assisted background analysis with foreground selection for identification of superior bacterial blight resistant recombinants in Basmati rice. **Plant Breed.** 127: 131-139.
- Gregorio, G.B. 1997. **Tagging Salinity Tolerance Genes in Rice using Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP)**. Ph.D. Thesis, University of the Philippines at Los Banos Philippines.
- Jeung, J. U., H. G. Hwang, H. P. Moon and K. K. Jena. 2005. Fingerprinting temperate *japonica* and tropical *indica* rice genotypes by comparative analysis of DNA markers. **Euphytica** 146: 239-251.
- Khan, M. H. and S.D. Tyagi. 2010. Studies on effectiveness and efficiency of gamma rays, EMS and their combination in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill.]. **J. Breed. Crop Sci.** 2: 55-58.
- Lee, K.S., W.Y. Choi, J. C. Ko, T. S. Kim and G. B. Gregorio. 2003. Salinity tolerance of japonica and indica rice (*Oryza sativa* L.) at the seedling stage. **Planta** 216: 1043-1046.
- Li, T., Y. P. Geng, Y. Zhong, M. Zhang, Z.M. Ren, J. Ma and Y.P. Guo. 2010. Host-associated genetic differentiation in rice grasshopper, *Oryza japonica* on wild vs. cultivated rice. **Biochem. Syst. Ecol.** 38: 958-963.
- Lui X., Z. Hua and Y. Wang. 2011. Quantitative trait locus (QTL) analysis of percentage grains chalkiness using AFLP in rice (*Oryza sativa* L.). **Afr. J. Biotechnol.** 10: 2399-2405.
- Maathuis, F.J.M. 2006. The role of monovalent cation transporters in plant responses to salinity. **J. Exp. Bot.** 57: 1137-1147.

- Mackill, D.J., Z. Zhang, E.D. Redona and P.M. Colowit. 1996. Level of polymorphism and genetic mapping of AFLP marker in rice. **Genome** 39: 969-977.
- McGregor, C.E., C.A. Lambert, M.M. Greyling, J.H. Louw and L. Warnich. 2000. A comparative assessment of DNA fingerprinting techniques (RAPD, ISSR, AFLP and SSR) in tetraploid potato (*Solanum tuberosum* L.) germplasm. **Euphytica** 113: 135–144.
- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell Environ.** 25: 239-250.
- Nandi, S., P. K. Subudhi, D. Senadhira, N. L. Manigbas, S. Sen-Mandi and N. Huang. 1997. Mapping QTLs for submergence tolerance in rice by AFLP analysis and selective genotyping. **Mol. Gen. Genet.** 255: 1-8.
- Pérez, G., E. Yanes, M. Isidró and J.C. Lorenzo. 2009. Phenotypic and AFLP characterization of two new pineapple somaclones derived from *in vitro* culture. **Plant Cell Tiss. Organ. Cult.** 96: 113-116.
- Pongtongkam, P., S. Nilratnisakorn., S. Peyachoknagul., A. Thongpan., J. Aranannanth., K. Kowitwanich and S. Tadsri. 2005. Inducing salt tolerance in purple guinea grass (*Panicum maximum* TD58) via gamma irradiation and tissue culture. **Kasetsart. J. (Nat. Sci.)** 39: 681-688.
- Pongtongkam, P., S. Peyachoknagul., J. Aranannanth., A. Thongpan and S. Tadsri. 2006a. Production of salt tolerance dwarf napier grass (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) using tissue culture and gamma irradiation. **Kasetsart. J. (Nat. Sci.)** 40: 625-633.
- Pongtongkam, P., S. Peyachoknagul., D. Manawiboon., J. Aranannanth., A. Thongpan and S. Tadsri. 2006b. Production of salt tolerant ruzi grass (*Brachiaria ruziziensis*) by tissue culture. **Kasetsart. J. (Nat. Sci.)** 40: 449-455.

- Prajuabmon, A., P. Theerakulpisut, B. Kijwijan and N. Muangsan. 2009. *In vitro* investigation on salt tolerant characteristics of rice seedlings (*Oryza sativa* L.). **Res. J. Agric. Biol. Sci.** 5: 423-427.
- Rashid, M., L.R. Hu, J. Wei, X.Y. Han, W.F. Lin, T.Y. Zhi, W.J. Mei, A. A. Cheema, C. J. Qing and G. He. 2009. Genomic diversity among Basmati rice (*Oryza sativa* L.) mutants obtained through ⁶⁰Co gamma radiations using AFLP markers. **Afr. J. Biotechnol.** 8: 6777-6783.
- Sahi, C., A. Singh, K. Kumar, E. Blumwald and A. Grover. 2006. Salt stress response in rice: genetics, molecular biology, and comparative genomics. **Funct. Integr. Genomics:** 1-22.
- Sengsai, S., S. Peyachoknagul, P. Sripichitt, A. Thongpan and P. Pongtongkam. 2007. Anther culture of BC₁F₁ (KDML105/IRBB5/KDML105) hybrid to produce bacterial blight resistance doubled haploid rice. **Kasetsart. J. (Nat. Sci.)** 41: 251-261.
- Shereen, A., S. Mumtaz., S. Raza., M. A. Khan and S. Solangi. 2005. Salinity effects on seedling grown and yield components of different inbred rice lines. **Pak. J. Bot.** 37: 131-139.
- Theerakulpisut, P., S. Bunnag and K. Kong-ngern. 2005. Genetic diversity, salinity tolerance and physiological responses to NaCl of six rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Asian. J. Plant Sci.** 4: 562-573.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. van de Lee, M. Homes, A. Frijters, J. Pot, J. Peleman, M. Kupier and M. Zabeau, 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. **Nucl. Acids Res.** 23: 4407-4414.
- Wang, F., F. Li, J. Wang, Y. Zhou and H. Sun. 2011. Genetic diversity of the selected 64 potato germplasms revealed by AFLP markers. **Mol. Plant. Breed.** 2: 1-8.

Wensheng, W., X. Zhao, Y. Pan, L. Zhu, B. Fu and Z. Li. 2011. DNA methylation changes detected by methylation-sensitive amplified polymorphism in two contrasting rice genotypes under salt stress. **J. Genet. Genomics** 38: 419-424.

Yamaguchi, T. and E. Blumwald. 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. **Trends Plant Sci.** 10: 615-620.

Yokoi, S., R. A. Bressan and P. M. Hasegawa. 2002. Salt stress tolerance of plants. pp 25-33. *In JIRCAS Working Report*, West Lafayette.

Yoshida, S., D.A. Forno, J.H. Cock and K.A. Gomez. 1972. **Laboratory Manual for Physiology Studies of Rice**. The International Rice Research Institute at Los Banos Philippines.

Zhu J.K. 2001. Plant salt tolerance. **Plant Sci.** 6: 66-71.



1. วิธีสกัดดีเอ็นเอ ดัดแปลงจาก Agrawal และคณะ (1992) มีขั้นตอนดังนี้

1.1 เตรียม extraction buffer (2XCTAB: 2% CTAB, 1.4 M NaCl, 20 mM EDTA, 100 mM Tris-HCl, pH 8) 600 μ l ผสม 2-mercaptoethanol 1.5 μ l ในหลอด เซ็นตริฟิวจ์ขนาด 1.5 ml แล้วนำไปอุ่นก่อนใช้

1.2 นำใบสดของข้าวประมาณ 0.2 กรัม ใส่ลงในโกร่งโดยเติมน้ำไตรเจนเหลว แล้วบดให้ละเอียด ใส่ลงในหลอด extraction buffer ที่อุ่นเตรียมไว้ จากนั้นบ่มต่อที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที โดยกลับหลอดไปมา 2-3 ครั้งทุกๆ 10 นาที

1.3 เมื่อครบ 60 นาที นำหลอดมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที แล้วเติม คลอโรฟอร์ม : ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (24:1) 600 μ l ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยกลับหลอดเบาๆ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 1,200 g นาน 5 นาที

1.4 ดูดส่วนใสใส่หลอดใหม่ แล้วเติม ไอโซโพรพานอลแช่เย็น 500 μ l ผสมให้เข้ากันเบาๆ แล้วนำไปเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 1,200 g นาน 15 นาที

1.5 เทส่วนใสทิ้งเติม washing buffer 500 μ l เคา่ข้างหลอดเบาๆ เพื่อละลายเกล็ดออก เทส่วนใสทิ้ง แล้วหลอดบนกระดาษซับให้แห้งแล้วละลายตะกอนด้วย RNase buffer (10 mM Tris-HCl pH 8.0, 15 mM NaCl) 200 μ l จากนั้นเติม RNase A 2 μ l แล้วบ่ม ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

1.6 ใส่ฟีนอล: คลอโรฟอร์ม: ไอโซเอมิลแอลกอฮอล์ (25:24:1) 200 μ l ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 1,200 g นาน 5 นาที ดูดส่วนใสใส่หลอดใหม่เติม โซเดียมอะซิเตทเข้มข้น 3M pH 5.2 ปริมาตร 20 μ l และ absolute ethanol 400 μ l เพื่อตกตะกอนดีเอ็นเอเข้า แล้วนำไปเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที

1.7 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 1,200 g นาน 15 นาที เทส่วนใสทิ้งล้างตะกอนด้วย เอทานอล 70% ปริมาตร 500 μ l แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง 1,200 g นาน 3 นาที เทส่วนใสทิ้งแล้วหลอดบนกระดาษซับให้แห้ง แล้วละลายตะกอนด้วย TE buffer 50 μ l เก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะใช้

2. วิธีการทำ AFLP

2.1 การตัดดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *MseI* และ *EcoRI*

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้จากข้อ 1 มาปรับความเข้มข้นให้เป็น 50 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร มาตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *MseI* และ *EcoRI* โดยเติมดีเอ็นเอ (50 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร) 5 μ l และสารละลาย 10X buffer 2.5 μ l, BSA (50 ng/ μ l) 0.125 μ l, *MseI* (5U/ μ l) 0.25 μ l, *EcoRI* (5U/ μ l) 0.125 μ l และน้ำกลั่น 17 μ l ปริมาตรรวม 25 μ l ในหลอด 1.5 ml บ่มที่ 37 องศาเซลเซียสข้ามคืน ตรวจสอบการตัดของเอนไซม์โดยใช้ 1.5% agarose gel

2.2 การต่อ adapter

นำดีเอ็นเอที่ตัดไว้ในข้อ 2.1 มาเติมสารละลายที่มี adapter ของ *MseI* (25 pmole/ μ l) 4 μ l, สารละลายที่มี adapter ของ *EcoRI* (5 pmole/ μ l) 4 μ l, 5X buffer ของ T4-ligase 5 μ l, T4-ligase (1U/ μ l) 1 μ l และน้ำกลั่น 11 μ l ปริมาตรรวม 25 μ l บ่มที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และบ่มที่อุณหภูมิห้องอีก 2 ชั่วโมง

2.3 การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในขั้น preselective amplification

นำดีเอ็นเอที่ต่อ adapter แล้ว (ข้อ 2.2) มา 2 μ l มาทำปฏิกิริยาโดยใช้สารต่างๆ ดังนี้ primer M-C (5 pmole/ μ l) 1 μ l, primer E-A (5 pmole/ μ l) 1 μ l, 10X buffer 2.5 μ l, dNTP (2 mM) 2.5 μ l, $MgCl_2$ (50 mM) 1 μ l, *Taq* polymerase 0.1 μ l และน้ำกลั่น 14.9 μ l ปริมาตรรวม 25 μ l นำเข้าเครื่อง PCR โดยใช้สภาวะดังนี้

ขั้นที่ 1	อุณหภูมิ	94	องศาเซลเซียส	นาน	3 นาที
ขั้นที่ 2	อุณหภูมิ	94	องศาเซลเซียส	นาน	30 วินาที
	อุณหภูมิ	56	องศาเซลเซียส	นาน	1 นาที
	อุณหภูมิ	72	องศาเซลเซียส	นาน	1 นาที

ทำปฏิกิริยา 35 รอบแล้วจึงบ่มต่อที่ 72 องศาเซลเซียส อีก 5 นาที

ขั้นที่ 3 อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตรวจสอบผลจากการทำ PCR ด้วย 1.5% agarose gel

2.4 เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอในขั้น selective amplification

นำดีเอ็นเอ (ข้อ 2.3) เจือจาง 20 เท่า (PCR product 5 μ l น้ำ 95 μ l) 5 μ l มาทำปฏิกิริยาโดยใช้สารต่างๆ ดังนี้ primer E-ANN (5 pmole/ μ l) 1 μ l, primer M-CNN (5 pmole/ μ l) 1 μ l, dNTP (2 mM) 2.5 μ l, 10X buffer 2 μ l, $MgCl_2$ (50 mM) 0.8 μ l, *Taq* polymerase 0.1 μ l และน้ำกลั่น 8.1 μ l ปริมาตรรวม 20 μ l นำเข้าเครื่อง PCR โดยวิธี touch down PCR ใช้สภาวะดังนี้

ขั้นที่ 1 อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที

ขั้นที่ 2 อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที

อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที

อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที

ทำ 1 รอบ ลดอุณหภูมิ ขั้น annealing ลงรอบละ 0.7 องศาเซลเซียส 12 รอบ

ขั้นที่ 3 อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที

อุณหภูมิ 56 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที

อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที

ทำปฏิกิริยา 23 รอบแล้วจึงบ่มต่อที่ 72 องศาเซลเซียส อีก 5 นาที

ขั้นที่ 4 อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3. การตรวจสอบผล AFLP ด้วยอิเล็กโทรโฟริซิสในเจลโพลีอะคริลาไมด์

3.1 การเตรียมแผ่นกระจกสำหรับเจลโพลีอะคริลาไมด์

นำแผ่น กระจกสำหรับเตรียมเจลมาล้างให้สะอาดแล้วเช็ดด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ให้สะอาดทั้ง 2 แผ่น เช็ดกระจกแผ่นหลังด้วย bind saline (bind saline 1.5 μ l, glacial acetic acid 2.5 μ l และเอทานอล 496 μ l) เพื่อให้เจลเกาะติดกับกระจก ส่วนกระจกที่มีลักษณะเป็นหูกระต่ายนำมาเช็ดด้วย repel saline ให้ทั่วเพื่อไม่ให้เจลเกาะติดกระจก ปล่อยให้แห้งประมาณ 10-15 นาที แล้วนำกระจกทั้ง 2 แผ่นมาประกอบเข้าชุดโดยวาง spacer ขนาด 0.35-0.40 มิลลิเมตร ไว้ทั้ง 2 ข้างเพื่อให้เกิดช่องว่างระหว่างกระจกทั้งสอง โดยหันด้านที่ทา bind saline และ repel saline เข้าหากันโดยใช้คลิปหนีบ

3.2 การเตรียมเจลโพลีอะคริลาไมด์ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์

ชั่งยูเรีย 6.75 กรัมใส่บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิตร เติมน้ำ 5X TBE (89 mM Tris-borate, 2.5 mM EDTA) 3 มิลลิตรและน้ำกลั่น 3.75 มิลลิตร ปิดด้วยแผ่นใสห่ออาหารเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำซึ่งจะทำให้ความเข้มข้นสารละลายเปลี่ยน นำไปอุ่นให้ยูเรียละลายจนหมด แล้วนำบีกเกอร์มา แชน้ำให้อุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง เติมน้ำ 30% acrylamide (19:1) 3 ml, 10%APS 150 μ l และ TEMED 7.5 μ l เขย่าให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างรวดเร็ว ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ เทเจลใส่ลงในช่องระหว่างกระจกจนเต็มอย่าให้มีฟอง แล้วใส่หวีลงไปด้านบนปล่อยให้เจลแข็งตัวประมาณ 2 ชั่วโมง ถ้าปล่อยเจลไว้ข้ามคืนควรใช้แผ่นใสห่ออาหารปิดด้านบน และด้านล่างของเจลไว้เพื่อให้มีความชื้น

3.3 การทำ polyacrylamide gel electrophoresis

3.3.1 นำกระจกที่เจลแข็งตัวดีแล้วมาล้างทำความสะอาดด้านนอกด้วยน้ำประปาแล้วค่อยๆ ถอดหัวออก และประกอบกระจกเข้ากับชุดอิเล็กโทรโฟรีซิส เดิมบัฟเฟอร์ 0.5XTBE ลงในช่องด้านซ้ายบวก และซ้ายลบ

3.3.2 ต่อสายไฟเข้ากับเครื่อง power supply ทำ pre-run 20-30 นาที ที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าคงที่ 300 โวลต์ เตรียมผสม loading dye 3 μ l กับดีเอ็นเอตัวอย่าง 10 μ l ใส่หลอดเซ็นตริฟิวจ์ นำไปต้มบน heating block ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และแช่น้ำแข็งทันที

3.3.3 เตรียม molecular weight marker (25 bp) โดยดูมา 2 μ l ผสมกับน้ำกลั่น 5 μ l และ loading dye 3 μ l นำไปต้มบน heating block ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสและแช่น้ำแข็งทันที

3.3.4 ปิดเครื่อง power supply ใช้เข็มฉีดยาดูดบัฟเฟอร์มาใส่ยูเรียตามช่องหัวของเจลตลอดให้หมด หยอดตัวอย่างดีเอ็นเอใส่ลงไปในแต่ละช่องหัวของเจล และหยอด DNA marker ที่ทราบขนาดเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบขนาดดีเอ็นเอ

3.3.5 เปิดเครื่องที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่าเดิม เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง หรือจนกว่าสี xylene cyanol (สีبن) เคลื่อนตัวลงมาประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของเจล จากนั้นปิดเครื่องและนำกระจกออกจากเครื่องแยกกระจกทั้ง 2 แผ่น ออกจากกัน เจลจะติดอยู่ที่กระจกแผ่นสีเหลือง นำไปข้อมด้วยซิลเวอร์ไนเตรท

3.4 การข้อมเจลด้วยซิลเวอร์ไนเตรทใช้วิธีของ Benbouza *et al.* (2006)

3.4.1 นำกระจกที่มีเจลติดอยู่แช่ใน fixative (95% เอทานอล 33 มิลลิลิตร กรดอะซิติกเข้มข้น 1.5 มิลลิลิตร เดมิกัล 265.5 มิลลิลิตร) 5 นาที เขย่าเบาๆ บนเครื่องเขย่า

3.4.2 เตรียมสารละลายซิลเวอร์ (AgNO_3 0.38 กรัม เดมิกัล 250 มิลลิลิตร และ ฟอร์มัลดีไฮด์ 1 มิลลิลิตร) นำกระจกมาแช่เป็นเวลา 5-7 นาที เขย่าเบาๆ อย่างต่อเนื่อง

3.4.3 นำกระจกมาจุ่มในน้ำกลั่นอย่างรวดเร็วแล้วนำไปใส่สารละลาย developer (น้ำ 250 มิลลิลิตร, โซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม) เขย่าจนกว่าจะเห็นแถบดีเอ็นเอชัดเจน

3.4.4 แช่กระจกใน fixative 2 นาที เพื่อหยุดปฏิกิริยา

4. ผลการคำนวณทางสถิติของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ตารางผนวกที่ 1 ผลการคำนวณค่าทางสถิติของความสูงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ANOVA

Sov	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Treatment	12	443.33	36.94	4.0198	0.001815**
rep	2	329.00	164.50	15.8993	1.747e-05 ***
Residuals	24	220.57	9.19		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV= 2.27%

Alpha= 0.050000

LSD= 5.108583

ตารางผนวกที่ 2 ผลการคำนวณค่าทางสถิติจำนวนต้นต่อกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_6 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ANOVA

Sov	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Treatment	12	11.7169	0.9764	1.2639	0.3004476
rep	2	21.2451	10.6226	13.7498	0.0001049 ***
Residuals	24	18.5415	0.7726		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV = 7.15 %

ตารางผนวกที่ 3 ผลการคำนวณค่าทางสถิติจำนวนรวงต่อกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลาย
ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงข้าวรุ่น M₆ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ANOVA

Sov	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Treatment	12	9.0733	0.7561	0.8476	0.605188
rep	2	10.4169	5.2085	5.8386	0.008587 **
Residuals	24	21.4097	0.8921		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV = 8.58 %

ตารางผนวกที่ 4 ผลการคำนวณค่าทางสถิติความยาวรวงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลาย
ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงข้าวรุ่น M₆ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ANOVA

Sov	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Treatment	12	27.1708	2.2642	3.9262	0.002116 **
rep	2	2.2192	1.1096	1.9241	0.167871
Residuals	24	13.8407	0.5767		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV = 2.7 %

Alpha= 0.050000

LSD= 1.279728

ตารางผนวกที่ 5 ผลการคำนวณค่าทางสถิติของเมล็ดทั้งหมดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลาย
ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M₆ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ANOVA

Sov	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Treatment	12	2385.3	198.8	0.8316	0.6193
rep	2	960.6	480.3	2.0095	0.1560
Residuals	24	5736.6	239		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV = 12.49 %

ตารางผนวกที่ 6 ผลการคำนวณค่าทางสถิติของ %เมล็ดดีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลาย
ทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงช่วง M₆ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ANOVA

Sov	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Treatment	12	243.743	20.312	3.5902	0.003724 **
rep	2	27.050	13.525	2.3905	0.113044
Residuals	24	135.784	5.658		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV = 2.82 %

Alpha= 0.050000

LSD= 4.008429

ตารางผนวกที่ 7 ผลการคำนวณค่าทางสถิติของผลผลิตกิโลกรัมต่อไร่ของข้าวขาวดอกมะลิ 105
พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงชั่วรุ่น M_0 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ANOVA

Sov	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Treatment	12	90281	7523	0.694	0.741
rep	2	45136	22568	2.082	0.146
Residuals	24	260042	10835		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV = 14.14%

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วง
แสงชั่วรุ่น M_0 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ANOVA

Sov	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Treatment	12	19.3727	1.6144	1.6472	0.1440
rep	2	1.5741	0.7870	0.8030	0.4597
Residuals	24	23.5225	0.9801		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV = 3.57 %

ตารางผนวกที่ 9 ผลวันออกดอกข้าวขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงข้าว
รุ่น M₆ และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

ANOVA

Sov	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Treatment	12	48	4	1.4144e+29	<2e-16***
rep	2	5.786e-29	2.893e-30	1.0230e+00	0.3747
Residuals	24	6.787e-28	2.828e-30		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

CV = 6.330814e-15 %

Alpha= 5.000000e-02

LSD= 8.961535e-15

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธนพร แหะไชสง
วัน เดือน ปี เกิด	14 กุมภาพันธ์ 2526
สถานที่เกิด	อุบลราชธานี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-