แบบ 1

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **ชุดโครงการวิจัย** : 26 วิจัยและพัฒนาพันธุ์มะละกอ

2. **โครงการวิจัย** : 62 วิจัยและพัฒนาพันธุ์มะละกอ

   กิจกรรม : 1. การวิจัยและพัฒนาพันธุ์กระเจี๊ยบเขียว

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การปรับปรุงพันธุ์มะละกอให้ต้านทานต่อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอด้วยการฉายรังสี

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Papaya breeding by using radiation mutation for papaya ringspot virus resistance

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง	: นายอำนวย อรรถลังรอง	สถาบันวิจัยพืชสวน
ผู้ร่วมงาน	: นางสาวรัชนี ศิริยาน	ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ
	: นางสาววันเพ็ญ ศรีทองชัย	สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช
	: นายสิทธิศักดิ์ แสไพศาล	สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช
	: นางวไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์	สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

5. **บทคัดย่อ**

การคัดเลือกพันธุ์มะละกอให้ต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอ ดำเนินการระหว่างปี 2554-2558 โดยชักนำให้มะละกอ 5 พันธุ์ได้แก่ แขกดำ-ศรีสะเกษ แขกดำ-ดำเนิน ขอนแก่น 80 ปลักไม้ลาย (ฮอลแลนด์) และปลาวาฬ เกิดการกลายพันธุ์ด้วยการฉายรังสีแกมมาอัตรา 0, 100, 150 และ 200 เกรย์ คัดเลือกพันธุ์ต้านทานโรคจุดวงแหวนมะละกอโดยการปลูกเชื้อไวรัส PRSV-SSK ด้วยวิธีกลในโรงเรือน และตรวจสอบการติดเชื้อไวรัสด้วยวิธี ELISA ก่อนนำต้นที่ไม่แสดงอาการและไม่ติดเชื้อไวรัสไปปลูกในแปลงทดลอง เพื่อคัดเลือกซ้ำและบันทึกลักษณะทางการเกษตร พบว่า มะละกอที่คัดเลือก M3 จำนวน 90 สายพันธุ์ มีความต้านทานเฉลี่ยต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอเพิ่มขึ้นเมื่อมีการคัดเลือกในแต่ละครั้ง และสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีความต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ โดยสายพันธุ์กลายเหล่านี้เกิดจากการฉายรังสีแกมมาอัตรา 100 และ 150 เกรย์ มากที่สุด คัดเลือกจากพันธุ์แขกดำ-ศรีสะเกษ ปลักไม้ลาย แขกดำ-ดำเนิน ขอนแก่น 80 และปลาวาฬจำนวน 35, 27, 14, 11 และ 3 สายพันธุ์ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีลักษณะเนื้อผลสีส้ม ทรงกระบอก และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TSS) 9-11 เปอร์เซ็นต์ ต้นที่ไม่แสดงอาการของโรคและไม่ติดเชื้อไวรัสได้ถูกนำไปปลูกคัดเลือกซ้ำในแปลงทดลอง ผสมตัวเอง และเก็บเมล็ด M4 ไปปลูกคัดเลือกต่อไป

6. คำนำ

มะละกอจัดเป็นหนึ่งในพืช 4 ชนิดที่มีความสำคัญในท้องถิ่นและเศรษฐกิจของโลก เนื่องจากขยายพันธุ์และปลูกง่ายในสภาพเขตร้อนและกึ่งร้อน ให้ผลผลิตรวดเร็วและสามารถให้ผลผลิตทั้งปีติดต่อกัน และคุณค่าทางอาหารสูงเป็นที่นิยมบริโภคทั้งในรูปผลสดและแปรรูป ประเทศที่มีการปลูกมะละกอเป็นการค้ารายใหญ่ของโลก คือ ฮาวาย สหรัฐอเมริกา ฟิลิปปินส์ อินเดีย ศรีลังกา มาเลเซีย และออสเตรเลีย สำหรับประเทศไทยผลผลิตมากกว่าร้อยละ 90 ถูกใช้บริโภคภายในประเทศและเป็นวัตถุดิบส่งโรงงานแปรรูปเป็นผลไม้กระป๋องและผลิตภัณฑ์อื่นๆ

แต่ปัญหาโรคจุดวงแหวนมะละกอซึ่งระบาดในพื้นที่ปลูกมะละกอของไทยมากกว่าร้อยละ 80 ทำให้ผลผลิตรวมของมะละกอลดลงและหลายพื้นที่ไม่สามารถปลูกมะละกอได้อีกต่อไป โรคดังกล่าวเกิดจากเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอ (papaya ringspot virus, PRSV) ซึ่งสามารถเข้าทำลายได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของมะละกอ มีเพลี้ยอ่อนหลายชนิดเป็นพาหะนำโรคที่สำคัญ เช่น เพลี้ยอ่อนฝ้าย เพลี้ยอ่อนถั่ว และเพลี้ยอ่อนยาสูบ เป็นต้น โดยเชื้อไวรัสจะไปติดอยู่ที่ส่วนปากของเพลี้ยอ่อนขณะดูดน้ำเลี้ยงจากต้นเป็นโรคจะถูกถ่ายทอดไปยังต้นอื่นๆได้ภายในเวลา 10-30 วินาที นอกจากนี้มีพืชอาศัยจำนวนมาก เช่น แตงป่า ฟักแฟง บวบ แตงต่าง ๆ หรือ ตำลึง ทำให้ยากแก่การป้องกันกำจัด มะละกอที่เกิดโรคจะแสดงอาการใบเหลืองด่าง บิดเบี้ยว ลดรูป ผิวของผลและต้นแสดงอาการด่างลักษณะเป็นจุดวงแหวน ในต้นที่เกิดอาการรุนแรงผลจะบิดเบี้ยว เนื้อแข็งกระด้าง ผลสุกเนื้อจะแข็งเป็นไตมีรสขม และผลผลิตลดลงอย่างมาก

การป้องกันกำจัดโรคพืชที่เกิดจากไวรัสสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่มีประสิทธิภาพและสะดวกในการปฏิบัติ คือ การใช้พันธุ์ต้านทานไวรัส ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมานานมากกว่า 80 ปี (Khetarpal *et al.*, 1998, Kang *et al.*, 2005) พันธุกรรมต้านทานต่อโรคไวรัสส่วนใหญ่ได้จากพันธุ์ป่าในพืชสกุลมะละกอ พบว่า มะละกอป่าหลายชนิดต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอ เช่น *Vasconcellea pubescens* (*Carica pubescens*) และ *V. quercifolia* (*Carica quercifolia*) (Alamery and Drew, 2014) ซึ่งมีการนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์มะละกอให้ต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอ ในหลายประเทศ เช่น เวเนซูเอล่า อินเดีย อเมริกา และไต้หวัน แต่จำเป็นต้องแก้ปัญหาการแท้งของต้นอ่อนในการผสมข้ามสกุลด้วยการทำ embryo rescue ลูกผสมเหล่านี้หลายคู่มีความแข็งแรงและต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอในสภาพแปลงได้เป็นอย่างดีแต่มักจะเป็นหมัน เมื่อผสมกลับ (back crossing) จะผลิตเฉพาะ infertile sesquidiploids จาก unreduced megaspores (Manshardt *et al.*, 1995)

การใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรม หรือ จีเอ็มโอ (GMO) ในการการสร้างพันธุ์มะละกอที่ต้านทานต่อโรคด่างจุดวงแหวนมะละกอ ประสบความความสำเร็จและมีการใช้อย่างแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา และแคนาดา (Fitch, 2010) อย่างไรก็ดีวิธีนี้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีการต่อต้านจากหลายฝ่ายด้วยเช่นกัน การปรับปรุงพันธุ์ด้วยการก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยในการพัฒนาพันธุ์พืชให้ต้านทานไวรัส เช่น ความสำเร็จในการคัดเลือกพันธุ์กระเจี๊ยบเขียวให้ต้านทานต่อโรคเส้นใบเหลืองโดยชักนำให้เกิดพันธุ์กลายด้วยการฉายรังสีแกมม่า (วไลลักษณ์ และคณะ; 2544) ดังนั้นจึงควรปรับปรุงพันธุ์มะละกอให้ต้านทานต่อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอด้วยการฉายรังสี

7. วิธีดำเนินการ

- วัสดุและอุปกรณ์

1. เมล็ดมะละกอพันธุ์การค้า ได้แก่ 5 พันธุ์ ได้แก่ แขกดำ-ศรีสะเกษ แขกดำ-ดำเนิน ขอนแก่น 80 ปลักไม้ลาย (ฮอลแลนด์) และปลาวาฬ
2. วัสดุทางการเกษตร เช่น ปุ๋ย สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น
3. วัสดุทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สารเคมีที่ใช้สำหรับเตรียมการปลูกเชื้อ และตรวจสอบการติดเชื้อไวรัสด้วยวิธี ELISA

- วิธีการ

1. ฉายรังสีแกมม่าอัตรา 0, 100, 150 และ 200 เกร์ย ให้เมล็ดมะละกอ 5 พันธุ์ ได้แก่ แขกดำ-ศรีสะเกษ แขกดำ-ดำเนิน ขอนแก่น 80 ปลักไม้ลาย (ฮอลแลนด์) และปลาวาฬ
2. เพาะเมล็ดที่ฉายรังสีดังกล่าว จากนั้นปลูกมะละกอที่ได้เหลือรอดจากการฉายรังสีที่ระดับต่างๆในแปลงทดลอง เมื่อมะละกอออกดอกทำการผสมตัวเองหรือผสมข้ามต้นในประชากรเดียวกัน เพื่อสร้างประชากรสำหรับการคัดเลือก
3. เก็บเมล็ดจากต้นที่ผสมตัวเองไว้ไปปลูกคัดเลือกให้ต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอ โดยปลูกไวรัสเชื้อ PRSV-SSK ด้วยวิธีกล และตรวจสอบการติดเชื้อไวรัสของมะละกอด้วยวิธี ELISA (ภาคผนวก 1)
4. ปลูกต้นที่ผ่านการคัดเลือกในแปลงทดลอง และประเมินอาการโรคจุดวงแหวนมะละกอ ดัดแปลงตามวิธีของ วิไล และคณะ (2552) (ภาคผนวก 2)
5. ดูแลรักษาและผสมตัวเองหรือผสมข้ามต้นในประชากรเดียวกันในต้นที่คัดเลือก จากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3-5 ซ้ำๆ จนได้สายพันธุ์มะละกอที่ต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอ
6. การบันทึกข้อมูล

   6.1 เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตรอดของเมล็ดหลังการฉายรังสี

   6.2 จำนวนต้นทั้งหมด และจำนวนต้นเกิดโรค หลังการปลูกเชื้อในโรงเรือน และการปลูกในสภาพแปลง คำนวณเปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคตามสมการ ดังนี้

   $$\text{เปอร์เซ็นต์ต้านทานโรค} = \frac{(\text{จำนวนต้นทั้งหมด} - \text{จำนวนต้นที่เกิดโรค}) \times 100}{\text{จำนวนต้นทั้งหมด}}$$

   6.3 เพศดอก ลักษณะผล และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS) ของต้นที่คัดเลือก

- เวลาและสถานที่

เวลา ก.ย. 2554 – ต.ค. 2558

สถานที่ สำนักวิจัยและพัฒนาการอารักขาพืช และศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การสร้างประชากรสำหรับการปลูกคัดเลือก

การฉายรังสีแกมม่าระดับ 0, 100, 150 และ 200 เกรย์ ให้เมล็ดมะละกอ 5 พันธุ์ ประกอบด้วยพันธุ์แขกดำ-ศรีสะเกษ แขกดำ-ดำเนิน ขอนแก่น 80 ปลักไม้ลาย (ฮอลแลนด์) และปลาวาฬ เมื่อนำเมล็ดที่ฉายรังสีมาเพาะทันที พบว่า เมล็ดที่ฉายรังสีของมะละกอมีความงอกเฉลี่ยทุกพันธุ์เท่ากับ 61.40, 44.00, 54.80 และ 52.80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยการฉายรังสีที่ 100 เกรย์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดต่ำที่สุด และไม่แสดงแนวโน้มเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่คาดการณ์ได้เมื่อเพิ่มระดับรังสี เมื่อพิจารณาจากมะละกอแต่ละพันธุ์ พบว่า เมล็ดพันธุ์แขกดำ-ศรีสะเกษ แขกดำ-ดำเนิน และปลาวาฬมีความงอกค่อนข้างต่ำแม้ว่าจะไม่ได้ฉายรังสี (ระดับ 0) อาจเกิดเนื่องจากการเสื่อมสภาพของตัวเมล็ดพันธุ์จากการเก็บรักษาที่ไม่ดี (เมล็ดพันธุ์จากร้านค้า) ซึ่งภายหลังฉายรังสีเปอร์เซ็นต์ความงอกก็ไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก ส่วนพันธุ์ขอนแก่น 80 และ ปลักไม้ลาย (ฮอลแลนด์) มีความงอก 76 และ 85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งภายหลังการฉายรังสีมีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงเล็กน้อย

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดมะละกอ 5 พันธุ์เมื่อฉายรังสีแกมม่าที่ระดับ 0-200 เกรย์ แล้วเพาะทันที

พันธุ์	ระดับความเข้มข้นของรังสี (เกรย์)			
	0	100	150	200
แขกดำ-ศรีสะเกษ; SK	37	39	36	41
แขกดำ-ดำเนิน; DN	52	38	59	52
ขอนแก่น 80; KK80	76	36	64	68
ปลักไม้ลาย; PL	85	73	75	69
ปลาวาฬ; WH	57	34	40	34
ค่าเฉลี่ย	61.40	44.00	54.80	52.80

ส่วนการเพาะครั้งที่ 2 ภายหลังการเก็บเมล็ดมะละกอที่ฉายรังสีแกมม่าดังกล่าวในตู้เย็นนาน 90 วัน พบว่า ความงอกเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะทันทีมีเปอร์เซ็นต์ลดลงทุกพันธุ์และทุกระดับความเข้มข้นของการฉายรังสี และมีความงอกของเมล็ดในรูปแบบที่ใกล้เคียงกับการนำมาเพาะทันที (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดมะละกอ 5 พันธุ์เมื่อฉายรังสีแกมม่าที่ระดับ 0-200 เกรย์ เพาะหลังฉายรังสี 90 วัน และเก็บเมล็ดในตู้เย็น

พันธุ์	ระดับความเข้มข้นของรังสี (เกรย์)			
	0	100	150	200
แขกดำ-ศรีสะเกษ; SK	17	11	8	8
แขกดำ-ดำเนิน; DN	10	15	20	37
ขอนแก่น 80; KK80	13	33	45	20
ปลักไม้ลาย; PL	2	28	12	10
ปลาวาฬ; WH	12	9	15	15
ค่าเฉลี่ย	10.8	19.2	20	18

ปลูกมะละกอในแปลงทดลองและผสมตัวเอง ด้วยการห่อดอกในต้นกะเทยเพื่อป้องกันการผสมข้าม หรือป้ายเกสรเพศผู้ของต้นพี่น้องลงบนยอดเกสรเพศเมียสำหรับต้นที่เป็นตัวเมีย โดยผสมต้นคัดเลือกที่ไม่เกิดโรคไวรัสจุดวงแหวนมะละกอ หรือเกิดโรคช้าต้นละ 1-5 ผล เก็บเมล็ดแยกแต่ละผลและกำหนดเป็นสายพันธุ์สำหรับใช้ในการปลูกคัดเลือกต่อไป การปลูกคัดเลือกและผสมพันธุ์สามารถสร้างประชากรที่ใช้ในการคัดเลือกได้ทั้งหมด 197 สายพันธุ์ ประกอบด้วยพันธุ์กลายของมะละกอพันธุ์แขกดำ-ศรีสะเกษ แขกดำ-ดำเนิน ขอนแก่น 80 ปลักไม้ลาย และปลาวาฬจำนวน 34, 34, 81, 36 และ 12 สายพันธุ์ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สายพันธุ์กลายของมะละกอพันธุ์ต่างๆที่ฉายรังสีแกมม่าระดับ 0-200 เกรย์ สำหรับใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มะละกอต้านทานโรคไวรัสจุดวงแหวนมะละกอ

พันธุ์	ระดับความเข้มข้นของรังสี (เกรย์)				รวม
	0	100	150	200	
แขกดำ-ศรีสะเกษ; SK	2	11	17	4	34
แขกดำ-ดำเนิน; DN	11	7	12	4	34
ขอนแก่น 80; KK80	9	29	38	5	81
ปลักไม้ลาย; PL	4	20	12	0	36
ปลาวาฬ; WH	5	5	1	1	12
รวม	31	72	80	14	197

การปลูกคัดเลือกพันธุ์มะละกอต้านทานโรคไวรัสจุดวงแหวนมะละกอ

การปลูกคัดเลือกรุ่น M2

การปลูกคัดเลือกครั้งที่ 1 ดำเนินระหว่างเดือน มีนาคม ถึง มิถุนายน 2555 ประกอบด้วยมะละกอจำนวน 43 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์ แขกดำ มีจำนวนต้นรวมทั้งหมด 475 ต้น พบว่า มะละกอที่ปลูกเชื้อเกือบทั้งหมดแสดงอาการใบจุดวงแหวน (chlorotic spot) ใบด่าง (mosaic) ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle) รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และใบย่นปูดโปน (rugosity) โดยหลังปลูกเชื้อครั้งแรก 25 และ 35 วัน เกิดโรค 163 ต้น (34.24 เปอร์เซ็นต์) และ 202 ต้น (42.44 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ และเกิดโรคมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์หลังปลูกเชื้อ 35 วัน ในเบื้องต้นคัดเลือกต้นที่ไม่แสดงอาการของโรคไว้ทั้งหมด 43 ต้น และตรวจสอบการติดเชื้อไวรัสด้วยวิธี ELISA พบว่า ติดเชื้อเกือบทั้งหมด คงเหลือต้นที่ไม่ติดเชื้อและนำไปปลูกขยายพันธุ์เพียง 7 ต้น จากสายพันธุ์ต่างๆดังนี้ KK80/100-15(1), KK80/100-17(1), KK80/150-2(3), KK80/150-19(2) และ KK80/150-33(1) จำนวน 2, 1, 1, 1 และ 2 ต้นตามลำดับ (ตารางที่ 4) เมื่อย้ายต้นลงปลูกในแปลงทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ พบว่า มะละกอทั้งหมดแสดงอาการโรคไวรัสจุดวงแหวน มะละกอจึงไม่มีการคัดเลือกพันธุ์มะละกอในครั้งนี้

ส่วนปลูกคัดเลือกมะละกอครั้งที่ 2 จำนวน 44 สายพันธุ์ รวมกับพันธุ์แขกดำ จำนวนทั้งหมด 1,323 ต้น ระหว่างเดือน มิถุนายน-สิงหาคม 2555 พบว่า มะละกอที่คัดเลือกเกิดโรคจำนวนมากถึง 1,299 ต้น หลังปลูกเชื้อ 60 วัน และแสดงอาการของโรคเช่นเดียวกับการปลูกคัดเลือกครั้งที่ 1 โดยหลังปลูกเชื้อ 25, 35 และ 60 วันมีต้นมะละกอแสดงอาการของโรคเท่ากับ 630, 570 และ 23 ต้นตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ 44 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 25-45 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 1 ระหว่าง มีนาคม-มิถุนายน 2555

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			25 วัน	35 วัน	45 วัน	คงเหลือ		
KK80/0-2(2)	Cs, Mo, Mal, Ru	14	0	11	1	2	2	0
KK80/0-2(3)	Cs, Mo, Mal, Ru	9	1	7	1	0	0	0
KK80/0-5(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	12	5	5	2	0	0	0
KK80/0-6(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	15	7	7	0	1	1	0
KK80/0-7(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	16	6	10	0	0	0	0
KK80/0-7(2)	Cs, Mo, Mal, Ru	8	3	5	0	0	0	0
KK80/0-7(3)	Cs, Mo, Mal, Ru	11	5	1	5	0	0	0
KK80/0-8(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	9	2	0	6	1	1	0
KK80/0-8(2)	Cs, Mo, Mal, Ru	11	8	2	1	0	0	0
KK80/100-15(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	13	8	3	0	2	0	2
KK80/100-15(2)	Cs, Mo, Mal, Ru	14	1	3	10	0	0	0
KK80/100-15(3)	Cs, Mo, Mal, Ru	12	4	7	0	1	1	0
KK80/100-15(4)	Cs, Mo, Mal, Ru	21	4	5	11	1	1	0
KK80/100-15(5)	Cs, Mo, Mal, Ru	13	9	3	1	0	0	0
KK80/100-17(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	13	8	3	0	2	1	1
KK80/100-17(2)	Cs, Mo, Mal, Ru	16	8	7	0	1	1	0
KK80/100-17(3)	Cs, Mo, Mal, Ru	8	5	1	0	2	2	0
KK80/100-17(4)	Cs, Mo, Mal, Ru	5	1	0	0	4	4	0
KK80/100-17(5)	Cs, Mo, Mal, Ru	1	0	1	0	0	0	0
KK80/100-18(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	14	5	7	1	1	1	0
KK80/100-18(2)	Cs, Mo, Mal, Ru	14	5	5	3	1	1	0
KK80/100-29(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	10	2	6	0	2	2	0
KK80/100-29(2)	Cs, Mo, Mal, Ru	16	7	4	3	2	2	0
KK80/100-29(3)	Cs, Mo, Mal, Ru	12	4	8	0	0	0	0
KK80/100-29(4)	Cs, Mo, Mal, Ru	11	4	3	1	3	3	0
KK80/150-1(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	16	4	9	2	1	1	0
KK80/150-2(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	8	6	2	0	0	0	0
KK80/150-2(2)	Cs, Mo, Mal, Ru	15	2	11	0	2	2	0
KK80/150-2(3)	Cs, Mo, Mal, Ru	9	2	3	0	4	3	1
KK80/150-3(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	4	2	0	2	0	0	0
KK80/150-4(1)	Cs, Mo, Mal, Ru	17	10	4	0	3	3	0
KK80/150-4(2)	Cs, Mo, Mal, Ru	17	11	5	0	1	1	0
KK80/150-4(3)	Mottle ต้นเตีย	4	1	2	1	0	0	0
KK80/150-4(4)	Mo, Ru	4	1	2	1	0	0	0
KK80/150-4(5)	Cs, Mot	5	3	2	0	0	0	0
KK80/150-19(1)	Mot	12	0	2	10	0	0	0
KK80/150-19(2)	Cs, Mot	10	1	5	2	2	1	1
KK80/150-19(3)	Mo, Mot	8	3	4	1	0	0	0
KK80/150-21(1)	Mot	11	0	11	0	0	0	0
KK80/150-21(3)	Mo, Cs	6	1	5	0	0	0	0
KK80/150-27(1)	Mot	16	0	14	2	0	0	0
KK80/150-30(1)	Mot	7	1	5	0	1	1	0
KK80/150-33(1)	Mot	7	2	2	0	3	1	2
แขกดำ	Mo, Mot	1	1	0	0	0	0	0
รวม		475	163	202	67	43	36	7

[1] Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic), Mot = ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle), Mal = รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

ตารางที่ 5 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ 45 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 25-60 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 2 ระหว่าง มิถุนายน-สิงหาคม 2555

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			25 วัน	35 วัน	60 วัน	คงเหลือ		
DN/0-2(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	41	26	15	0	0	0	0
DN/0-4(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	20	14	6	0	0	0	0
DN/0-4(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	15	11	3	0	1	0	1
DN/0-7(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	21	15	6	0	0	0	0
DN/100-32(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	33	18	13	1	1	0	1
DN/100-4(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	27	21	6	0	0	0	0
DN/150-2(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	25	13	12	0	0	0	0
DN/150-29(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	23	9	13	0	1	0	1
DN/200-7(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	28	11	17	0	0	0	0
KK80/150-34(1)	Cs, Mo, Mot, Mal,	35	3	32	0	0	0	0
KK80/150-34(2)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	8	0	7	0	1	0	1
KK80/150-34(3)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	18	2	15	0	1	0	1
KK80/150-35(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	23	10	13	0	0	0	0
KK80/150-35(2)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	29	15	14	0	0	0	0
KK80/150-35(3)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	34	8	26	0	0	0	0
KK80/150-35(4)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	22	3	11	0	8	0	8
KK80/150-35(5)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	25	11	12	0	2	0	2
PL/0-2(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	16	5	10	0	1	0	1
PL/0-2(2)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	30	19	9	0	2	0	2
PL/0-2(3)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	42	22	14	0	6	0	6
PL/150-3(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	33	15	17	0	1	0	1
PL/150-3(2)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	31	12	16	0	3	0	3
PL/150-3(3)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	32	14	17	0	1	0	1
PL/150-19(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	17	4	13	0	0	0	0
PL/150-19(2)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	16	5	5	3	3	0	3
PL/150-19(3)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	25	6	15	1	3	0	3
PL/150-21(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	27	18	7	2	0	0	0
PL/150-36(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	20	12	8	0	0	0	0
SK/0-1(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	29	10	18	0	1	0	1
SK/0-1(2)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	35	21	11	0	3	0	3
SK/100-10(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	34	20	13	0	1	0	1
SK/100-35(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	41	20	13	0	8	0	8
SK/100-4(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	31	19	11	0	1	0	1
SK/150-26(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	33	16	13	0	4	0	4
SK/150-3(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	38	25	9	0	4	0	4
SK/150-3(2)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	28	10	15	0	3	0	3
WH/0-12(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	35	17	15	1	2	0	2
WH/0-17(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	37	19	14	2	2	0	2
WH/0-4(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	39	21	14	1	3	0	3
WH/100-17(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	27	11	7	0	9	0	9
WH/100-17(2)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	31	15	8	1	7	0	7
WH/100-26(1)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	32	18	10	2	2	0	2
WH/100-26(2)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	38	14	18	0	6	0	6
WH/100-26(3)	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	36	19	12	2	3	0	3
แขกดำ	Cs, Mo, Mot, Mal, Ru	63	39	17	7	0	0	0
รวม		1,323	636	570	23	94	0	94

[1] Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic), Mot = ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle), Mal = รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

มีมะละกอที่ไม่แสดงอาการหลังปลูกเชื้อจำนวน 94 ต้น จาก 31 สายพันธุ์ และทั้งหมดไม่ติดเชื้อเมื่อทดสอบด้วยวิธี ELISA โดยสายพันธุ์ WH/100-17(1), SK/100-35(1), KK80/150-35(4) และ WH/100-17(2) มีจำนวนต้นไม่เกิดโรคมากถึง 9 (22.58 เปอร์เซ็นต์), 8 (36.36 เปอร์เซ็นต์), 8 (19.51 เปอร์เซ็นต์) และ 7 (33.33 เปอร์เซ็นต์) ต้นตามลำดับ (ตารางที่ 5)

เมื่อย้ายปลูกลงในแปลงทดลองที่ศรีสะเกษ มะละกอดังกล่าวเกิดโรคเน่าตายและเสียหายคงเหลือเพียง 66 ต้นไป หลังย้ายปลูกมะละกอแสดงอาการของโรคตั้งแต่ 0-80 เปอร์เซ็นต์ โดยในระยะแรกไม่เกิดโรค/เกิดโรคค่อนข้างน้อยและเพิ่มขึ้นเมื่อต้นมีอายุเพิ่มมากขึ้น เมื่อต้นมะละกอออกดอกผสมตัวเอง (ต้นกระเทย) /ผสมภายในกลุ่ม (ต้นตัวเมีย) แต่ดอกร่วงเป็นจำนวนมากและติดผลน้อย เนื่องจากสภาพอากาศไม่เหมาะสม คัดเลือกต้นและผสมพันธุ์ไว้ 13 ต้น ได้แก่ KK80/150-35(4)-6 KK80/150-35(4)-7, KK80/150-35(5)-1, SK/150-3(1)-1, PL/0-2(2)-2, PL/0-2(3)-5, PL/0-2(3)-6, PL/150-3(3)-1, PL/150-19(2)-1, PL/150-19(3)-3, WH/100-17(1)-8, WH/100-26(2)-5 และ SK/100-35(1)-1 สามารถเก็บเมล็ดได้เพียงจำนวนหนึ่ง และภายหลังเกิดน้ำท่วมตายทั้งหมด

การคัดเลือกมะละกอครั้งที่ 3 ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์-เมษายน 2556 มีมะละกอที่ใช้ในการคัดเลือก 28 สายพันธุ์ โดยแต่ละสายพันธุ์มีจำนวนต้นระหว่าง 11-43 ต้น/สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์แขกดำ มะละกอที่ปลูกคัดเลือกทั้งหมดมีจำนวน 916 ต้น หลังปลูกเชื้อเพียง 12 วันมะละกอเกิดโรคมากถึง 689 ต้น (75.22 เปอร์เซ็นต์) โดยส่วนใหญ่แสดงอาการ ใบจุดวงแหวน และใบด่าง คงเหลือต้นหลังปลูกเชื้อ 30 วันเพียง 18 ต้น ซึ่งทั้งหมดไม่แสดงอาการของโรคและตรวจไม่พบการติดเชื้อไวรัส (ตารางที่ 6) เมื่อย้ายปลูกลงแปลงทดลองมะละกอดังกล่าวตายไป 5 ต้นเหลือเพียง 13 ต้น ทั้งหมดมีการเจริญเติบโตดีและไม่แสดงอาการโรคจุดวงแหวน แต่ไม่สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ได้เนื่องจากเกิดอุทกภัย (ปี 2556) ทำให้ต้นมะละกอที่ปลูกตายทั้งหมด

ส่วนการคัดเลือกมะละกอจำนวน 21 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์แขกดำ ครั้งที่ 4 ระหว่างเดือน กรกฎาคม-กันยายน 2556 มีมะละกอทั้งหมด 639 ต้น พบว่า หลังปลูกเชื้อ 15 วัน พันธุ์แขกดำซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอเกิดโรคทั้งหมด สายพันธุ์คัดเลือกส่วนใหญ่เกิดโรคเกือบทั้งหมดเช่นกัน แต่สายพันธุ์ SK/100-4(2), SK/100-2(2), SK/150-12(1), SK/150-15(3) และ SK/150-15(1) เกิดโรค 14, 20, 22, 24 และ 13 ต้น หรือมีต้นที่ไม่เกิดโรคมากถึง 18, 17, 9, 8 และ 7 ต้นตามลำดับ (ตารางที่ 7)

หลังปลูกเชื้อนาน 45 วัน คงเหลือต้นที่ไม่แสดงอาการเพียง 31 ต้น (4.85 เปอร์เซ็นต์) เมื่อตรวจสอบการติดเชื้อไวรัส พบว่า ต้นมะละกอเกือบทั้งหมดไม่ติดเชื้อไวรัส ยกเว้น SK/100-6(1) และ SK/150-12(1) ซึ่งมีต้นที่ไม่แสดงอาการแต่ติดเชื้อไวรัสสายพันธุ์ละ 1 ต้น คงเหลือต้นที่ไม่แสดงอาการของโรคและไม่ติดเชื้อจำนวน 29 ต้น ประกอบด้วย SK/100-2(2), SK/150-15(1), SK/150-15(3), SK/100-4(2), SK/150-12(2) และ SK/150-16(3) จำนวน 8, 5, 5, 4, 2 และ 2 ต้นตามลำดับ ส่วน SK/150-7(1), SK/150-15(5) และ SK/150-16(2) มีสายพันธุ์ละ 1 ต้น (ตารางที่ 7)

เมื่อย้ายลงปลูกในแปลงทดลองที่ศรีสะเกษ พบว่า มะละกอทั้งหมดมีการเจริญเติบโตดีเป็นต้นกระเทยมากถึง 18 ต้น มะละกอที่คัดเลือกเกือบทั้งหมดไม่แสดงอาการของโรคหลังปลูกลงแปลง 8 เดือน แต่มีมะละกอจำนวน 3 ต้นที่แสดงอาการของโรคไวรัสจุดวงแหวนเล็กน้อย ได้แก่ SK/150-12(2)-1, SK/150-16(3)-1 และ SK/150-5(1)-1 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 6 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ 29 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 12-30 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 3 ระหว่าง กุมภาพันธ์-เมษายน 2556

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			12 วัน	20 วัน	30 วัน	คงเหลือ		
DN/0-1(1)	Cs, Mo	38	32	6	0	0	0	0
DN/100-11(1)	Cs, Mo	32	28	4	0	0	0	0
DN/150-11(1)	Cs, Mo	36	24	11	0	1	0	1
DN/150-11(2)	Cs, Mo	38	31	7	0	0	0	0
DN/150-32(1)	Cs, Mo	37	28	9	0	0	0	0
KK80/150-1(2)	Cs, Mo	37	29	7	0	1	0	1
KK80/150-17(1)	Cs, Mo	39	25	14	0	0	0	0
KK80/150-35(2)	Cs, Mo	34	26	8	0	0	0	0
KK80/150-35(5)	Cs, Mo	35	29	6	0	0	0	0
PL/150-3(4)	Cs, Mo	12	7	4	0	1	0	1
PL/150-3(5)	Cs, Mo	31	24	5	0	2	0	2
PL/150-5(1)	Cs, Mo	41	19	21	1	0	0	0
PL/150-19(4)	Cs, Mo	29	22	6	1	0	0	0
PL/150-19(5)	Cs, Mo	43	37	4	0	2	0	2
PL/150-21(2)	Cs, Mo	37	19	16	1	1	0	1
PL/150-21(3)	Cs, Mo	34	21	11	0	2	0	2
PL/150-26(1)	Cs, Mo	22	18	4	0	0	0	0
PL/150-27(1)	Cs, Mo	15	8	7	0	0	0	0
PL/150-33(1)	Cs, Mo	34	27	5	0	2	0	2
PL/150-36(2)	Cs, Mo	39	38	1	0	0	0	0
PL/150-36(3)	Cs, Mo	23	16	3	0	4	0	4
PL/150-36(4)	Cs, Mo	36	26	9	1	0	0	0
PL/150-36(5)	Cs, Mo	33	28	3	0	2	0	2
PL/200-24(1)	Cs, Mo	32	22	9	1	0	0	0
SK/100-35(1)	Cs, Mo	11	10	1	0	0	0	0
SK/150-20(1)	Cs, Mo	20	13	7	0	0	0	0
WH/0-17(2)	Cs, Mo	31	28	3	0	0	0	0
WH/0-17(3)	Cs, Mo	32	29	3	0	0	0	0
แขกดำ	Cs, Mo, Ru	35	25	10	0	0	0	0
รวม		916	689	204	5	18	0	18

[1] Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

ตารางที่ 7 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ 22 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 15-45 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 4 ระหว่างเดือน กรกฎาคม-กันยายน 2556

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			15 วัน	30 วัน	45 วัน	คงเหลือ		
SK/100-2(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	37	20	8	1	8	0	8
SK/100-4(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	26	25	1	0	0	0	0
SK/100-4(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	14	14	0	4	0	4
SK/100-6(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	31	26	4	0	1	1	0
SK/100-10(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	34	0	0	0	0	0
SK/100-11(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	30	2	0	0	0	0
SK/100-11(4)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	32	0	0	0	0	0
SK/100-16(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	31	29	2	0	0	0	0
SK/150-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	23	22	1	0	0	0	0
SK/150-7(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	18	17	0	0	1	0	1
SK/150-7(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	31	28	3	0	0	0	0
SK/150-12(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	34	0	0	0	0	0
SK/150-12(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	31	22	8	0	1	1	0
SK/150-12(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	28	4	0	2	0	2
SK/150-15(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	20	13	1	1	5	0	5
SK/150-15(3)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	24	3	0	5	0	5
SK/150-15(4)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	30	27	3	0	0	0	0
SK/150-15(5)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	29	28	0	0	1	0	1
SK/150-16(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	25	25	0	0	0	0	0
SK/150-16(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	31	28	1	1	1	0	1
SK/150-16(3)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	32	0	0	2	0	2
แขกดำ	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	12	12	0	0	0	0	0
รวม		639	550	55	3	31	2	29

[1] Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic), Mot = ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle), Mal = รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

มะละกอต้านทานไวรัสจุดวงแหวนมะละกอที่ปลูก 29 ต้นหลังปลูกอายุ 8 เดือน ส่วนใหญ่มีความสูงระหว่าง 200-300 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น 14-18 เซนติเมตร การติดผลของมะละกอสายพันธุ์ SK/150-7(1)-1 ติดผลมากที่สุด 67 ผล แต่ SK/100-2(2)-3 และ SK/150-15(1)-3 ไม่ติดผล การผสมตัวเองโดยคลุมดอกก่อนดอกมะละกอจะบานระหว่างเดือน กรกฎาคม ถึง กันยายน 2557 มะละกอไม่ค่อยติดผลและผลที่ได้ส่วนใหญ่เป็นผลที่เกิดจากการผสมแบบเปิด (ตารางที่ 8)

คัดเลือกต้นมะละกอที่มีลักษณะดีและติดผลผสมตัวเอง/ติดผลดีไว้จำนวน 23 ต้น (ตารางที่ 9) ประกอบด้วยผลที่ได้จากการผสมตัวเองจำนวน 28 ผล และผลจากการผสมเปิดจำนวน 9 ผล ซึ่งส่วนใหญ่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (Total soluble solid, TSS) ระหว่าง 9-12 เปอร์เซ็นต์ สีเนื้อส้มหรือส้มแดง ลักษณะผลทรงกระบอก (ภาพที่ 1) เก็บเกี่ยวเมล็ดแยกต้นและผลเพื่อใช้คัดเลือกต่อไป

ตารางที่ 8 การเจริญเติบโตของมะละกอ M2 คัดเลือกครั้งที่ 4 จำนวน 29 ต้น หลังปลูก 8 เดือน

รหัสพันธุ์	ความสูงถึงตายอด (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น (ซม.)	จำนวนผลต่อต้น	ระดับการเกิดโรค[1]	เพศของต้น[2]
SK/100-2(2)-1	235	15.7	16	0	H
SK/100-2(2)-2	220	10.3	6	0	H
SK/100-2(2)-3	160	7.5	-	0	N
SK/100-2(2)-4	275	17.9	11	0	H
SK/100-2(2)-5	250	19.2	20	0	H
SK/100-2(2)-6	245	17.7	15	0	H
SK/100-2(2)-7	255	18.8	37	0	H
SK/100-2(2)-8	265	16.7	9	0	H
SK/100-4(2)-1	325	18.1	8	0	H
SK/100-4(2)-2	275	14.6	43	0	F
SK/100-4(2)-3	200	11	18	0	F
SK/100-4(2)-4	235	15.1	55	0	F
SK/150-7(1)-1	255	13.8	67	0	F
SK/150-12(2)-1	215	14.3	44	2	F
SK/150-12(2)-2	210	15.2	33	0	H
SK/150-15(1)-1	240	11.3	25	1	F
SK/150-15(1)-2	240	9	10	0	H
SK/150-15(1)-3	200	8.5	-	0	H
SK/150-15(1)-4	260	14.1	26	0	H
SK/150-15(1)-5	250	11.7	22	0	F
SK/150-15(3)-1	275	14.4	32	0	F
SK/150-15(3)-2	240	12.3	19	0	F
SK/150-15(3)-3	305	15.9	40	0	H
SK/150-15(3)-4	315	18.1	41	0	H
SK/150-15(3)-5	290	17.3	51	0	H
SK/150-15(5)-1	255	16.3	55	0	F
SK/150-16(2)-1	310	15.3	56	0	H
SK/150-16(3)-1	350	15.1	38	1	H
SK/150-16(3)-2	290	17.2	54	0	H

[1] ภาคผนวก 2 การประเมินการเป็นโรคจุดวงแหวน มี 5 ระดับ 0–5 (ต้านทานโรค-อ่อนแอจุดวงแหวน)

[2] H= Hermaphrodite; F = Female; N = No data

การคัดเลือกครั้งที่ 5 ประกอบด้วยมะละกอ (M2) จำนวน 15 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 19-36 ต้น ร่วมกับพันธุ์แขกดำมีจำนวนต้นทั้งหมด 455 ต้น พบว่าหลังการปลูกเชื้อ 15 วัน มะละกอเป็นโรคมากถึง 392 ต้น (86.15 เปอร์เซ็นต์) และแสดงอาการของโรคทั้งหมดทุกสายพันธุ์ที่คัดเลือกหลังปลูกเชื้อ 45 วัน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 ลักษณะและคุณภาพผลมะละกอของต้น M2 ที่คัดเลือกครั้งที่ 4 จำนวน 23 ต้น หลังปลูก 8 เดือน

รหัสพันธุ์	TSS (เปอร์เซ็นต์)	สีเนื้อ	ลักษณะผล
SK/100-2(2)-1	10.33	ส้มแดง	ยาวรี ก้นป่อง
SK/100-2(2)-4	10.00	ส้ม	ทรงกระบอกสั้น
SK/100-2(2)-5	11.83	ส้มแดง	ทรงกระบอก ช่องว่างผลน้อย
SK/100-2(2)-6	10.50	ส้ม	ทรงกระบอก
SK/100-2(2)-7	8.50	ส้มแดง	ทรงกระบอก
SK/100-2(2)-8	10.17	ส้ม	ทรงกระบอกก้นป่อง
SK/100-4(2)-1	10.50	ส้มแดง	ยาวรี ช่องว่างน้อย เนื้อหนา
SK/100-4(2)-2	10.10	ส้มแดง	ทรงกลม ช่องว่างผลมาก
SK/100-4(2)-4	9.50	ส้มเหลือง	ทรงกลม
SK/150-7(1)-1	8.70	ส้ม	ทรงกลมรี
SK/150-12(2)-1	10.50	ส้ม	ทรงกลมรี
SK/150-12(2)-2	8.50	ส้มแดง	ทรงกระบอกก้นป่อง เนื้อหนา
SK/150-15(1)-4	9.67	ส้มแดงเข้ม	ยาวรีก้นป่อง
SK/150-15(1)-5	10.00	ส้มแดง	ทรงกลม
SK/150-15(3)-1	9.70	ส้ม	ทรงกระบอกสั้น
SK/150-15(3)-2	8.50	ส้ม	ทรงกระบอกสั้น
SK/150-15(3)-3	9.00	ส้มแดง	ทรงกระบอกก้นป่อง เนื้อหนา
SK/150-15(3)-4	9.67	ส้ม	ทรงกระบอกก้นป่อง ช่องว่างผลมาก
SK/150-15(3)-5	9.17	ส้มแดง	ยาวรีก้นป่อง ช่องว่างผลมาก
SK/150-15(5)-1	9.00	ส้ม	ทรงกลมรี ช่องว่างผลมาก
SK/150-16(2)-1	8.33	ส้มแดงเข้ม	ทรงกระบอกก้นป่อง ช่องว่างผลมาก
SK/150-16(3)-1	11.58	ส้ม	ทรงกระบอกก้นป่อง
SK/150-16(3)-2	11.17	ส้ม	ทรงกระบอก เนื้อหนา

ตารางที่ 10 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ 16 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 15-45 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 5 ระหว่าง สิงหาคม-ตุลาคม 2556

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ			
			15 วัน	30 วัน	45 วัน	คงเหลือ
KK80/100-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	27	5	2	0
KK80/100-1(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	27	22	5	0	0
KK80/100-1(3)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	30	0	2	0
KK80/100-3(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	29	25	3	1	0
KK80/100-4(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	24	7	1	0
KK80/100-7(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	30	23	7	0	0
KK80/100-7(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	29	25	4	0	0
KK80/100-7(3)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	33	30	3	0	0
KK80/100-8(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	25	20	5	0	0
KK80/100-8(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	28	27	1	0	0
KK80/100-11	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	31	26	5	0	0
SK/200-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	19	16	3	0	0
SK/200-10(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	30	24	4	2	0
SK/200-14(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	36	33	3	0	0
SK/200-15(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	29	29	0	0	0
แขกดำ	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	11	11	0	0	0
รวม		455	392	55	8	0

[1] Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic), Mot = ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle), Mal = รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

SK/100-2(2)-1

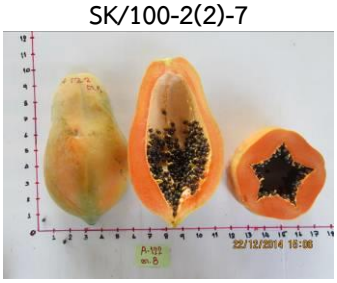
SK/100-2(2)-4.

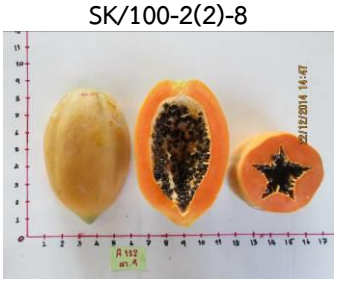
SK/100-2(2)-5

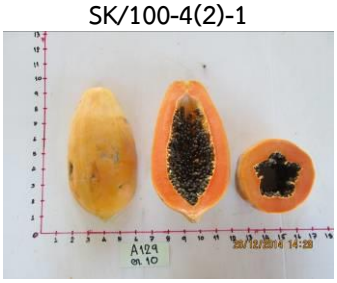
SK/100-2(2)-7

SK/100-2(2)-8

SK/100-4(2)-1

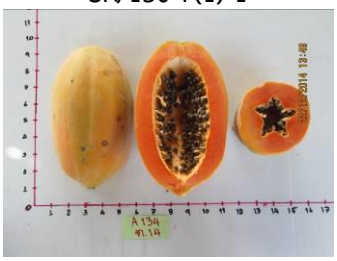

SK/100-4(2)-2


SK/100-4(2)-4


SK/150-7(1)-1

SK/150-12(2)-2.

SK/150-15(1)-4


SK/150-15(1)-5

SK/150-15(3)-1

SK/150-15(3)-2

SK/150-15(3)-3

SK/150-15(3)-4

SK/150-15(3)-5

SK/150-15(5)-1

ภาพที่ 1 ลักษณะผลมะละกอของต้น M2 ที่คัดเลือกครั้งที่ 4 บางต้นหลังปลูก 8 เดือน

การคัดเลือกครั้งที่ 6 ระหว่าง กันยายน-พฤศจิกายน 2556 มีมะละกอ M2 ที่คัดเลือกจำนวน 23 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์แขกดำ มีจำนวนต้นทั้งหมด 738 ต้น พบว่า หลังปลูกเชื้อ 15 วันมะละกอแสดงอาการโรคเกือบทั้งหมด 662 ต้น (89.70 เปอร์เซ็นต์) และคงเหลือเพียง 20 ต้นหลังปลูกเชื้อ 30 วัน เมื่อนำไปทดสอบการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอ พบว่า ไม่ติดเชื้อถึง 19 ต้น ได้แก่ PL/150-2(1) จำนวน 4 ต้น KK80/200-6(1) และ KK80/200-11(2) สายพันธุ์ละ 3 ต้น PL/150-2(2) และ PL/150-9(1) สายพันธุ์ละ 2 ต้น KK80/200-3(1), KK80/200-14(1), PL/100-2(2), PL/100-16(1) และ DN/0-5(1) สายพันธุ์ละ 1 ต้น (ตารางที่ 11) แต่ภายหลังเมื่อนำไปปลูกในแปลงทดลองที่ศรีสะเกษมีต้นตายไป 9 ต้น คงเหลือเพียง 10 ต้น

ตารางที่ 11 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ 24 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 15-45 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 6 ระหว่าง กันยายน-พฤศจิกายน 2556

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			15 วัน	30 วัน	45 วัน	คงเหลือ		
DN/0-5(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	41	39	1	0	1	0	1
KK80/100-13(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	26	6	0	0	0	0
KK80/100-13(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	38	36	2	0	0	0	0
KK80/150-15(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	27	26	1	0	0	0	0
KK80/150-2(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	30	30	0	0	0	0	0
KK80/150-5(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	40	39	1	0	0	0	0
KK80/150-6(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	29	28	1	0	0	0	0
KK80/150-7(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	8	8	0	0	0	0	0
KK80/150-8(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	39	29	10	0	0	0	0
KK80/200-3(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	42	37	4	0	1	0	1
KK80/200-4(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	21	19	2	0	0	0	0
KK80/200-6(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	35	29	3	0	3	0	3
KK80/200-11(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	24	7	0	3	0	3
KK80/200-14(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	28	3	0	1	0	1
PL/100-2(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	40	36	4	0	0	0	0
PL/100-2(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	39	37	1	0	1	0	1
PL/100-11(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	22	18	4	0	0	0	0
PL/100-11(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	19	19	0	0	0	0	0
PL/100-16(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	23	18	4	0	1	0	1
PL/100-16(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	5	5	0	0	0	0	0
PL/150-2(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	39	34	0	0	5	1	4
PL/150-2(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	37	33	2	0	2	0	2
PL/150-9(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	47	45	0	0	2	0	2
แขกดำ	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	19	19	0	0	0	0	0
รวม		738	662	56	0	20	1	19

[1] Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic), Mot = ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle), Mal = รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

การคัดเลือกมะละกอ M2 ครั้งที่ 7 จำนวน 20 สายพันธุ์ สายพันธุ์ละ 15-47 ต้น ร่วมกับพันธุ์แขกดำ ระหว่างเดือน กันยายน-พฤศจิกายน 2556 มีจำนวนต้นทั้งหมด 718 ต้น พบว่า มะละกอเกิดโรคเกือบทั้งหมด หลังปลูกเชื้อ 15 วัน โดยเกิดโรครวมมากถึง 650 ต้น (90.53 เปอร์เซ็นต์) และคงเหลือเพียง 5 ต้นภายหลังปลูกเชื้อ 30 วัน ซึ่งทั้ง 5 ต้นที่ไม่แสดงอาการไม่ติดเชื้อถึง 4 ต้น ได้แก่ DN/200-11(1) จำนวน 2 ต้น DN/100-3(2) และ DN/200-16(1) จำนวนสายพันธุ์ละ 1 ต้น (ตารางที่ 12) เมื่อย้ายปลูกลงแปลงทดลองที่ศรีสะเกษตาย 1 ต้น คงเหลือ DN/100-3(2), DN/200-11(1) และ DN/200-16(1) จำนวนสายพันธุ์ละ 1 ต้นเท่านั้น

ตารางที่ 12 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ 21 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 15-45 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 7 ระหว่าง กันยายน-พฤศจิกายน 2556

สายพันธุ์	Symptom	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			15 วัน	30 วัน	45 วัน	คงเหลือ		
DN/0-8(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	37	25	12	0	0	0	0
DN/0-8(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	33	25	8	0	0	0	0
DN/0-10(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	36	30	6	0	0	0	0
DN/0-10(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	39	27	11	0	1	1	0
DN/0-10(3)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	30	25	5	0	0	0	0
DN/100-3(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	15	14	1	0	0	0	0
DN/100-3(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	30	28	1	0	1	0	1
DN/100-3(3)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	33	1	0	0	0	0
DN/100-7(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	31	1	0	0	0	0
DN/150-7(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	40	38	2	0	0	0	0
DN/150-8(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	38	38	0	0	0	0	0
DN/150-10(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	39	39	0	0	0	0	0
DN/150-11(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	38	30	8	0	0	0	0
DN/150-13(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	38	38	0	0	0	0	0
DN/150-13(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	47	47	0	0	0	0	0
DN/200-8(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	37	35	2	0	0	0	0
DN/200-11(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	37	32	3	0	2	0	2
DN/200-16(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	33	30	2	0	1	0	1
WH/100-6(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	38	38	0	0	0	0	0
WH/150-15(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	34	0	0	0	0	0
แขกดำ	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	13	13	0	0	0	0	0
รวม		718	650	63	0	5	1	4

[1] Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic), Mot = ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle), Mal = รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

การเจริญเติบโตของมะละกอที่ต้านทานโรคจากการคัดเลือกครั้งที่ 6 (10 ต้น) และ 7 (3 ต้น) จำนวน 23 ต้นหลังปลูกในแปลงทดลอง 8 เดือน พบว่า มะละกอดังกล่าวส่วนใหญ่มีความสูงของต้นระหว่าง 180-240 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น 12-15 เซนติเมตร ไม่แสดงอาการของโรคมากถึง 7 สายพันธุ์ ได้แก่ KK80/200-14(1)-1, PL/100-16(1)-1, PL/150-2(1)-2, PL/150-9(1)-2 และ DN/100-3(2)-1 ซึ่งเป็น

ต้นกระเทย ส่วน KK80/200-3(1)-1 และ DN/200-16(1)-1 เป็นต้นตัวเมีย ส่วนที่เกิดโรคเล็กน้อยระดับ 1-2 ได้แก่ DN/200-11(1)-2, PL/150-2(1)-3 และ DN/0-5(1)-1 ซึ่งเป็นต้นกระเทย สายพันธุ์ที่เหลือแสดงอาการใบด่างระดับ 3 และเป็นต้นตัวเมีย (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 การเจริญเติบโตของมะละกอ M2 จำนวน 13 ต้น คัดเลือกครั้งที่ 6 และ 7 หลังปลูก 8 เดือน

รหัสพันธุ์	ความสูงถึงตายอด (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น (ซม.)	จำนวนผลต่อต้น	ระดับการเกิดโรค[1]	เพศของต้น[2]
DN/0-5(1)-1	215	12.8	23	1	H
DN/100-3(2)-1	195	11.2	16	0	H
DN/200-11(1)-2	160	10.1	24	2	H
DN/200-16(1)-1	145	12.6	42	0	F
KK80/200-3(1)-1	220	14.9	52	0	F
KK80/200-14(1)-1	195	14.3	20	0	H
PL/100-16(1)-1	240	12.9	55	0	H
PL/150-2(1)-2	215	12.6	50	0	H
PL/150-2(1)-3	215	13.7	47	1	H
PL/150-2(2)-1	185	13	32	3	F (ใบด่าง)
PL/150-2(2)-2	160	9.1	9	3	F (ใบด่าง)
PL/150-9(1)-1	180	10	16	3	F (ใบด่าง)
PL/150-9(1)-2	185	11.3	32	0	H

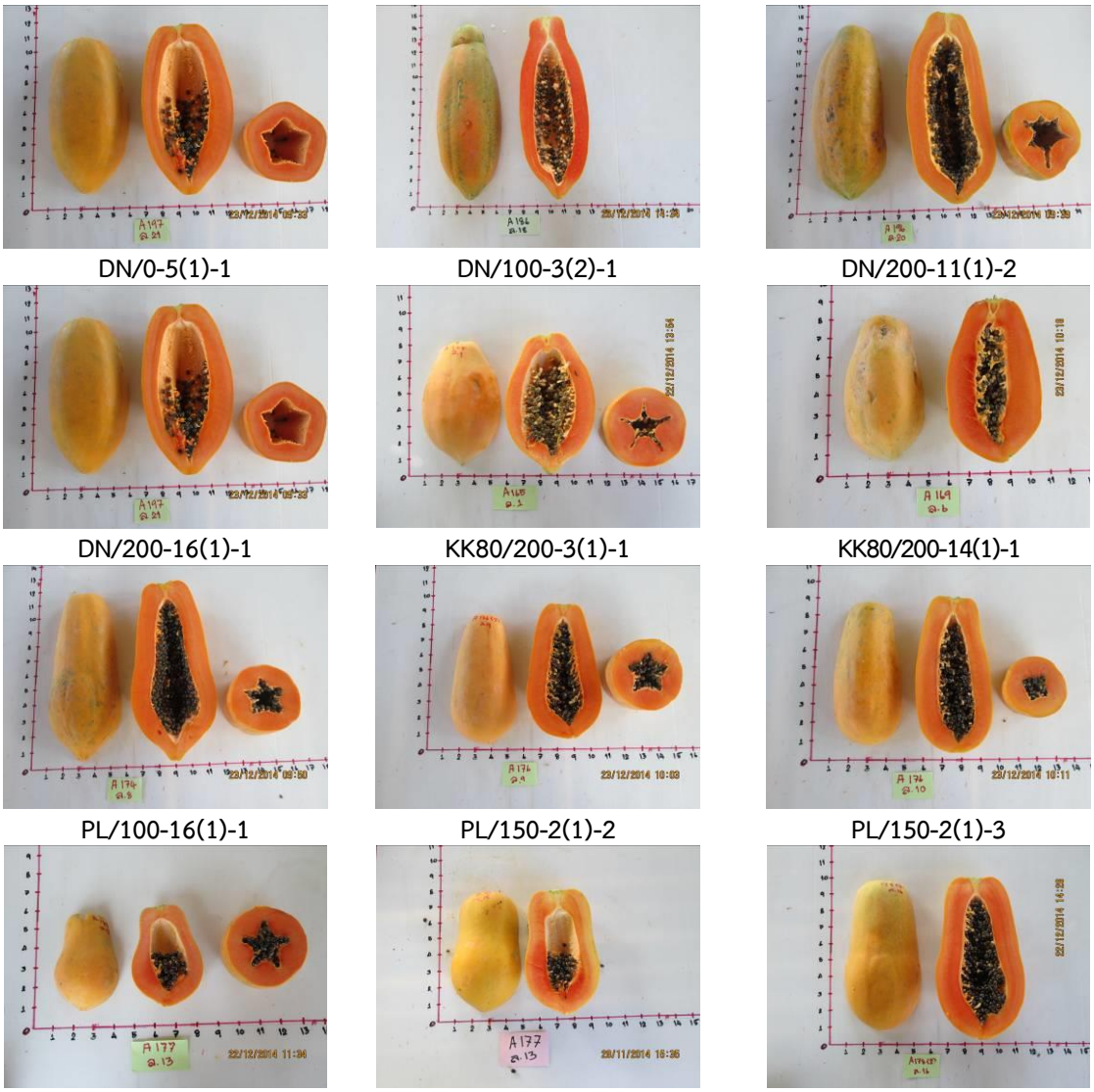
[1] ภาคผนวก 2 การประเมินการเป็นโรคจุดวงแหวน มี 5 ระดับ 0–5 (ต้านทานโรค-อ่อนแอจุดวงแหวน)

[2] H= Hermaphrodite; F = Female; N = No data

มะละกอที่คัดเลือกส่วนใหญ่มี TSS ระหว่าง 9-12 เปอร์เซ็นต์ เนื้อสีส้ม และมีทรงกระบอก (ตารางที่ 14) มะละกอ KK80/200-14(1)-1 มีความหวานสูงที่สุด 12.17 องศาบริกซ์ รองลงมา ได้แก่, DN/100-3(2)-1, PL/150-9(1)-1 และ PL/150-9(1)-2 มีความหวาน 11.83, 10.5 และ 10.5 องศาบริกซ์ตามลำดับ ทั้งหมดมีสีเนื้อส้มแดง-ส้มแดงเข้ม (ภาพที่ 2)

ตารางที่ 14 ลักษณะและคุณภาพผลของมะละกอต้นคัดเลือก M2 จำนวน 13 ต้น ในการคัดเลือกครั้งที่ 6 และ 7 หลังปลูก 8 เดือน ที่ ศรีสะเกษ

รหัสพันธุ์	TSS (เปอร์เซ็นต์)	สีเนื้อ	ลักษณะผล
DN/0-5(1)-1	9.00	ส้ม	ทรงกระบอกรี เนื้อหนา ช่องว่างผลน้อย
DN/100-3(2)-1	11.83	ส้มแดงเข้ม	ทรงยาวรี ช่องว่างผลมาก
DN/200-11(1)-2	10.00	ส้ม	ทรงกระบอกก้นป่อง ช่องว่างมาก
DN/200-16(1)-1	8.50	ส้ม	กลมรี
KK80/200-3(1)-1	10.00	ส้ม	ทรงกลม
KK80/200-14(1)-1	12.17	ส้มแดงเข้ม	กลมรี เนื้อหนา ช่องว่างผลน้อย
PL/100-16(1)-1	8.83	ส้ม	ทรงกระบอกก้นป่อง ช่องว่างผลมาก
PL/150-2(1)-2	9.17	ส้ม	ทรงกระบอกก้นป่อง ช่องว่างผลมาก
PL/150-2(1)-3	7.50	ส้ม	ทรงกระบอกก้นป่อง ช่องว่างผลมาก
PL/150-2(2)-1	8.50	ส้ม	ทรงกระบอกสั้นคอดกลาง
PL/150-2(2)-2	8.70	ส้ม	ทรงกระบอกสั้น
PL/150-9(1)-1	10.50	ส้มแดง	ทรงกระบอกสั้น
PL/150-9(1)-2	10.50	ส้มแดง	ทรงกระบอกใหญ่สั้น



DN/0-5(1)-1 DN/100-3(2)-1 DN/200-11(1)-2

DN/200-16(1)-1 KK80/200-3(1)-1 KK80/200-14(1)-1

PL/100-16(1)-1 PL/150-2(1)-2 PL/150-2(1)-3

PL/150-2(2)-1 PL/150-2(2)-2 PL/150-9(1)-2

ภาพที่ 2 ลักษณะผลมะละกอของต้น M2 ที่คัดเลือกครั้งที่ 6 และ 7 บางต้นหลังปลูก 8 เดือน

การปลูกคัดเลือกรุ่น M3

การคัดเลือกครั้งที่ 1 ระหว่าง พฤศจิกายน 2556-กุมภาพันธ์ 2557 ปลูกมะละกอ (M3) จำนวน 24 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์แขกดำ มีจำนวนต้นทั้งหมด 563 ต้น พบว่า ต้นมะละกอแสดงอาการใบจุดวงแหวน (chlorotic spot) ใบด่าง (mosaic) ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle) รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และใบย่นปูดโปน (rugosity) ทุกสายพันธุ์/พันธุ์ที่ทดสอบ โดยหลังปลูกเชื้อครั้งแรก 30 วัน มีต้นเกิดโรครวมมากถึง 557 ต้น (98.93 เปอร์เซ็นต์) เหลือต้นที่ไม่เป็นโรคเพียง 6 ต้น ได้แก่ PL/0-2(3)-6(2), PL/150-19(2)-1(1), SK/150-3(1)-1(1), และ WH/100-17(1)-8(1) สายพันธุ์ละ 1 ต้น ส่วน SK/100-35(1)-1(4) มีต้นไม่เกิดโรค 2 ต้น ซึ่งทั้งหมดไม่ติดเชื้อไวรัสสาเหตุโรคจุดวงแหวนมะละกอ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ (M3) 25 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 15-45 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 1 ระหว่าง พฤศจิกายน 2556-กุมภาพันธ์ 2557

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			15 วัน	30 วัน	45 วัน	คงเหลือ		
KK80/150-35(4)-6(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	7	7	0	0	0	0	0
KK80/150-35(4)-6(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	22	13	9	0	0	0	0
KK80/150-35(4)-7(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	19	10	9	0	0	0	0
KK80/150-35(5)-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	10	8	2	0	0	0	0
KK80/150-35(5)-1(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	3	2	1	0	0	0	0
KK80/150-35(5)-1(3)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	1	0	1	0	0	0	0
PL/0-2(2)-2(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	31	23	8	0	0	0	0
PL/0-2(3)-5(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	14	12	2	0	0	0	0
PL/0-2(3)-6(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	36	12	24	0	0	0	0
PL/0-2(3)-6(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	41	13	27	0	1	0	1
PL/150-3(3)-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	11	4	7	0	0	0	0
PL/150-19(2)-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	27	23	3	0	1	0	1
PL/150-19(3)-3(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	29	3	0	0	0	0
PL/150-19(3)-3(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	31	28	3	0	0	0	0
SK/100-35(1)-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	40	34	6	0	0	0	0
SK/100-35(1)-1(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	27	25	2	0	0	0	0
SK/100-35(1)-1(3)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	22	12	10	0	0	0	0
SK/100-35(1)-1(4)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	21	11	0	2	0	2
PL/150-3(3)-1(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	33	31	2	0	0	0	0
SK/150-3(1)-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	41	16	24	0	1	0	1
SK/150-3(1)-1(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	20	12	0	0	0	0
WH/100-17(1)-8(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	9	3	5	0	1	0	1
WH/100-17(1)-8(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	20	12	8	0	0	0	0
WH/100-26(2)-5(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	7	6	1	0	0	0	0
แขกดำ	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	13	13	0	0	0	0	0
รวม		563	377	180	0	6	0	6

[1] Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic), Mot = ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle), Mal = รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

เมื่อนำทั้งหมดไปปลูกในแปลงมะละกอตายไป 2 ต้น คงเหลือเพียง 4 ต้น ได้แก่ SK/150-3(1)-1(1)-1, PL/150-19(2)-1(1)-1, WH/100-17(1)-8(1)-1 และ SK/100-35(1)-1(4)-2 โดยหลังปลูกในแปลงทดลอง 8 เดือน มะละกอดังกล่าวมีความสูงระหว่าง 145-215 เซนติเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น 9.4-12.4 เซนติเมตร เกิดโรคระดับ 0 และ 1 จำนวนระดับละ 2 ต้น ทั้งหมดเป็นต้นกระเทย (ตารางที่ 16) ผสมตัวเองและเก็บเมล็ดได้ 9 ผล แต่บางผลมีเมล็ดค่อนข้างน้อย ผลมะละกอที่คัดเลือกมี TSS ระหว่าง 9-10 เปอร์เซ็นต์ มีสีส้ม และส้มแดงเข้ม จำนวน 3 และ 1 ผลตามลำดับ ส่วนใหญ่มีลักษณะผลแบบทรงกระบอก (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 การเจริญเติบโตของมะละกอ M3 คัดเลือกครั้งที่ 1 จำนวน 4 ต้น หลังปลูก 8 เดือน

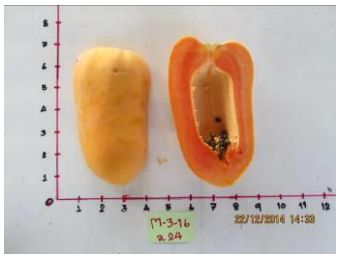
รหัสพันธุ์	ความสูงถึงตายอด (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น (ซม.)	จำนวนผลต่อต้น	ระดับการเกิดโรค[1]	เพศของต้น[2]
PL/150-19(2)-1(1)-1	145	12.4	39	0	H
SK/100-35(1)-1(4)-2	185	10.8	17	0	H
SK/150-3(1)-1(1)-1	205	11.5	16	1	H
WH/100-17(1)-8(1)-1	215	9.4	24	1	H

[1] ภาคผนวก 2 การประเมินการเป็นโรคจุดวงแหวน มี 5 ระดับ 0–5 (ต้านทานโรค-อ่อนแอจุดวงแหวน)

[2] H= Hermaphrodite; F = Female; N = No data

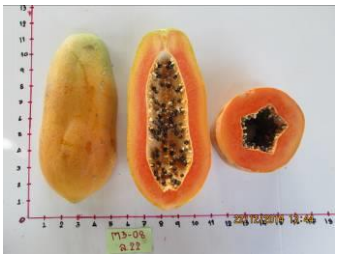
ตารางที่ 17 ลักษณะและคุณภาพผลมะละกอต้นคัดเลือก M3 คัดเลือกครั้งที่ 1 จำนวน 4 ต้น หลังปลูก 8 เดือน

รหัสพันธุ์	TSS (เปอร์เซ็นต์)	สีเนื้อ	ลักษณะผล
PL/150-19(2)-1(1)-1	9.00	ส้ม	ทรงกระบอกสั้น
SK/100-35(1)-1(4)-2	9.50	ส้มแดงเข้ม	ยาวรี เนื้อหนา
SK/150-3(1)-1(1)-1	9.50	ส้ม	ทรงกระบอก ช่องว่างผลมาก
WH/100-17(1)-8(1)-1	10.00	ส้ม	ทรงกระบอก



PL/150-19(2)-1(1)-1

SK/100-35(1)-1(4)-2



SK/150-3(1)-1(1)-1

ภาพที่ 3 ลักษณะผลมะละกอของต้น M3 ที่คัดเลือกครั้งที่ 1 จำนวน 3 ต้น หลังปลูก 8 เดือน

การคัดเลือกครั้งที่ 2 ระหว่าง มีนาคม-พฤษภาคม 2557 ปลูกมะละกอ (M3) จำนวน 8 สายพันธุ์ (สายพันธุ์ที่ยังเหลือเมล็ดจากการคัดเลือกครั้งที่ 1) ร่วมกับพันธุ์แขกดำ มีจำนวนต้นทั้งหมด 251 ต้น พบว่าเกิดโรคเกือบทั้งหมด แสดงอาการเช่นที่ผ่านมา มะละกอ 7 สายพันธุ์ ได้แก่ SK/150-3(1)-1(1), PL/0-2(3)-6(1), PL/0-2(3)-6(2), PL/150-3(3)-1(2), PL/150-19(2)-1(1), SK/100-35(1)-1(2) และ SK/100-35(1)-1(4) ที่มีต้นไม่แสดงอาการของโรคและไม่ติดเชื้อสายพันธุ์ละ 1-4 ต้น ซึ่งมีมะละกอทั้งหมดจำนวน 15 ต้น แต่มะละกอติดเชื้อจำนวน 4 ต้น คงเหลือเพียง 11 ต้นจากมะละกอทั้ง 7 สายพันธุ์ดังกล่าว (ตารางที่ 18)

เมื่อย้ายปลูกลงในแปลงทดลองที่ศรีสะเกษ 6 เดือน มะละกอดังกล่าวตายไป 6 ต้น คงเหลือเพียง 4 ต้น ได้แก่ PL/0-2(3)-6(1)-1, PL/0-2(3)-6(1)-2, PL/150-3(3)-1(2)-1 และ PL/150-19(2)-1(1)-1 ซึ่งมีความสูงต้นระหว่าง 105-165 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น 8-10 เซนติเมตร ไม่เกิดโรคจำนวน 1 ต้น และเกิดโรคในระดับ 1 จำนวน 3 ต้น โดยเป็นต้นกระเทยและตัวเมียอย่างละ 2 ต้น (ตาราง 19)

ตารางที่ 18 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ (M3) 9 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 15-45 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 2 ระหว่าง มีนาคม-พฤษภาคม 2557

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			15 วัน	30 วัน	45 วัน	คงเหลือ		
PL/0-2(3)-6(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	35	26	6	1	2	0	2
PL/0-2(3)-6(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	33	27	4	0	2	1	1
PL/150-19(2)-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	28	20	2	2	4	2	2
PL/150-3(3)-1(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	35	23	9	1	2	1	1
SK/100-35(1)-1(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	28	23	1	2	2	0	2
SK/100-35(1)-1(4)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	34	21	4	7	2	0	2
SK/150-3(1)-1(1)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	6	5	0	0	1	0	1
SK/150-3(1)-1(2)	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	32	29	1	2	0	0	0
แขกดำ	Cs, Mo, Mot, Ru, Mal	20	14	2	4	0	0	0
รวม		251	188	29	19	15	4	11

[1] Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic), Mot = ใบด่างเป็นแถบหรือปื้น (mottle), Mal = รูปร่างใบผิดปกติ (malformation) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

ตารางที่ 19 การเจริญเติบโตของมะละกอ M3 คัดเลือกครั้งที่ 2 จำนวน 4 ต้น หลังปลูก 6 เดือน

รหัสพันธุ์	ความสูงถึงตายอด (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้น (ซม.)	ระดับการเกิดโรค[1]	เพศของต้น[2]
PL/0-2(3)-6(1)-1	165	10.0	1	H
PL/0-2(3)-6(1)-2	135	8.3	0	H
PL/150-3(3)-1(2)-1	120	9.1	1	F
PL/150-19(2)-1(1)-1	105	8.2	1	F

[1] ภาคผนวก 2 การประเมินการเป็นโรคจุดวงแหวน มี 5 ระดับ 0–5 (ต้านทานโรค-อ่อนแอจุดวงแหวน)

[2] H= Hermaphrodite; F = Female

การคัดเลือกมะละกอ (M3) จำนวน 31 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์แขกดำ ครั้งที่ 3 ระหว่าง สิงหาคม-ตุลาคม 2558 พบว่า สายพันธุ์เกือบทั้งหมดไม่แสดงอาการของโรค โดยหลังปลูกเชื้อ 28 วันมีมะละกอเกิดโรคเพียง 29 ต้นจากต้นที่ปลูกคัดเลือกทั้งหมด 707 ต้น โดยเป็นพันธุ์แขกดำมากถึง 9 ต้น จึงมีมะละกอที่ไม่แสดงอาการของโรคมากถึง 678 ต้น (95.90 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอเพียง 26 ต้น โดยมีสายพันธุ์ที่ไม่เกิดโรคและไม่ติดเชื้อมากถึง 15 สายพันธุ์ (ตารางที่ 20)

มะละกอทั้ง 29 สายพันธุ์/พันธุ์ที่ทดสอบในครั้งที่ 3 มาจากตระกูลของมะละกอ M2 ซึ่งคัดเลือกในครั้งที่ 4 (ตารางที่ 7) จำนวน 6 ตระกูล ประกอบด้วย SK/100-2(2) (10 สายพันธุ์) SK/100-4(2) (4 สายพันธุ์) SK/150-7(1) (1 สายพันธุ์) SK/150-12(2) (3 สายพันธุ์) SK/150-15(1) (9 สายพันธุ์) SK/150-16(2) (1 สายพันธุ์) และSK/150-16(3) (1 สายพันธุ์) ซึ่งตระกูลดังกล่าวนี้มีเปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคดีกว่าตระกูลอื่นๆ ที่ทดสอบในครั้งดังกล่าว ทำให้สายพันธุ์ที่คัดเลือกจากตระกูลเหล่านี้ต้านทานโรคได้ดี จึงเกิดโรคน้อยหลังการปลูกเชื้อ อย่างไรก็ดีต้นที่ต้านทานเหล่านี้อาจเกิดการติดเชื้อและมีจำนวนต้นที่แสดงอาการของโรคใบจุดวงแหวนมะละกอเพิ่มขึ้นหลังจากนำไปปลูกในแปลงทดลอง เพราะมีการติดเชื้อจากแมลงพาหะหลังปลูกในแปลงที่มีการระบาดของโรคดังกล่าว

ตารางที่ 20 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ (M3) 32 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 15-45 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 3 ระหว่าง สิงหาคม-ตุลาคม 2558

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			14 วัน	21 วัน	28 วัน	คงเหลือ		
SK/100-2(2)-1(1)	Cs	30	0	0	0	30	1	29
SK/100-2(2)-4(1)	Cs	25	0	1	0	24	2	22
SK/100-2(2)-4(2)	**No**	**19**	**0**	**0**	**0**	**19**	**0**	**19**
SK/100-2(2)-5(1)	Cs	23	0	1	0	22	1	21
SK/100-2(2)-5(2)	**No**	**9**	**0**	**0**	**0**	**9**	**0**	**9**
SK/100-2(2)-5(3)	Cs	29	0	1	0	28	1	27
SK/100-2(2)-6(2)	Cs	36	0	0	0	36	1	35
SK/100-2(2)-7(2)	Cs, Mo, Ru	17	1	1	0	15	2	13
SK/100-2(2)-7(3)	**No**	**15**	**0**	**0**	**0**	**15**	**0**	**15**
SK/100-2(2)-7(4)	**No**	**14**	**0**	**0**	**0**	**14**	**0**	**14**
SK/100-4(2)-1(2)	**No**	**18**	**0**	**0**	**0**	**18**	**0**	**18**
SK/100-4(2)-1(1)	**No**	**21**	**0**	**0**	**0**	**21**	**0**	**21**
SK/100-4(2)-2(1)	Ru, Mo	33	1	1	2	29	4	25
SK/100-4(2)-4(1)	**No**	**30**	**0**	**0**	**0**	**30**	**0**	**30**
SK/150-7(1)-1(1)	**No**	**26**	**0**	**0**	**0**	**26**	**0**	**26**
SK/150-12(2)-1(1)	Ru, Mo	28	0	1	0	27	1	26
SK/150-12(2)-2(1)	**No**	**29**	**0**	**0**	**0**	**29**	**0**	**29**
SK/150-12(2)-2(2)	Ru, Mo	23	0	1	0	22	1	21
SK/150-15(1)-5(1)	Ru, Mo	8	0	0	1	7	1	6
SK/150-15(3)-2(2)	**No**	**18**	**0**	**0**	**0**	**18**	**0**	**18**
SK/150-15(3)-3(2)	**No**	**22**	**0**	**0**	**0**	**22**	**0**	**22**
SK/150-15(3)-4(1)	**No**	**28**	**0**	**0**	**0**	**28**	**0**	**28**
SK/150-15(3)-4(3)	**No**	**15**	**0**	**0**	**0**	**15**	**0**	**15**
SK/150-15(3)-4(4)	Mo, Ru, Cs	23	0	1	0	22	1	21
SK/150-15(3)-5(1)	No	11	0	1	0	10	1	9
SK/150-15(3)-5(2)	**No**	**18**	**0**	**0**	**0**	**18**	**0**	**18**
SK/150-15(5)-1(1)	Mo, Ru	26	0	2	0	24	2	22
SK/150-16(2)-1(1)	Mo, Ru, Cs	30	0	2	0	28	4	24
SK/150-16(3)-1(1)	**No**	**20**	**0**	**0**	**0**	**20**	**0**	**20**
SK/100-4(2)-2 x SK/100-2(2)-5	Mo, Cs	26	0	1	0	25	1	24
SK/100-6(1)-1 x SK/100-2(2)-4	Mo, Cs	27	0	1	0	26	1	25
แขกดำ	Cs, Mo, Ru	10	4	2	3	1	1	0
รวม		707	6	17	6	678	26	652

[1] No = ไม่เกิดโรค (no symptom) Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

การคัดเลือกมะละกอ (M3) จำนวน 37 สายพันธุ์ร่วมกับพันธุ์แขกดำ ครั้งที่ 4 ระหว่าง กันยายน-พฤศจิกายน 2558 พบว่า สายพันธุ์เกือบทั้งหมดไม่แสดงอาการของโรค โดยหลังปลูกเชื้อ 28 วันมีมะละกอเกิดโรคเพียง 64 ต้นจากต้นที่ปลูกคัดเลือกทั้งหมด 707 ต้น โดยเป็นพันธุ์แขกดำมากถึง 10 ต้น จึงมีมะละกอที่ไม่แสดงอาการของโรคมากถึง 639 ต้น แต่ติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอ 9 ต้น คงเหลือสายพันธุ์ที่ไม่เกิดโรคและไม่ติดเชื้อมากถึง 630 ต้น (90.90 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 การเกิดโรคและการติดเชื้อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอของมะละกอ (M3) 38 สายพันธุ์/พันธุ์ หลังปลูกเชื้อ 15-45 วัน ปลูกคัดเลือกครั้งที่ 4 ระหว่าง กันยายน-พฤศจิกายน 2558

สายพันธุ์	Symptom[1]	จน.ต้นทั้งหมด	จน.ต้นแสดงอาการของโรคหลังปลูกเชื้อ				จน.ต้นติดเชื้อ	จน.ต้นคงเหลือ
			14 วัน	21 วัน	28 วัน	คงเหลือ		
DN/0-5(1)-1(1)	Cs, Mo, Ru	26	1	1	0	24	1	23
DN/0-5(1)-1(2)	No	7	0	0	0	7	0	7
DN/0-5(1)-1(3)	Cs, Mo, Ru	28	1	1	0	26	0	26
DN/0-5(1)-1(4)	Cs, Mo, Ru	31	1	1	0	29	1	28
DN/100-3(2)-1(1)	No	5	0	0	0	5	0	5
DN/100-3(2)-1(2)	Cs, Mo, Ru	35	1	1	0	33	0	33
DN/100-3(2)-1(3)	Cs, Mo, Ru	27	1	3	0	23	1	22
DN/100-3(2)-1(4)	Cs, Mo, Ru	24	1	0	0	23	0	23
DN/100-3(2)-1(5)	Cs, Mo, Ru	15	1	0	0	14	0	14
DN/100-3(2)-1(6)	Cs, Mo, Ru	20	1	1	0	18	0	18
DN/100-3(2)-1(7)	Cs, Mo, Ru	24	1	1	0	22	0	22
DN/200-11(1)-2(1)	Cs, Mo, Ru	33	1	1	0	31	0	31
DN/200-11(1)-2(2)	No	2	0	0	0	2	0	2
DN/200-16(1)-1(1)	No	8	0	0	0	8	0	8
KK80/200-3(1)-1(1)	No	28	0	0	0	28	0	28
KK80/200-14(1)-1(1)	No	21	0	0	0	21	0	21
KK80/200-14(1)-1(2)	No	25	0	0	0	25	0	25
KK80/200-14(1)-1(3)	Cs, Mo, Ru	31	2	4	0	25	1	24
KK80/200-14(1)-1(4)	Cs, Mo, Ru	31	2	4	0	25	0	25
PL/100-16(1)-1(1)	Cs, Mo, Ru	24	0	3	0	21	0	21
PL/100-16(1)-1(2)	Mo, Ru	27	0	3	0	24	0	24
PL/100-16(1)-1(3)	Mo, Ru	31	0	4	0	27	1	26
PL/100-16(1)-1(4)	Mo, Ru	27	3	7	0	17	1	16
PL/100-16(1)-1(5)	Cs, Mo, Ru	24	5	7	0	12	1	11
PL/150-2(1)-2(1)	Cs, Mo	24	1	0	0	23	0	23
PL/150-2(1)-2(2)	No	12	0	0	0	12	0	12
PL/150-2(1)-2(3)	No	27	0	0	0	27	0	27
PL/150-2(1)-2(4)	Cs, Mo	23	1	0	0	22	0	22
PL/150-2(1)-3(1)	No	3	0	0	0	3	0	3
PL/150-2(1)-3(2)	No	20	0	0	0	20	0	20
PL/150-2(1)-3(3)	No	29	0	0	0	29	0	29
PL/150-2(2)-1(1)	No	26	0	0	0	26	0	26
PL/150-2(2)-2(1)	No	20	0	0	0	20	0	20
PL/150-9(1)-1(1)	Cs, Mo, Ru	24	1	1	0	22	0	22
PL/150-9(1)-2(1)	No	25	0	0	0	25	0	25
PL/150-9(1)-2(2)	Cs, Mo, Ru	30	1	0	0	29	0	29
PL/150-9(1)-2(3)	No	33	0	0	0	33	0	33
แขกดำ	Cs, Mo, Ru	13	5	3	2	3	3	0
รวม		703	27	35	2	639	9	630

[1] No = ไม่เกิดโรค (no symptom) Cs = ใบจุดวงแหวน (chlorotic spot), Mo = ใบด่าง (mosaic) และ Ru = ใบย่นปูดโปน (rugosity)

ซึ่งสายพันธุ์มะละกอเหล่านี้ คัดเลือกมาจากตระกูลของมะละกอ M2 ที่คัดเลือกในครั้งที่ 6 และ 7 (ตารางที่ 11 และ 12) จำนวน 10 ตระกูล ประกอบด้วย DN/0-5(1) (4 สายพันธุ์) DN/100-3(2) (7 สายพันธุ์) DN/200-11(1) (2 สายพันธุ์) DN/200-16(1) (1 สายพันธุ์) KK80/200-3(1) (1 สายพันธุ์) KK80/200-14(1) (4 สายพันธุ์) PL/100-16(1) (5 สายพันธุ์) PL/150-2(1) (6 สายพันธุ์) PL/150-2(2) (2 สายพันธุ์) และ PL/150-9(1) (4 สายพันธุ์) โดยมีสายพันธุ์ที่คัดเลือกซึ่งไม่แสดงอาการของโรคและไม่ติดเชื้อมากถึง 16 สายพันธุ์ ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่มีความต้านทานต่อโรคใบจุดวงแหวนมะละกอมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้น KK80/200-14(1)-1(3) PL/100-16(1)-1(4) และ PL/100-16(1)-1(5) ที่เกิดโรคค่อนข้างมาก (ตารางที่ 21)

การจำแนกสายพันธุ์มะละกอที่คัดเลือกและเปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคที่เกิดขึ้นใน M2 และ M3 ตามพันธุ์ดั้งเดิมก่อนการฉายรังสี มะละกอแขกดำ-ศรีสะเกษ มีสายพันธุ์มะละกอที่ต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอจำนวนมากที่สุดถึง 35 สายพันธุ์ โดยคัดเลือกมากจาก M2 จำนวน 8 ต้น ได้แก่ SK/100-2, SK/100-4, SK/100-35, SK/150-3, SK/150-7, SK/150-12, SK/150-15, SK/150-16 ซึ่งเกิดจากการฉายรังสีแกมม่าระดับ 100 (SK/100) และ 150 เกรย์ (SK/150) จำนวน 3 และ 5 ต้นตามลำดับ ต้นคัดเลือกเหล่านี้มีความต้านทานต่อโรคใบจุดวงแหวนมะละกอเฉลี่ย 11.71 เปอร์เซ็นต์ โดยสายพันธุ์ SK/150-15(1) มีความต้านทานมากถึง 25.00 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ SK/100-2(2) และ SK/100-35(1) มีความต้านทาน 21.62 และ 19.51 ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

ความต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอของผลที่แตกต่างกันในต้นเดียวกัน พบว่า SK/150-15(1) SK/150-15(3) และ SK/150-15(5) ซึ่งแยกสายพันธุ์ตามผลที่ 1, 3 และ 5 ของ SK/150-15 (มะละกอแขกดำ-ศรีสะเกษ ฉายรังสีแกมม่าที่ระดับ 150 เกรย์ต้นที่ 15) มีความต้านทาน 25.00 15.63 และ 3.45 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 22) แสดงว่าเมล็ดของผลมะละกอที่แตกต่างกันในต้นเดียวกันมีความสามารถในการต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอแตกต่างกัน นอกจากนี้ลำดับของผลอาจมีอิทธิพลต่อความต้านทานโรคด้วยเช่นกัน โดยมีแนวโน้มลดลงในลำดับผลที่ถูกผสมในระยะหลัง เมื่อพืชเกิดการกลายพันธุ์พืชจะพยายามปรับตัวให้กลับไปสู่ลักษณะปกติก่อนเกิดการกลายพันธุ์ และจะพยายามขจัดลักษณะการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นทิ้ง ซึ่งอาจเกิดในระยะสร้างเซลสืบพันธุ์ ดังนั้นเซลสืบพันธุ์ที่เกิดขึ้นในระยะแรกจึงมีความกลายพันธุ์สูงกว่าในระยะหลังที่เกิดขึ้น

ในชั่ว M3 สายพันธุ์ที่คัดเลือกจากต้นเหล่านี้และลูกผสม 2 คู่ มีความต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอเฉลี่ย 78.76 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 22) ส่วนใหญ่มีความต้านทานต่อโรคมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้น สายพันธุ์ที่คัดเลือกจาก SK/100-35(1)-1 และ SK/150-3(1)-1 จำนวน 4 และ 2 สายพันธุ์มีความต้านทานลดลงอย่างมากจนเกือบจะไม่แสดงความต้านทานโรคเลย การแยกสายพันธุ์เหล่านี้ตามผลที่เก็บเกี่ยวของต้นเดียวกัน พบว่า แต่ละผลที่มาจากต้นเดียวกันมีความต้านทาน/อ่อนแอต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอใกล้เคียงกันแตกต่างจากในชั่ว M2 ทั้งนี้อาจเกิดจากความไม่คงตัวของลักษณะที่กลายพันธุ์ในชั่ว M2 และ M3 มีความแตกต่างกัน ซึ่งตามทฤษฎีความคงตัวของลักษณะทางพันธุกรรมใน M3 และมีมากกว่าใน M2 จึงมีความแปรปรวนของลักษณะเกิดขึ้นน้อยกว่า

ส่วนมะละกอกลายพันธุ์ M3 ที่คัดเลือกจากพันธุ์แขกดำ-ดำเนินมี 14 สายพันธุ์ เกิดจากการฉายรังสีที่ระดับ 0, 100 และ 200 เกรย์ จำนวน 4, 7 และ 3 สายพันธุ์ตามลำดับ ในกลุ่มนี้สายพันธุ์ที่คัดเลือกมีความต้านทานต่อโรคใบจุดวงแหวนมะละกอค่อนข้างสูงทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยความต้านทานต่อโรคสูงถึง 93.75 เปอร์เซ็นต์ และมีสายพันธุ์ไม่แสดงอาการของโรคถึง 4 สายพันธุ์ คือ DN/0-5(1)-1(2), DN/100-3(2)-1(1), DN/200-11(1)-2(2) และ DN/200-16(1)-1(1) ระดับความต้านทานต่อโรคของผลที่เก็บเกี่ยวในต้นเดียวกันแสดงผลไปในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกับสายพันธุ์มะละกอที่คัดเลือกจากพันธุ์แขกดำ-ศรีสะเกษ แม้ว่าในการคัดเลือกชั่ว M2 มีความต้านทานต่อโรคเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ 3.55 เปอร์เซ็นต์ โดย DN/200-11(1) มีความต้านทานโรคสูงที่สุดเพียง 5.41 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 23)

ขณะที่สายพันธุ์ในชั่ว M3 ที่คัดเลือกจากมะละกอพันธุ์ขอนแก่น 80 และปลาวาฬ เกือบทั้งหมดไม่ต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอ แต่สายพันธุ์ KK80/200-3(1)-1(1), KK80/200-14(1)-1(1) และ KK80/200-14(1)-1(2) ไม่เกิดโรคทั้งหมด ส่วน KK80/200-14(1)-1(4), KK80/200-14(1)-1(3) และ WH/100-17(1)-8(1) ต้านทานโรค 80.65 77.42 และ 11.11 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีความต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอเฉลี่ยเพียง 33.51 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 24)

สำหรับในพันธุ์ปลักไม้ลายมะละกอ M3 ที่คัดเลือกเกิดจากการฉายรังสีระดับ 0, 100 และ 150 เกรย์ จำนวน 4, 5 และ 18 สายพันธุ์ตามลำดับ มีความต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอเฉลี่ย 61.39 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในสายพันธุ์ที่คัดเลือกจากมะละกอปลักไม้ลายที่ไม่ได้ฉายรังสี (ระดับ 0) จำนวน 4 สายพันธุ์ ไม่แสดงความต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอ 2 สายพันธุ์ และที่เหลือ 2 สายพันธุ์ต้านทานต่อโรคน้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สายพันธุ์ที่คัดเลือกมาจาก PL/150-3(3)-1 และ PL/150-19(3)-3 ก็มีความต้านทานต่อโรคน้อยมากถึงไม่ต้านทานเช่นกัน สายพันธุ์อื่นๆที่เหลือเกือบทั้งหมดต้านทานต่อโรคสูงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้น PL/100-16(1)-1(4) และ PL/100-16(1)-1(5) ที่ต้านทานโรคเพียง 59.26 และ 45.83 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 25) โดยระดับความต้านทานต่อโรคของผลที่เก็บเกี่ยวในต้นเดียวกันแสดงออกไปในทิศทางเดียวกันเช่นเดียวกับพันธุ์อื่นๆ

อย่างไรก็ดีมะละกอ M3 ที่แสดงความต้านทานโรคจุดวงแหวนมะละกอค่อนข้างสูงเหล่านี้ เมื่อผสมตัวเองและนำไปทดสอบความต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอในชั่ว M4 จะมีแนวโน้มการแสดงความต้านทานต่อโรคเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น และสายพันธุ์ที่แสดงความต้านทานโรคเพิ่มมากขึ้นในการคัดเลือกตามทฤษฎีการปรับปรังพันธุ์พืช ในประเทศไทยการปรับปรุงพันธุ์มะละกอให้ต้านทานต่อโรคใบจุดวงแหวนมะละกอมีการดำเนินมาอย่างยาวนานด้วยวิธีต่างๆหลายวิธี เช่น การใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรม (นงลักษณ์ และคณะ, 2540) การผสมข้ามพันธุ์เพื่อถ่ายทอดยีนต้านทานโรค (วิไล และคณะ, 2540) และการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์โดยการใช้รังสีแกมม่า (สิริวิภา และคณะ, 2537) เป็นต้น

สิริวิภา และคณะ (2537) คัดเลือกมะละกอสายพันธุ์กลายที่มีความต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอและให้คุณภาพผลผลิตที่ดี 2 สายพันธุ์ จากชักนำให้มะละกอพันธุ์โกโก้ก้านดำกลายพันธุ์ด้วยการฉายรังสีแกมมาและคัดเลือกจนถึงชั่ว M4 นอกจากนี้ยังพบมะละกอที่ต้านทานต่อโรคดังกล่าวอีกจำนวนหนึ่งที่คัดเลือกได้จากมะละกอพันธุ์อื่นๆที่ฉายรังสีแกมมาด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 22 เปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคของมะละกอ M2 และ M3 ที่คัดเลือกจากพันธุ์แขกดำ-ศรีสะเกษจำนวน 37 สายพันธุ์

สายพันธุ์ M2	จำนวนต้น		เปอร์เซ็นต์ต้านทาน	สายพันธุ์/ลูกผสม M3	จำนวนต้น		เปอร์เซ็นต์ต้านทาน
	ทั้งหมด	ต้านทาน			ทั้งหมด	ต้านทาน	
SK/100-2(2)	37	8	21.62	SK/100-2(2)-1(1)	30	29	96.67
				SK/100-2(2)-4(1)	25	22	88.00
				SK/100-2(2)-4(2)	19	19	100.00
				SK/100-2(2)-5(1)	23	21	91.30
				SK/100-2(2)-5(2)	9	9	100.00
				SK/100-2(2)-5(3)	29	27	93.10
				SK/100-2(2)-6(2)	36	35	97.22
				SK/100-2(2)-7(2)	17	13	76.47
				SK/100-2(2)-7(3)	15	15	100.00
				SK/100-2(2)-7(4)	14	14	100.00
SK/100-4(2)	32	4	12.50	SK/100-4(2)-1(1)	21	21	100.00
				SK/100-4(2)-1(2)	18	18	100.00
				SK/100-4(2)-2(1)	33	25	75.76
				SK/100-4(2)-4(1)	30	30	100.00
SK/100-35(1)	41	8	19.51	SK/100-35(1)-1(1)	40	0	0.00
				SK/100-35(1)-1(2)	55	2	3.64
				SK/100-35(1)-1(3)	22	0	0.00
				SK/100-35(1)-1(4)	68	4	5.88
SK/150-3(1)	38	4	10.53	SK/150-3(1)-1(1)	47	2	4.26
				SK/150-3(1)-1(2)	64	0	0.00
SK/150-7(1)	18	1	5.56	SK/150-7(1)-1(1)	26	26	100.00
SK/150-12(2)	34	2	5.88	SK/150-12(2)-1(1)	28	26	92.86
				SK/150-12(2)-2(1)	29	29	100.00
				SK/150-12(2)-2(2)	23	21	91.30
SK/150-15(1)	20	5	25.00	SK/150-15(1)-5(1)	8	6	75.00
SK/150-15(3)	32	5	15.63	SK/150-15(3)-2(2)	18	18	100.00
				SK/150-15(3)-3(2)	22	22	100.00
				SK/150-15(3)-4(1)	28	28	100.00
				SK/150-15(3)-4(3)	15	15	100.00
				SK/150-15(3)-4(4)	23	21	91.30
				SK/150-15(3)-5(1)	11	9	81.82
				SK/150-15(3)-5(2)	18	18	100.00
SK/150-15(5)	29	1	3.45	SK/150-15(5)-1(1)	26	22	84.62
SK/150-16(2)	31	1	3.23	SK/150-16(2)-1(1)	30	24	80.00
SK/150-16(3)	34	2	5.88	SK/150-16(3)-1(1)	20	20	100.00
				SK/100-4(2)-2 x SK/100-2(2)-5	26	24	92.31
				SK/100-6(1)-1 x SK/100-2(2)-4	27	25	92.59
เฉลี่ย			11.71				78.76

ตารางที่ 23 เปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคของมะละกอ M2 และ M3 ที่คัดเลือกจากพันธุ์แขกดำ-ดำเนิน จำนวน 14 สายพันธุ์

สายพันธุ์ M2	จำนวนต้น		เปอร์เซ็นต์ต้านทาน	สายพันธุ์ M3	จำนวนต้น		เปอร์เซ็นต์ต้านทาน
	ทั้งหมด	ต้านทาน			ทั้งหมด	ต้านทาน	
DN/0-5(1)	41	1	2.44	DN/0-5(1)-1(1)	26	23	88.46
				DN/0-5(1)-1(2)	7	7	100.00
				DN/0-5(1)-1(3)	28	26	92.86
				DN/0-5(1)-1(4)	31	28	90.32
DN/100-3(2)	30	1	3.33	DN/100-3(2)-1(1)	5	5	100.00
				DN/100-3(2)-1(2)	35	33	94.29
				DN/100-3(2)-1(3)	27	22	81.48
				DN/100-3(2)-1(4)	24	23	95.83
				DN/100-3(2)-1(5)	15	14	93.33
				DN/100-3(2)-1(6)	20	18	90.00
				DN/100-3(2)-1(7)	24	22	91.67
DN/200-11(1)	37	2	5.41	DN/200-11(1)-2(1)	33	31	93.94
				DN/200-11(1)-2(2)	2	2	100.00
DN/200-16(1)	33	1	3.03	DN/200-16(1)-1(1)	8	8	100.00
เฉลี่ย			3.55				93.73

ตารางที่ 24 เปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคของมะละกอ M2 และ M3 ที่คัดเลือกจากพันธุ์ขอนแก่น 80 และปลาวาฬจำนวน 14 สายพันธุ์

สายพันธุ์ M2	จำนวนต้น		เปอร์เซ็นต์ต้านทาน	สายพันธุ์ M3	จำนวนต้น		เปอร์เซ็นต์ต้านทาน
	ทั้งหมด	ต้านทาน			ทั้งหมด	ต้านทาน	
KK80/150-35(4)	22	8	36.36	KK80/150-35(4)-6(1)	7	0	0.00
				KK80/150-35(4)-6(2)	22	0	0.00
				KK80/150-35(4)-7(1)	19	0	0.00
KK80/150-35(5)	25	2	8.00	KK80/150-35(5)-1(1)	10	0	0.00
				KK80/150-35(5)-1(2)	3	0	0.00
				KK80/150-35(5)-1(3)	1	0	0.00
KK80/200-3(1)	42	1	2.38	KK80/200-3(1)-1(1)	28	28	100.00
KK80/200-14(1)	32	1	3.13	KK80/200-14(1)-1(1)	21	21	100.00
				KK80/200-14(1)-1(2)	25	25	100.00
				KK80/200-14(1)-1(3)	31	24	77.42
				KK80/200-14(1)-1(4)	31	25	80.65
WH/100-17(1)	27	9	33.33	WH/100-17(1)-8(1)	9	1	11.11
				WH/100-17(1)-8(2)	20	0	0.00
WH/100-26(2)	38	6	15.79	WH/100-26(2)-5(1)	7	0	0.00
เฉลี่ย			16.50				33.51

ตารางที่ 25 เปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคของมะละกอ M2 และ M3 ที่คัดเลือกจากพันธุ์ปลักไม้ลาย จำนวน 27 สายพันธุ์

สายพันธุ์ M2	จำนวนต้น		เปอร์เซ็นต์ต้านทาน	สายพันธุ์ M3	จำนวนต้น		เปอร์เซ็นต์ต้านทาน
	ทั้งหมด	ต้านทาน			ทั้งหมด	ต้านทาน	
PL/0-2(2)	30	2	6.67	PL/0-2(2)-2(1)	31	0	0.00
PL/0-2(3)	42	6	14.29	PL/0-2(3)-5(1)	14	0	0.00
				PL/0-2(3)-6(1)	71	2	2.82
				PL/0-2(3)-6(2)	74	2	2.70
PL/100-16(1)	23	1	4.35	PL/100-16(1)-1(1)	24	21	87.50
				PL/100-16(1)-1(2)	27	24	88.89
				PL/100-16(1)-1(3)	31	26	83.87
				PL/100-16(1)-1(4)	27	16	59.26
				PL/100-16(1)-1(5)	24	11	45.83
PL/150-2(1)	39	4	10.26	PL/150-2(1)-2(1)	24	23	95.83
				PL/150-2(1)-2(2)	12	12	100.00
				PL/150-2(1)-2(3)	27	27	100.00
				PL/150-2(1)-2(4)	23	22	95.65
				PL/150-2(1)-3(1)	3	3	100.00
				PL/150-2(1)-3(2)	20	20	100.00
				PL/150-2(1)-3(3)	29	29	100.00
PL/150-2(2)	37	2	5.41	PL/150-2(2)-1(1)	26	26	100.00
				PL/150-2(2)-2(1)	20	20	100.00
PL/150-3(3)	32	1	3.13	PL/150-3(3)-1(1)	11	0	0.00
				PL/150-3(3)-1(2)	68	1	1.47
PL/150-9(1)	47	2	4.26	PL/150-9(1)-1(1)	24	22	91.67
				PL/150-9(1)-2(1)	25	25	100.00
				PL/150-9(1)-2(2)	30	29	96.67
				PL/150-9(1)-2(3)	33	33	100.00
PL/150-19(2)	16	3	18.75	PL/150-19(2)-1(1)	55	3	5.45
PL/150-19(3)	25	3	12.00	PL/150-19(3)-3(1)	32	0	0.00
				PL/150-19(3)-3(2)	31	0	0.00
เฉลี่ย			8.79				61.39

การปรับปรุงพันธุ์พืชสวนด้วยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ มีการดำเนินการในพืชต่างๆไม่น้อยกว่า 16 ชนิด ทำให้เกิดความหลากหลายของยีนที่น่าสนใจมากกว่า 100 ยีน (Dayton Wilde *et al.*, 2012) ส่วนการปรับปรุงพันธุ์ให้ต้านทานต่อไวรัสด้วยการชักนำให้กลายพันธุ์ พบว่า ประสบความสำเร็จในกระเจี๊ยบเขียว (Phadvibulya *et al*, 2009) พริก (Ibiza *et al.*, 2010) มะเขือเทศ (Peiris *et al.*, 2009) และมะละกอ (สิริวิภา และคณะ, 2537) เป็นต้น โดยทั่วไปการกลายพันธุ์ของพืชจากการชักนำทางฟิสิกส์หรือเคมี (Physically or chemically induced mutations) เกิดขึ้นแบบสุ่มทั้งกลุ่มยีนหรือยีน ซึ่งยีนที่กลายพันธุ์เหล่านี้จะเป็นแหล่งพันธุกรรมสำคัญที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งในการใช้วิธีฉายรังสีให้กลายพันธุ์ยีนที่กลายพันธุ์ส่วนใหญ่จะเป็นยีนด้อย 90–100 เปอร์เซ็นต์ และยีนเด่นราว 0–6 เปอร์เซ็นต์ (Forstera and Shub, 2012)

ลักษณะต้านทานต่อไวรัสจุดวงแหวนมะละกอชนิด P (PRSV-P) ซึ่งเป็นไวรัสที่พบและทำลายมะละกออย่างกว้างขวางในมะละกอป่า *Vasconcellea pubescens* (*Carica pubescens*) และ *V. quercifolia* (*Carica quercifolia*) ถูกควบคุมด้วยยีนเด่น แต่อาจมีความแตกต่างกันที่จำนวนยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานดังกล่าว โดยใน *V. pubescens* มีรายงานว่าถูกควบคุมด้วยยีนเด่น 1 ยีน (single dominant gene) แต่ใน *V. quercifolia* อาจถูกควบคุมด้วยยีนเด่นเพียง 1 ยีน หรือประกอบด้วยยีนจำนวนมาก (multiple genes) (Alamery and Drew, 2014)

กลไกความต้านทานต่อการระบาดของไวรัสในพืชมีการจำแนกไว้ดังนี้ ต้านทานต่อแมลงพาหะที่ถ่ายทอดโรคหรือพืชมีความสามารถติดเชื้อไวรัสต่ำ พืชมีภูมิคุ้มกันโรค (immunity) ต้านทานต่อการเคลื่อนย้ายของไวรัสระหว่างเซลล์ ต้านทานต่อการเคลื่อนย้ายไวรัสภายในต้นพืช ต้านทานต่อการเพิ่มจำนวนไวรัสในพืช และต้านทานต่อการเพิ่มจำนวนหรือลดความสามารถของไวรัสในแมลงพาหะ (Lecoq *et al.*, 2004) ดังนั้นความต้านทานต่อโรคของพืชจึงมีหลายระดับแตกต่างกัน สำหรับความต้านทานโรคในระดับแปลง (field resistance) พืชที่รับเชื้อโรคจะไม่แสดงอาการหรือเกิดโรคช้าในแปลงทดลอง จึงมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ตามปกติ (Schlegel, 2010) ในกรณีของไวรัสพืชอาจติดเชื้อไวรัสแต่ไม่มีการเพิ่มจำนวนหรือถูกจำกัดการแพร่ขยายของเชื้อไวรัส (Hull, 2002)

ในมะละกอซึ่งเป็นพืชที่มีอายุหลายปี เมื่อปลูกในแปลงที่มีการระบาดของโรคจุดวงแหวนมะละกอ จะมีโอกาสรับการถ่ายทอดเชื้อโรคดังกล่าวตลอดเวลาระหว่างที่ปลูก ต้นคัดเลือกที่ไม่ติดเชื้อจากการปลูกเชื้อด้วยวิธีกลจึงเกิดโรคขึ้นในภายหลังที่ปลูกในแปลงทดลอง และมีระดับความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน ส่วนในมะละกอที่ไม่แสดงอาการของโรค การติดหรือไม่ติดเชื้อไวรัสระหว่างปลูกไม่สามารถยืนยันได้จากอาการของโรคที่ปรากฏเพียงอย่างเดียวได้ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมการเกิดโรคในสภาพแปลงธรรมชาติ จึงอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่จะทำให้สายพันธุ์กลายที่คัดเลือกแสดงอาการอ่อนแอในชั่วต่อมา

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การฉายรังสีแกมม่าให้เมล็ดมะละกอ 5 พันธุ์ ได้แก่ แขกดำ-ศรีสะเกษ แขกดำ-ดำเนิน ขอนแก่น 80 ปลักไม้ลาย (ฮอลแลนด์) และปลาวาฬ ทำให้เมล็ดเกิดการกลายพันธุ์และสามารถคัดเลือกพันธุ์มะละกอให้ต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอได้ โดยสายพันธุ์มะละกอที่คัดเลือกมีความต้านทานต่อโรคเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นในแต่ละครั้งของการคัดเลือก มะละกอ M3 ที่คัดเลือกจำนวน 90 สายพันธุ์ส่วนใหญ่มีความต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากพันธุ์กลายของมะละกอที่ฉายรังสีแกมมาอัตรา 100 และ 150 เกรย์มากที่สุด คัดเลือกจากมะละกอพันธุ์แขกดำ-ศรีสะเกษ ปลักไม้ลาย แขกดำ-ดำเนิน ขอนแก่น 80 และปลาวาฬจำนวน 35, 27, 14, 11 และ 3 สายพันธุ์ตามลำดับ ต้นที่ไม่แสดงอาการของโรคและไม่พบการติดเชื้อไวรัสได้ถูกนำไปปลูกในแปลงทดลอง เพื่อคัดเลือกซ้ำและผสมตัวเอง ก่อนเก็บเมล็ดพันธุ์ไปปลูกคัดเลือกในชั่ว M4 ต่อไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ปลูกคัดเลือกต่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีความคงตัวของลักษณะต้านทานต่อโรคจุดวงแหวนมะละกอ

11. เอกสารอ้างอิง

นงลักษณ์ ศรินทุ ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล วิไล ปราสาทศรี และ เดนนิส กอนซาลเวส. 2540. การผลิตพันธ์มะละกอต้านทานไวรัสจุดวงแหวนโดยวิธีพันธุวิศวกรรม. น. 7 ใน การประชุมสัมมนาวิชาการมะละกอ 2-4 กรกฎาคม 2540 โรงแรมเจริญธานี ปริ๊นเซส จ.ขอนแก่น. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

วไลลักษณ์ แพทย์วิบูล วิชัย ภูริปัญญวานิช เครือพันธุ์ กิตติปกรณ์ อำนวย อรรถลังรอง. 2544. การปรับปรุงพันธุ์กระเจี๊ยบเขียวห้าเหลี่ยมให้ต้านทานโรคเส้นใบเหลืองโดยใช้รัวสีแกมมา. น. 53-62 ใน รายงานการประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 8 เรื่อง รังสีกับชีวิต, 20-21 มิถุนายน 2544 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และ สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ

วิไล ปราสาทศรี แววจักร กองพลพรหม Dennis Gonsalves สมศักดิ์ วิชัยนันท์ Carol Gonsalves อาทิตย์ ฟุ้งเกียรติไพบูลย์ สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ เกษมศักดิ์ ผลากร ปรีชา เชยชุ่ม 2540. การพัฒนาพันธุ์มะละกอทนทานโรคจุดวงแหวนมะละกอ. น. 30-43 ใน การประชุมสัมมนาวิชาการมะละกอ 2-4 กรกฎาคม 2540 โรงแรมเจริญธานี ปริ๊นเซส จ.ขอนแก่น. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

วิไล ปราสาทศรี อุดม คำชา เฉลิมชัย ปราสาทศรี รัชนี ศิริยาน สุวิทย์ ชัยเกียรติยศ ประหยัด ยุพิน และ Gonsalves, D. 2552. ขอนแก่น 80 มะละกอผลเล็กเพื่อกินสุกและส่งออก. รายงานการวิจัยของศูนย์บริการด้านพืชและปัจจัยการผลิตขอนแก่น. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร. 16 น.

สิริวิภา สัจจพงษ์ วไลลักษณ์ แพทย์วิบูลย์ อุทัย นพคุณวงศ์ และชูศักดิ์ สัจจพงษ์. 2557. การใช้รังสีแกมมาเพื่อปรับปรุงพันธุ์มะละกอทนทานโรคจุดวงแหวน. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีครั้งที่ 5. สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ. C 64-74 น.

Alamery, S. and Drew, R. (2014). Studies on the genetics of PRSV-P resistance gene in intergeneric hybrids between *Carica papaya* and *Vasconcellea quercifolia*. Acta Hortic. 1022, 55-61.

Dayton Wilde, H., Y. Chen, P. Jiang. and A. Bhattacharya. 2012. Targeted mutation breeding of horticultural plants. Emir. J. Food Agric. 2012. 24 (1): 31-41

Fitch, Maureen M. M. 2010. Papaya ringspot virus (PRSV) coat protein gene virus resistance in papaya update on progress worldwide. Transgenic Plant Journal 4 (Special Issue 1), 16-28.

Forstera, B.P. and Q.Y.Shub. 2012. Plant Mutagenesis in Crop Improvement: Basic Terms and Applications. page 9-20. In: Plant Mutation Breeding and Biotechnology. Q.Y. Shu, B.P.Forster and H. Nakagawa (eds). CAB International and FAO.

Hull, R. 2002. Matthews' Plant Virology, 4th edition. Academic Press, San Diego, CA. 1001 p.

Ibiza, V. P., J. Cañizares, F. Nuez. 2010. EcoTILLING in Capsicum species: searching for new virus resistances. BMC Genomics 11:631, 25 p. available at : http://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-11-631

Kang, B.C., I. Yeam and M. M. Jahn. 2005. Gentics of plant virus resistance. Annual Review of Phytopathology. Vol. 43: 581-621

Khetarpal, R.K., B.Maisonneuve, Y. Maury, B. Chalhoub, S. Dinant, H. Lecoq and A. Varma. 1998. Breeding for resistance to plant viruses. page 14-32. In: Plant Virus Disease Control. Hadidi, A., R.K.Khetarpal and H. Koganezawa. (eds) The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota USA

Lecoq, H., B.Moury, C. Desbiez, A. Palloix and M. Pitrat. 2004. Durable virus resistancein plants through conventional approaches: achallenge. Virus Res. 100: 31–39

Manshardt, R., Lius, S., Sondur, S., Wenslaff, T., Fitch, M., Sanford, J., Zee, F., Gonsalves, D., Stiles, J., Ferreira, S. and Slightom, J.L. 1995. Papaya breeding for PRV resistance. Acta Hort. (ISHS) 370:27-32.

Peiris, R., T. K. Wickramasinghe and S. P. Indrasena. 2009. M 127 - A Promising Tomato Variety Developed hrough Induced Mutation Technique. page 379-380. In: Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Q.Y. Shu (ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Phadvibulya, V., K. Boonsirichai, A. Adthalungrong and W. Srithongchai. 2009. Selection for Resistance to Yellow Vein Mosaic Virus Disease of Okra by Induced Mutation. page 349-351. In: Induced Plant Mutations in the Genomics Era. Q.Y. Shu (ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Schlegel, Rolf H. J. 2010. Dictionary of Plant Breeding 2nd edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. 584 p.

ภาคผนวก 1 : ขั้นตอนการปลูกเชื้อโรคจุดวงแหวนมะละกอและการตรวจสอบการติดเชื้อไวรัสด้วยวิธี ELISA

<u>ขั้นตอนการปลูกเชื้อ PRSV-SSK ให้มะละกอ</u>

1. เพิ่มปริมาณเชื้อตั้งต้น PRSV-SSK (Stock) ในมะละกอพันธุ์แขกดำ
2. เพาะเมล็ดมะละกอสายพันธุ์ต่างๆที่ต้องการทดสอบจำนวน ~๓๐ ต้น (ถุงละ 3 ต้น)
3. บดใบมะละกอที่ติดเชื้อจากต้นมะละกอที่เป็นโรค ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.1 KPB pH 7.2 ในโกร่งและที่บดซึ่งแช่เย็น ใส่ผง Celite (ช่วยสร้างบาดแผล) ในน้ำคั้นผสมให้เข้ากัน
4. ปลูกเชื้อลงบนใบมะละกอที่ต้องการทดสอบ โดยใช้นิ้วจุ่มลงในน้ำคั้น แล้วค่อยๆลูบลงบนใบให้ทั่วทุกใบของมะละกอที่ทดสอบ และปลูกเชื้อซ้ำในต้นที่ไม่แสดงอาการหลังปลูกเชื้อครั้งแรก 7 วัน
5. ตรวจสอบการเกิดโรคระหว่างอายุ 12-60 วันหลังปลูกเชื้อ
   ตัดต้นที่เป็นโรคทิ้งแล้วเก็บใบมะละกอต้นที่ไม่เป็นโรคมาตรวจสอบการติดเชื้อไวรัสด้วยวิธี ELISA

<u>ขั้นตอนการทดสอบ ELISA</u>

1. บดใบมะละกอใน Coating buffer (1:10)
2. หยอดน้ำคั้นใบพืชใน เพลททดสอบ หลุมละ ๑๐๐ ไมโครลิตร บ่มที่ ๓๗ องศาเซลเซียส ๑ ชั่วโมง
3. ระหว่างนั้นบดใบมะละกอปกติใน conjugate buffer (1:20) กรองด้วยผ้าขาวบาง นำเฉพาะส่วนใสมาเจือจางกับ antiserum (1:1000) เรียกว่า cross absorb เพื่อลด background ให้กับผลการทดสอบ บ่มที่ ๓๗ องศาเซลเซียส ๑ ชั่วโมง
4. ล้างเพลทด้วย 1X PBS-T จำนวน 3 ครั้งๆละ ๓ นาที
5. หยอด antiserum ที่ทำ cross absorb ไว้หลุมละ ๑๐๐ ไมโครลิตร
   บ่มที่ ๓๗ องศาเซลเซียส ๑ ชั่วโมง
6. ล้างเพลทด้วย 1X PBS-T จำนวน 3 ครั้งๆละ ๓ นาที
7. หยอด GAR ซึ่งเจือจางด้วย conjugate buffer 1:2000 หลุมละ ๑๐๐ ไมโครลิตร
   บ่มที่ ๓๗ องศาเซลเซียส ๑ ชั่วโมง
8. ล้างเพลทด้วย 1X PBS-T 3 ครั้งๆละ ๓ นาที
9. หยอด substarte (1 เม็ด : substarte buffer 10 มิลลิลิตร) และอ่านผลด้วยเครื่องอ่าน ELISA (RLISA Reader)

ภาคผนวก 2 : การประเมินอาการเป็นโรคจุดวงแหวนมะละกอ ดัดแปลงตามวิธีของ วิไล และคณะ (2552)

ระดับอาการของโรคจุดวงแหวนมะละกอมี 5 ระดับ ได้แก่

ระดับ 0 = มะละกอไม่แสดงอาการของโรคจุดวงแหวน มีความต้านทานโรคดีมาก

ระดับ 1 = มะละกอมีอาการใบเหลืองด่างน้อยมาก 1-25% ของพื้นที่ใบ
มีอาการจุดวงแหวนที่ผลไม่ชัดเจน
ไม่มีรอยช้ำหรือรอยขีดที่ก้านใบและลำต้น มีความต้านทานโรคดี

ระดับ 2 = มะละกอมีอาการใบเหลืองด่างปานกลาง 26-50% ของพื้นที่ใบ
มีอาการจุดวงแหวนที่ผลเล็กน้อย ผิวผลเรียบ
ไม่มีหรือมีรอยช้ำหรือขีดที่ก้านใบเล็กน้อย มีความต้านทานโรคดีปานกลาง

ระดับ 3 = มะละกอมีอาการใบเหลืองด่างชัดเจน 51-75% ของพื้นที่ใบ
มีอาการจุดวงแหวนที่ผลชัดเจนทั่วทั้งผล
มีรอยช้ำหรือขีดที่ก้านใบและลำต้น มีความต้านทานโรคน้อย

ระดับ 4 = มะละกอมีอาการใบเหลืองด่างรุนแรง 75-100% ใบกรอบ ใบบิดเบี้ยว หรือใบลดรูป
มีอาการจุดวงแหวนที่ผลชัดเจนทั่วทั้งผล แผลบุบจนตกสะเก็ด รูปทรงผลบิดเบี้ยว ผิวหยาบ เนื้อเป็นไตมีรสขม ไม่ต้านทานโรค