

การประเมินความต้านทานของโรคใบด่างในมันสำปะหลัง^{1/}

Evaluation of Cassava Resistance to Cassava Mosaic Disease (CMD)^{1/}

ผู้ทำสัมมนา

นางสาวเบญจวรรณ เวรรณะ^{2/}

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สุพัตรา คำเรียง^{3/}

บทคัดย่อ

การประเมินความต้านทานของโรคใบด่างในมันสำปะหลัง พบว่า พันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีความต้านทานแตกต่างกัน แมลงหี้ยขาวไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ว่าพันธุ์นั้นจะเป็นโรคเสมอไป อาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง การเคลื่อนย้ายท่อนพันธุ์ และการเลือกใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไม่สะอาด ส่งผลต่อความรุนแรงของโรคใบด่างมันสำปะหลัง จึงต้องมีการเขตรกรรมที่ดีและใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากโรค และการศึกษาสายพันธุ์มันสำปะหลังที่นำเข้ามาจากประเทศไนจีเรีย 5 สายพันธุ์ ต่อเชื้อสาเหตุโรคใบด่างที่ได้รับการปลูกเชื้อด้วยวิธีการเสียบยอด และประเมินระดับ ความต้านทานโรคในสัปดาห์ที่ 8 หลังการปลูกเชื้อพบว่า การประเมินโดยตรงด้วยค่าเฉลี่ยความรุนแรง ของโรคหรือคำนวณค่าดัชนีการเกิดโรคให้ผลสอดคล้องกัน โดยที่พันธุ์ควบคุมแบบต้านทาน C33 จัดว่าเป็นพันธุ์ ต้านทาน ส่วนพันธุ์ควบคุมแบบต้านทาน TME3 และทั้ง 5 พันธุ์จากไนจีเรีย จัดเป็นพันธุ์อ่อนแอ ในการประเมินความต้านทานโดยการทดสอบท่อนพันธุ์ และมีวิธีการจัดการโรคโดยการสำรวจและกำจัดต้นที่เป็นโรคทุกเดือน ทำให้เกิดโรคน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 0.49 รองลงมาคือการจัดการโรคที่มีสำรวจและกำจัดต้นเป็นโรคในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน ทำให้เกิดโรคในระดับปานกลาง เมื่อตรวจความรุนแรงของโรคประเมินด้วยเทคนิคชีวโมเลกุลและการประเมินโรคด้วยตาเปล่า เพื่อศึกษาอัตราการเกิดโรค พบว่า การตรวจสอบโรคด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction มีอัตราการเกิดโรคสูง และตรวจพบเชื้อไวรัสได้มากกว่าการประเมินโรคด้วยตาเปล่า แสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังมีการติดเชื้อไวรัสแต่ไม่แสดงอาการ และวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ X-shape sampling และ Q sampling ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ชี้ให้เห็นว่า วิธีการประเมินโรควิธี X-shape sampling และ Q sampling อาจเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด แต่การสำรวจแปลงปลูกบ่อย ๆ เป็นอีกวิธีที่จะทำให้การเกิดโรคลดลง

คำสำคัญ: โรคใบด่างมันสำปะหลัง; มันสำปะหลัง; ประเมินความต้านทาน; เทคนิค Polymerase chain reaction

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย มีส่วนแบ่งในตลาดโลก ประมาณ 67 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 31 ล้านตันต่อปีโดยประมาณ ซึ่งสร้างรายได้ให้แก่ประเทศเป็นมูลค่า 79 ล้านบาทในปัจจุบัน อุตสาหกรรมการผลิตมันสำปะหลังของประเทศกำลังเข้าสู่ระยะวิกฤตจากสภาวะการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิต 40–100 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงอายุของมันสำปะหลังที่ติดเชื้อไวรัส (Office of Agricultural Economics, 2020)

โรคใบด่างมันสำปะหลัง (Cassava mosaic disease, CMD) รายงานพบการระบาดในประเทศไทยครั้งแรกในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ในพื้นที่จังหวัดที่มีเขตติดต่อกับประเทศกัมพูชา ได้แก่ ศรีสะเกษ สุรินทร์ บุรีรัมย์ อุบลราชธานี สระแก้ว นครราชสีมา และปราจีนบุรี รวมทั้งหมด 7 จังหวัด จำนวน 179 ตำบล และกรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินการทำลายพื้นที่การระบาดทั้งหมดด้วยวิธีการฝังกลบ (FAO, 2019) การตรวจพบโรคในช่วงเวลาดังกล่าวจัดว่าเป็นครั้งแรกในการรายงานการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง และถูกจัดเป็นโรคอุบัติใหม่ (Emerging disease) ในประเทศไทย ข้อมูลพื้นที่การระบาดเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 รายงานโดยกรมส่งเสริมการเกษตร พบพื้นที่ระบาดประมาณ 320,000 ไร่ ครอบคลุม 17 จังหวัด ซึ่งจังหวัดนครราชสีมาเป็นพื้นที่ระบาดสูงสุด 250,000 ไร่ คิดเป็น 78 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ระบาดทั้งหมด จังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมด 1.6 ล้านไร่ และเป็นแหล่งในการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศ ไทย (Office of Agricultural Economics, 2020)

ปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้การระบาดของโรคในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คือ การเคลื่อนย้ายท่อนพันธุ์ การขาดแคลนท่อนพันธุ์สะอาด และการระบาดของแมลงหิวข้าว เกษตรกรมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เก็บท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคไว้ปลูกในฤดูกาลต่อไป รวมทั้งซื้อท่อนพันธุ์ที่ไม่ทราบแหล่งที่มา ซึ่งส่งผลให้โรคระบาดอย่างรวดเร็ว ไม่สามารถควบคุมได้ งานวิจัยนี้มีจุดเริ่มต้นจากปัญหาการระบาดของโรคที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่เป็นโรคและการระบาดของแมลงหิวข้าว สัมมนานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้านทานของโรคใบด่างในมันสำปะหลัง และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการการแพร่ระบาดของเชื้อและควบคุมโรคได้ (วันวิสา และคณะ 2563)

ความสำคัญโรคใบด่างมันสำปะหลัง

โรคใบด่างมันสำปะหลัง (Cassava mosaic disease; CMD) พบการระบาดครั้งแรกในประเทศไทยในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 แถบจังหวัดที่มีชายแดนติดต่อกับราชอาณาจักรกัมพูชา และแหล่งปลูกมันสำปะหลังสำคัญของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดบุรีรัมย์ ศรีสะเกษ สระแก้ว สุรินทร์ อุบลราชธานี นครราชสีมา และปราจีนบุรี (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019) โรคใบด่างมันสำปะหลัง หรือ cassava mosaic disease (CMD) มีสาเหตุจากเชื้อไวรัส Cassava mosaic virus เป็นสมาชิกของสกุล Begomovirus วงศ์ Geminiviridae (Brown *et*

al, 2015) African cassava mosaic virus (ACMV) เป็นสายพันธุ์ที่พบครั้งแรกในทวีปแอฟริกา (Warburg, 1894) ปัจจุบันเชื้อไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคใบด่างมันสำปะหลังมี 11 สายพันธุ์ ที่พบการระบาดในแถบทวีปแอฟริกาและเอเชีย สายพันธุ์ Sri Lankan cassava mosaic virus (SLCMV) พบระบาดในประเทศไทย ราชอาณาจักรกัมพูชา สาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม และสาธารณรัฐประชาชนจีน (Wang *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2020; Siriwan *et al.*, 2020) โรคใบด่างมันสำปะหลังสามารถถ่ายทอดผ่านทางแมลงหวี่ขาวยาสูบ (Whitefly; *Bemisia tabaci* (Gennadius) Hemiptera: Aleyrodidae) และท่อนพันธุ์ที่เป็นโรค (Dubern, 1994; Tokunaga *et al.*, 2018) จากรายงานพบว่า แมลงหวี่ขาวสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอาศัยแรงลมในอัตรา 100 กิโลเมตรต่อปี หรือ 0.2 เมตรต่อวินาที ในพื้นที่โล่งหรือทะเลทราย (Legg, 2010) การแพร่กระจายของโรคสามารถเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและเป็นบริเวณกว้าง ด้วยเหตุนี้โรคใบด่างมันสำปะหลังเป็น 1 ใน 10 ของโรคพืชที่อันตรายที่สุด (Rybicki, 2015) ลักษณะอาการทั่วไปของโรค คือ ใบด่าง ใบเสียรูปทรง ลดรูป ใบยอดที่แตกใหม่จะมีอาการด่าง และลำต้นแคระแกร็น ในกรณีที่ติดเชื้อจากการใช้ท่อนพันธุ์ที่เป็นโรคปลูกจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตช้าและการสะสมของหัวมันสำปะหลังลดลง (Legg *et al.*, 2006) วิธีการควบคุมโรคใบด่างมันสำปะหลังที่มีประสิทธิภาพสูงคือการใช้พันธุ์ต้านทาน (Disease resistance cultivars) (Thresh and Cooter, 2005) แต่อย่างไรก็ดี การพัฒนาพันธุ์ต้านทานที่ต้านทานโรคและให้ผลผลิตสูงตามความต้องการของเกษตรกรจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการพัฒนา ปัญหาการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวของทุกฤดูกาลเพาะปลูกเกิดจากการขาดแคลนท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่สะอาดไปใช้ปลูกทดแทนในพื้นที่ระบาด การใช้ท่อนพันธุ์สะอาดเป็นวิธีการจัดการโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัส โดยเฉพาะโรคใบด่างมันสำปะหลัง จากรายงานพบว่าประเทศที่มีการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลังที่มีโครงการการใช้ท่อนพันธุ์สะอาดและลดอัตราการผลิตโรคลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ประเทศแทนซาเนีย (Storey, 1936; Childs, 1957) ยูกันดา (Jameson, 1964; Otim-Nape *et al.*, 1998; 2000) เคนยา และไอวอรีโคสต์ (Fauquet *et al.*, 1988)

การแพร่ระบาดของโรคใบด่าง

แมลงพาหะ

Monique *et al.* (2021) ได้ศึกษาความต้านทานของพันธุ์มันสำปะหลังต่อแมลงหวี่ขาวและโรคใบด่าง พบว่าพันธุ์ที่มีความต้านทานสูงคือพันธุ์ TMS 30572, TMS 4(2)1425, TMS 91/02312, TMS 92/0067, TMS 92/0325, TMS 92/0427, TMS 94/0270, Boborola ส่วนพันธุ์ที่มีความต้านทานปานกลางคือพันธุ์ Nouhao, Santidougou และพันธุ์ที่อ่อนแอคือพันธุ์ Local varieties ดังนั้นความต้านทานของพันธุ์มันสำปะหลังหลายพันธุ์ต่อแมลงหวี่ขาวและโรคใบด่าง พบว่า พันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีความต้านทานแตกต่างกันไป แมลงหวี่ขาวไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ว่าพันธุ์นั้นจะเป็นโรคเสมอไป อาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวนเฉลี่ยของแมลงหวี่ขาว ความรุนแรงของโรค การเกิดโรค และความต้านทานของพันธุ์มันสำปะหลัง

Varieties	WN	SEV	INC	RS
TMS 30572	1.9abc	1.00c	0.00a	HR
TMS 4(2)1425	0.9ef	1.00c	0.00a	HR
TMS 91/02312	1.5cd	1.00c	0.00a	HR
TMS 92/0067	1.1de	1.00c	0.00a	HR
TMS 92/0325	1.2de	1.00c	0.03a	HR
TMS 92/0427	2.1ab	1.00c	0.00a	HR
TMS 94/0270	1.6bcd	1.00c	0.00a	HR
Boborola	0.5f	1.00c	0.00a	HR
Nouhao	0.7ef	1.02c	0.97a	R
Santidougou	2.4a	1.49b	26.3c	R
Local varieties	1.8bc	2.54a	91.6b	S
Mean	1.5	1.4	24.5	
p-value	***	***	***	

หมายเหตุ: WN = เฉลี่ยจำนวนแมลงหวี่ขาวต่อต้น, SEV = เฉลี่ยคะแนนความรุนแรงของ CMD, INC = การเกิดของ CMD (%), RS = สถานะความต้านทาน, HR = ต้านทานสูง, R = ต้านทานปานกลาง, S = อ่อนแอ, *** = $p < 0.001$

ที่มา: Monique *et al.* (2021)

จำนวนแมลงหวี่ขาวและความรุนแรงของโรคใบด่างมันสำปะหลัง (CMD) ในพันธุ์มันสำปะหลังแต่ละสถานที่ที่แตกต่างกัน 3 สถานที่คือ Leo, Gourpouo และ Savili จำนวนแมลงหวี่ขาวมีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรคใบด่างมันสำปะหลัง (CMD) และถ้าค่า WN, SEV, INC ต่ำ แสดงว่ามีความต้านทานต่อแมลงหวี่ขาวได้ดี พันธุ์ที่มีจำนวนแมลงหวี่ขาวสูงและค่า WN, SEV, INC สูงมักจะมีความรุนแรงของโรคสูงตามไปด้วย พันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีความต้านทานต่อโรคโรคใบด่างมันสำปะหลัง (CMD) แตกต่างกันพันธุ์ Local varieties มีจำนวนแมลงหวี่ขาวและความรุนแรงของโรคสูงสุด ขณะที่พันธุ์ Boborola มีจำนวนแมลงหวี่ขาวและความรุนแรงของโรคต่ำสุดดัชนีการเกิดโรคแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ Local varieties มีโอกาสเกิดโรคสูงสุด ขณะที่พันธุ์ Boborola มีโอกาสเกิดโรคต่ำสุด ดังนั้นจำนวนแมลงหวี่ขาวเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความรุนแรงของโรคใบด่างมันสำปะหลัง การเลือกพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง จะช่วยลดความเสียหายจากโรคนี้ได้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนแมลงหริ่งขาวต่อความรุนแรงของโรคใบขาวมันสำปะหลัง(CMD) และการเกิดโรคของพันธุ์มันสำปะหลัง 3 สถานที่คือ เลโอ, กูร์บูโอ และซาวิลี

Varieties	Leo			Gourpouo			Savili		
	WN	SEV	INC	WN	SEV	INC	WN	SEV	INC
TMS 30572	1.4 ^{de}	1.00 ^c	0.0 ^a	2.8 ^a	1.00 ^c	0.0 ^a	1.4 ^a	1.00 ^c	0.0 ^a
TMS4(2)1425	1.2 ^{def}	1.00 ^c	0.0 ^a	1.0 ^{cd}	1.00 ^c	0.0 ^a	0.4 ^b	1.00 ^c	0.0 ^a
TMS91/02312	2.7 ^{be}	1.00 ^c	0.0 ^a	1.2 ^{cd}	1.00 ^c	0.0 ^a	0.5 ^b	1.00 ^c	0.0 ^a
TMS 92/0067	1.7 ^d	1.00 ^c	0.0 ^a	1.2 ^{cd}	1.00 ^c	0.0 ^a	0.5 ^b	1.00 ^c	0.0 ^a
TMS 92/0325	2.1 ^{cd}	1.00 ^c	0.0 ^a	0.6 ^b	1.00 ^c	0.0 ^a	0.6 ^b	1.00 ^c	0.0 ^a
TMS 92/0427	3.3 ^b	1.00 ^c	0.0 ^a	2.0 ^{ab}	1.00 ^c	0.0 ^a	0.7 ^b	1.00 ^c	0.0 ^a
TMS 94/0270	2.8 ^{bc}	1.00 ^c	0.0 ^a	1.1 ^{cd}	1.00 ^c	0.0 ^a	0.7 ^b	1.00 ^c	0.0 ^a
Boborola	0.3 ^f	1.00 ^c	0.0 ^a	0.7 ^{cd}	1.00 ^c	0.0 ^a	0.3 ^b	1.00 ^c	0.0 ^a
Nouhao	0.7 ^{ef}	1.00 ^c	0.0 ^a	1.1 ^{cd}	1.03 ^c	2.8 ^a	0.3 ^b	1.02 ^c	1.1 ^a
Santidougou	4.5 ^a	1.39 ^b	22.8 ^b	1.6 ^{cd}	1.48 ^b	26.6 ^c	0.4 ^b	1.68 ^b	31.7 ^c
Localvarieties	3.3 ^b	2.42 ^a	88.5 ^c	1.0 ^{cd}	2.80 ^a	92.8 ^b	0.8 ^b	2.34 ^a	94.5 ^b
Mean	2.3	1.38	31.5	1.2	1.50	35.3	0.6	1.34	30.4

หมายเหตุ: WN = เฉลี่ยจำนวนแมลงหริ่งขาวต่อต้น, SEV = เฉลี่ยคะแนนความรุนแรงของ CMD, INC = การเกิดของ CMD (%)

ที่มา: Monique *et al.* (2021)

ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไม่สะอาด

ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่เก็บจากต้นที่เป็นโรคใบด่างมันสำปะหลังและการเข้าทำลายของแมลงหริ่งขาวยาสูบจะมีการใบด่างและใบหงิก เสียรูปทรง อาการด่างมีหลายแบบ เช่น ด่างเขียวซีด สลับเขียวเข้ม ด่างเหลืองสลับเขียว ใบหงิก หรือ หงิกเหลือง ใบย่อยบิดเบี้ยวหงิกงอ โค้งเสียรูปทรง ใบอ่อนและใบที่เจริญใหม่มีขนาดเล็กลง ยอดหงิก ต้นแคระแกร็น (กรมวิชาการเกษตร, 2563)

เขตกรรม

ทำความสะอาดแปลงและบริเวณรอบ ๆ แปลงเพื่อไม่ให้มีแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงหริ่งขาว ยาสูบ ฝักรูปพิเศษซากพืชที่แตกต่างในแปลง หรือหากพบต้นที่เป็นโรคให้ฝักรูปเป็นหลุมลึก เพื่อไม่ให้ต้นงอกออกมาเป็นแหล่งของไวรัสในแปลงปลูกและการควบคุมด้วยชีววิธีศัตรูธรรมชาติของแมลงหริ่งขาวยาสูบ ได้แก่ แมลงช้างปีกใส ตัวงเต่าตัวห้ำ มวนโอเรียส (*Orius* sp.) และแตนเบียนเอ็นดาเซีย (*Encarsia* sp.) (กรมวิชาการเกษตร, 2561)

การควบคุมการระบาดของโรคใบด่าง

ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด

ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจะต้องตรงตามพันธุ์และไม่มีพันธุ์อื่นปน อายุเก็บเกี่ยว 8-14 เดือนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง บริเวณกึ่งกลาง ของลำต้นไม่น้อยกว่า 2 เซนติเมตรจำนวนอย่างน้อย 7 ตา/ท่อน มีความยาวท่อนละ 20-25 เซนติเมตร เป็นท่อนที่สมบูรณ์ปราศจากการเข้าทำลายของโรคและแมลง ส่วนของตาไม่มีความเสียหายจากสารกำจัดวัชพืชหรือการปฏิบัติทางการเกษตรอื่น ๆ ไม่มี

รอยไหม้จากการตากแดดตัดใหม่สด หรือเก็บรักษาไว้รอปลูก ไม่เกิน 15 วัน (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2566)

เขตกรรม

ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่สะอาดและทนทานต่อโรคใบด่างมันสำปะหลัง สำหรับโรคใบด่างมันสำปะหลังในแปลงปลูก ผลิตท่อนพันธุ์ ทุก 2 สัปดาห์ ระหว่างมันสำปะหลัง อายุ 1-4 เดือน หลังจากนั้น สำหรับโรคใบด่างมันสำปะหลังทุก 1 เดือน ปลูกพืชที่ไม่เป็นพืชอาศัยของแมลงห้ำหาวยาสูบ เช่น ข้าวโพด อ้อย เพื่อเป็นแนวกันชนโดย ให้มีความกว้างไม่น้อยกว่า 5 เมตร รอบแปลงผลิตท่อนพันธุ์สะอาด หากพบต้นเป็นโรคใบด่างมันสำปะหลังให้ถอนทำลายทิ้ง โดยใส่ถุงหรือกระสอบ มัดปากถุงให้แน่นแล้วนำไปตากแดดไม่น้อยกว่า 7 วัน หรือจนกว่าต้นมันสำปะหลังจะตาย หรือฝังกลบในดิน ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน เจ้าหน้าที่จากกรมวิชาการเกษตร ตรวจสอบประเมินการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังและรับรองแปลงผลิตท่อนพันธุ์สะอาด (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2566)

การประเมินความต้านทานโรค

ทดสอบท่อนพันธุ์

ชลธิชา และคณะ (2022) ได้ศึกษา การประเมินอัตราการติดเชื้อและระดับความต้านทานโรคทำการทดสอบภายในโรงเรือน สายพันธุ์มันสำปะหลังที่นำมาทดสอบ ความต้านทานโรคเป็นพันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศ ไนจีเรีย จำนวน 5 สายพันธุ์ พันธุ์ละ 10 กระถาง ได้แก่ พันธุ์ IITA-TMS-IBA 980581, IITA-TMS-IBA 972205, IITA-TMS-IBA 980505, IITA-TMS-IBA 920057 และ TME B419 รวมทั้งปลูก มันสำปะหลังที่ใช้เป็นกรรมวิธีควบคุมพันธุ์ทนทาน ต่อโรคจำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ C33 และ TME 3 ใช้กรรมวิธีควบคุมพันธุ์อ่อนแอ 1 พันธุ์ ได้แก่ CMR43-08-89 ตรวจสอบต้นมันสำปะหลัง ทุกต้นที่จะนำมาเสียบยอดว่าปลอดจากเชื้อ SLCMV ด้วยวิธีพีซีอาร์โดยปลูกเชื้อด้วยวิธีการเสียบยอดโดยประเมินอัตราการติดเชื้อและความรุนแรงของโรคทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ คำนวณอัตราการติดเชื้อ จากสูตร

$$\text{อัตราการติดเชื้อ} = \frac{\text{จำนวนพืชที่เป็นโรค}}{\text{จำนวนพืชทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรค} = \frac{\text{ผลรวมของ (ระดับความรุนแรง} \times \text{จำนวนต้นแต่ละระดับ)}}{\text{จำนวนต้นที่ทดสอบทั้งหมด} \times \text{คะแนนระดับความรุนแรงโรคสูงสุด}} \times 100$$

ความรุนแรงของโรคใบด่างแบ่งเป็น 5 ระดับ ระดับ 1 ไม่แสดงอาการของโรค ระดับ 2 ใบมีอาการด่างเล็กน้อย ใบย่อยเปลี่ยนรูปเล็กน้อย ระดับ 3 ใบมีอาการด่างชัดเจน ใบย่อย 2/3 เปลี่ยนรูป ระดับ 4 ใบด่างรุนแรง ผิดรูปทั้งใบ ใบม้วนหงิกงอ ระดับ 5 ใบแสดงอาการด่างรุนแรง ต้นหดสั้น ยอดหด ใบหงิกงอ เสียรูป

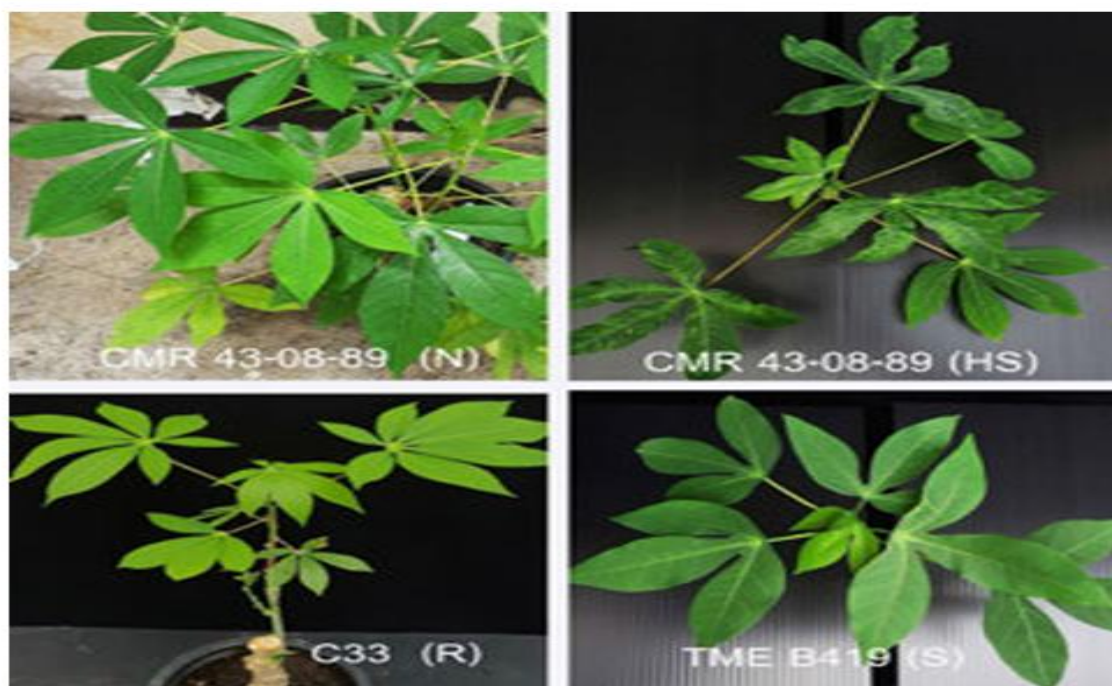


ที่มา: ชลธิชา และคณะ (2022)

ภาพที่ 1 การปลูกเชื้อเทียมบนต้นมันสำปะหลังด้วยเทคนิคการเสียบยอดเพื่อประเมินสายพันธุ์มันสำปะหลังในการต้านทานไวรัสใบมันสำปะหลังศรีลังกา (A) การปลูกต้นตอที่ติดเชื้อ CMR 43-08-89 (B) ต้นมันสำปะหลัง TMS-IBA 972205 ที่นำเข้ามาจากไนจีเรีย งอกใหม่จากระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (C) ต้นตอที่ตัดยอด (D) เสียบกิ่งพันธุ์ลงในต้นตอ (E) ต้นตอที่เสียบยอดสำเร็จ (F) อาการใบมันสำปะหลังในต้นตอที่ติดเชื้อ CMR 43-08-89 ซึ่งใช้เป็นเชื้อก่อโรค

ผลการปลูกเชื้อด้วยการเสียบยอด ในระยะ สัปดาห์แรก พบการเชื่อมติดของเนื้อเยื่อต้นตอกับ ยอดที่นำมาเสียบบนพันธุ์ CMR43-08-89 ที่ใช้ เป็นพันธุ์ควบคุมชนิดอ่อนแอมาก ในสัปดาห์ที่ 2 ตรวจสอบพันธุ์ที่เสียบยอดได้สำเร็จทั้ง 10 ต้น ได้แก่ พันธุ์ C33, CMR43-08-89, TME B419 และ TMS-IBA980581 ส่วนพันธุ์ TME3, TMS-IBA980505, TMS-IBA972205 และ TMS-IBA920057 เสียบยอดติด จำนวน 8, 7, 6 และ 3 ต้น ตามลำดับ ประสิทธิภาพของการเสียบยอด สำเร็จในช่วง 80-100% มีจำนวน 5 พันธุ์จาก 8 พันธุ์ที่ทดลอง ขณะที่พันธุ์ TMS-IBA920057 มีอัตราเสียบยอดติดและ

รอดชีวิตจนสิ้นสุดการทดลองเพียง 30% อาการของต้นที่ได้ รับการเสียบยอดในสัปดาห์ที่ 2 พบว่า ใบอ่อนของ ยอดที่นำมาเสียบเริ่มมีจุดสีซีดประปรายบนใบ ต่อมา ในสัปดาห์ที่ 4, 6 และ 8 อาการต่างรุนแรงเพิ่ม มากขึ้นเป็นระดับ 3-5 ใบหงิกงอ บิดผิดรูป ขอบใบ เว้า ใบมนและปลายใบหด ในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากเสียบยอด ตรวจดูลักษณะอาการโรคบนยอดที่เสียบกับต้นตอเป็นโรคด้วยตาเปล่า และนับจำนวนต้นที่พบอาการ คำนวณอัตราการติดเชื้อและเกิดโรค พบว่าพันธุ์ ควบคุมแบบต้านทาน C33 และ TME3 มีอาการ ระดับ 2 มีอัตราเกิดโรค 50 และ 62.5% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ควบคุมอ่อนแอ CMR 43-08-89 เป็นโรค 80% และ 5 ใน 10 ต้น มีอาการระดับ 4-5 พันธุ์จากไนจีเรีย ได้แก่ TMS-IBA 980581, TME B419, TMS-IBA 980505 และ TMS-IBA 972205 เป็นโรค 88.9, 88.9, 71.4 และ 33.3% ตามลำดับ แต่ความรุนแรงอาการอยู่ในระดับ 1-3 ไม่ พบอาการระดับ 4-5 ส่วนพันธุ์ TMS-IBA 920057 ยังไม่แสดงอาการโรค ต่อมาในสัปดาห์ที่ 8 ตรวจดูอาการบนต้นพืชร่วมกับการตรวจหาเชื้อSLCMV พบแถบตีเอ็นเอฟผลิตจากปฏิกิริยา พีซีอาร์ขนาด 747 คู่เบส ของเชื้อไวรัส SLCMV ในมันสำปะหลังทุกต้นทุกพันธุ์ที่เสียบยอดและ อยู่รอดชีวิต พบทั้งต้นที่แสดงอาการ รุนแรง (ระดับ 4-5) และไม่รุนแรง (ระดับ 1-3) จึงทำให้มีผลของอัตราการติดโรคทุกพันธุ์เป็น 100% ในการทดลองครั้งนี้ (ภาพที่ 1)



ที่มา: ชลธิชา และคณะ (2022)

ภาพที่ 2 การเสียบยอดกิ่งมันสำปะหลังที่มีอาการโรค CMR 43-08-89 (N) เป็นพืชที่ไม่ได้รับการต่อกิ่ง ต้นที่อ่อนแอต่อโรค CMR 43-08-89 (HS) มีอาการใบเป็นโรคใบด่างและผิดรูปอย่าง

รุนแรง ต้นที่ต้านทานโรค C33 (R) มีอาการไม่รุนแรง และต้นที่อ่อนแอต่อโรค TME B419 (S) มีอาการใบผิดปกติอย่างรุนแรง

ลักษณะอาการโรคบนพันธุ์อ่อนแอมาก CMR 43-08-89 ที่ปลูกซื้อด้วยการเสียยอด มีอาการใบต่างรุนแรง ใบบิด ม้วนงอ ใบย่อยหดหรือไม่พัฒนา ใบมีขนาดเล็กลง ส่วนพันธุ์ควบคุม C33 และพันธุ์นำเข้าจาก ประเทศไนจีเรียที่เสียยอด แสดงอาการใบต่าง เพียงเล็กน้อย หรือใบมีจุดสีขีด เหลืองใบผิดปกติ และใบย่อยไม่พัฒนา ใบยอดหดเล็กลง (ภาพที่ 2)

กึ่งกาญจน์ และคณะ (2565) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCBD) โดยวิธีที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธีๆละ 4 ซ้ำ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีการสำรวจและไม่ถอนทำลายต้น ที่เป็นโรคตลอดการเพาะปลูก (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 สำรวจและถอนทำลายต้นที่เป็นโรค เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 2, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน กรรมวิธีที่ 3 สำรวจและถอนทำลายต้นที่เป็นโรค เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 2, 4 และ 7 และ 9 เดือน กรรมวิธีที่ 4 สำรวจและถอนทำลายต้นที่เป็นโรค เมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 2, 4 และ 9 เดือน ผลจากการสำรวจการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคเมื่อต้นมันสำปะหลังมีอายุ 9 เดือน พบว่า การเกิดโรค ใบต่างมันสำปะหลังในแต่ละกรรมวิธี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) โดย กรรมวิธีที่ 1 พบการเกิดโรคสูงที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 11.98 ± 1.35 และกรรมวิธีที่ 2 มีอัตราการเกิดโรคต่ำที่สุด เฉลี่ยร้อยละ 0.49 ± 0.06 ขณะที่ กรรมวิธีที่ 3 และ 4 มี อัตราการเกิดโรคร้อยละ 1.15 ± 0.26 และ 1.68 ± 0.27 ตามลำดับ ความรุนแรงของโรคในแต่ละวิธีไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กรรมวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 มีความรุนแรงของโรคเฉลี่ย 3.18 ± 0.47 , 2.63 ± 0.47 , 3.25 ± 0.28 และ 3.25 ± 0.28 ตามลำดับ กรรมวิธีการจัดการโรคที่ 1 (ไม่มีการสำรวจและกำจัดต้นเป็นโรค) ทำให้เกิดโรคมากที่สุด โดยเฉลี่ยร้อยละ 11.98 กรรมวิธีการจัดการโรคที่ 2 (สำรวจและกำจัดต้นเป็นโรคทุกเดือน) ทำให้เกิดโรคน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 0.49 กรรมวิธีการจัดการโรคที่ 3 และ 4 (สำรวจและกำจัดต้นเป็นโรคในช่วงเวลาต่างๆกัน) ทำให้เกิดโรคในระดับปานกลางความรุนแรงของโรคโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางและสาเหตุหลักมาจากการระบาดของแมลงหิวข้าวซึ่งเป็นพาหะนำโรค (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการประเมินโรคใบด่างมันสำปะหลังด้วยวิธีการ 4 กรรมวิธี

Method	Detail	Number of Infected plants in each month							Disease incidence (%)	Disease severity	Type of infection
		2	4	5	6	7	8	9			
1	Non-survey and non-rouging infected plants during plantation (Control)	-	-	-	-	-	-	1,916	11.98 ± 1.35 ^a	3.18 ± 0.47	Whitefly
2	Survey and rouging infected plants when cassava at 2, 4, 5, 6, 7, 8 and 9 months	93	138	75	42	38	63	78	0.49 ± 0.06 ^c	2.63 ± 0.47	Whitefly
3	Survey and rouging infected plants when cassava at 2, 4, 7 and 9 months	105	158	-	-	121	-	184	1.15 ± 0.26 ^{bc}	3.25 ± 0.28	Whitefly
4	Survey and rouging infected plants when cassava at 2, 4 and 9 months	127	109	-	-	-	-	268	1.68 ± 0.27 ^b	3.25 ± 0.28	Whitefly
P-value		<0.001							0.12		

หมายเหตุ: a,b,c ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามการแก้ไขของ Bonferroni ที่ P < 0.05 (-) ไม่มีการสำรวจ

ที่มา: กิ่งกาญจน์ และคณะ (2565)

ตรวจประเมินด้วยเทคนิคชีวโมเลกุล

กึ่งกายูจน์ และคณะ (2565) การตรวจเชื้อไวรัส SLCMV ด้วยเทคนิค PCR การตรวจสอบเชื้อไวรัส SLCMV ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะต่อยีน AV1 เป็นวิธีการตรวจวินิจฉัยโรคใบด่างมันสำปะหลังที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย ราชอาณาจักรกัมพูชา และสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม (Wang *et al.*, 2016; Minato *et al.*, 2019; Siriwan *et al.*, 2020) เป็นต้น เทคนิค PCR เป็นการตรวจหาลักษณะการติดเชื้อไวรัสแบบแฝง (Latent infection) ซึ่งพืชยังไม่แสดงอาการ (Asymptomatic symptoms) ได้ โดยตรวจสอบเชื้อไวรัสจากตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาจากการประเมินแบบ X-shape sampling และ Q sampling ใน 4 กรรมวิธีผลการตรวจสอบพบว่า กรรมวิธีที่ 1 จากการประเมินแบบ X-shape sampling และ Q sampling ตรวจพบเชื้อไวรัสร้อยละ 15.00 และ 25.00 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีที่ 2, 3 และ 4 จากการประเมินโรคแบบ X-shape sampling และ Q sampling ตรวจพบเชื้อไวรัสต่ำกว่าร้อยละ 10.00 จากอัตราการเกิดโรคที่ตรวจด้วยเทคนิค PCR ในตัวอย่างเดียวกันกับการประเมินโรคด้วยตาเปล่า พบว่า การตรวจสอบโรคด้วยเทคนิค PCR มีอัตราการเกิดโรคสูงกว่าการประเมินโรคด้วยตาเปล่าแสดงให้เห็นว่ามีการติดเชื้อไวรัสแบบไม่แสดงอาการ (Asymptomatic symptoms) ดังนั้นวิธีการตรวจสอบด้วย PCR ตรวจพบเชื้อไวรัสได้มากกว่าการสังเกตด้วยตาเปล่า ผลการทดลองพบว่าการตรวจสอบด้วย PCR ตรวจพบเชื้อไวรัส SLCMV ได้มากกว่าการสังเกตด้วยตาเปล่าซึ่งหมายความว่า มีพืชมันสำปะหลังจำนวนหนึ่งที่ติดเชื้อไวรัสแต่ยังไม่แสดงอาการ (Asymptomatic symptoms) วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ X-shape sampling และ Q sampling ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งให้เห็นว่า การสำรวจและถอนต้นที่เป็นโรคเมื่อต้นมันสำปะหลังมีอายุ 2, 4 และ 9 เดือน และวิธีการประเมินโรควิธี X-shape sampling และ Q sampling อาจเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการเกิดของโรคระหว่างวิธีการสุ่มตัวอย่าง 2 วิธีใน 4 วิธีการ

Method	Detail	Disease incidence(%)		PCR detection(%)	
		X	Q	X	Q
1	Non-survey and non-rouging infected plants during plantation	12.50±2.15a	11.44±1.13a	15.00	25.00
2	Survey and rouging infected plants when cassava at 2, 4, 5, 6, 7, 8 and 9 months	0.83 ± 0.96c	1.50±0.46c	3.30	3.50
3	Survey and rouging infected plants when cassava at 2, 4, 7 and 9 months	2.50±0.96bc	2.63±0.52c	6.60	6.00
4	Survey and rouging infected plants when cassava at 2, 4 and 9 months	5.00±1.36b	3.00±0.54b	8.30	7.50
P-value		<0.001	<0.001		

หมายเหตุ: a, b ค่าเฉลี่ยภายในคอลัมน์ที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามการแก้ไขของ Bonferroni ที่ P< 0.05

ที่มา: กิ่งกาญจน์ และคณะ (2565)

สรุป

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz.) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับ 2 ของโลก ปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้การระบาดของโรคในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คือ การเคลื่อนย้ายท่อนพันธุ์ การขาดแคลนท่อนพันธุ์สะอาด และการระบาดของแมลงหริ่งขาว ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ต้องการประเมินความต้านทานของโรคใบด่างในมันสำปะหลังความต้านทานของพันธุ์มันสำปะหลังต่อแมลงหริ่งขาวและโรคใบด่าง พบว่า พันธุ์มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีความต้านทานแตกต่างกันไป แมลงหริ่งขาวไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ว่าพันธุ์นั้นจะเป็นโรคเสมอไป อาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง แมลงหริ่งขาวเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความรุนแรงของโรคใบด่างในมันสำปะหลัง การเลือกพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคใบด่างในมันสำปะหลัง จะช่วยลดความเสียหายจากโรคนี้ได้ ดังนั้นการเลือกใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังไม่สะอาดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความรุนแรงของโรคใบด่างในมันสำปะหลัง จึงต้องมีการเกษตรกรรมที่ดีและใช้ท่อนพันธุ์ที่ปราศจากโรคและการศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลัง สายพันธุ์ที่นำเข้าจากประเทศไนจีเรีย 5 สายพันธุ์ ต่อเชื้อ SLCMV สาเหตุโรคใบด่างที่ได้รับการปลูกเชื้อด้วยวิธีการเสียบยอด และประเมินระดับ ความต้านทานโรคในสัปดาห์ที่ 8 หลังการปลูกเชื้อพบว่า การประเมินโดยตรงด้วยค่าเฉลี่ยความรุนแรง ของโรคหรือคำนวณค่าดัชนีการเกิดโรค ให้ผลสอดคล้องกันสามารถเลือกใช้ได้ทั้งสองค่า โดยที่พันธุ์ควบคุมแบบต้านทาน C33 จัดว่าเป็นพันธุ์ ต้านทาน (R) ส่วนพันธุ์ควบคุมแบบต้านทาน TME3 และทั้ง 5 พันธุ์จากไนจีเรีย จัดเป็นพันธุ์อ่อนแอ (S) และในการประเมินความต้านทานโดยการทดสอบท่อนพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCBD) โดยวิธีที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 กรรมวิธีๆละ 4 ซ้ำ คือ ใช้กรรมวิธีการจัดการโรคที่ 1 (ไม่มีการสำรวจและกำจัดต้นเป็นโรค) ทำให้เกิดโรคมามากที่สุด โดยเฉลี่ยร้อยละ 11.98 กรรมวิธีการจัดการโรคที่ 2 (สำรวจและกำจัดต้นเป็นโรคทุกเดือน) ทำให้เกิดโรคน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 0.49 กรรมวิธีการจัดการโรคที่ 3 และ 4 (สำรวจและกำจัดต้นเป็นโรคในระยะเวลาต่างๆกัน) ทำให้เกิดโรคในระดับปานกลาง ความรุนแรงของโรค โดยรวมอยู่ในระดับปานกลางและสาเหตุหลักมาจากการระบาดของแมลงหริ่งขาว ซึ่งเป็นพาหะนำโรค ในการศึกษาครั้งนี้อาศัยการตรวจประเมินด้วยเทคนิคชีวโมเลกุลเพื่อศึกษาอัตราการเกิดโรคที่ตรวจด้วยเทคนิค PCR ในตัวอย่างเดียวกันกับการประเมินโรคด้วยตาเปล่า พบว่า การตรวจสอบโรคด้วยเทคนิค PCR มีอัตราการเกิดโรคสูงกว่าการประเมินโรคด้วยตาเปล่าแสดงให้เห็นว่า มีการติดเชื้อไวรัสแบบไม่แสดงอาการ (Asymptomatic symptoms) ดังนั้นวิธีการตรวจสอบด้วย PCR ตรวจพบเชื้อไวรัสได้มากกว่าการสังเกตด้วยตาเปล่า ซึ่งหมายความว่ามีความมันสำปะหลังจำนวนหนึ่งที่ติดเชื้อไวรัสแต่ยังไม่แสดงอาการ (Asymptomatic symptoms) วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ X-shape sampling และ Q sampling ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งให้เห็นว่า การสำรวจและถอนต้นที่เป็นโรคเมื่อต้นมันสำปะหลังมีอายุ 2, 4 และ 9 เดือน และวิธีการประเมินโรควิธี X-shape sampling และ Q sampling อาจเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2561. แผลงหวีขาวยาสูบพาหะโรคใบด่างมันสำปะหลัง. แหล่งที่มา: <https://www.doa.go.th/plprotect/>. สืบค้นเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2567.
- กรมวิชาการเกษตร. 2563. เฝ้าระวังโรคใบด่างมันสำปะหลัง. แหล่งที่มา: <https://www.doa.go.th/fc/rayong/?p=530>. สืบค้นเมื่อ 22 พฤศจิกายน 2567.
- กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2566. มาตรการแก้ไขปัญหาระบาดโรคใบด่างมันสำปะหลัง. แหล่งที่มา: <https://www.doa.go.th/leka/?p=5253>. สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2567.
- กรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2566. การจัดทำแปลงพันธุ์มันสำปะหลังสะอาด. แหล่งที่มา: <https://g.co/about/fechxe>. สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2567.
- กิงกาญจน์ เสาร์คำ, นวลนภา เหมเนียม, จุฑาทิพย์ ถวิลอำพันธ์, สุกัญญา ฤกษ์วรรณ, ศิริกาญจน์ หรรษาวัฒนกุล, ปภาวี พลีพรหม, สมฤทัย เจ้าวงศ์ดี, พรศักดิ์ เอี่ยมนาคะ, ศรีหรรษา มลิจารย์ และ วันวิสา ศิริวรรณ. 2565. การเปรียบเทียบวิธีการผลิตท่อนพันธุ์มันสำปะหลังสะอาดและวิธีการสุมเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจประเมินโรคใบด่างมันสำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 53(1): 61-76.
- ชลธิชา รักใคร่, ธิดาวรรณ ชมเดช, วานิช คำพานิช, พรรณิภา เปี้ยศรี, ดนัย ชัยเรือนแก้ว และ ภูวนารถ มณีโชติ. 2565. การประเมินความต้านทานของพันธุ์มันสำปะหลังที่นำเข้าจากประเทศในจีเรียต่อเชื้อ Sri Lankan Cassava Mosaic Virus สาเหตุโรคใบด่างมันสำปะหลังในสภาพโรงเรือน. วารสารวิชาการเกษตร 40(3): 266-276.
- วันวิสา ศิริวรรณ, นวลนภา เหมเนียม, จุฑาทิพย์ ถวิลอำพันธ์, สุกัญญา ฤกษ์วรรณ, กิงกาญจน์ เสาร์คำ, ศิริกาญจน์ หรรษาวัฒนกุล, ปภาวี พลีพรหม และ เฉลิมพล ภูมิไชย์. 2563. การศึกษาอัตราการเกิดโรคใบด่างมันสำปะหลังในท่อนพันธุ์สะอาด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 51(2):181-191.
- Brown, J.K, F.M. Zerbini, J. Navas-Castillo, Moriones, R. Ramos-Sobrinho, J.C.F. Silva, Fiallo-Olive, R.W. Briddon, C. Hernandez-Zepeda, A. Idris, V.G. Malathi, D.P. Martin, R. Rivera-Bustamante, S. Ueda and A. Varsani. 2015. Revision of Begomovirus taxonomy based on pairwise sequence comparisons. Arch Virol. 160: 1593-1619.
- Childs, A.H.B. 1957. Trials with virus resistant cassavas in Tanga province, Tanganyika. East Afr. Agric. For. J. 23(2): 135-137.
- Dubern, J. 1994. Transmission of African cassava mosaic geminivirus by the whitefly (*Bemisia tabaci*). Trop. Sci. 34(1): 82-91.
- Fauquet, C., D. Fargette and J.C. Thouvernel. 1988. Some aspects of the epidemiology of African cassava mosaic virus in Ivory Coast. Trop. Pest Manag. 34(1): 92-96.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. The current status of Source:<https://www.ippc.int/en/countries/thailand/pestreports/2019/03/the-current-status-of-slcmv-in-thailand/>. Accessed 10 Apr. 2019.
- Jameson, J.D. 1964. Cassava Mosaic Disease in Uganda. East. Afr. Agric. For. J. 29: 208-213.

- Legg, J.P. 2010. Epidemiology of a whitefly-transmitted cassava mosaic geminivirus pandemic in Africa, pp. 233-257. *In* P. Stansly and S. Naranjo, eds. *Bemisia: Bionomics and Management of a Global Pest*. Springer, Dordrecht.
- Legg, J.P., B. Owor, P. Sseruwagi and J. Ndunguru. 2006. Cassava mosaic virus disease in East and central Africa: epidemiology and management of a regional pandemic. *Virus Res.* 67: 355-418.
- Minato, N., S. Sok, S. Chen, E. Delaquis, I. Phirun, V.X. Le, D.D. Burra, J.C. Newby, K.A.G. Wyckhuys and S. de Haan. 2019. Surveillance for Sri Lankan cassava mosaic virus (SLCMV) in Cambodia and Vietnam one year after its initial detection in a single plantation in 2015. *PLoS One.* 14(2): e0212780.
- Monique Soro, Koussao Some, Fidèle Tiendrébéogo, Justin S. Pitas, Rahim Romba, Bouma James Néya and Daouda. Koné. 2021. Evaluation of Ten Cassava Varieties for Resistance to Cassava Mosaic Disease in Burkina Faso. *Universal Journal of Agricultural Research* 9(6): 266-276. DOI: 10.13189/ujar.2021.090605,
- Office of Agricultural Economics. 2020 Situation analysis of cassava mosaic disease. Available Source: <https://www.nabc.go.th/dsaster/baidang>. Accessed 12 Oct. 2020.
- Otim-Nape, G.W, A Bua, J.M. Thresh, Y. Baguma, S. Ogwal, G. Ssemakula, G. Acola and Byabakama. 2000. The Current Pandemic of Cassava Mosaic Virus Disease in East Africa and Its Control. *Natural Resources Institute, USA*. 104 pp.
- Otim-Nape, G.W., J.M. Thresh and M. Shaw. 1998. The incidence and severity of cassava mosaic virus disease in Uganda: 1990-92. *Trop. Sci.* 38(1): 25-37.
- Rybicki, E.P. 2015. A top ten list for economically important plant viruses. *Arch Virol.* 160: 17-20.
- Siriwan, W., J. Jimenez, N. Hemniam, K Saokham, D. Lopez-Alvarez, A.M. Leiva, A Martinez. L. Mwanzia, L.A.B. Lopez-Lavalle and W.J. Cuellar. 2020. Surveillance and diagnostics of the emergent Sri Lankan cassava mosaic virus (Fam. Geminiviridae) in Southeast Asia. *Virus Res.* 285: 197959.
- Storey, H.H. 1936. Virus diseases of East African plants. *East Afr. Agric. J. For.* 1(6): 333-337.
- Thresh, J.M. and R.J. Cooter. 2005. Strategies for controlling cassava mosaic virus disease in Africa. *Plant Pathol.* 54: 587-614.
- Tokunaga, H., T. Baba, M. Ishitani, K. Ito, O.K. Kim, L.H. Ham, H.K. Le, K. Maejima, Namba, K.T. Natsuaki, N.V. Dong, H.H. Nguyen, N.C. Nguyen, N.A. Vu, H. Nomura, M. Seki, P. Srean, H. Tanaka, B. Touch, H.X. Trinh, M. Ugaki, A. Uke, Y. Utsumi, P. Wongtiem and K. Takasu. 2018. Sustainable management of invasive cassava pests in Vietnam, Cambodia, and Thailand, pp. 131-157. *In* *Crop Production under Stressful Conditions: Application of*

- Cutting-edge Science and Technology in Developing Countries. Springer, Singapore.
- Waller, J.M., J.M. Lenne and S.J. Waller. 2002. Plant Pathologist's Pocketbook. CABI Publishing, Wallingford, UK. 450 pp.
- Wang, D, G. Huang, T. Shi, G. Wang, R. Fang, X. Zhang and J. Ye. 2020. Surveillance and distribution of the emergent Sri Lankan cassava mosaic virus in China. *Phytopathology Research*. 2: 18
- Wang, H.L, X.Y. Cui, X.W. Wang, S.S. Liu, Z.H. Zhang and X.P. Zhou. 2016. First report of Sri Lankan cassava mosaic virus infecting cassava in Cambodia. *Plant Dis*. 100(5): 1029.
- Warburg, O. 1894. Die Kulturpflanzen Usambaras. *Mitteilungen aus den Deutschen Schutzgebieten*. 7: 131-199. (in German)