บทคัดย่อ

โรคใบด่างมันสำปะหลัง (Cassava Mosaic Disease หรือ CMD) เป็นโรคติดต่อของพืชมันสำปะหลัง ส่งผลให้ขนาดของหัวมันสำปะหลังและสัดส่วนแป้งลดลง ส่งผลให้ยอดของมันสำปะหลังลดลง โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง ซึ่งโรคนี้มีสาเหตุการระบาด 2 กรณีคือ (1) ติดต่อจากแมลงหวี่ขาวที่มีเชื้อไวรัสอยู่ในตัว และ (2) เกิดจากการเพาะปลูกด้วยท่อนพันธุ์ที่ติดเชื้อ ประชากรในแบบจำลองนี้ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ (1) ประชากรมันสำปะหลัง และ (2) ประชากรแมลงหวี่ขาว โดยแบ่งสถานะของประชากรมันสำปะหลังออกเป็น 3 สถานะ คือ (1) สถานะเสี่ยงติดเชื้อ (2) สถานะแฝงเชื้อ และ (3) สถานะติดเชื้อ ขณะที่ประชากรแมลงหวี่ขาวถูกแบ่งออกเป็น 2 สถานะคือ (1) สถานะเสี่ยงติดเชื้อ และ (2) สถานะติดเชื้อ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้จะถูกนำมาใช้ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงในการระบาดและกำหนดนโยบายที่เหมาะสมในการควบคุมการระบาดที่ก่อให้เกิดประสิทธิผลทางเศรษฐศาสตร์สูงสุด

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองจะใช้ค่าระดับการติดเชื้อพื้นฐาน (R_0) เป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วิเคราะห์ความรุนแรงของการระบาด พบว่าเกิดเสถียรภาพกำกับเฉพาะที่ ณ จุดเสถียรภาพปลอดโรค (Locally-asymptotically-stable disease-free equilibrium point) เมื่อ $R_0<1$ โดยใช้เกณฑ์ของเราธ์-เฮอร์วิทซ์ และเกิดเสถียรภาพกำกับเฉพาะที่ ณ จุดที่มีการแพร่ระบาด (Locally-asymptotically-stable endemic equilibrium point) เมื่อ $R_0>1$ โดยการใช้กฎของเดการ์ต (Descartes's rule)

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความรุนแรงในการแพร่ระบาดจะใช้การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) เพื่อตรวจสอบว่ามีพารามิเตอร์ใดที่ส่งผลต่อค่า R_0 มากที่สุด พบว่าการลดจำนวนแมลงหวี่ขาวที่ติดเชื้อในพื้นที่เพาะปลูกเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการควบคุมการแพร่ระบาด ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีคือ การกำจัดแมลงหวี่ขาวและการถอนทำลายต้นมันสำปะหลังที่ติดเชื้อออกจากพื้นที่เพาะปลูก แบบจำลองของโครงการวิจัยนี้จะถูกใช้ในการคำนวณความคุ้มค่าด้านต้นทุนในการควบคุมการแพร่ระบาด

นโยบายที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดจะถูกคำนวณโดยใช้ทฤษฎีระบบควบคุมแบบเหมาะสมที่สุด (Optimal control) และการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนต้นทุนประสิทธิผล (The average cost-effectiveness ratio หรือ ACER) โดยมีนโยบายทางเลือกทั้ง 3 คือ (1) การฉีดยาฆ่าแมลง (2) การถอนทำลายต้นที่ติดเชื้อ และ (3) การฉีดยาและการถอนทำลาย ผลจากการคำนวณพบว่าการใช้นโยบายที่ 3 คือการฉีดยาฆ่าแมลงร่วมกับการถอนทำลายต้นมันสำปะหลังที่ติดเชื้อ เป็นนโยบายที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด โดยให้ผลลัพธ์ ACER เท่ากับ 1.551 ซึ่งมีค่าน้อยที่สุด

โครงการวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบการควบคุมโรคระบาดใบด่างมันสำปะหลังที่สามารถกำหนดนโยบายควบคุมโรคที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุดให้แก่เกษตรกร ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่อุปทานมันสำปะหลังสามารถประยุกต์ใช้แบบจำลองนี้ในการกำหนดทางเลือกการควบคุมโรคอื่น ๆ ได้ต่อไปในอนาคต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

Cassava Mosaic Disease (CMD) is a cassava disease that reduces tuber size and starch percentage, leading to sales decrease of cassava production. This research project aims to develop the mathematical model that uses to forecast an outbreak situation of CMD. This disease is caused by both whitefly transmission and plantings of infected cuttings. The population in this model are divided into 2 groups: (1) Cassava population and (2) Whitefly population. There are 3 cassava states: (1) susceptible, (2) exposed, and (3) infected and 2 whitefly states: (1) susceptible and (2) infected. This model is used to study the outbreak factors and determine the optimal policy to control the outbreak that maximizes economic effectiveness.

Validation of the model used the basic reproduction number (R0) as a criterion for inspection, which is used to analyze the severity of the outbreak. The locally-asymptotically-stable disease-free equilibrium point is established when $R_0<1$, using the Routh-Hurwitz criteria. The locally-asymptotically-stable endemic point is established when $R_0>1$, using the Descartes's rule.

The most economically cost-effective policy is determined by using the optimal control theory and the average cost-effectiveness ratio analysis (ACER). There are three alternative policies: (1) spraying pesticide, (2) rouging infected cassava plants, and (3) spraying and rouging. Results suggest that the third policy: using spraying pesticide and rouging infected plants is the most cost-effective policy with ACER is 1.551, which is the minimum value.

This research project presented the CMD outbreak control system that can determine the most cost-effective disease control policy for farmers. Stakeholders in the cassava supply chain can apply this model to determine other disease control options in the future.