



การศึกษาและพัฒนากลไก Scotch Yoke สำหรับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง Study and Development of a Scotch Yoke Mechanisms for Cassava Planter

สุกรี สุขประเสริฐ^{1*} สามารถ บุญอาจ¹ เกรียงไกร رایณะสุข¹ และมานะศักดิ์ ทิพย์ภูจอม¹

Received: July, 2016; Accepted: October, 2016

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบ พัฒนา และทดสอบกลไก Scotch Yoke เป็นกลไกหลัก สำหรับการตัดต้นพันธุ์ในเครื่องปลูกมันสำปะหลัง ดำเนินการศึกษาหลักการทำงานของกลไก Scotch Yoke ออกแบบและพัฒนากลไกให้ทำงานเคลื่อนที่แบบชักไปข้างหน้าและชักกลับมีทิศทางการเคลื่อนแบบถูกบังคับ และทดสอบมุมคมใบมีดตัดต้นพันธุ์ ผลการศึกษาพบว่า การออกแบบกลไกให้ทำงานเคลื่อนที่แบบชักไปข้างหน้าจะทำให้ต้นพันธุ์ถูกตัดให้ขาดออกจากกันเป็นท่อน ในขณะที่ชักกลับทำให้เกิดช่องว่างระหว่างใบมีดตัด ทำให้สามารถป้อนต้นพันธุ์เข้าสู่กลไกได้ มุมคมใบมีดตัดต้นพันธุ์เหมาะสมที่สุด 20 องศา ใช้แรงในการตัด 1,248.40 นิวตัน มีความเหมาะสมสำหรับนำไปติดตั้งกับกลไกในการตัดต้นพันธุ์มันสำปะหลัง ซึ่งกลไก Scotch Yoke ที่ได้พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังได้

คำสำคัญ : กลไก Scotch Yoke; มุมคมใบมีด; เครื่องปลูกมันสำปะหลัง

¹ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา

* Corresponding Author E - mail Address: coe_engineer@hotmail.co.th

Abstract

This research project was aimed to study, design, develop and test Scotch yoke mechanisms for cutter mechanism in cassava planter. This study used the principles of Scotch yoke mechanisms; designed and developed slot link and slider that the rotation and rectilinear translation plane motion constrained mechanisms and tested cutting blades. Based on the test results of the slot link and slider stem cutting tests showed that the blade appropriate cutting angle was 20 degrees and cutting force of 1,248.40 Newton. The Scotch yoke mechanisms seemed appropriate for cassava planter.

Keywords: Scotch Yoke Mechanisms; Knife Bevel Angle; Cassava Planter

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยเป็นอันดับ 4 รองจาก ข้าว อ้อย และยางพารา ประเทศไทยยังเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศจากมูลค่าการส่งออกปีละมากกว่า 7 หมื่นล้านบาท โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังใหญ่เป็นอันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศในจีเรีย ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูก 8.7 ล้านไร่ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 52 ภาคกลางร้อยละ 26 และภาคเหนือร้อยละ 22 ผลผลิตรวมทั้งประเทศกว่า 30 ล้านตันต่อปี [1] หัวมันสดที่ผลิตได้ในแต่ละปีจะถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มันอัดเม็ด แป้งมัน และมันเส้น เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในด้านอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ ผลผลิตส่วนหนึ่งจะถูกใช้เพื่อบริโภคในประเทศและส่วนที่เหลือจะถูกส่งออกไปยังต่างประเทศเพื่อสร้างรายได้เข้าประเทศอีกต่อไป นอกจากบริโภคและส่งออกแล้ว มันสำปะหลังยังเป็นพืชพลังงานที่สามารถเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลที่เป็นส่วนผสมของน้ำมันเบนซิน 91 ในการผลิตน้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่มีค่าออกเทนเท่ากับน้ำมันเบนซิน 95 สามารถลดการนำเข้าสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) ที่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมาก

ปัจจุบันในขณะที่ภาคการผลิตทางการเกษตรนั้นในภาพรวมยังต้องมีการปรับตัวเพื่อรักษาศักยภาพการแข่งขันในตลาดโดยการนำเครื่องจักรกลเกษตรเข้ามาใช้งาน (Agricultural Mechanization) กลไก (Mechanisms) เป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับงานทางด้านเครื่องจักรกลเกษตร เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบเครื่องจักรกลเกษตรที่สำคัญอีกด้วย เครื่องจักรกลเกษตรในกระบวนการผลิตทางการเกษตรนั้นจำเป็นต้องมีกลไกการทำงานที่เหมาะสมระหว่างขั้นตอนการทำงานในกระบวนการผลิตเพื่อความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น ซึ่งกระบวนการปลูกมันสำปะหลังนั้นยังไม่มีพบว่ามีมีการนำเครื่องปลูกมันสำปะหลังมาใช้งานแพร่หลายแต่อย่างใดและยังต้องใช้แรงงานคนเป็นหลัก (ยกเว้นขั้นตอนการเตรียมดินและยกร่องปลูก)

ขณะเดียวกันกระบวนการปลูกมันสำปะหลังนั้นยังใช้แรงงานคนตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง มีดที่ใช้ตัดออกแรงตัดในแต่ละครั้งไม่เท่ากัน จึงได้มีการทดสอบเพื่อหาแรงที่ใช้ในการตัดของใบมีดและ

มุมคมใบมีดแต่ละแบบมีมุมคมใบมีดที่ต่างกัน และเลือกมุมคมที่เหมาะสมกับกลไกการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมีผลต่อการใช้แรงและพลังงานในการตัดด้วย [2] วัดค่าโดยใช้เครื่องทดสอบแรงที่กระทำต่อวัสดุแบบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine: UTM) ด้วยอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดที่เท่ากัน พิจารณาการใช้แรงในการตัดเพื่อวัดผลทางด้านคุณภาพการตัดด้วยชุดทดสอบกลไก

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาทางด้านคิเนมาติกส์และออกแบบกลไก Four-Bar-Linkage แบบ Scotch Yoke ที่สามารถตัดท่อนพันธุ์และปลูกท่อนพันธุ์ในขั้นตอนเดียวได้ โดยมีเป้าหมายเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้เป็นกลไกสำหรับตัดต้นพันธุ์และปลูกท่อนพันธุ์ในเครื่องปลูกมันสำปะหลัง อันจะสามารถลดการใช้แรงงานคนในขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการปลูกมันสำปะหลังได้

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย จึงได้วางแผนดำเนินงานวิจัยเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษาขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร

การศึกษาในหัวข้อนี้เป็นการศึกษาขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร ซึ่งประกอบด้วย ลักษณะการตัดท่อนพันธุ์ ลักษณะใบมีดตัดท่อนพันธุ์ ความยาวของท่อนพันธุ์ปลูก และการทำงานของเกษตรกรในขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลัง (ยกเว้นกระบวนการเตรียมดิน และยกทรงปลูก)

2. การศึกษาคิเนมาติกส์ของกลไก Scotch Yoke

คิเนมาติกส์ (Kinematics) ของกลไก Scotch Yoke เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ในลักษณะต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กันของชิ้นส่วนของกลไกรวมกันเป็นหลักการทำงานของกลไกและความสามารถในการเคลื่อนไหวของกลไก (Mobility) ที่มีระดับความเป็นอิสระในการเคลื่อนไหว (Degree of Freedom, DOF) ที่กลไกมีอยู่ โดยทำการศึกษาจากสมการของ Grubler [3] ดังนี้

$$M = 3(n-1) - 2g_1 - 2g_2 \quad (1)$$

เมื่อ

M	คือ	จำนวน DOF
n	คือ	จำนวนก้านต่อเชื่อมของกลไก
g_1	คือ	จำนวน joint ที่มี DOF = 1
g_2	คือ	จำนวน joint ที่มี DOF = 2

การวิเคราะห์กลไก เมื่อกลไกมีการเคลื่อนไหวนจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ความเร็วสูงสุด ความเร่งสูงสุดขึ้นระหว่างการทำงาน โดยทำการศึกษาจากสมการการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (S.H.M.) [4] ของกลไก Scotch Yoke ดังนี้

$$X = R \cos \theta \quad (2)$$

$$V = R\omega \sin \theta \quad (3)$$

$$A = -R\omega^2 \cos \theta \quad (4)$$

เมื่อ

X คือ การเคลื่อนที่ (มิลลิเมตร)

V คือ ความเร็ว (มิลลิเมตรต่อวินาที)

A คือ ความเร่ง (มิลลิเมตรต่อวินาที²)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (รอบต่อวินาที)

3. การออกแบบ พัฒนา และทดสอบกลไก Scotch Yoke ในการตัดท่อนพันธู่มันสำปะหลัง

เพื่อให้กลไกสามารถตัดต้นพันธุ์ให้เป็นลักษณะท่อนพันธุ์ที่พร้อมปลูกได้ การออกแบบกลไก Scotch Yoke ต้นแบบ โดยการติดตั้งชุดใบมีดตัดและใบมีดรับต้นพันธุ์พร้อมตัวประกอบผลักร่อนพันธุ์ปลูก เพื่อประกอบผลักร่อนพันธุ์สามารถปลูกได้ตั้งตรงและป้องกันการปลูกท่อนพันธุ์ที่เอียงออกด้านข้าง ซึ่งทำการออกแบบมุมใบมีดตัดต้นพันธุ์ที่มุมใบมีดตัด 20 30 38 40 และ 45 องศา ตามลำดับ ทำการทดสอบการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนพันธุ์ 29 มิลลิเมตร ในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกล (Universal Testing Machine: UTM) ขนาด 500 นิวตัน ยี่ห้อ Instron รุ่น Merlin Series 5500 ของมุมใบมีดตัดที่กล่าวไว้ข้างต้น ที่ความเร็วการตัด 25 มิลลิเมตรต่อวินาที และเลือกใบมีดตัดที่ใช้แรงในการตัดท่อนพันธุ์น้อยที่สุด เพื่อมาติดตั้งกับกลไก Scotch Yoke ต้นแบบ จากการออกแบบและทดสอบมุมใบมีดแล้ว ดำเนินการสร้างกลไก Scotch Yoke ต้นแบบ จากเหล็กรูปพรรณชนิดต่าง ๆ และทำการทดสอบการทำงานของกลไกต้นแบบในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังแบบต่อเนื่อง โดยใช้มอเตอร์ขนาด 0.75 แรงม้า เป็นต้นกำลังส่งกำลังผ่านโซ่และเกียร์ทดในการขับเคลื่อนกลไกตัดท่อนพันธุ์ที่ความเร็วรอบการตัด 30 รอบต่อวินาที จะสามารถตัดท่อนพันธุ์ได้ 30 ท่อนพันธุ์ต่อวินาที

4. การประยุกต์ใช้กลไก Scotch Yoke ร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

เพื่อให้กลไกสามารถทำงานร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงดำเนินการออกแบบโครงสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ โดยมีส่วนประกอบต่าง ๆ สำหรับรองรับการทำงานร่วมกับกลไก Scotch Yoke เพื่อเป็นแนวทางและหลักการการทำงานสำหรับการประยุกต์ใช้กลไก Scotch Yoke เป็นกลไกการตัดและผลักร่อนพันธุ์ปลูกร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร

จากการศึกษาขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่า ขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังนั้น เกษตรกรจะรวบรวมต้นพันธุ์และตัดท่อนพันธุ์ก่อนปลูก การตัดท่อนพันธุ์ของเกษตรกรจะใช้มีดแบบหน้าตัดตรง หรือมีมุมโค้งเล็กน้อยในการตัดหรือสับท่อนพันธุ์ให้ขาดออกจากกันให้มีขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ปลูก ประมาณ 15 - 30 เซนติเมตร ลักษณะท่อนพันธุ์ที่ถูกตัดเป็นแบบหน้าตัดตรงหรือหน้าตัดมีมุมเอียงเล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 1(ก) ซึ่งเกษตรกรสามารถตัดท่อนพันธุ์ให้พร้อมปลูกเฉลี่ย 62 ท่อนพันธุ์ต่อคนต่อนาที่ หลังจากนั้นเกษตรกรจะรวบรวมท่อนพันธุ์ที่ถูกตัดแล้วใส่ตะกร้าและนำท่อนพันธุ์มาวางเรียงบนแปลง ที่ทำการยกร่องปลูกไว้แล้ว โดยวางเรียงเป็นระยะเท่ากับระยะการปลูกโดยประมาณ 80 - 100 เซนติเมตร การกำหนดระยะปลูกขึ้นอยู่กับเกษตรกร เมื่อนำท่อนพันธุ์มาวางเรียงบนแปลงแล้ว เกษตรกรอีกคนจะ เดินตามเพื่อปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่ได้เรียงไว้ โดยปักให้ตาของท่อนพันธุ์ตั้งขึ้นในลักษณะตั้งตรง หรือมีมุมเอียงเล็กน้อยปักที่ความลึกในการปลูกท่อนพันธุ์ 5 - 15 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 1(ข) ขึ้นอยู่กับ ช่วงฤดูการปลูก กระบวนการดังกล่าวล้วนแต่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก ปัจจุบันเกษตรกรบางพื้นที่หลังจาก ตัดท่อนพันธุ์แล้วจะนำท่อนพันธุ์ที่ตัดมาวางบนรถพ่วงลาก (Trailer) ที่ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ แล้วนำ มาวางบนแปลงที่มีการยกร่องไว้แล้วโดยใช้แรงงานคนนั่งบนรถพ่วงลากทำการปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ให้ตั้งตรงที่ระยะปลูกโดยประมาณ 80 - 100 เซนติเมตร การวัดระยะปลูกนั้นเกษตรกรจะใช้ไม้ที่วัดมาแล้ว คิดที่ท้ายรถพ่วงลากสามารถปลูกได้ 2 - 3 ร่อง ขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของรถพ่วงลากที่ต่อพ่วงกับ รถแทรกเตอร์ แสดงดังรูปที่ 1 (ค)



(ก) ลักษณะการตัดท่อนพันธุ์



(ข) ลักษณะการปลูกมันสำปะหลัง



(ค) การปลูกมันสำปะหลังบนรถพ่วงลากที่ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์

รูปที่ 1 การปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร

2. ผลการศึกษาคิเนมาติกส์ของกลไก Scotch Yoke

การศึกษาคิเนมาติกส์ (Kinematics) ของกลไก Four-Bar-Linkage แบบ Scotch Yoke พบว่า กลไก Scotch Yoke มีส่วนประกอบของก้านต่อเชื่อม (Linkage) 4 ก้านต่อเชื่อม ซึ่งประกอบด้วย ก้านต่อเชื่อม 1 เป็นโครงยึด ก้านต่อเชื่อม 2 และก้านต่อเชื่อม 4 เป็นข้อเหวี่ยงหรือตัวโยก ส่วนก้านต่อเชื่อม 3 เป็นก้านส่งกำลัง ซึ่งลักษณะการเคลื่อนที่ของก้านต่อเชื่อมทั้ง 4 ก้านต่อเชื่อม ที่สัมพันธ์กันทำให้กลไกนั้นสามารถทำงานให้เป็นจังหวะได้ พบว่า ก้านต่อเชื่อม 1 ไม่มีการเคลื่อนที่เป็นโครงยึดหรือโครงสร้าง (Structure) สำหรับประกอบยึดกลไก ก้านต่อเชื่อม 2 มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบการหมุน (Rotation) จะมีระยะห่างจากเส้นตรงที่ตั้งฉากกับระนาบการเคลื่อนที่ ซึ่งเส้นตรงนี้จะเป็นแกนหมุน ก้านต่อเชื่อม 3 จะประกอบติดอยู่กับก้านต่อเชื่อม 2 มีการเคลื่อนที่แบบวงกลมตามก้านต่อเชื่อม 2 และเคลื่อนที่ขึ้น - ลง อยู่ในร่อง (Slot) ของก้านต่อเชื่อม 4 เพื่อส่งกำลังไปขับเคลื่อนก้านต่อเชื่อม 4 และก้านต่อเชื่อม 4 มีลักษณะการเคลื่อนที่ตามแนวระนาบ (Plane Motion) แบบเชิงเส้น (Rectilinear Translation) โดยเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตลอด เมื่อรวมการทำงานของก้านต่อเชื่อมทั้ง 4 ก้านต่อเชื่อมแล้ว กลไกจะมีหลักการทำงานแบบเปลี่ยนการหมุนเป็นการเคลื่อนที่แบบชักไป - ชักกลับ ในแนวเส้นตรงที่มีความเร่งเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับระยะทางที่เคลื่อนที่หรือเป็นการเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion และผลของการศึกษาความสามารถการเคลื่อนไหวของกลไกที่มีระดับความเป็นอิสระในการเคลื่อนไหว (Degree of Freedom, DOF) พบว่า กลไกมี $DOF = 1$ ซึ่งเป็นกลไกแบบบังคับ (Constrained Mechanisms) มีทิศทางการเคลื่อนที่แบบถูกบังคับไว้อย่างแน่นอน เมื่อออกแบบแผ่นจานเหวี่ยงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 220 มิลลิเมตร กลไกมีความเร็วรอบการตัดทอนพันธุ์ 30 รอบต่อนาที จะได้ $\omega = 3.14$ รอบต่อนาที ผลของการศึกษาการเคลื่อนที่ ความเร็ว ความเร่งสูงสุดที่เกิดขึ้น ระหว่างการทำงานของกลไกจากสมการ Simple Harmonic Motion (S.H.M.) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของการศึกษาการเคลื่อนที่ ความเร็ว ความเร่งสูงสุดของกลไก Scotch Yoke

รายการ	มุม (องศา)			
	90°	180°	270°	360°
การเคลื่อนที่สูงสุด (มิลลิเมตร)	0	-110	0	+110
ความเร็วสูงสุด (มิลลิเมตรต่อวินาที)	-346	0	+346	0
ความเร่งสูงสุด (มิลลิเมตรต่อวินาที ²)	0	+1,085	0	-1,085

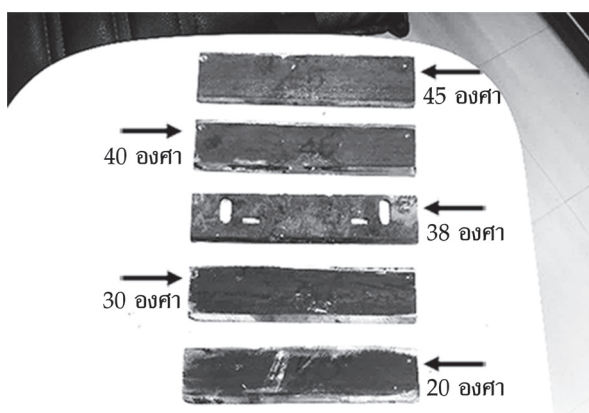
หมายเหตุ : (-) หมายถึง การเคลื่อนที่ชักกลับของกลไก

(+) หมายถึง การเคลื่อนที่ชักไปข้างหน้าของกลไก

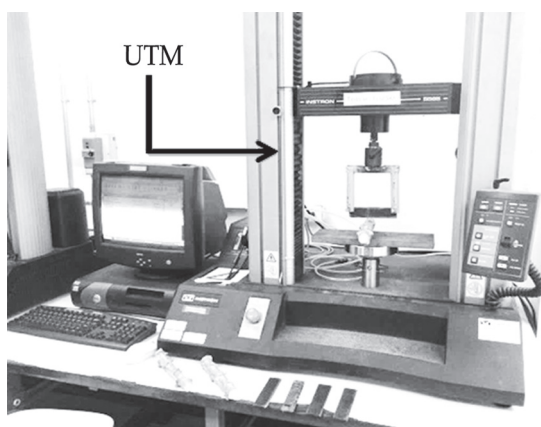
จากตารางที่ 1 พบว่า เมื่อกลไกทำงานนั้นจานเหวี่ยงเกิดการหมุนทำให้เกิดการเคลื่อนที่สูงสุดจะอยู่ในช่วง 180° 360° ความเร็วสูงสุดของกลไกอยู่ในช่วง 90° 270° และช่วง 180° 360° นั้นมีความเร็วเท่ากับศูนย์ ความเร่งสูงสุดของกลไกอยู่ในช่วง 180° 360° และช่วง 90° 270° นั้นมีความเร่งเท่ากับศูนย์

3. ผลการออกแบบ พัฒนา และทดสอบกลไก Scotch Yoke ในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

จากการศึกษาขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังในส่วนการตัดและปลูกท่อนพันธุ์ของเกษตรกร ประกอบกับหลักการทำงานของกลไก Scotch Yoke แล้ว เพื่อให้ลักษณะการทำงานของกลไกสามารถทำงานสอดคล้องกับขั้นตอนในการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร จึงได้ออกแบบมุมไบมัดตัดท่อนพันธุ์ เพื่อให้ไบมัดตัดท่อนพันธุ์ใช้แรงในการตัดท่อนพันธุ์น้อยที่สุด ซึ่งจะสามารถลดความเสียหายจากการตัดของไบมัดตัดที่จะเกิดขึ้นกับท่อนพันธุ์มันสำปะหลังนั้น จากการออกแบบและทดสอบมุมไบมัดตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในห้องปฏิบัติการสำหรับนำมาติดตั้งกับกลไกต้นแบบ โดยมุมไบมัดตัดดังกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3 ของวิธีดำเนินการวิจัย แสดงดังรูปที่ 2 และผลการทดสอบแรงตัดสูงสุดที่ใช้ในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในห้องปฏิบัติการ แสดงดังตารางที่ 2



(ก) ไบมัดตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง



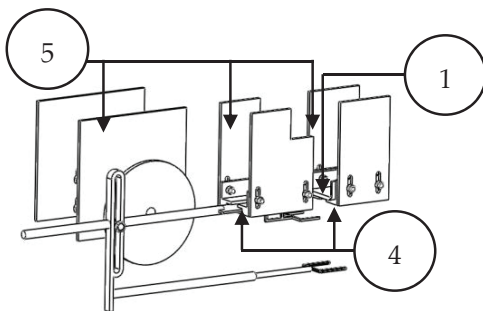
(ข) ทดสอบการตัดท่อนพันธุ์ด้วยเครื่องทดสอบทางกล (UTM)

รูปที่ 2 กลไก Scotch Yoke ในการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง

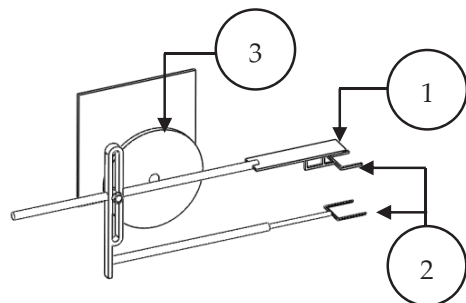
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

มุมใบมีด (องศา)	แรงตัดสูงสุด (นิวตัน)	ความเค้นเฉือนสูงสุด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)
20	1,248.40	2.18
30	1,439.80	2.51
38	1,718.00	3.00
40	1,759.40	3.07
45	1,922.40	3.35

จากตารางที่ 2 พบว่า การตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่มุมคมใบมีดตัด 20 องศา มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากแรงที่ใช้ในการตัดท่อนพันธุ์น้อยที่สุด และเมื่อมุมคมใบมีดเพิ่มขึ้นแรงที่ใช้ตัด ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งที่มุมคมใบมีด 45 องศา จะใช้แรงในการตัดท่อนพันธุ์มากที่สุด ดังนั้นที่มุมคมใบมีดตัด 20 องศา เมื่อนำไปติดตั้งกับกลไกแล้วกลไกจะใช้แรงในการตัดท่อนพันธุ์น้อยที่สุดนั้น นอกจากจะสามารถลดความเสียหายของท่อนพันธุ์ที่เกิดขึ้นจากใบมีดตัดท่อนพันธุ์ได้แล้ว ยังสามารถลดการส่งกำลังไปขับเคลื่อนกลไกความจำเป็นได้ด้วยจะส่งผลให้โครงสร้างของเครื่องปลูกมันสำปะหลังและระบบส่งกำลังมีขนาดเล็กลงสามารถใช้ร่วมกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (Category I) ได้ หรือใช้ร่วมกับรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง (Category II) โดยการเพิ่มจำนวนร่องปลูกให้มากกว่าจำนวน 1 ร่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการปลูกมันสำปะหลังได้ การออกแบบกลไก Scotch Yoke ดันแบบที่มุมคมใบมีดตัดท่อนพันธุ์ 20 องศา สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้เป็นกลไกการตัดและปลูกท่อนพันธุ์ร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังนั้น ผลของการออกแบบกลไก Scotch Yoke ดันแบบ แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งมีส่วนประกอบคือ 1) ชุดใบมีดตัดท่อนพันธุ์และใบมีดรับท่อนพันธุ์มีมุมคม 20 องศา ใบมีดแบบหน้าตัดตรง 2) ชุดตัวประกอบและผลักท่อนพันธุ์ปลูก 3) ชุดกลไก Scotch Yoke 4) ชุดแท่นรองใบมีดมีลักษณะเป็นร่อง (Slot) เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของใบมีดตัดให้มีลักษณะการวิ่งเป็นเส้นตรงแบบซิกไป - ซิกกลับ 5) ชุดแผ่นเหล็ก (Plates) สำหรับยึดกลไกกับโครงสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลัง



(ก) ชุดยึดกลไก

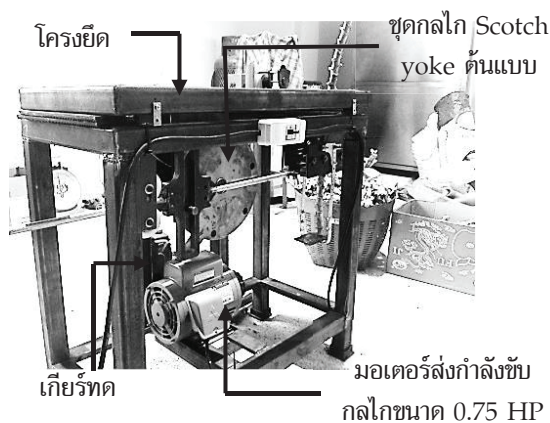


(ข) ชุดกลไก

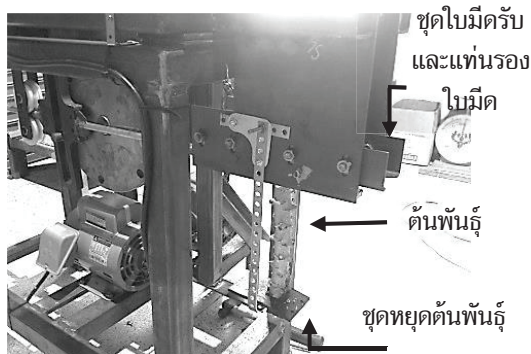
รูปที่ 3 กลไก Scotch Yoke ดันแบบ

จากผลการออกแบบกลไก Scotch Yoke ดันแบบแล้ว จึงดำเนินการสร้างกลไก Scotch Yoke ดันแบบพร้อมชุดทดสอบ จากเหล็กรูปพรรณต่าง ๆ และผลการสร้างกลไก Scotch Yoke ดันแบบ

พร้อมชุดทดสอบ แสดงดังรูปที่ 4 ทำการทดสอบการตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในลักษณะการตัดแบบต่อเนื่องที่ความเร็วรอบการตัด 30 รอบต่อนาที โดยใช้คนป้อนต้นพันธุ์มันสำปะหลังเข้าสู่กลไกการตัด



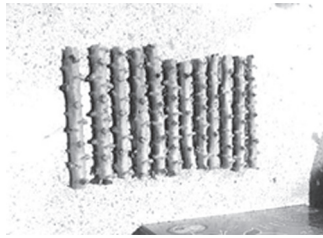
(ก) ชุดต้นกำลังขับเคลื่อนกลไก



(ข) ชุดกลไกตัดท่อนพันธุ์

รูปที่ 4 การทดสอบการตัดท่อนพันธุ์ของกลไก Scotch Yoke ดันแบบ

ผลการทดสอบพบว่า กลไกสามารถตัดต้นพันธุ์ให้เป็นท่อนพันธุ์มันสำปะหลังที่พร้อมปลูกได้ โดยการตัดแบบต่อเนื่องและมีตัวหยุดท่อนพันธุ์สำหรับการปรับขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ที่ปลูกได้ตามความเหมาะสม ซึ่งลักษณะท่อนพันธุ์ที่ถูกตัดมีลักษณะแบบหน้าตัดตรงและความเสียหายของท่อนพันธุ์จากการตัดของกลไก Scotch Yoke นั้น ไม่พบว่ามีอาการแตกหรือเสียหาย ซึ่งจะไม่ส่งผลต่ออัตราการงอกของท่อนพันธุ์ได้ และการป้อนต้นพันธุ์เข้าสู่กลไกของแรงงานคนนั้นสามารถป้อนได้ทันต่อการทำงานของกลไกซึ่งจะสามารถลดปัญหาการปลูกหายระหว่างต้นได้ แสดงดังรูปที่ 5



(ก) ความยาวของท่อนพันธู์



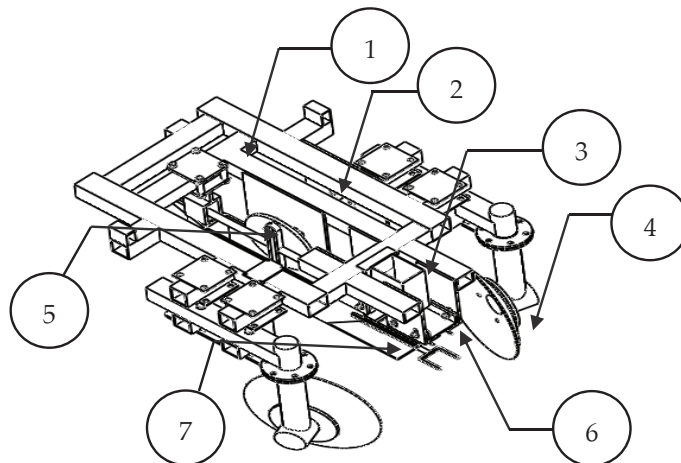
(ข) ท่อนพันธู์ที่ถูกตัด

รูปที่ 5 ลักษณะท่อนพันธู์ที่ถูกตัดจากกลไก Scotch Yoke

4. การประยุกต์ใช้กลไก Scotch Yoke ร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง

แนวทางการประยุกต์กลไก Scotch Yoke ร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังสามารถแสดงดัง

รูปที่ 6 ดังนี้



รูปที่ 6 การจำลองกลไก Scotch Yoke ร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบ

จากรูปที่ 6 เครื่องปลูกมันสำปะหลังต้นแบบถูกจำลองขึ้นเพื่อรองรับการทำงานของกลไก Scotch Yoke โดยมีส่วนประกอบดังนี้

- 1) โครงสร้างเครื่องปลูกมันสำปะหลังสำหรับยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ
 - 2) เพลาขับเคลื่อน สำหรับรับกำลังจากต้นกำลังเพื่อขับเคลื่อนกลไก Scotch Yoke
 - 3) ช่องป้อนดินพันธู์มันสำปะหลังโดยใช้แรงงานคนในการป้อนดินพันธู์เข้าสู่กลไก Scotch Yoke
 - 4) ชุดเครื่องมือปลูกสำหรับปลูกท่อนพันธู์มันสำปะหลัง
 - 5) กลไก Scotch Yoke ติดตั้งใบมีดตัดดินพันธู์และประคองท่อนพันธู์ปลูก
 - 6) ชุดใบมีดรับท่อนพันธู์จากการตัดของใบมีดตัดท่อนพันธู์
 - 7) ชุดหยุดดินพันธู์ (Stopper) สำหรับใช้หยุดดินพันธู์จากการป้อนดินพันธู์ปลูกของแรงงานคน
- ป้อนดินพันธู์ ซึ่งชุดหยุดดินพันธู์จะสามารถปรับระดับขึ้น - ลงได้ เพื่อปรับขนาดความยาวของท่อนพันธู์ที่ถูกตัดและปลูกได้ตามความต้องการของเกษตรกร

ซึ่งหลักการทำงานของกลไก Scotch Yoke ร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง โดยมีหลักการทำงาน กล่าวคือ การปลูกท่อนพันธุ์ มันสำปะหลังของกลไก Scotch Yoke โดยใช้ดินที่ยกร่องปลูกจากพลาจกร่อง แบบจานคูมารองรับท่อนพันธุ์จากการตัดและผลัดท่อนพันธุ์ปลูกของกลไก ซึ่งหลักการทำงานของกลไก ที่มีการเคลื่อนที่แบบชักไป - ชักกลับนั้น โดยรับกำลังการขับเคลื่อนจากล้อดิน (Ground Wheel) เมื่อกลไกทำงาน ชักกลับสูงสุดทำให้เกิดช่องว่างระหว่างใบมีดตัดและใบมีดรับท่อนพันธุ์ จะสามารถป้อนต้นพันธุ์ให้ปลงดิน ที่ยกร่องปลูก โดยปักต้นพันธุ์ให้ลงสุดชนกับตัวหยุดต้นพันธุ์เพื่อให้ได้ท่อนพันธุ์ตามขนาดความยาว ที่ต้องการปลูก และเมื่อกลไกเคลื่อนที่ชักไปข้างหน้าสูงสุดจะทำให้ใบมีดที่ติดค้ำกับกลไกสามารถตัดต้นพันธุ์ ในลักษณะการตัดเฉียงแบบตัดตรงทำให้ต้นพันธุ์ขาดออกจากกัน เป็นท่อนพันธุ์ที่พร้อมปลูก และท่อนพันธุ์ ที่ถูกตัดนั้นจะถูกประคองและผลัดเข้าสู่ดินที่ยกร่องปลูก จากตัวประคองปลูกท่อนพันธุ์ เพื่อป้องกันไม่ให้ ท่อนพันธุ์ปลูกเอียงตามการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์และเอียงออกด้านข้างร่องปลูก ซึ่งจากหลักการทำงาน ของกลไก Scotch Yoke ร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังที่กล่าวมาข้างต้นนั้น กลไก Scotch Yoke จะสามารถประยุกต์ใช้เป็นกลไกการตัดและประคองผลัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังปลูกสำหรับเครื่องปลูก มันสำปะหลังอันจะนำไปสู่การรวมขั้นตอนการปลูกมันสำปะหลังที่ประกอบด้วย กระบวนการยกร่องปลูก ตัดท่อนพันธุ์ และปลูกท่อนพันธุ์ ให้มีการทำงานขั้นตอนเดียวในเครื่องปลูกมันสำปะหลังกลไก Scotch Yoke ต้นแบบได้ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษากลไก Scotch Yoke สำหรับการประยุกต์ใช้ร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลังพบว่า กลไก Scotch Yoke มีหลักการทำงานแบบเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบการหมุนเป็นการเคลื่อนที่แบบชักไป - ชักกลับ มีทิศทางการเคลื่อนแบบถูกบังคับ ผลการทดสอบมุมคมใบมีดตัดท่อนพันธุ์พบว่า มุมคม 20 องศา ใช้แรงในการตัดท่อนพันธุ์น้อยที่สุด โดยใช้แรงในการตัด 1,248.40 นิวตัน จึงมีความเหมาะสมสำหรับ นำไปติดตั้งกับกลไก เมื่อติดตั้งใบมีดตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลังกับกลไกที่มุมคม 20 องศา พบว่า กลไก สามารถตัดต้นพันธุ์ให้เป็นท่อนพันธุ์ที่พร้อมปลูกได้ โดยที่ไม่ทำท่อนพันธุ์เกิดความเสียหาย การประยุกต์ ใช้กลไก Scotch Yoke ร่วมกับเครื่องปลูกมันสำปะหลัง เมื่อกลไกทำงานเคลื่อนที่แบบชักกลับทำให้เกิดช่องว่างระหว่างใบมีดตัดและใบมีดรับท่อนพันธุ์จะทำให้สามารถป้อนต้นพันธุ์เข้าสู่กลไกได้และ เมื่อกลไกเคลื่อนที่แบบชักไปข้างหน้า ต้นพันธุ์จะถูกตัดให้ขาดออกจากกันเป็นท่อนพันธุ์พร้อมปลูก โดยใบมีดที่ติดค้ำกับกลไกและท่อนพันธุ์จะถูกประคองผลัดเข้าสู่ดินที่ยกร่องปลูกจากพลาจกร่องได้

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์ชาญชัย โรจนสโรช ที่ได้สนับสนุนให้ค่าชี้แนะต่าง ๆ นอกจากนั้นยังมีผู้ที่ได้ให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ แต่มิได้เอ่ยนาม ซึ่งล้วนแต่มีส่วนส่งเสริมให้โครงการวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานอย่างดี ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

References

- [1] Office of Agricultural Economics. (2016). Exports of Cassava Statistics: The Volume and Value of Exports Per Month. Access (20 September 2016). Available(http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php) (in Thai)
- [2] Sunil K. Mathanker, Tony E. Grift and Alan C. Hansen. (2015). Effect of Blade Oblique Angle and Cutting Speed on Cutting Energy for Energy Cane Stems. *Biosystems Engineering*. Vol. 133. pp. 64-70
- [3] Kwangwaropas, M. (2002). *Theory of Agricultural Machinery*. Agricultural Engineering Department Faculty of Engineering University. pp. 325. (in Thai)
- [4] Robert L. Norton (2013). *Kinematics and Dynamics of Machinery*. Second Edition New York : McGraw-Hill Education.