



การพัฒนาเครื่องปักต้นกล้ายาสูบขนาดหนึ่งที่นั่ง

Development of a Single-Seat Tobacco Transplanter

วัชรพล ชยประเสริฐ^{1*}, กิตติเดช โพธิ์นิยม², อมรรัตน์ เขียวชา¹, ปณัฐพงศ์ ดีทอง¹

Watcharapol Chayaprasert^{1*}, Kittidet Poniyom², Amonrat Kheawkham¹, Parnutpong Deetong¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University - Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom, 73140

²ฝ่ายเครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

²National Agricultural Machinery Center, Kasetsart University - Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author: Tel: +66-34-351-896, Fax: +66-34-351-896, E-mail: fengwpc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ต้นแบบเครื่องปักต้นกล้าสำหรับอุตสาหกรรมปลูกยาสูบถูกพัฒนาขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้งานกับต้นกล้ายาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียซึ่งมีระยะปลูกระหว่างแถว 1 m และระหว่างต้น 60 cm ตัวเครื่องเป็นส่วนต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์, ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน (ไม่รวมคนขับรถแทรกเตอร์), ทำงานครั้งละ 1 แถวปลูก, ชิ้นส่วนทั้งหมดสร้างจากเหล็กชุบพรม, และมีองค์ประกอบสำคัญคือชุดเปิดร่อง, ชุดกลไกปักวางต้นกล้า, ชุดกลไกถอนต้นกล้า และชุดกลบร่องดิน ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปักต้นกล้าไม่ได้แสดงให้เห็นถึงผลของความชื้นและความต้านทานการแทงทะลุของดินที่มีต่ออัตราการปักสำเร็จของเครื่องปักต้นกล้า หากไม่คิดรวมเวลาในการกลับหัวรถแทรกเตอร์ เครื่องปักต้นกล้าจะใช้เวลาทำงานน้อยกว่าแรงงานคนเกือบหนึ่งเท่าตัว อย่างไรก็ตาม เครื่องปักต้นกล้ายังมีอัตราการปักสำเร็จต่ำ (i.e., 66.7–76.0%) เมื่อเทียบกับอัตราการปักสำเร็จของแรงงานคน (i.e., 97.0%) และเครื่องยังมีระยะการปักที่ไม่สม่ำเสมอ สาเหตุหลักที่ทำให้เครื่องปักต้นกล้าทำงานผิดพลาดคือ หนาดินไม่เรียบสม่ำเสมอ, ต้นกล้ามีขนาดไม่ได้มาตรฐาน และดินมีลักษณะจับตัวเป็นก้อนไม่ร่วนซุย

คำสำคัญ: เครื่องปักต้นกล้า, ยาสูบ, ประสิทธิภาพการปักต้นกล้า

Abstract

A prototype mechanical tobacco transplanter was developed and its performance was tested. The transplanter was designed for the Virginia variety which requires distance between rows of 1 m and distance between hills of 60 cm. The transplanter was attached behind and pulled by a tractor. It requires one operator (not including the tractor driver) and gives one transplanting row per passing. All primary components were made of steel which consisted of the furrow opener, transplanting mechanism, loading station and compacting device. The results of the performance tests showed that the transplanting success rate was not affected by soil moisture content and cone index. Excluding the tractor turning time, the transplanter operated at almost twice the speed of hand transplanting. However, the transplanting success rates of the mechanical transplanter (i.e., 66.7–76.0%) were substantially lower than that of the hand transplanting (i.e., 97.0%) and the distances between hills was not yet even. The primary causes of fail transplanting were uneven land surface, different heights of seedlings and lumpy soil.

Keywords: Transplanter, Tobacco, Transplanting performance

1 บทนำ

ใบยาสูบเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทยเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับผลผลิตทางการเกษตรชนิดอื่นๆ ในสัดส่วนปริมาณการผลิตที่เท่ากัน ในช่วงปี พ.ศ. 2538 ถึง 2547 ปริมาณการส่งออกใบยาสูบเพิ่มขึ้นโดยประมาณจาก 20,000 เป็น 31,000 tonne มีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นจาก 1,500 เป็น 2,800 ล้านบาท (สมาคมผู้ปลูกและผู้ค้าใบยาสูบไทย, 2551) ราคาภายในประเทศของใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียเพิ่มขึ้นจาก 4.55 บาท kg^{-1} ในปี พ.ศ. 2549 เป็น 10.31 บาท kg^{-1} ในปี พ.ศ. 2550 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) จะเห็นได้ว่าใบยาสูบเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีมูลค่าสูงมาก นอกจากนี้ในเงินรายได้ที่โรงงานยาสูบส่งให้รัฐในแต่ละปียังสูงถึงกว่า 45,000 ล้านบาท (โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง, 2553) ในขณะที่ภาคการผลิตทางการเกษตรในภาพรวมมีการปรับตัวเพื่อรักษาศักยภาพการแข่งขันในตลาด โดยการนำเครื่องจักรเข้ามาใช้งาน (agricultural mechanization) กระบวนการปลูกยาสูบยังต้องอาศัยแรงงานคนแทบทั้งหมด (ยกเว้นขั้นตอนการเตรียมดิน) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปักต้นกล้าสำหรับอุตสาหกรรมปลูกยาสูบ โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้งานกับต้นกล้ายาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียเป็นหลักซึ่งมีระยะปลูกระหว่างแถว (distance between rows) 1 m และระหว่างต้น (distance between hills) 60 cm

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ส่วนประกอบของเครื่องปักต้นกล้า

เครื่องปักต้นกล้าในต่างประเทศได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานซึ่งโดยส่วนใหญ่ลักษณะการออกแบบของเครื่องปักต้นกล้าจะเป็นส่วนต่อพ่วงกับส่วนขับเคลื่อน เช่น รถแทรกเตอร์ เป็นต้น ถึงแม้ว่ารูปร่างและลักษณะการทำงานเครื่องปักต้นกล้าแต่ละแบบจะแตกต่างกันออกไปในรายละเอียดโดยทั่วไปตัวเครื่องจะประกอบด้วยตัวโครงสร้างหลักและมีส่วนกลไกการทำงานพื้นฐาน (Table 1) คือ

1) ชุดเปิดร่อง (furrow opener) เพื่อแหวกหน้าดินสำหรับปักต้นกล้า ซึ่งการออกแบบจะอยู่ในลักษณะของหัวแหวก (runner) หรือ หัวไถ (chisel)

2) ชุดกลไกปักวางต้นกล้า (transplanting mechanism) โดยสามารถแยกได้เป็น 2 ประเภทคือ แบบปล่อยหรือวางโดยให้

ต้นกล้าตกลงสู่ร่องดินเองตามธรรมชาติ (gravity drop) หรือแบบมีกลไกจับต้นกล้าปักลงดิน (mechanical insert)

3) ชุดกลไกป้อนต้นกล้า (loading station) ให้กับชุดกลไกปักวางต้นกล้า ซึ่งอาจเป็นแบบทำงานเองโดยอัตโนมัติ (automatic loading) หรือเป็นแบบมีคนป้อนต้นกล้าให้กับชุดกลไก (hand loading)

4) ชุดกลบร่องดิน (compacting device) ซึ่งจะเป็นหัวกดที่เคลื่อนที่ผ่านและคอยกลบร่องดินที่เปิดไว้ หัวกดอาจมีลักษณะเป็นล้อหมุน (compacting wheel) หรือแผ่นโลหะตัดเข้ารูป (compacting plate)

ดังนั้น เครื่องปักต้นกล้าในโครงการวิจัยนี้จึงถูกออกแบบให้เป็นส่วนต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์, ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน (ไม่รวมคนขับรถแทรกเตอร์), ทำงานครั้งละ 1 แถวปลูก, ชิ้นส่วนทั้งหมดสร้างจากเหล็กชุบพอร์น และมีส่วนประกอบหลักทั้ง 4 ส่วนดังกล่าวข้างต้น ดังแสดงใน Figure 1 คือ

1) ชุดเปิดร่องถูกออกแบบให้เป็นหัวแหวกมีรูปทรงคล้ายสามเหลี่ยม

2) ชุดกลไกปักวางต้นกล้าเป็นแผ่นเหล็กเรียบตัดขอบให้เป็นช่องเพื่อบังคับให้ต้นกล้าไถลตกลงสู่ร่องดินด้านหลังชุดเปิดร่องเองโดยธรรมชาติ

3) ชุดกลไกป้อนต้นกล้า (Figure 2) ทำหน้าที่ป้อนต้นกล้าให้กับชุดกลไกปักวางต้นกล้า มีช่องบรรจุต้นกล้า (seedling holder) 3 ช่อง แต่ละช่องมีลักษณะเป็นทรงกรวยเหลี่ยม ที่ก้นกรวยมีลิ้นทำหน้าที่เปิด-ปิด เพื่อปล่อยต้นกล้า ซึ่งกลไกการเปิดปิดของลิ้นถูกขับเคลื่อนด้วยล้อของเครื่องปักต้นกล้าผ่านชุดเฟืองโซ่ (chain drive) และก้านเตะ (rotating kicker) อัตราการทรรอบจากล้อของเครื่องปักต้นกล้าไปยังก้านเตะถูกออกแบบให้เครื่องปักมีอัตราการปักต้นกล้าที่ 1 ต้น ต่อ 60 cm

4) ชุดกลบร่องดินมีลักษณะเป็นล้อหมุนคว้างในแนวเฉียงเข้าหากันทำมุมประมาณ 45° กับพื้นดิน ซึ่งเมื่อเคลื่อนที่ผ่านร่องดินที่เปิดไว้ ล้อหมุนจะกลบและกดร่องดินให้แน่น

2.2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปักต้นกล้า

ทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปักต้นกล้าทั้งหมด 3 ครั้ง การทดสอบแต่ละครั้งมีระยะเวลาห่างกัน 7–10 d มาตรฐาน RNAM (Regional Network for Agricultural Machinery, 1983) กำหนดให้พื้นที่สำหรับการทดสอบอุปกรณ์หยอดเมล็ดพืชต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า $2,000 \text{ m}^2$ (0.2 ha) และมีสัดส่วนความยาวต่อความกว้างเป็น 2:1 อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อจำกัดของสถานที่ทำการวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้จำเป็นต้องใช้แปลงทดสอบ

ขนาดกว้าง 7.7 m และยาว 40.0 m (Figure 3) แปลงทดสอบ ถูกแบ่งออกเป็น 6 แถว โดยมีระยะห่างระหว่างแถว 1.1 m ใช้ระยะสำหรับกลับหัวรถแทรกเตอร์ด้านละ 5 m ซึ่งจะให้ระยะการทำงานของเครื่องปักต้นกล้าในแต่ละแถวเป็น 30.0 m

เครื่องปักต้นกล้าถูกออกแบบให้มีระยะปักต้นกล้า 60 cm ซึ่งหมายถึง จำนวนต้นกล้าที่จะปักได้ทั้งหมดต่อแถวคือ 50 ต้น และใช้ต้นกล้าทั้งหมด 300 ต้น ต่อ 1 การทดสอบ

Table 1 Primary components of mechanical transplanters developed by various researchers.

	Boa (1984)	Chow et al. (1980)	Dattisman (1931)	Kolk et al. (1998)	Munilla and Shaw (1987)	Satpathy (2008)	Suggs (1979)	Suggs et al. (1987)	Suggs et al. (1992)
Furrow opener									
Runner			✓	✓	N/A	✓	N/A	✓	✓
Chisel	✓	✓						✓	
Transplanting mechanism									
Drop	✓	✓	N/A	✓		✓		✓	
Insert					✓		✓		✓
Loading station									
Hand	✓	✓	✓	✓		✓	✓		
Automatic					✓			✓	✓
Compacting device									
Wheel	✓					✓		✓	✓
Plate		✓	✓	✓	N/A		N/A		

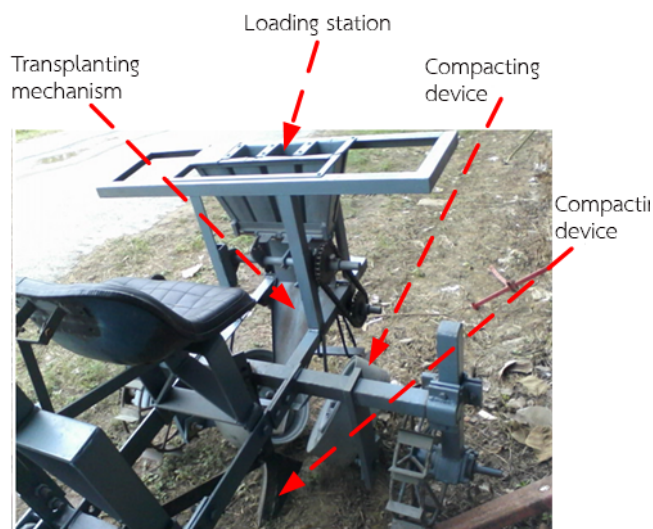


Figure 1 Primary components of the transplanter.

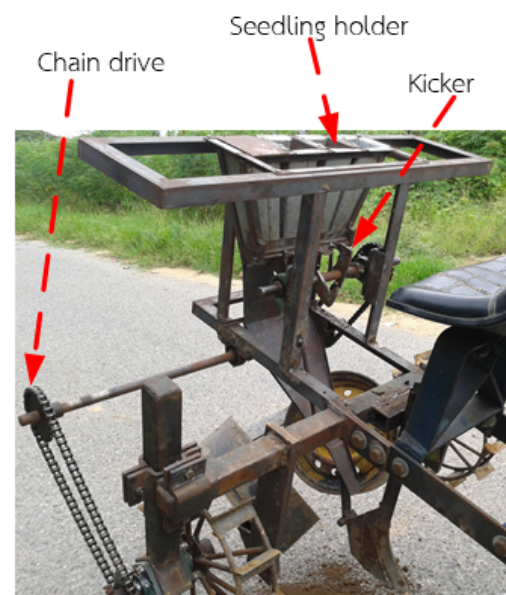


Figure 2 Primary components of the loading station.

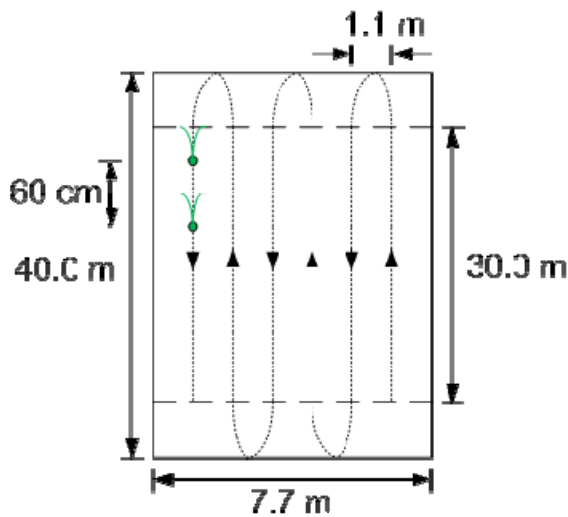


Figure 3 Diagram of the test plot. The short dash lines with arrows represent the working direction of the transplanter and the long dash lines indicate the head turn area.

ก่อนการทดสอบแต่ละครั้ง 1–2 d ทำการเตรียมดินโดยใช้ไถงาน (standard disk plow) ไถพื้นที่ทดสอบ 2 ครั้งแล้วทำการพรวนดินด้วยจอบหมุน (rotary tiller) 1–2 h ก่อนการทดสอบทำการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ core sampler จำนวนทั้งหมด 12 ตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความหนาแน่นดินสภาพแห้ง (soil dry bulk density) และความชื้นของดิน (soil moisture content) (Regional Network for Agricultural Machinery, 1983) ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างดินทั้ง 12 ตำแหน่งจะกระจายตัวอย่างเป็นระเบียบโดยรอบแปลงทดสอบ นอกจากนี้ที่แต่ละตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างดิน ทำการวัดค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (cone index) ที่ระดับความลึก 10, 20 และ 30 cm โดยใช้ cone penetrometer (SR-2 No.353-B, Kiya Seisakusho Ltd., Tokyo, Japan) ต้นกล้าที่ใช้ในการทดสอบเป็นต้นกล้ามะเขือเปราะ ความสูงจากยอดใบถึงฐานล่างของตุ่มรากประมาณ 20–30 cm รถแทรกเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ให้กำลังสูงสุด 24.5 hp (L245-II, Kubota Corp., Osaka, Japan) ก่อนการทดสอบแต่ละครั้งจะทำการวัดระยะการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ซึ่งมีเครื่องปักต้นกล้าติดตั้งอยู่แต่ไม่นำเครื่องปักต้นกล้าลงสู่พื้นดิน และระยะการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ซึ่งฉุดลากเครื่องปักต้นกล้าในลักษณะการทำงานปกติ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การลื่นไถล (wheel slip) ของรถแทรกเตอร์เนื่องจากการฉุดลากเครื่องปักต้นกล้า ให้รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ประมาณ 0.6 km h^{-1} และทำการวัดระยะการเคลื่อนที่เมื่อล้อหลังของรถแทรกเตอร์

หมุนครบ 6 รอบ ทำการเก็บข้อมูลสำหรับการหาเปอร์เซ็นต์การลื่นไถล 1 ครั้งในแต่ละแถว (i.e., 6 ชั่วโมงในแต่ละการทดสอบ)

ในแต่ละการทดสอบประสิทธิภาพแต่ละครั้ง รถแทรกเตอร์จะทำการลากเครื่องปักต้นกล้าไปตามแนวเส้นทางดังแสดงใน Figure 3 ระยะเวลาที่เครื่องปักต้นกล้าเคลื่อนที่ในแต่ละแถว (ระยะ 30 m) และระยะเวลาการกลับหัวรถแทรกเตอร์เมื่อเสร็จสิ้นการปักในแต่ละแถวจะถูกบันทึกไว้ ทำการบันทึกปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหลังจากเสร็จสิ้นแต่ละการทดสอบ ทำการบันทึกจำนวนต้นที่เครื่องปักต้นกล้าทำการปักได้สำเร็จ (S) โดยมีเงื่อนไขคือ ต้นกล้าที่ถูกปักสำเร็จต้องมีมุมระหว่างลำต้นกับแนวแกนตั้งฉากกับพื้นดินไม่เกิน 30° และดินกลบโคนต้นมิดพอดี (i.e., ไม่มีรากโผล่ขึ้นมาและไม่มีใบอ่อนถูกดินกลบทับ) ในทางกลับกัน ต้นกล้าที่ถูกปักไม่สำเร็จคือ ต้นที่มีมุมระหว่างลำต้นกับแนวแกนตั้งฉากกับพื้นดินมากกว่า 30° หรือดินกลบโคนต้นไม่พอดี (i.e., มีรากโผล่ขึ้นมาหรือต้นกล้าถูกดินกลบทับทั้งต้น) หรือไม่มีต้นกล้าที่ตำแหน่งการปัก อัตราการปักสำเร็จ (success rate) จะถูกคำนวณโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{Success rate} = \frac{S}{300} \times 100 \quad (1)$$

สังเกตว่าจำนวนต้นกล้าทั้งหมดที่ใช้ในแต่ละการทดสอบคือ 300 ต้น นอกจากนี้ ระยะห่างระหว่างต้นกล้าที่ถูกปักสำเร็จต่อเนื่องกันตั้งแต่ 3 ต้นขึ้นไปจะถูกบันทึกไว้

ประสิทธิภาพของเครื่องปักต้นกล้าจะถูกเปรียบเทียบกับ การปักต้นกล้าด้วยแรงงานคน โดยทำการทดสอบการปักต้นกล้าด้วยแรงงานคน 1 การทดสอบโดยใช้แรงงาน 2 คน คนหนึ่งมีหน้าที่ใช้จอบขุดดินให้เป็นหลุมและอีกคนวางต้นกล้าลงในหลุมแล้วกลบดินตามหลัง ทำการทดสอบ 2 แถวแต่ละแถวยาว 30 m ระยะห่างระหว่างแถว 1.1 m ระยะห่างระหว่างต้น 60 cm ทำการบันทึกจำนวนต้นที่ทำการปักได้สำเร็จและระยะเวลาที่ใช้ในการปักแต่ละแถว

3 ผลและวิจารณ์

ผลการวัดความหนาแน่นดินสภาพแห้ง, ความชื้นของดิน และความต้านทานการแทงทะลุของดินถูกแสดงอยู่ใน Table 2 ความหนาแน่นดินสภาพแห้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.37 g cm^{-3} และมีค่าเกือบไม่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดสอบประสิทธิภาพทั้ง 3 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของความชื้นของดินมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ (i.e., 7.94–9.75%) อย่างไรก็ตามความต้านทานการแทงทะลุของดินของแต่ละการทดสอบมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก ในขณะที่

ค่าเฉลี่ยของความต้านทานการแทงทะลุของดินของการทดสอบที่ 3 ที่ 10, 20 และ 30 cm มีค่าเท่ากับ 0.41, 0.67 และ 0.75 MPa ตามลำดับ ความต้านทานการแทงทะลุของดินเกือบทั้งหมดของการทดสอบที่ 1 และ 2 มีค่าเกินกว่า 0.82 MPa ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ cone penetrometer ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

สามารถวัดได้ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบประสิทธิภาพการปักต้นกล้า (Table 3) ไม่ได้แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของความต้านทานการแทงทะลุของดินส่งผลต่ออัตราการปักสำเร็จ (success rate) ของเครื่องปักต้นกล้า

Table 2 Average $\pm$ standard deviation (SD) of soil dry bulk density, soil moisture content and cone index.

Test	Soil dry bulk density (g cm ⁻³)	Soil moisture content (%)	Cone index (MPa)		
			10 cm	20 cm	30 cm
1	1.37 $\pm$ 0.03	9.75 $\pm$ 1.84	> 0.82 ^a	> 0.82 ^a	> 0.82 ^a
2	1.37 $\pm$ 0.06	7.94 $\pm$ 2.73	> 0.82 ^a	> 0.82 ^a	> 0.82 ^a
3	1.37 $\pm$ 0.07	8.24 $\pm$ 3.31	0.41 $\pm$ 0.10	0.67 $\pm$ 0.15	0.75 $\pm$ 0.11

^aMore than 90% of the readings were greater than 0.82 MPa which was the highest value on the scale of the cone penetrometer.

Table 3 Result summary of the performance tests of the transplanter as compared to hand transplanting.

Test	Success rate (%)	Average $\pm$ SD of transplanting time per row (s)	Average $\pm$ SD of turning time for one turn (s)	Average $\pm$ SD of distance between hills (cm)	Wheel slip (%)	Fuel consumption (ml)
1	68.3	187.0 $\pm$ 5.8	77.7 $\pm$ 5.4	60.6 $\pm$ 8.5	< 0.3	570
2	76.0	192.5 $\pm$ 1.9	64.7 $\pm$ 8.2	59.8 $\pm$ 10.9	< 0.1	300
3	66.7	191.7 $\pm$ 1.6	65.3 $\pm$ 6.7	62.3 $\pm$ 12.6	< 0.2	250
Hand	97.0	361.5 $\pm$ 2.1	N/A	60.0 ^a	N/A	N/A

^aHand transplanting always provided evenly spaced seedlings.

Figure 4 และ 5 แสดงเครื่องปักต้นกล้าในระหว่างการทำงาน และตัวอย่างผลการปักต้นกล้าโดยเครื่องปักต้นกล้าตามลำดับ เมื่อเครื่องปักต้นกล้าทำงานอย่างถูกต้อง แนวการปักซึ่งเกิดจากการทำงานของเครื่องปักจะเป็นแนวสันดินขนาดเล็กซึ่งมุมของสันดินนี้เกิดจากการกดทับของชุดกลบร่องดิน ต้นกล้าจะตั้งตรงที่แนวยอดของสันดินและถูกดินกลบโคนต้นมิดพอดี ต้นกล้าแต่ละต้นจะอยู่ห่างจากกันประมาณ 60 cm อย่างไรก็ตาม การทำงานของเครื่องปักต้นกล้ายังมีข้อบกพร่องอยู่ ดังจะเห็นได้จากสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพการปักต้นกล้าของเครื่องปักและการปักด้วยแรงงานคนใน Table 3 ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยของระยะระหว่างต้นกล้า (distance between hills) ในทุกการทดสอบจะมีค่าใกล้เคียง 60 cm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ยังมีค่าสูงอยู่ระหว่าง 8.5–12.6 cm ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดในระหว่างการปักต้นกล้าของเครื่อง ในขณะที่การปักบางช่วงต้นกล้าอยู่ห่างกันเพียงประมาณ 50 cm ในการปักบางช่วงต้นกล้ากลับอยู่ห่างกันเกินกว่า 70 cm อัตราการปักสำเร็จในการทดสอบที่ 1, 2 และ 3 คือ 68.3, 76.0 และ 66.7% ตามลำดับ

ในขณะที่อัตราการปักสำเร็จโดยแรงงานคนเท่ากับ 97.0% จากการสังเกตในระหว่างการทำงานทดสอบ สาเหตุหลักของการปักต้นกล้าไม่สำเร็จของเครื่องปักคือ

1) หน้าที่ดินไม่เรียบสม่ำเสมอทำให้ชุดเปิดร่องทำงานที่ความลึกไม่คงที่ ส่งผลให้ความลึกและความกว้างของร่องสำหรับปักต้นกล้าไม่สม่ำเสมอ เมื่อร่องมีความลึกมากเกินไปให้ต้นกล้าถูกดินกลบมากผิดปกติ เมื่อร่องมีความลึกไม่มากพอทำให้ต้นกล้าไม่ถูกดินกลบหรือต้นกล้าไม่ตั้งตรง

2) ขนาดของต้นกล้าไม่ได้มาตรฐานซึ่งเป็นสาเหตุให้ต้นกล้าถูกดินกลบน้อยหรือมากผิดปกติ คล้ายกับสาเหตุในข้อก่อนหน้านี้นี้ ต้นกล้าที่ลำต้นยาวเกินไปจะไม่สามารถลอดผ่านลิ้นเปิด-ปิดของชุดกลบไปกวาดต้นกล้าได้ทันเวลาก่อนที่ลิ้นจะปิด ต้นกล้าจึงไปติดขัดอยู่ที่บริเวณลิ้นเปิด-ปิด นอกจากนี้ ต้นกล้าที่มีใบขนาดใหญ่จะมีแนวโน้มเกิดการติดขัดสูงขึ้น

3) เมื่อดินในแปลงทดสอบมีลักษณะจับตัวเป็นก้อนและไม่ร่วนซุย ชุดกลบร่องดินจะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การถอดลากเครื่องปักต้นกล้าเกือบจะไม่ทำให้รถแทรกเตอร์สูญเสียประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ ดังจะสังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์การลื่นไถลล้อ (wheel slip) ซึ่งมีค่าสูงสุดเพียงไม่เกิน 0.3% ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่สูงผิดปกติในการทดสอบครั้งที่ 1 เกิดจากเครื่องปักต้นกล้ามีการเสียหายที่ชุดเปิดร่อง ทำให้สูญเสียเวลาในการซ่อมแซมซึ่งในช่วงเวลานี้เครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์ยังมีการทำงานอยู่ หากคิดรวมเวลาในการกลับหัวรถแทรกเตอร์ (turning time for one turn) เครื่องปักต้นกล้าใช้เวลาทำงานน้อยกว่าแรงงานคนประมาณ 30% อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ แปลงทดสอบมีขนาดเพียง $7.7 \times 40 \text{ m}^2$ หากทำการทดสอบเครื่องปักต้นกล้าในแปลงขนาด $2,000 \text{ m}^2$ ตามมาตรฐาน RNAM ผลของการกลับหัวรถแทรกเตอร์ที่มีต่อการใช้เวลาทำงานรวมของเครื่องปักต้นกล้าจะลดลงอย่างมาก หากไม่คิดรวมเวลาในการกลับหัวรถแทรกเตอร์ เครื่องปักต้นกล้าจะใช้เวลาทำงานน้อยกว่าแรงงานคนเกือบหนึ่งเท่าตัว ถึงแม้ว่าเครื่องปักต้นกล้ามีความเร็วการทำงานสูงกว่าแรงงานคนอย่างเห็นได้ชัด เครื่องปักยังมีประสิทธิภาพไม่เป็นที่น่าพอใจนัก เนื่องจากมีอัตราการปักผิดพลาดมากกว่าคน 20–30%

4 สรุป

ในการศึกษาครั้งนี้ ต้นแบบเครื่องปักต้นกล้าสำหรับอุตสาหกรรมปลูกยาสูบถูกพัฒนาขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้งานกับต้นกล้ายาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียเป็นหลักซึ่งมีระยะปลูกระหว่างแถว 1 m และระหว่างต้น 60 cm องค์ประกอบสำคัญของเครื่องปักต้นกล้าคือ ชุดเปิดร่อง, ชุดกลไกปักวางต้นกล้า, ชุดกลไกป้อนต้นกล้า และชุดกลบร่องดิน ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปักต้นกล้าไม่ได้แสดงให้เห็นถึงผลของความขึ้นและความต้านทานการแทงทะลุของดินที่มีต่ออัตราการปักสำเร็จของเครื่องปักต้นกล้า หากไม่คิดรวมเวลาในการกลับหัวรถแทรกเตอร์ เครื่องปักต้นกล้าจะใช้เวลาทำงานน้อยกว่าแรงงานคนเกือบหนึ่งเท่าตัว อย่างไรก็ตามเครื่องปักต้นกล้ายังมีอัตราการปักสำเร็จต่ำ (i.e., 66.7–76.0%) เมื่อเทียบกับอัตราการปักสำเร็จของแรงงานคน (i.e., 97.0%) และเครื่องยังมีระยะการปักที่ไม่สม่ำเสมอ สาเหตุหลักที่ทำให้เครื่องปักต้นกล้าทำงานผิดพลาดคือ หนึ่งดินไม่เรียบสม่ำเสมอ, ต้นกล้ามีขนาดไม่ได้มาตรฐาน และดินมีลักษณะจับตัวเป็นก้อนไม่ร่วนซุย ดังนั้น การวิจัยและ

พัฒนาเพื่อลดการใช้แรงงานคนในการปักต้นกล้ายาสูบในอนาคตควรมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาทั้ง 3 ส่วนดังกล่าว



Figure 4 The mechanical transplanter during the performance tests.



Transplanting rows

Figure 5 Example of seedlings transplanted by the mechanical transplanter.

5 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ฝ่ายเครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่เครื่องมืออุปกรณ์ และยานพาหนะ และขอขอบคุณ ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านเครื่องจักรกลการเกษตรและอาหาร ที่ได้อนุเคราะห์งบประมาณ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

6 เอกสารอ้างอิง

- โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง. 2553. สรุปผลการดำเนินงานปีงบประมาณ 2551. Available at: http://www.thaitobacco.or.th/page/infor_view.php?gid=113. Accessed 10 ก.พ. 2553.
- สมาคมผู้บ่มผู้เพาะปลูกและผู้ค้าใบยาสูบไทย. 2551. ข้อมูลปัญหาใบยาสูบเวอร์จิเนีย แนวทางการแก้ไขปัญหา และการพัฒนา.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. เอกสารสถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2550.
- Boa, W. 1984. The design and performance of an automatic for field vegetables. *Journal of Agricultural Engineering Research* 30, 123-130.
- Chow, J.B., Wang, J.-K. and Myers, A.L. 1980. Hand-fed lettuce seedling block transplanter. *Transactions of the ASAE* 23, 1117-1120.
- Dattisman, H.B. 1931. Tobacco transplanter. United States Patent #1,838,535.
- Kolk, H., Kolk, R., Koolker, K. and Dykgraaf, B. 1998. Mechanical seedling transplanter. United States Patent #5,823,126.
- Munilla, R.D. and Shaw, L.N. 1987. An analysis of the dynamics of high-speed vegetable transplanting. *Acta Horticulturae* 198, 305-317.
- Regional Network for Agricultural Machinery. 1983. RNAM Test Codes and Procedures for Farm Machinery. Regional Network for Agricultural Machinery, Pasay City, Philippines.
- Satpathy, S.K. 2008. Effect of selected parameters on the performance of a semi-automatic vegetable transplanter. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, And Latin America* 39, 47-51.
- Suggs, C.W. 1979. Development of a transplanter with multiple loading stations. *Transactions of the ASAE* 22, 260-263.
- Suggs, C.W., Lineberger, B.M. and Mohapatra, S.C. 1992. Automatic feeding transplanter. *Acta Horticulturae* 319, 511-516.
- Suggs, C.W., Thomas, T.N., Eddington, D.L., Peel, H.B., Seaboch, T.R. and Gore, J.W. 1987. Self-feeding transplanter for tobacco and vegetable crops. *Applied Engineering in Agriculture* 3, 148-152.