



การเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวน

Performance Enhancement of the Automatic Dibbling Fertilizer Applicator for Horticultural Crops

มงคล คธาพันธ์^{1*}, ฉัตริน เรืองจ้อหอ¹, กมลชนน วงศ์สถาน¹, พยุงศักดิ์ จุลยุเสน¹

Mongkol Kathapant^{1*}, Chattarin Ruangchoho¹, Kamonchanon Vongstan¹, Payungsak Junyusen¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 30000

¹School of Agricultural Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

*Corresponding author: Tel: +66-8-1967-4504, E-mail: mongkol_link@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวน เครื่องใส่ปุ๋ยประกอบด้วยห้าส่วนหลัก คือ ชุดโครงหลัก ชุดโครงรอง ชุดเจาะหลุม ชุดหยอดปุ๋ย และชุดควบคุมอัตโนมัติ การเพิ่มสมรรถนะของเครื่องใส่ปุ๋ยทำโดย 1) การติดตั้งแขนต่อแบบ four bar linkage และสปริงรับแรงกดบนโครงหลัก และ 2) การติดตั้งจานเหล็กกำหนดระยะระหว่างหลุมที่เจาะบนโครงรอง ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า แขนต่อแบบ four bar linkage และสปริงรับแรงกดช่วยให้ความลึกของหลุมที่เจาะได้มีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ และจานเหล็กสามารถกำหนดระยะห่างระหว่างหลุมได้ถูกต้องเฉลี่ย 99.5% เมื่อกำหนดความเร็วในการทำงานเท่ากับ 0.1 m s^{-1} เครื่องใส่ปุ๋ยจะมีความสามารถในการทำงานเท่ากับ 18.8 kg h^{-1} ด้วยระดับความถูกต้องมากกว่า 97%

คำสำคัญ: เครื่องใส่ปุ๋ย, ชุดเจาะหลุม, กลไกลูกเบี้ยว

Abstract

The objective of this study was to enhance the performance of the automatic dibbling fertilizer applicator for horticultural crops. The fertilizer applicator consists of five units including major-frame unit, minor-frame unit, dibbling unit, fertilizing unit and control unit. The performance enhancement of the fertilizer applicator was done by 1) installing a four bar linkage and a compression spring to the major frame and 2) installing a steel disk on the minor frame for marking the distance between holes. The experimental results showed that the four bar linkage and the spring helped to control the hole depth and the steel disk could mark the distance between the holes precisely with the accuracy of 99.5%. When the speed of the fertilizer applicator was 0.1 m s^{-1} , the work capacity was equal to 18.8 kg h^{-1} with over 97% accuracy.

Keywords: Fertilizer applicator, dibbling unit, cam mechanism

1 บทนำ

ปัจจุบันการใส่ปุ๋ยทางดินโดยทั่วไปนั้นมีอยู่ 2 วิธี คือ การหว่านปุ๋ย และการโรยปุ๋ย ซึ่งวิธีการหว่านปุ๋ยจะใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการโรยปุ๋ย แต่ต้องใช้ปริมาณปุ๋ยที่มากกว่า เพราะธาตุอาหารส่วนหนึ่งในปุ๋ยจะระเหิดตกดินมีความชื้นน้อย เนื่องจากปุ๋ยที่หว่านจะสัมผัสกับอากาศ ลม และแสงแดด ซึ่งทำให้ธาตุอาหารลดลง นอกจากนี้ปุ๋ยอาจจะละลายไปกับน้ำฝนได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพใส่ปุ๋ยลดลง วิธีการโรยปุ๋ยลงในร่องเป็นการใส่ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการหว่าน แต่ก็มีข้อเสียคือ มีความยุ่งยากและค่าใช้จ่ายสูงกว่า และการเปิดร่องจะมีโอกาสตัดรากต้นพืชได้

มงคล (2552) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องโรยปุ๋ย

อย่างพาราสำหรับรถไถเดินตามให้เหมาะกับการใช้งานของเกษตรกรสวนยางรายย่อย [1] การโรยปุ๋ยใช้หลักการเปิดร่องและกลบร่องโดยจานไถขนาดเล็กสองจานแต่อย่างไรก็ตามเครื่องโรยปุ๋ยอย่างพารานี้ยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น ไม่สามารถใช้งานในพื้นที่ปลูกยางพาราที่เป็นดินลูกรังหรือดินเหนียวได้ ตัวเปิดร่องมักจะตัดรากยางพารา วิธีการใส่ปุ๋ยแก่พืชสวนที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำคือการขุดหลุมฝังปุ๋ยลงในดิน [2] ดังนั้นการใส่ปุ๋ยด้วยวิธีการเจาะหลุมจึงมีความเหมาะสมสำหรับพืชสวน

มงคล และคณะ (2560) ได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวนต้นแบบ [3] และได้ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ซึ่งได้ผลเป็นที่พอใจระดับหนึ่งโดยเครื่องมีความสามารถในการใส่ปุ๋ยลงหลุมได้

แม่นยำถึง 96% อย่างไรก็ตามมีข้อจำกัดในการใช้งานจริง เนื่องจากสภาพพื้นที่จริงไม่เรียบ ทำให้ตำแหน่งของหัวเจาะขยับขึ้นลง ซึ่งมีผลทำให้ความลึกของหลุมที่เจาะไม่สม่ำเสมอ และเป็นปัญหากับการทำงานของเครื่อง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและแก้ไขข้อด้อยของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวน โดย 1) การติดตั้งแขนต่อแบบ four bar linkage และสปริงรับแรงกดบนโครงหลัก และ 2) การติดตั้งงานเหล็กกำหนดระยะระหว่างหลุมที่เจาะบนโครงรอง อย่างไรก็ตามการทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ยกระทำในกระบะดินในห้องปฏิบัติการเท่านั้น

2 วิธีการดำเนินการ

2.1 การพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวน

จากการศึกษาข้อมูลของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติทำให้สามารถกำหนดแนวคิดในการออกแบบได้ดังนี้ เครื่องใส่ปุ๋ยมีส่วนประกอบ 5 ส่วน คือ ชุดโครงหลัก ชุดโครงรอง ชุดเจาะหลุม ชุดหยอดปุ๋ย และชุดควบคุม ดังแสดงใน Figure 1 ชุดโครงหลักจะทำหน้าที่เชื่อมยึดอุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวน ชุดโครงรองจะเชื่อมต่อกับชุดโครงหลัก และจะทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบ

หยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวน และทำหน้าที่ยึดชุดเจาะหลุม ชุดหยอดปุ๋ยและถังปุ๋ยให้อยู่ในแนวระดับตลอดเวลาขณะทำงาน ชุดเจาะหลุมทำหน้าที่เจาะหลุมสำหรับการใส่ปุ๋ยตามจำนวนที่ต้องการ ชุดหยอดปุ๋ยจะทำหน้าที่กำหนดปริมาณปุ๋ยในการปล่อยลงหลุมแต่ละครั้ง โดยจะปล่อยปุ๋ยให้สอดคล้องกับการเคลื่อนที่และระยะการเจาะหลุม และชุดควบคุมอัตโนมัติเป็นตัวควบคุมจังหวะในการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.2 ชุดโครงหลัก

ชุดโครงหลักทำหน้าที่ต่อเชื่อมกับรถแทรกเตอร์และเชื่อมยึดโครงรองให้อยู่ในแนวระดับด้วยแขนต่อแบบ four bar linkage พร้อมทั้งรองรับแรงสะท้อนกลับจากการเจาะดินของชุดเจาะหลุมด้วยสปริงขูดรับแรงกด นอกจากนี้สปริงจะทำหน้าที่กดล้อรับน้ำหนักให้สัมผัสกับพื้นดินป้องกันการกระโดดของล้อขณะชุดเจาะทำงาน ดังแสดงใน Figure 2

2.3 ชุดโครงรอง

ชุดโครงรองจะยึดอุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวน โดยล้อรองรับน้ำหนักจะสัมผัสกับพื้นตลอดเวลา ทำให้ทราบระยะทางในการเคลื่อนที่ และเป็นตัวกำหนดการทำงานของชุดเจาะหลุมโดยการส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมสั่งเจาะหลุมตามที่โปรแกรมกำหนด



Figure 1 An automatic dibbling fertilizer applicator for horticultural crop



Figure 2 Major frame unit

2.4 ชุดเจาะหลุม

ชุดเจาะหลุมจะประกอบไปด้วย ลูกเบี้ยว หัวเจาะ สปริงขูดรับแรงกด และชุดนำร่องหัวเจาะ และระบบถูกออกแบบโดยอาศัยการทำงานของกลไกลูกเบี้ยวซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ หัวเจาะมีลักษณะเป็นเหล็กปลายแหลมรูปกรวย หัวเจาะถูกบังคับให้เคลื่อนที่ลงในแนวดิ่งด้วยความเร่งคงที่และความหน่วงคงที่ และเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วคงที่และความหน่วงคงที่ตามลำดับ [3] รูปร่างและขนาดของลูกเบี้ยว พร้อมทั้งระบบลูกเบี้ยวจะถูกออกแบบคำนวณหาขนาดที่ถูกต้อง และทำการ

ตรวจสอบความปลอดภัยและความถูกต้องด้วยวิธีไฟไนท์เอลเมนต์

2.5 ชุดหยอดปุ๋ย

ชุดหยอดปุ๋ยประกอบด้วยถังใส่ปุ๋ย ท่อสายยางลำเลียง และกลไกกำหนดปริมาณและปล่อยปุ๋ย โดยกลไกกำหนดปริมาณปุ๋ยถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นช่องว่างเพื่อเติมปุ๋ย เมื่อได้ปริมาณปุ๋ยตามที่ต้องการ PLC จะส่งสัญญาณไปขับ solenoid switch เพื่อปล่อยปุ๋ยที่มีปริมาตรตามกำหนดลงหลุมโดยไหลผ่านท่อสายยาง กลไกปล่อยปุ๋ยจะถูกปิดโดยอาศัยแรงดึงจากสปริง

2.6 ชุดควบคุมอัตโนมัติ

ชุดควบคุมอัตโนมัติจะอาศัยการทำงานของชุด PLC เซนเซอร์แบบพร็อกซิมีตี รีเลย์สวิตช์ วาล์วควบคุมทิศทาง วาล์วควบคุมการไหล และคอมพิวเตอรื เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ย โดย PLC จะควบคุมการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกเพื่อขับกลไกลูกเบี้ยวของชุดเจาะหลุม ควบคุมระยะห่างระหว่างหลุม และควบคุมการปิดเปิดของกลไกการหยอดปุ๋ยของชุดหยอดปุ๋ย ความเร็วของลูกเบี้ยวถูกปรับให้ลดลงได้ด้วยการปิดวาล์วควบคุมการไหลข้างหนึ่ง และลูกเบี้ยวจะหยุดเมื่อปิดทั้งสองข้าง แผนผังการทำงานของชุดควบคุมอัตโนมัติแสดงไว้ใน Figure 3

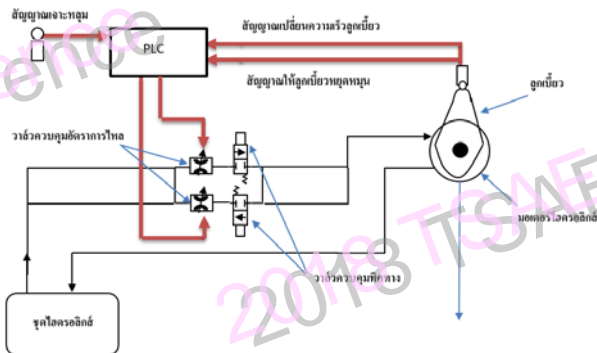


Figure 3 Schematic diagram of control unit

2.7 การทดสอบหาระยะห่างระหว่างหลุม

การทดสอบหาระยะห่างระหว่างหลุมกระทำในกระบะดิน ในการทดสอบจะใช้จานเหล็กติดบริเวณล้อ และติดตั้งเซ็นเซอร์แบบพร็อกซิมีตีเพื่ออ่านค่าจากสกรูที่ติดบนจานเหล็ก โดยจะส่งสัญญาณไปยัง PLC เพื่อทำการเจาะหลุม ดัง Figure 4 ซึ่งในจานเหล็กนั้นจะมีจำนวนรูสกรู 15 รู โดยแบ่งระยะห่างระหว่างหลุมเป็น 2 ระยะ ที่มีมุม 24 องศา และ 48 องศา เมื่อวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางของจานเหล็ก



Figure 4 Distance marking steel disk

2.8 การทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ย

การทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ยกระทำในกระบะดินขนาดกว้าง 0.8 m ยาว 6.0 m และสูง 0.6 m โดยการเจาะหลุมและใส่ปุ๋ยจำนวน 5 หลุม ปุ๋ยเค็ปตราเรือไวคิง สูตร 15-15-15 ถูกนำมาใช้ในการทดสอบโดยมีรูปร่างเป็นทรงกลม ขนาดเม็ดเฉลี่ยเท่ากับ 2.7 mm และความหนาแน่นเท่ากับ 1,869.7 kg m⁻³ ดินที่ใช้ในการทดสอบเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งมีลักษณะของเนื้อดินประกอบด้วย sand 74%, silt 12% และ clay 14% ความเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากับ 0.1 m s⁻¹ และความเร็วรอบมอเตอร์ไฮดรอลิกเท่ากับ 128 rpm

3 ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการทดสอบระยะห่างระหว่างหลุม

ผลจากการทดสอบโดยใช้จานเหล็กกำหนดระยะห่างระหว่างหลุมและใช้หัวเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 mm พบว่าเมื่อตั้งตำแหน่งเซนเซอร์ที่มุม 24 องศา และ 48 องศา จะได้ระยะห่างระหว่างหลุมเฉลี่ยดังนี้ 112.3 และ 225.8 mm ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งเมื่อนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเปรียบเทียบค่าระยะห่างทางทฤษฎีจะได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ย 99.5% จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าจานเหล็กสามารถกำหนดระยะห่างระหว่างหลุมได้อย่างแม่นยำ

Table 1 Hole distance

Hole No.	Angle 24° (mm)	Angle 48° (mm)
1-2	108.6	220
2-3	111.0	224
3-4	113.1	225
4-5	112.1	230
5-6	116.9	230
Avg.	112.3	225.8

3.2 ผลการทดสอบการเจาะหลุมและใส่ปุ๋ย

จากการทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ยในกระบะดินในห้องปฏิบัติการโดยใช้หัวเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 mm พบว่า เมื่อกำหนดความชื้นของดินเท่ากับ 8, 13 และ 17 % (wb) ทำให้ดินมี

ค่าความแข็งเท่ากับ 64.6, 38.7 และ 12.9 kPa ตามลำดับ และทำให้สามารถเจาะหลุมได้ปริมาตรเท่ากับ 43.5, 62.0 และ 69.0 cm³ ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ความชื้นมีอิทธิพลต่อความแข็งของดินและขนาดของหลุมเจาะ เพราะเมื่อความชื้นในมวลดินสูงขึ้นทำให้ความแข็งแรงของดินลดลง ซึ่งส่งผลให้ขนาดของหลุมเจาะใหญ่ขึ้น โดยเฉพาะเมื่อความชื้นสูงขึ้นก็จะส่งผลให้สภาพของหลุมสมบูรณ์ขึ้น โดยเห็นได้จากค่าความกว้างและความยาวของหลุมที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงใน Table 2-4 นอกจากนี้ผลการทดสอบยังแสดงให้เห็นว่า แขนต่อแบบ four bar linkage และสปริงรับแรงกดช่วยให้ความลึกของหลุมที่เจาะได้มีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ

จากการทดสอบความสามารถในการปล่อยปุ๋ยของชุดหยอดปุ๋ยนึ่งห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีสามารถปล่อยปุ๋ยได้เฉลี่ยครั้งละ 5.8 g [3] และเมื่อกำหนดความเร็วในการทำงานเท่ากับ 0.1 m s⁻¹ ดังนั้นเครื่องใส่ปุ๋ยจะมีความสามารถในการทำงานเท่ากับ 18.8 kg h⁻¹ ด้วยระดับความถูกต้องมากกว่า 97% จากผลการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าเครื่องใส่ปุ๋ยมีความสามารถในการทำงานค่อนข้างต่ำ ดังนั้นควรกำหนดตำแหน่งรูนงานหลักให้มีความละเอียดมากขึ้น อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองเหล่านี้ยังแสดงให้เห็นว่าเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมที่ได้ออกแบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 2 Hole size and fertilizer placement at 8 %(wb)

Hole No.	Hole size			Hole volume (cm ³)	Fertilizer placed outside the hole (g)	Quality of fertilizing (%)
	Width (mm)	Length (mm)	Depth (mm)			
1	53.3	52.5	49.6	36.4	0.22	96.2
2	57.3	56.8	49.4	42.0	0.19	96.7
3	58.0	54.3	53.8	44.4	0.13	97.8
4	59.3	58.3	57.3	51.8	0.06	99.0
5	56.4	53.8	54.8	43.5	0.06	99.0
Avg.	56.8	55.2	53.0	43.5	0.13	97.8

Table 3 Hole size and fertilizer placement at 13 %(wb)

Hole No.	Hole size			Hole volume (cm ³)	Fertilizer placed outside the hole (g)	Quality of fertilizing (%)
	Width (mm)	Length (mm)	Depth (mm)			
1	65.0	63.8	62.2	67.5	0.17	97.1
2	65.1	63.9	59.3	64.7	0.25	95.7
3	62.3	63.6	58.6	60.7	0.05	99.1
4	63.8	63.5	56.8	60.2	0.09	98.5
5	58.2	64.7	57.7	56.9	0.22	96.2
Avg.	62.9	63.9	58.9	62.0	0.16	97.2

Table 4 Hole size and fertilizer placement at 17 %(wb)

Hole No.	Hole size			Hole volume (cm ³)	Fertilizer placed outside the hole (g)	Quality of fertilizing (%)
	Width (mm)	Length (mm)	Depth (mm)			
1	64.3	63.0	57.8	61.3	0.15	97.4
2	63.6	65.2	61.6	66.9	0.09	98.5
3	63.7	60.5	64.8	65.4	0.02	99.7
4	69.8	68.5	65.6	82.2	0.12	97.9
5	62.8	65.0	65.8	70.2	0.16	97.2
Avg.	64.8	64.4	63.1	69.0	0.11	98.1

4 สรุป

เครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวนแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ ชุดโครงหลัก ชุดโครงรอง ชุดเจาะหลุม ชุดหยอดปุ๋ย และชุดควบคุมอัตโนมัติ แขนต่อแบบ four bar linkage และสปริงรับแรงกดช่วยให้ความลึกของหลุมที่เจาะได้มีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ และงานหลักสามารถกำหนดระยะห่างระหว่างหลุมได้อย่างแม่นยำ เครื่องใส่ปุ๋ยที่ถูกปรับปรุงนี้สามารถทำงานด้วยสมรรถนะที่น่าพอใจ

5 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนวิจัย

6 เอกสารอ้างอิง

มงคล คธาพันธ์ และยงยุทธ เสียงดัง, 2547. เครื่องโรยปุ๋ยยางพารา. แผนกวิชาช่างกลเกษตรและสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา
 นุชนารถ กังกิสตาร์, 2550. ปุ๋ยเคมีกับการเพิ่มศักยภาพการผลิตยางพารา. ส่วนการผลิตยาง สถาบันวิจัยยาง
 มงคล คธาพันธ์ ฉัตริน เรื่องจอหอ กมลชนน วงศ์สถาน และพยุศักดิ์ จุลยุเสณ, 2560. การพัฒนาชุดทดลองเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ครั้งที่ 4, โรงแรมวีวิช อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น, 24-25 พฤศจิกายน 2560