



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติ ครั้งที่ 20 วันที่ 14-15 มีนาคม 2562
ณ โรงแรมฮาร์ตโรค พัทยา จังหวัดชลบุรี
Available online at www.tsaе.asia

เครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มของทุเรียน (ส่วนของการพัฒนาต้นแบบ)

Semi-Automated-Fertilizer Applicator for Durian (part of prototype development)

พัทธรวิภา สุทธิวาริ^{1*}, กิตติศักดิ์ กิติรัตน์¹, ทิวากร กาลจักร¹, พีระพงษ์ ชมภู¹,

ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์², อุทัย ธาณี², กมลภัทร ศิริพงษ์³

Phakwipha Sutthiwaree^{1*}, Kittisak Kitirat¹, Tiwakorn Kanlajak¹, Peeraphong Chompu¹

Yuttana Khaehanchanpong², Uthai Thani², Kamonpat Siripong³

¹ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จันทบุรี 22000

¹Agricultural Engineering Research Center of Chantaburi Agricultural Engineering Research Institute

Department of Agriculture Chantaburi 22000

²สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

²Agricultural Engineering Research Institute Department of Agriculture Bangkok 10900

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจังหวัดจันทบุรี กรมวิชาการเกษตร จันทบุรี

³ Chantaburi Agricultural Research and Development Center 22150

*Corresponding author: Tel: +66-9-882-60122, Fax: +66-39-609-652, E-mail: pakpooh18@gmail.com

บทคัดย่อ

ทุเรียนเป็นไม้ผลเมืองร้อนที่เป็นพืชยืนต้นมีอายุการเก็บเกี่ยวได้นาน ถ้าดูแลรักษาและบำรุงต้นให้ถูกต้องเหมาะสม การใส่ปุ๋ยเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการบำรุงต้นที่ส่งผลให้ต้นสามารถให้ผลผลิตได้ตามต้องการ การใส่ปุ๋ยควรปฏิบัติให้ถูกวิธีและใส่ในปริมาณที่เหมาะสม ปัจจุบันเกษตรกรใส่ปุ๋ยด้วยการหว่านด้วยมือ ยังไม่มีเครื่องมือสำหรับการใส่ปุ๋ยอย่างเหมาะสม เพื่อให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยได้ตามความต้องการของพืช จึงเห็นว่าควรใช้เทคโนโลยีความแม่นยำมาพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติ ให้สามารถโรยตามแนวปลายทรงพุ่ม ด้วยโปรแกรมควบคุมแบบฝังตัว (embedded control system) เพื่อกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยและตำแหน่งของการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสม งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับทดสอบในห้องปฏิบัติการขนาดบรรจุปุ๋ย 40 kg มีต้นกำลังจากระบบไฮดรอลิกของรถแทรกเตอร์ ขับไฮดรอลิกมอเตอร์ส่งผ่านกำลังไปยังเพลาลูกหยอดเครื่องใส่ปุ๋ย ลูกหยอดปุ๋ย 4 แบบ เครื่องต้นแบบถูกทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่แตกต่างกัน การกระจายตัวของปุ๋ย ผลการทดสอบสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาต้นแบบต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องใส่ปุ๋ย, กึ่งอัตโนมัติ, ทุเรียน

Abstract

Durian is tropical horticulture and long term harvesting crop. The crop protection is an importance activity, the fertilizer application is one of the main factors that directly affect to production yield. The good practice and optimal application rate are required. Currently, the fertilizer was applied by manual, rare of suitable equipment for durian fertilizer application. The purpose of this study was to find the proper fertilizer application rate. Thus, the precision technology was adopted for developing the semi-auto fertilizer applicator. The applied position of fertilizer and fertilizer rate were controlled by the embedded control system. The prototype of lab test was 40 kg fertilizer container, the fertilizer shaft was driven by the hydraulic power of tractor. Four types of fertilizer drill were tested and analyzed the relationship of the optimal engine revolution and fertilizer distribution. The results reflected to the developed prototype.

Keywords: Fertilizer applicator, Semi-automatic, Durian

1 บทนำ

ทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้หลักให้กับประเทศ จากข้อมูลในปี 2560 มูลค่าทุเรียนและผลิตภัณฑ์ส่งออกของประเทศรวม 15,563 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) คิดเป็น 11%เพิ่มขึ้นจากปี 2557 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ปัจจุบันพื้นที่ปลูกทุเรียนของประเทศครอบคลุม 804,856 ไร่ จังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่ปลูกทุเรียนมากที่สุดของประเทศ โดยมีพื้นที่ปลูกรวม 207,483 ไร่ หรือ 27 % ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ สามารถให้ผลผลิต 234,514 ton รองลงมาคือจังหวัดชุมพร พื้นที่ปลูก 139,663 ไร่ ผลผลิตจำนวน 124,495 ton (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ทุเรียนที่เป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบมีลำต้นสูง 25-50 m ตามแต่ชนิดพันธุ์ และยังสามารถมีอายุยืนยาวได้ถึง 100 - 150 ปี ถ้าหากมีการดูแลรักษาบำรุงต้นให้แข็งแรง ในการปลูกทุเรียนนั้นเป็นการลงทุน วางแผนการปลูกครั้งแรก หลังจากนั้นจะเป็นการดูแล บำรุงรักษา ให้ต้นทุเรียนสมบูรณ์พร้อมที่จะให้ผลผลิต ดังนั้นขั้นตอนที่สำคัญคือการดูแลและบำรุงรักษาต้นให้มีความสมบูรณ์ในระยะเตรียมต้นเพื่อสร้างความพร้อมของต้นให้สามารถออกผลผลิตได้อย่างมีคุณภาพ ในขั้นตอนนี้การใส่ปุ๋ยบำรุงต้น เป็นกิจกรรมหนึ่งซึ่งช่วยให้ต้นมีความสมบูรณ์พร้อมสำหรับการออกดอกให้ผลผลิต วิธีการดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติ จะเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวและเป็นการหว่านกระจายไปรอบต้น ซึ่งทำให้ทุเรียนไม่สามารถนำไปใช้งานได้เต็มที่ประสิทธิภาพ กรมวิชาการเกษตรได้มีคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยในตำแหน่งบริเวณปลายทรงพุ่มของต้นทุเรียนเนื่องจากรากฝอยที่ทำหน้าที่ดูดอาหารมีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณรอบทรงพุ่มและอยู่ในระดับที่ไม่ลึกจากผิวดิน ซึ่งจะทำให้ทุเรียนสามารถใช้ปุ๋ยได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีรายงานผลการวิจัยทดสอบเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างวิธีแนะนำของกรมวิชาการเกษตรและวิธีของเกษตรกร ที่แสดงให้เห็นว่าวิธีของกรมวิชาการเกษตรที่แนะนำให้ใส่ปุ๋ยแบบรวม โดยใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1-3 kgต่อต้น และปุ๋ยคอกอัตรา 10-20 kg ต่อต้น โดยใส่ห่างจากโคนต้น 50 cm (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี, 2551) การใส่ปุ๋ยแบบนี้ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากวิธีปฏิบัติของเกษตรกรอย่างเห็นได้ชัดเจน นอกจากนี้ ยังมีเกษตรกรหลายรายที่ปฏิบัติตามคำแนะนำ แต่ในขั้นตอนการใส่ปุ๋ยในปัจจุบันยังใช้แรงงานในการหว่าน แบบกระจายทั่วรอบต้น ทำให้สิ้นเปลืองปุ๋ยและประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยลดลง นอกจากนี้เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุมากขึ้น งานใส่ปุ๋ยเป็นงานที่หนัก เกษตรกรจะต้องจ้างแรงงานเพื่อช่วยแบกและหว่านปุ๋ย จำนวน 1-2 คน

เกษตรกรจึงพบปัญหาในการจัดหาแรงงานที่มีความเข้าใจงาน ถึงแม้ว่าในปัจจุบันนี้จะมีเครื่องใส่ปุ๋ยใช้งานอยู่ภายในประเทศ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องแบบพ่นหว่านที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในนาข้าว หรือ พืชไร่ และเป็นเครื่องพ่นแบบเหวี่ยงกระจายที่พวงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งไม่เหมาะสมใช้งานในสวนทุเรียน เพื่อเป็นการแก้ปัญหาการขาด

แคลนแรงงาน เพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยของทุเรียน และเป็นการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรให้สามารถใช้งานได้ในการปลูกทุเรียนแบบใหม่ ที่มีระยะระหว่างต้นชิดกันมากขึ้น รวมทั้งเป็นทางเลือกในการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตไม้ผล นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรพื้นฐานเป็นเทคโนโลยีวิศวกรรมเกษตรระดับสูง (Advanced Agricultural Engineering) ผู้วิจัยเห็นว่า ควรมีการพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยที่มีความเหมาะสมกับการใช้ในงานดูแลและจัดการทุเรียนแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยนำเทคโนโลยีระบบควบคุมแบบฝังตัวมาใช้ในการควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ย และตำแหน่งการใส่ปุ๋ยให้ได้ตามที่พืชต้องการ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการใส่ปุ๋ยและยังช่วยลดความลำบากในการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 แบบสำรวจ

2.1.2 โปรแกรม the MATLAB (MathWorks version 2016b, Massachusetts, USA)

2.1.3 เครื่องวัดรอบ, นาฬิกาจับเวลา, ปุ๋ย

2.1.4 ต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ย และลูกหยอด 4 แบบ

2.2 วิธีการ

2.2.1 ศึกษาสถานการณ์การใส่ปุ๋ยในทุเรียนของเกษตรกร รวมทั้งศึกษาปัจจัยของปุ๋ยเคมี และลักษณะทางกายภาพของต้นทุเรียนที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ย ดังนี้ ขนาดของเม็ดปุ๋ย มุมของของปุ๋ย ขนาดทรงพุ่มของทุเรียนที่อายุต่างกัน ความเร็วในการหมุนของชุดปล่อยปุ๋ย ความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมศึกษารูปแบบของลูกหยอดที่เหมาะสมสำหรับใช้กับปุ๋ยเคมี รวมทั้งศึกษาระบบการควบคุมแบบฝังตัว วงจรและอุปกรณ์ประมวลผลแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยเคมี

2.2.2 ออกแบบ สร้างวงจรเพื่อการประมวลผลการทำงาน ด้วยเซนเซอร์แสง และไมโครคอนโทรลเลอร์ ทดสอบการทำงานของระบบให้สามารถควบคุมตำแหน่งการใส่ปุ๋ยตามที่ต้องการได้อย่างแม่นยำโดยการใช้การตรวจสอบด้วยการสังเกต

2.2.3 ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยแบบโรย โดยให้ใช้งานต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (24-36 hp) เครื่องประกอบด้วย ถังบรรจุปุ๋ยขนาดประมาณ 40 kg โดยมีชุดควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ยที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ และระบบชุดควบคุมตำแหน่งในการใส่ปุ๋ยที่ใช้การวิเคราะห์สีจากภาพ

2.2.4 ทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดสอบอัตราปุ๋ยให้สามารถโรยได้ในระยะ 2-5 m ทดสอบความต่อเนื่องและความสม่ำเสมอในการโรยปุ๋ยโดยใช้การสังเกตของผู้เชี่ยวชาญในเรื่องการใส่ปุ๋ยทุเรียน โดยระบบควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ยและระบบ

ควบคุมการใส่ปุ๋ยจะถูกทดสอบค่าความแม่นยำ (Precision) ด้วยการเช็คตำแหน่งการใส่ปุ๋ยเมื่อให้โปรแกรมทำงานด้วยการสังเกต

2.2.5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.ผลและวิจารณ์

3.1 ผลการสำรวจข้อมูลลักษณะทางกายภาพของทุเรียน อายุ 5-10 ปี และรูปแบบการปลูกทุเรียน ในพื้นที่ จังหวัด ระยอง จันทบุรี และตราด เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลสำหรับการออกแบบอุปกรณ์ใส่ปุ๋ยสำหรับต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ จึงเลือกสุ่มเก็บข้อมูลจากแปลงของเกษตรกรที่มีการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองแบบสวนเดี่ยวและมีการปลูกแบบยกร่อง, พูนโคน หรือปลูกแบบพื้นราบ จากการคัดเลือก ติดต่อและสัมภาษณ์เกษตรกรด้วยแบบสอบถาม จำนวนทั้งหมด 20 ราย โดย 6 ราย จากจังหวัดระยอง, 8 ราย จากจังหวัดจันทบุรี และ 6 รายจากจังหวัดตราด ผลการสำรวจพบว่า เกษตรกรที่ปลูกทุเรียนใหม่ ที่มีอายุ ≤ 10 ปี ส่วนใหญ่มีรูปแบบการปลูกเป็นแบบพูนโคน คิดเป็น 65% ทุเรียนที่มีอายุ ≥ 11 ปี เป็นการปลูกแบบพื้นราบ คิดเป็น 20% และ 15% เป็นการปลูกแบบยกร่อง ระยะห่างระหว่างต้นและแถว มีค่าอยู่ระหว่าง 6x6, 7x7, 4x8, 8x8, 10x10 m โดยมีการปลูกที่ระยะ 8x8 และ 10x10 m มากที่สุด คิดเป็น 40% และ 20% ตามลำดับ ทั้งในรูปแบบการปลูกแบบพูนโคนและพื้นราบ สำหรับการปลูกแบบยกร่อง ระยะการปลูกจะเป็น 4x8 m นอกจากนี้ ยังพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ที่ปรับรูปแบบการปลูกให้มีระยะปลูกระหว่างแถวห่างมากขึ้นกว่าการปลูกแบบดั้งเดิม มีการวางแผนเพื่อให้รองรับการใช้เครื่องจักรกลเกษตร ซึ่งในปัจจุบันเกษตรกรมีการเลือกใช้เครื่องพ่นสารเคมีแบบ air blast มากขึ้น จากการสำรวจ พบว่ามีเกษตรกร จำนวน 40% เป็นเจ้าของเครื่องพ่นสารเคมีแบบ air blast แต่ในการใส่ปุ๋ย เกษตรกรยังใช้แรงงานคน ไม่มีเครื่องมือทุ่นแรง ผลการวัดขนาดทรงพุ่มของต้นทุเรียนพันธุ์หมอนทองโดยวัดในด้าน x และ y ของทรงพุ่มที่อายุต่างๆ ดังนี้

Table 1 Durian Monthong variety's tree dimension

Province	Years	width (m)	length (m)	Ideal rate (kg/tree)
Rayong	3	3.53	3.48	1.17
	4	4.41	4.37	1.46
	5	5.10	4.95	1.68
	6	8.32	7.85	2.70
	1	1.24	1.27	0.42
	2	2.33	2.23	0.76
Chantaburi	6	5.27	5.10	1.73
	8	5.59	5.65	1.87
Trat	3	3.37	3.29	1.11

5	5.34	5.51	1.81
6	6.03	6.13	2.03
7	6.50	6.44	2.16

Remark: Ideal rate (kg/tree) is 1/3 of tree radius

สถานการณ์การใส่ปุ๋ยของเกษตรกรที่ไม่มีเครื่องมือทุ่นแรง สำหรับช่วยในการใส่ปุ๋ยในสวนทุเรียน ใช้แรงงานคนในการหว่านปุ๋ย โดยการหว่านกระจายรอบโคนต้นทุเรียน จากการสำรวจพบว่า รูปแบบการปลูกทุเรียน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

3.1.1 การปลูกแบบดั้งเดิม คือ การปลูกแบบสวนผสม เงาะ ทุเรียน มังคุด ส่วนใหญ่จะมีอายุเกิน 15 ปี ระยะปลูกไม่แน่นอน จะใส่ปุ๋ยโดยการหว่านกระจายทั่วโคนต้น เนื่องจากรากของต้นทุเรียนกระจายทั่วพื้นที่

3.1.2 การปลูกแบบรูปแบบใหม่ ที่เป็นการปลูกแบบพืชเดี่ยว มีรูปแบบการปลูกเป็นดังนี้

3.1.2.1 แบบปลูกแบบพื้นราบ มีระยะปลูกแน่นอน ระยะห่างระหว่างต้น x แถว เป็น 8x8 m-10x10 m การใส่ปุ๋ยจะใส่บริเวณรอบปลายทรงพุ่ม ห่างจากโคนต้นประมาณ 40-50 cm

3.1.2.2 แบบยกร่อง ในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำไม่ดี ส่งผลให้รากทุเรียนเน่าเสียได้ง่าย จึงมีการปลูกแบบยกร่อง ในบางพื้นที่มีการขุดร่องระบายน้ำ ในบริเวณปลายร่อง ขนาดกว้าง 2-4 m ลึกประมาณ 0.70 m ขนาดกว้าง 6-8 m ความสูงของร่อง ประมาณ 0.50-0.80 m การใส่ปุ๋ยจะบริเวณรอบปลายทรงพุ่ม ห่างจากโคนต้นประมาณ 40-50 cm

3.1.2.3 แบบพูนโคน การปลูกด้วยวิธีนี้เป็นวิธีหนึ่งที่ยั่งยืน น้ำท่วมรากแต่มีการใช้ดินพูนเฉพาะบริเวณรอบทรงพุ่ม ขนาดกว้างตามอายุของต้นทุเรียน โดยเฉลี่ย ทุเรียนที่อายุไม่เกิน 5 ปี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่พูนโคน ประมาณ 5-6 m ความสูงประมาณ 0.70-1.00 m การใส่ปุ๋ยจะใส่บริเวณรอบปลายทรงพุ่ม ห่างจากโคนต้นประมาณ 40-50 cm

3.1.2.4 แบบยกร่องและพูนโคน เป็นการปลูกหลังจากยกร่องเป็นแถวแล้ว แล้วจึงพูนโคนซ้ำอีกครั้ง เนื่องจากเมื่อปลูกไประยะหนึ่ง ดินจะยุบตัว การใส่ปุ๋ยจะบริเวณรอบปลายทรงพุ่มห่างจากโคนต้นประมาณ 40-50 cm

3.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบชุดกลไกการใส่ปุ๋ย และอุปกรณ์ ชุดกลไกของการใส่ปุ๋ยที่ออกแบบประกอบด้วย ถังใส่ปุ๋ย และลูกหยอดปุ๋ย ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบถังใส่ปุ๋ย คือ มุมกึ่งของปุ๋ย ปุ๋ยสูตรหลักที่ใช้ในสวนทุเรียน มี 3 สูตร คือ 16-16-16, 13-13-21 และ 8-24-24 จึงได้ทำการทดสอบมุมกึ่งของปุ๋ย พบว่า ค่ามุมกึ่งของปุ๋ยทั้งสามสูตร มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 18 °

3.3 ต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีแบบกึ่งอัตโนมัติพัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาด 27 hp ถังปุ๋ยมีขนาดบรรจุปุ๋ย 40 kg ต้นแบบจะใช้น้ำมันไฮดรอลิกส์จากระบบของรถแทรกเตอร์มาป้อนให้กับมอเตอร์ไฮดรอลิกส์ จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฮดรอลิก แบบปริมาตรคงที่ แบบเฟืองใน ที่ส่วนประกอบของเฟืองและโรลเลอร์

ที่ช่วยความเค้นและแรงต้าน ทำให้เกิดแรงเสียดทานน้อย (ขวัญชัยและปานเพชร, 2521) และ (บริษัทศรีทองเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด, 2561: ออนไลน์) ดังนั้นในการออกแบบเพื่อเลือกขนาดมอเตอร์ไฮดรอลิกเป็นการวิเคราะห์จากอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกจากปั๊มไฮดรอลิกของแทรกเตอร์ขนาด 27 hp ที่ 17.3 l.min^{-1} ที่ความเร็วรอบ 2600 rpm (คูโบต้า, 2017) สำหรับการใส่ปุ๋ยจะใช้งานรถแทรกเตอร์ที่ความเร็วรอบเครื่อง 2200 rpm ซึ่งอัตราการไหลของน้ำมันจะอยู่ที่ 14 l.min^{-1} หรือ $14000 \text{ cc.min}^{-1}$ เครื่องต้นแบบต้องการให้เพลาลูกหมุนที่ 100 rpm จึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 140 cc.rev^{-1} จึงออกแบบให้ระบบทางกลสำหรับการใส่ปุ๋ย ใช้ไฮดรอลิกมอเตอร์ รุ่น M125 ที่มีอัตราการไหล 125 cc.rev^{-1} ความเร็วรอบสูงสุด 475 rpm อัตราการไหลของน้ำมัน 60 l.min^{-1} ดังแสดงในภาพที่ 1

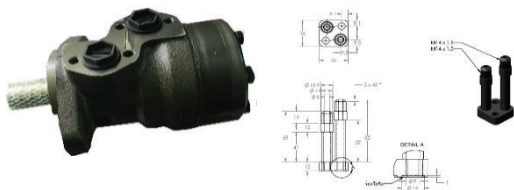


Figure 1 Hydraulic motor and joined valve

เครื่องต้นแบบประกอบด้วยสองส่วน คือ ระบบถ่ายทอดกำลังและระบบการควบคุมฝั่งตัว

ระบบถ่ายทอดกำลัง: ใช้วาล์วสำหรับต่อไฮดรอลิกมอเตอร์กับระบบไฮดรอลิกของรถแทรกเตอร์ เพื่อใช้น้ำมันไฮดรอลิกจากระบบของรถแทรกเตอร์มาใช้งานกำลังที่ถูกถ่ายจากระบบไฮดรอลิกของรถแทรกเตอร์ไปยังวาล์วควบคุมอัตราการไหลด้วยไฟฟ้าที่สามารถปรับอัตราการไหลสูงสุด 125 l.min^{-1} ความดันสูงสุด 250 Bar และส่งกำลังต่อไปยังเพลาลูกของไฮดรอลิกมอเตอร์ ที่มีอัตราการไหลสูงสุด 60 l.min^{-1} ความเร็วรอบสูงสุด 475 rpm ด้วยพู่เลี้ยวขนาด 4 inch และพู่เลี้ยวตามขนาด 8 inch ที่ขับเพลาลูกหยอดสำหรับใส่ปุ๋ย ดังแสดงในรูปที่ 2

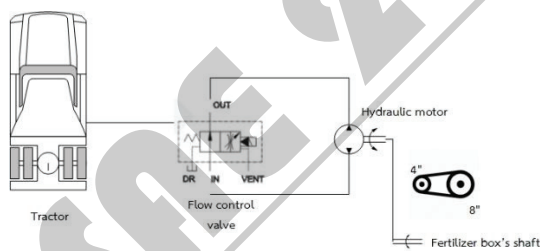


Figure 2 Fertilizer applicator control system

ระบบการควบคุมฝั่งตัว: ระบบควบคุมการใส่ปุ๋ยถูกออกแบบด้วยโปรแกรม the MATLAB (MathWorks version 2016b, Massachusetts, USA) ประกอบกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด Raspberry (Raspberry Pi3 Model B, Japan) ที่มีหน่วยประมวลผลกราฟิก และรับภาพสี RGB โดยตรงจากกล้อง VGA สามารถส่งค่าออกเป็น ค่า RCA หรือ HDMI โดยมี Micro SD card เป็นหน่วยความจำ แผ่นผังโปรแกรมดังรูปที่ 3 ในที่นี้ให้

เป้าหมายที่ต้องการ เป็นสีแดง โดยใช้กล้องเป็นหน่วยรับข้อมูลภาพสี ในรูปแบบ สี RGB ข้อมูลที่ได้รับจะถูกวิเคราะห์สีเขียว-แดง และเขียวน้ำเงิน ถ้าค่าที่ได้รับ มีค่า ≥ 50 ให้ส่งข้อมูล 5 เพื่อให้ไฟที่บอร์ด Raspberry ติด แสดงว่าเป้าหมายที่กล้องจับภาพได้มีสีแดง และขณะเดียวกัน ค่าที่ < 50 ให้ส่งข้อมูล 0 เพื่อให้ไฟที่บอร์ด Raspberry ดับ และ บอร์ด Arduino ที่เป็นหน่วยควบคุมการทำงานของไฮดรอลิกมอเตอร์ โดยมีการขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 4

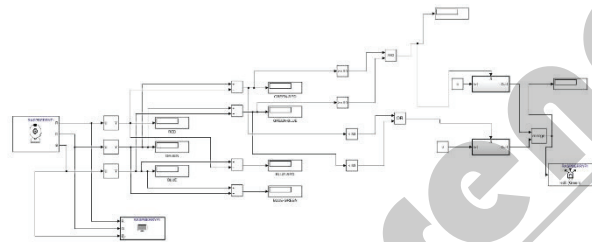


Figure 3 Diagram of color analysis program

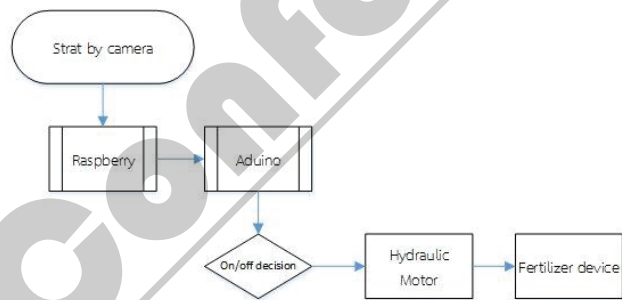


Figure 4 Flow chart of prototype work

3.4 การทดสอบต้นแบบในห้องปฏิบัติการ: ต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์สำหรับทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดังรูปที่ 5 ชุดทดสอบแบบวางในห้องปฏิบัติการถูกออกแบบให้มีขนาดยาว 12 เมตร เพื่อทดสอบอัตราการโรยปุ๋ย ความสม่ำเสมอในการโรยปุ๋ย ทดสอบโปรแกรมควบคุมการใส่ปุ๋ยที่ออกแบบขึ้น และทดสอบความแม่นยำในเรื่องตำแหน่งการใส่ปุ๋ย โดยมีการทดสอบเปรียบเทียบลูกหยอด 4 แบบ คือ ลูกหยอดแบบร่องไขว้ ลูกหยอดแบบร่องตรง และลูกหยอดแบบหลุม โดยที่ลูกหยอดทั้ง 3 แบบทำจากซูปเปอร์สตีล มีความยาว 30 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm และลูกหยอดแบบเกลียวทำจากเหล็กแผ่นตัดเป็นเกลียว

3.4.1 ลูกหยอดแบบร่องตรง ถูกออกแบบให้มีขนาดความกว้างความยาว และความลึกของร่อง 3, 28 และ 1 cm ตามลำดับ (Figure 6 (a))

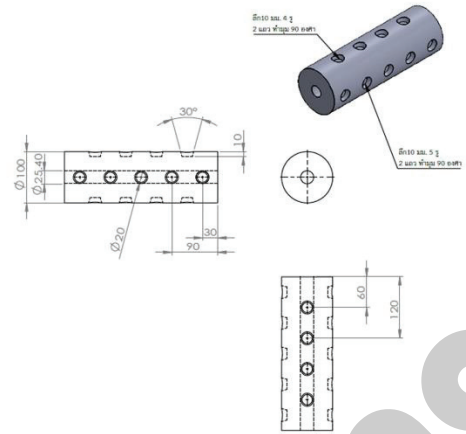
3.4.2 ลูกหยอดแบบร่องไขว้ ถูกออกแบบให้มีความกว้างความยาว และความลึกของร่อง 2, 9 และ 1.5 cm เอียงทำมุม 30° กับแนวระนาบ (Figure 6 (b))

3.4.3 ลูกหยอดแบบหลุม ถูกออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความลึกของรู 2 และ 1 cm จำนวน 4 รูต่อแถว และ 5 รูต่อแถว อย่างละ 2 แถว วางสลับกัน (Figure 7 (a))

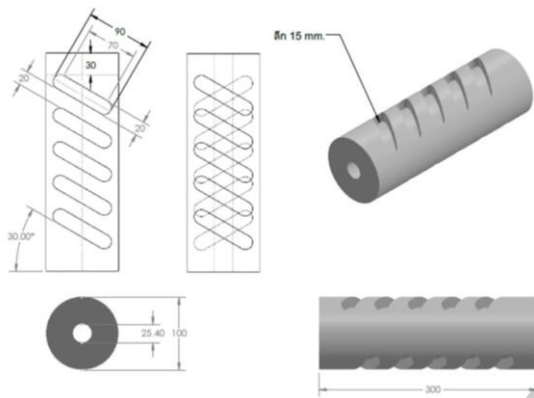
3.4.4 ลูกหยอดแบบเกลียว ลูกออกแบบให้มีระยะเกลียว 25 cm ระยะห่างระหว่างเกลียว 3 cm ด้านซ้ายจำนวน 4 เกลียว ด้านขวา 4 เกลียว วางเอียงทำมุมเข้าหากัน (Figure 7 (b))



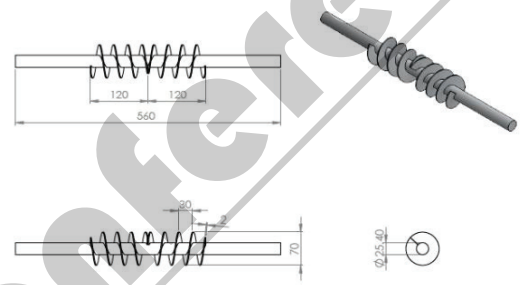
Figure 5 The prototype for lab test



(a) Hole drill type

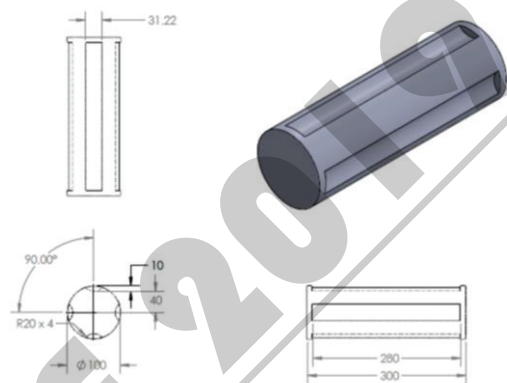


(a) Cross type



(b) Concaved type

Figure 7 The rotor of fertilizer applicator hole drill type and concaved type



(b) Straight type

Figure 6 The rotor of fertilizer applicator cross and straight type

3.5 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดสอบเพื่อวิเคราะห์อัตราการใส่ปุ๋ย รูปแบบการกระจายของปุ๋ย ด้วยเครื่องต้นแบบ จำนวน 3 แบบๆ ละ 3 ซ้ำ ที่ความเร็วรอบของรถแทรกเตอร์ 1000, 1200, 1400 และ 1600 rpm ทดสอบให้รถแทรกเตอร์อยู่กับที่ ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 8 และ ทดสอบการใส่ปุ๋ยเมื่อรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วระดับ 2L ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 9

จากตารางที่ 1 สามารถแบ่งกลุ่มอัตราการใส่ปุ๋ยทางทฤษฎีได้ดังนี้: ทูเรียนอายุ 3-5 ปี ระยะรัศมีทรงพุ่ม 0.5 - 2.5 m อัตราการใส่ปุ๋ยทางทฤษฎี 1-2 kg ต่อต้น และ ทูเรียนอายุ 6-8 ปี ระยะรัศมีทรงพุ่ม 2.6-3.5 m อัตราการใส่ปุ๋ยทางทฤษฎี 2-3 kg ต่อต้น โดยที่อัตราการใส่ปุ๋ยทางทฤษฎีเป็นอัตราการคำนวณจากคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยปริมาณ 1 ใน 3 ของรัศมีทรงพุ่ม จากภาพที่ 7 และ 8 จะเห็นว่าลูกหยอดแบบหลุมให้อัตราการหว่านที่เหมาะสมกับความต้องการ เมื่อเปรียบเทียบกับลูกหยอดแบบอื่นที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์เท่ากัน และจากการสังเกตการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยสายตา พบว่า แบบตรงและแบบไขว้มีการกระจุกตัวของปุ๋ยมากกว่าแบบเกลียวและแบบหลุม จึงเห็นว่า ลูกหยอดแบบหลุม (Hold drill type) มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาต้นแบบของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบกึ่งอัตโนมัติต่อไป

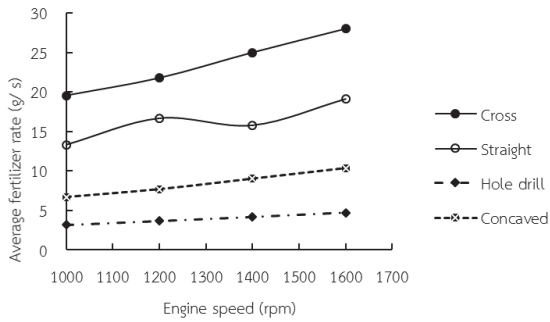


Figure 8 The results of fertilizer applied rate at the different engine speed of 4 fertilizer driller types

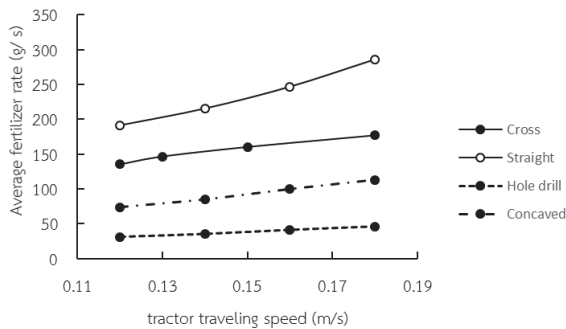


Figure 9 The results fertilizer applied rate at the different tractor speed of 4 fertilizer driller types

4 สรุป

ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยแบบกึ่งอัตโนมัติ คือ ขนาดทรงพุ่มต้นทุเรียน อัตราปุ๋ยที่ต้องการ ระยะห่างระหว่างต้น และแถว ชนิดของลูกหยอดปุ๋ย อัตราทด โดยที่อัตราปุ๋ย ตามคำแนะนำ คือ ทุเรียนอายุ 3-5 ปี ระยะรัศมีทรงพุ่ม 0.5 - 2.5 m อัตราการใส่ปุ๋ยทางทฤษฎี 1-2 kg ต่อต้น และ ทุเรียนอายุ 6-8 ปี ระยะรัศมีทรงพุ่ม 2.6-3.5 m อัตราการใส่ปุ๋ยทางทฤษฎี 2-3 kg ต่อต้น เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการใช้งาน ในสวนทุเรียนที่มีการปลูกแบบไม่กร่อง (แบบดั้งเดิม) หรือ ยกกร่อง ที่มีระยะห่างระหว่างแถว x ต้น คือ 8 x 8 และ 8x4 m ลูกหยอดที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาต้นแบบคือ ลูกหยอดปุ๋ยแบบหลุม ที่มีการกระจายตัวของปุ๋ย ดีกว่าลูกหยอดแบบอื่น ที่ให้อัตราหยอดปุ๋ย 30.70 g/s ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์รถแทรกเตอร์ 1000 rpm โดยรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.12 m/s และ 40.77 g/s ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์รถแทรกเตอร์ 1400 rpm โดยรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.16 m/s

5 กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ดำเนินการโดยได้รับการสนับสนุนจากผู้อำนวยการ ข้าราชการ พนักงานราชการและลูกจ้างประจำ ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี และสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจังหวัดจันทบุรี ที่ช่วยประสานงานติดต่อเกษตรกร และยังมีผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ ที่ได้เอ่ยนามไว้

ซึ่งล้วนสนับสนุนให้งานวิจัยนี้ดำเนินงานจนบรรลุเป้าหมาย คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

6 เอกสารอ้างอิง

Office of Agricultural Economics.2018. Data base of agricultural economics. Available at: <http://www.oae.go.th>. Accessed on 3 January 2019. (in Thai).

ขวัญชัย สีนทิพย์ และ ปานเพชร ชินินทร. 2521. ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.

คูโบต้า.2017.คู่มือซ่อมรถแทรกเตอร์ B2140S, B2140S Narrow, B2440S, B2740S. กันยายน 2017.

หน่วยถ่ายทอดเทคโนโลยี ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.2551. เทคโนโลยีการผลิตทุเรียนให้มีคุณภาพ (online). www.doa.go.th/hrc/chantaburi, 17 ธันวาคม 2560.

บริษัท ศรีทอง เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด.แคตตาล็อก(online).

<https://sritong.co.th/catalog/pdf/MM-MR-HKU-MSHydraulic.PDF>, 13 มกราคม 2561.