ระดับโครงการ

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

# วิจัยและพัฒนาเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กในสวนมะม่วง

# Research and Development of a Variable Rate Fertilizer Applicator for Mango Attached with a Small Four-Wheel Tractor

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายธนพงศ์ แสนจุ้ม

Mr.Tanapong Sanchum

ปี 2564

# บทสรุปผู้บริหาร

ปัจจุบันต้นทุนการผลิตพืชมีราคาสูงขึ้นทุกปี ซึ่งต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่เป็นค่าปัจจัยการผลิตและค่าแรงงาน จึงจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิต โดยวางแผนการใช้ปัจจัยการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้กับงานวิจัย การทำเกษตรแบบแม่นยำ มีความสำคัญต่อการพัฒนาเพื่อนำไปสู่ในยุคการเกษตร 4.0 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานวิจัยด้านเครื่องจักรกลการเกษตร มาใช้ในกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญอีกอย่างคือ ปุ๋ย เพื่อให้ใส่ปุ๋ยกับพืชได้อย่างแม่นยำ ลดการสูญเสียปุ๋ย แทนการหว่าน ซึ่งจะมีการสูญเสียเนื้อปุ๋ยที่จะหมดไปกับการระเหยไปในอากาศ ลม แสงแดด และเมื่อฝนตกหนักๆ หรือการใช้น้ำพืชที่มากเกินไป ปุ๋ยจะละลายและไหลไปกับน้ำอย่างรวดเร็ว จึงเกิดการสูญเสียปุ๋ย ทำให้พืชได้ธาตุอาหารลดลง เครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก มีหลักการทำงานจะมีชุดหัวเจาะ จะเจาะหลุมดินกว้าง 10 เซนติเมตร ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร หลังจากเจาะหลุมเสร็จแล้ว ปุ๋ยจากถังปุ๋ยจะไหลลงท่อที่ติดอยู่ที่ชุดเจาะและถูกปล่อยลงหลุม จากนั้นมีชุดกลบ ระบบควบคุมอัตราหยอด และการจ่ายปุ๋ย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 250 วัตต์ สำหรับควบคุมการจ่ายปุ๋ยตามอัตราการที่กำหนด จากการทดสอบการเจาะหลุม หยอดปุ๋ยและกลบ 8 หลุมต่อต้น พบว่า เครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสามารถใส่ปุ๋ยในอัตราการหยอดต่อต้นได้อย่างแม่นยำ (กำนหดอัตราปุ๋ยที่ 1 กิโลกรัมต่อต้น อัตราหยอดปุ๋ย 125 กรัม ต่อหลุม) มีความสามารถในการทำงาน 1.07 ไร่/ชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.65 ลิตร/ไร่ เครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก จะช่วยให้การใส่ปุ๋ยได้อย่างแม่นยำ ทำให้การใส่ปุ๋ยได้ประสิทธิภาพสูงสุด ลดภาระการใช้แรงงานคน จะเป็นการช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ย และยังเป็นการนำสู่การเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและเทคโนโลยี (Smart Farming) และยังสามารถนำเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติไปประยุกต์ใช้กับไม้ยืนต้นที่ต้องการฝังปุ๋ย เช่น ยางพารา, ปาล์มน้ำมันและไม้ผลอื่นๆ เป็นต้น

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้จากผลงานวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร นักวิชาการในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึงผู้ที่สนใจ

กรมวิชาการเกษตร

# บทคัดย่อ

ปุ๋ยเคมีที่มีราคาสูงขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการลดต้นทุนการผลิตโดยการใช้ปัจจัยการผลิต(ปุ๋ย) ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การใส่ปุ๋ยไม้ผล นิยมใช้การหว่าน การให้ปุ๋ยด้วยวิธีการหว่าน แต่ข้อเสียที่สำคัญ คือ สูญเสียเนื้อปุ๋ยที่จะหมดไปกับการระเหยไปในอากาศ และเมื่อฝนตกหนักๆ ปุ๋ยจะละลายและไหลไปกับน้ำอย่างรวดเร็ว จึงเกิดการสูญเสียปุ๋ย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อให้ใส่ปุ๋ยได้แม่นยำตามค่าที่ต้องการ เกิดการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การทำงานจะมีชุดหัวเจาะ จะเจาะหลุมดินกว้าง 10 เซนติเมตร ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร หลังจากเจาะหลุมเสร็จแล้ว ปุ๋ยจากถังปุ๋ยจะไหลลงท่อที่ติดอยู่ที่ชุดเจาะและถูกปล่อยลงหลุม จากนั้นมีชุดกลบ ระบบควบคุมอัตราหยอดและการจ่ายปุ๋ย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 250 วัตต์ สำหรับควบคุมการจ่ายปุ๋ยตามอัตราการที่กำหนด ดำเนินการทดสอบการเจาะหลุม หยอดปุ๋ยและกลบ 8 หลุมต่อต้น พบว่า เครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติ สามารถใส่ปุ๋ยในอัตราการหยอดต่อต้นได้อย่างแม่นยำ (กำหนดอัตราปุ๋ยที่ 1 กิโลกรัมต่อต้น อัตราหยอดปุ๋ย 125 กรัม ต่อหลุม) มีความสามารถในการทำงาน 1.07 ไร่/ชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.65 ลิตร/ไร่ ที่ความชื้นดิน 15.03 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานแห้ง) และความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 2.13 กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

กรมวิชาการเกษตร

# Abstract

Nowadays, The chemical fertilizers's price is increasing as a resulting in higher costs. It is imperative to reduce production costs by making the most efficient use of factor (fertilizers). Fertilizing in horticulture popularly used fertilize by sowing method but there is a disadvantage, the loss of fertilizer that will be exhausted by evaporation in the air and when it heavy rain or over irrigation the fertilizer will quickly dissolve and flow with the water cause the loss of fertilizer. The objective of this research is to Research and Development of a Variable Rate Fertilizer Applicator for a Small Four-Wheel Tractor for accurate fertilizer rate and most efficient use of fertilizers. The driller drills a hole diameter 10 cm. and 15 cm. depth. After that, the fertilizer from the storage tank will be piped into the hole and there will be a soil cover set. The control system using a micro controller to control the speed of a 12 Volt, 250 watts DC motor for controlled the fertilizer distribution at the specified rate. Drilling test and apply fertilizer and cover 8 holes per plant. Fertilizer can be applied at a precise rate of planting per plant (1 kg per plant and Fertilizer application 125 g per hole). Testing results found that average field capacity was 1.07 rai/hr, average fuel consumption was 2.65 lit/rai at soil moisture 15.03 percent (dry basic) and dry bulk densities 2.13 g/cm$^3$


กรมวิชาการเกษตร

# กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการ ข้าราชการ ลูกจ้างประจำ และพนักงานราชการ ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และขอขอบคุณศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อแปลงวิจัยสำหรับการทดสอบ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมที่ปรึกษาด้านวิชาการทั้งของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ที่ช่วยให้คำแนะนำให้ปรึกษา ทำให้โครงการวิจัยนี้ดำเนินการจนบรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

กรมวิชาการเกษตร

# สารบัญ


| เรื่อง | หน้า |
|---|---|
| บทสรุปผู้บริหาร | 2 |
| บทคัดย่อ | 3 |
| Abstract | 4 |
| กิตติกรรมประกาศ | 5 |
| สารบัญ | 6 |
| สารบัญภาพ | 7 |
| สารบัญตาราง | 8 |
| บทที่ 1 บทนำ | 9 |
| บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน | 11 |
| บทที่ 3 ผลการศึกษา | 15 |
| บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล | 27 |
| เอกสารอ้างอิง | 28 |
| ภาคผนวก | 29 |


กรมวิชาการเกษตร

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | แบบถังปุ๋ยสำหรับบรรจุปุ๋ย | 13 |
| 2 | แบบลูกหยอดแบบร่อง | 14 |
| 3 | ลูกหยอดปุ๋ยแบบร่อง | 14 |
| 4 | แบบใบเกลียวลำเลียงสว่านเจาะดิน | 15 |
| 5 | สว่านเจาะดินที่ติดตั้งทั้ง 2 ชุด | 15 |
| 6 | ต้นแบบเครื่องฝังปุ๋ย | 16 |
| 7 | ผังวงจรควบคุมและประมวลผล | 17 |
| 8 | แป้นพิมพ์สำหรับป้อนค่าเวลา เพื่อกำหนดอัตราปุ๋ยที่ต้องการใส่ต่อหลุม | 17 |
| 9 | ขนาดหลุมดิน | 18 |
| 10 | การทดสอบการสอบเทียบอัตราการหยอดปุ๋ย | 21 |
| 11 | เฟืองขับลูกหยอด | 21 |
| 12 | ต้นแบบเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ | 22 |
| 13 | รูปแบบการเคลื่อนที่สำหรับการเจาะหลุมและการหยอดปุ๋ย 8 หลุมรอบต้น | 22 |
| 14 | การทดสอบเครื่องต้นแบบในภาคสนาม | 23 |
| 15 | ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การใช้งานต่อปี กับค่าใช้จ่ายในการใช้งาน | 24 |
| 16 | ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ | 36 |
| 17 | การทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงทดลองภาคสนาม | 36 |
| 18 | การทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงทดลองภาคสนาม | 37 |
| 19 | ทดสอบหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง | 37 |
| 20 | การเจาะหลุม | 38 |
| 21 | การหยอดปุ๋ย | 38 |


กรมวิชาการเกษตร

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของชุดขุดดิน | 18 |
| 2 | ผลการทดสอบเพื่อสอบเทียบอัตราการหยอดปุ๋ย ใช้เฟืองขับลูกหยอดขนาด 15 ฟัน | 19 |
| 3 | ผลการทดสอบเพื่อสอบเทียบอัตราการหยอดปุ๋ย ใช้เฟืองขับลูกหยอดขนาด 30 ฟัน | 20 |
| 4 | ผลการทดสอบความสามารถการทำงานเครื่องต้นแบบ | 22 |


กรมวิชาการเกษตร

# บทที่ 1 บทนำ

**1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน**

**<u>วิสัยทัศน์</u>**

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

**<u>พันธกิจ</u>**

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตรสู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

**2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน (โปรดเลือกเฉพาะยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานของท่าน)**

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง
เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

☑ ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์
คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษและภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม
สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ
การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

กรมวิชาการเกษตร

**3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และโปรดระบุแผนงาน/โครงการให้สอดคล้องกับโปรแกรมของแผน ววน.**

| โปรแกรมตามแผน ววน. | งบประมาณ (บาท) |
|---|---|
| P7. โจทย์ท้าทายด้านทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและการเกษตร<br>- **แผนงาน** วิจัยและพัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจ<br>- **แผนงานวิจัยย่อยที่ 5** การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรแบบแม่นยำสำหรับไม้ผลเศรษฐกิจ<br>- **โครงการที่ 2** วิจัยและพัฒนาเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กในสวนมะม่วง | **328,790** |

**4. รายละเอียดโครงการ**

**ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล**

มะม่วงเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่มีศักยภาพมีความสำคัญมากชนิดหนึ่ง ที่ปลูกได้ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย มะม่วงมีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในกลุ่มไม้ผลที่มีศักยภาพในการผลิตและส่งออกสูง ผลผลิตมีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของตลาด ในปี 2561 ประเทศไทยมีเนื้อที่ให้ผล 1.97 ล้านไร่ และมีผลผลิตรวม 3.12 ล้านตัน ปริมาณการส่งออก 117,656 ตัน มูลค่าการส่งออก 4,602 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) การวางแผนการผลิตมะม่วงที่ดี จะสามารถวางแผนการตลาดได้แน่นอน และได้ผลผลิตมะม่วงคุณภาพดีมีปริมาณพียงพอต่อการส่งออก การผลิตมะม่วงเพื่อการส่งออกมีต้นทุนระหว่าง 19,000-26,000 บาท โดยเป็นต้นทุนด้านปัจจัยการผลิตประมาณ 12,500 บาท (ต้นทุนหลักๆ คือ ปุย สารเคมี และถุงห่อ) ต้นทุนด้านแรงงาน 7,600 บาท และต้นทุนด้านอื่นๆ เช่น ไฟฟ้า น้ำมัน 6,000 บาท/ไร่ (ชูชาติ, 2556) แต่จากข้อมูลต้นทุนการผลิตมะม่วงของปี 2558 มีต้นทุน 5,617 บาท/ตัน ผลผลิต 1,468 กิโลกรัม/ไร่หรือต้นทุนประมาณ 8,245 บาท/ไร่(ทวีศักดิ์, 2560)

ปัจจุบันปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เกษตรกรจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการการวางแผนการผลิตให้ดีเพื่อลดต้นทุนการผลิต การใช้ปัจจัยการผลิต (ปุ๋ย) ต้องให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีความแม่นยำสูงและมีความเจาะจงกับพื้นที่ดิน วิธีการใส่ปุ๋ยที่นิยมใช้การหว่าน การให้ปุ๋ยด้วยวิธีการหว่าน จะมีข้อดีมีคือ สะดวก แต่ข้อเสียที่สำคัญคือสูญเสียเนื้อปุ๋ยที่จะหมดไปกับการระเหยไปในอากาศ ลม แสงแดด และเมื่อฝนตกหนักๆ หรือการใช้น้ำพืชที่มากเกินไป ปุ๋ยจะละลายและไหลไปกับน้ำอย่างรวดเร็ว จึงเกิดการสูญเสียปุ๋ย ทำให้พืชได้ธาตุอาหารลดลง จากปัญหาดังกล่าวจะมีการให้ปุ๋ยอีกวิธีหนึ่งคือ การฝังกลบปุ๋ย การใส่ปุ๋ยวิธีนี้ ต้องขุดหลุมบริเวณทรงพุ่ม แล้วฝังกลบ เป็นการใส่ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการหว่าน แต่จะเป็นการเพิ่มทั้งต้นทุนและแรงงานต้องขุดหลุม คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กในสวนมะม่วง เครื่องสามารถป้อนอัตราการใส่ปุ๋ยต่อหลุมแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยได้อย่างแม่นยำ ลดภาระการใช้แรงงานคน ประหยัดเวลา ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ย และยังสามารถนำเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติไปประยุกต์ใช้กับไม้ยืนต้นที่ต้องการฝังปุ๋ย เช่น ยางพาราและไม้ผลเป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับโมเดลเศรษฐกิจใหม่ของรัฐบาล “ประเทศไทย 4.0” ที่ต้องการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจ ไปสู่ “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” โดยเปลี่ยนจากการเกษตรแบบดั้งเดิม (Traditional Farming) ในปัจจุบันไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและเทคโนโลยี (Smart Farming)

**วัตถุประสงค์ของโครงการ**

1) เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กในสวนมะม่วง สามารถกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยได้อย่างแม่นยำ ลดการสูญเสียปุ๋ย ช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดภาระการใช้แรงงานคน

กรมวิชาการเกษตร

**ขอบเขตการศึกษา**

วิจัยและพัฒนาเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติสำหรับมะม่วง โดยออกแบบเครื่องต้นแบบติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ที่มีขนาด24-40 แรงม้า มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ 1) ถังปุ๋ยสำหรับบรรจุปุ๋ยเคมี สามารถบรรจุปุ๋ยได้ไม่น้อยกว่า 40 กิโลกรัม 2) ชุดหัวขุดดินควบคุมด้วยระบบไฮโดรลิค เลือกใช้การขุดแทนการเปิดร่องสำหรับฝังในดินเนื่องจากการเปิดร่องอาจไปรบกวนระบบรากของต้นมะม่วงได้ 3) ชุดลูกหยอดขับปุ๋ย และชุดควบคุมการปล่อยปุ๋ย ใช้มอเตอร์ขับชุดลูกหยอดปุ๋ย ควบคุมอัตราหยอดและการปล่อยปุ๋ยด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยป้อนค่าอัตราการใส่ปุ๋ยต่อหลุมได้ 4) ชุดกลบดิน

**นิยามศัพท์**

คำสำคัญ: เครื่องฝังปุ๋ย, การเกษตรแบบแม่นยำ, มะม่วง

Keywords: Fertilizer applicator, Precision farming, Mango

กรมวิชาการเกษตร

# บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

## 1.วิธีการดำเนินการวิจัย

1) สำรวจ ศึกษาข้อมูลการการใส่ปุ๋ยมะม่วง และเก็บข้อมูลปัญหา ข้อจำกัด หาข้อมูลการออกแบบ เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและเป็นแนวทางการออกแบบเครื่องต้นแบบ เช่น ระยะห่าง ความกว้างระหว่างต้น, ปริมาณการใส่ปุ๋ยเพื่อกำหนดระยะห่างระหว่างหลุมและปริมาณการใส่ปุ๋ยต่อหลุม

2) ออกแบบและพัฒนาต้นแบบเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติสำหรับมะม่วง ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ คือ ถังใส่ปุ๋ย ชุดหัวขุดดินควบคุมด้วยกระบอกไฮโดรลิค ชุดลูกหยอดขับปุ๋ย ชุดควบคุมการปล่อยปุ๋ย ชุดกลบดิน

3) ออกแบบและพัฒนา ระบบควบคุมอัตราหยอดและการจ่ายปุ๋ย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 250 วัตต์ สำหรับควบคุมการจ่ายปุ๋ยตามอัตราการที่กำหนด

4) สร้างต้นแบบเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ และ ทดสอบและเก็บข้อมูลเบื้องต้นการทำงานของชุดขุดดินเพื่อให้ได้ระยะและความลึกที่เหมาะสม นำข้อบกพร่องที่พบจากการทดสอบมาทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิด จากนั้นทำการปรับปรุง โดยออกแบบและแก้ไขชิ้นส่วน อุปกรณ์ให้ดีขึ้นจากผลการทดสอบเบื้องต้น

5) ทดสอบชุดควบคุมอัตราหยอดและการปล่อยปุ๋ยในห้องปฏิบัติการ เพื่อสอบเทียบ (Calibrate) ให้ได้อัตราปุ๋ยต่อหลุมตามอัตราที่กำหนดไว้ และทำการทดสอบระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบทั้งระบบ

6) ทดสอบประสิทธิภาพและการใช้งานจริงในแปลง ติดตั้งเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ พ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น B2420 ขนาด 24 แรงม้า ดำเนินการทดสอบการเจาะหลุม หยอดปุ๋ยและกลบ 8 หลุมรอบต้นใต้ทรงพุ่ม เพื่อเก็บข้อมูล ความสามารถในการทำงานของเครื่อง อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้ำมัน ความเร็วในการเคลื่อนที่ อัตราการใส่ปุ๋ยที่ได้จริงความแม่นยำของการใส่ปุ๋ย

7) วิเคราะห์ผลการทดสอบ วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

8) สรุปผลการดำเนินงาน และจัดทำรายงาน

**อุปกรณ์**

1. รถแทรกเตอร์ 24 แรงม้า
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega2560
3. ปุ๋ยเคมี
4. น้ำมันเชื้อเพลง
5. เทปวัดระยะ
6. ตาชั่ง
7. กระบอกตวงน้ำมัน
8. นาฬิกาจับเวลา

## 2. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

☑ ไม่มี ❑ มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่..... (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)

❑ เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

❑ เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

กรมวิชาการเกษตร

# บทที่ 3 ผลการศึกษา

## 3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

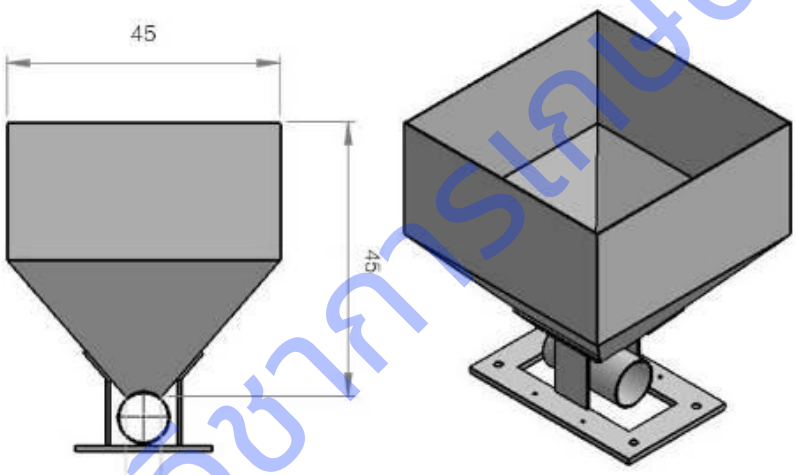
### 1. การออกแบบ

ได้ออกแบบเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ ซึ่งส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่

**1.1 เครื่องฝังปุ๋ย**

ออกแบบเครื่องฝังปุ๋ย มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ถังใส่ปุ๋ย ความจุถัง 40 กิโลกรัม ชุดหัวขุดดินควบคุมด้วยระบบไฮโดรลิค ชุดลูกหยอดขับปุ๋ย ชุดควบคุมการปล่อยปุ๋ย ชุดกลบดิน เมื่อรถแทรกเตอร์ทำงานจะมีชุดหัวขุด ขุดดินหน้ากว้าง 10 เซนติเมตร ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ขณะเดียวกันปุ๋ยจากถังไหลลงที่ขาที่ติดอยู่ที่ชุดขุดและถูกปล่อยลงหลุม จากนั้นมีชุดกลบ ดันดินกลบ

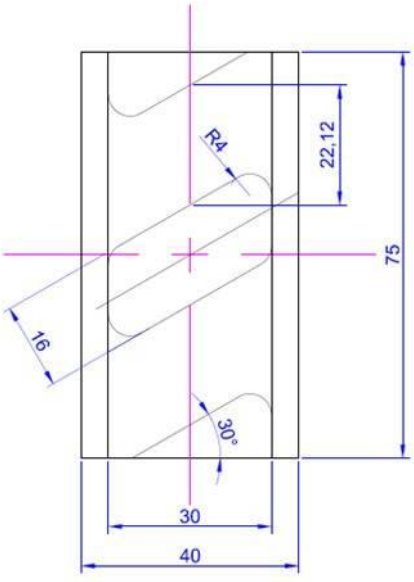
ออกแบบถังปุ๋ยสำหรับบรรจุปุ๋ยเคมี ที่สามารถบรรจุปุ๋ยได้ไม่น้อยกว่า 40 กิโลกรัม โดยออกแบบถังปุ๋ยบรรจุปุ๋ยมีปริมาตร 0.072 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถบรรจุปุ๋ยได้ไม่น้อยกว่า 40 กิโลกรัม ดังแสดงภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** แบบถังปุ๋ยสำหรับบรรจุปุ๋ย

ชุดลูกหยอดปุ๋ยถังมีลูกหยอด 2 อัน ทำจากซุปเปอร์ลีนเส้นผ่านศูนย์กลาง 75 มิลลิเมตร เลือกใช้ลูกหยอดแบบร่องเฉียง โดยร่องจะวางตัวในแนวเฉียงทำมุม 30 องศากับแนวระนาบ ข้อดีของการวางร่องเฉียงจะลดการติดขัดของปุ๋ยระหว่างลูกหยอดกับถังบรรจุปุ๋ยได้ (ขนิษฐ์, 2560) จะทำให้อัตราการหยอดปุ๋ยมีความแม่นยำขึ้น ดังแสดงภาพที่ 2 และภาพที่ 3

กรมวิชาการเกษตร




**ภาพที่ 2** แบบลูกหยอดแบบร่อง

**ภาพที่ 3** ลูกหยอดปุ๋ยแบบร่อง

ออกแบบและสร้างต้นแบบในส่วนของชุดขุดดินของเครื่องฝังปุ๋ย ชุดหัวขุดดินควบคุมด้วยระบบไฮโดรลิค ประกอบด้วยปั๊มไฮโดรลิค โดยใช้ต้นกำลังจากเพลา PTO, มอเตอร์ไฮโดรลิค, สว่านเจาะดิน เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร ควบคุมการทำงานของชุดขุดดินโดยวาล์วมือโยก (Hand valve) สำหรับควบคุมการขึ้น-ลง ของสว่านเจาะดิน

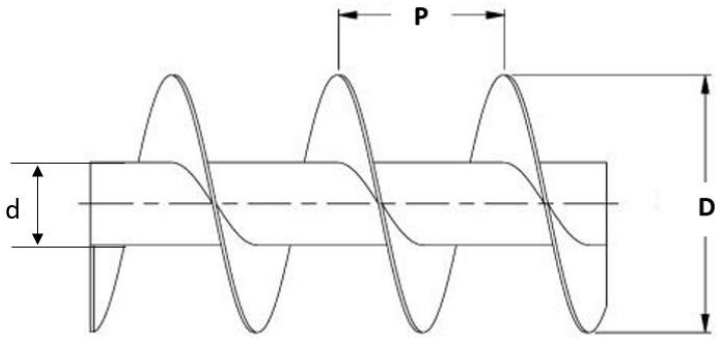
การออกแบบสว่านเจาะดิน กำหนดให้ในการขุดหลุมดินมีขนาด หน้ากว้าง (รัศมี) 10 เซนติเมตร ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร สว่านเจาะดิน ในส่วนของดอกสว่านจะมีลักษณะของใบเกลียวลำเลียงเป็นลักษณะของขดลวดสปริง ใบแผ่นทึบพันรอบเพลาไปตามแนวยาว สามารถลำเลียงวัสดุไปตามแนวยาว โดยการหมุนของเพลา แล้วใช้ใบเกลียวผลักดันให้เคลื่อนที่ไป

ขนาดหลุมดินที่กำหนด หน้ากว้าง (รัศมี) 10 เซนติเมตร ลึกประมาณ 15 เซนติเมตร จะได้ขนาดใบเกลียว

- เส้นผ่านศูนย์กลางใบเกลียวภายใน (d) = 2.5 เซนติเมตร
- เส้นผ่านศูนย์กลางใบเกลียวภายนอก (D) = 10 เซนติเมตร
- ระยะพิทช์ (P) = 7.5 เซนติเมตร

ออกแบบและสร้างสว่านเจาะดิน 2 ชุด สำหรับการเจาะดิน 1 ครั้ง จะได้จำนวน 2 หลุม ดังภาพที่ 5

ลิขสิทธิ์การเกษตร




**ภาพที่ 4** แบบใบเกลียวลำเลียงสว่านเจาะดิน

**ภาพที่ 5** สว่านเจาะดินที่ติดตั้งทั้ง 2 ชุด

การออกแบบระบบไฮดรอลิค ระบบไฮดรอลิค (วินิต, 2525) คือ การส่งถ่ายกำลังในเชิงกลด้วยของไหลที่เป็นของเหลว หรือน้ำมันไฮดรอลิคเป็นตัวกลางในการส่งกำลังไปยังอุปกรณ์ไฮดรอลิค การทำงานของสว่านขุดดินจะมีการหมุน และทำงานขึ้น-ลง ในแนวดิ่ง จึงเลือกใช้ระบบไฮดรอลิค เนื่องจากระบบไฮดรอลิคสามารถถ่ายทอดกำลังได้หลายทิศทาง สามารถควบคุมการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆได้เป็นอิสระต่อกัน สามารถส่งกำลังได้มาก โดยใช้อุปกรณ์ขนาดเล็ก สามารถควบคุมการทำงานได้ง่าย โดยเลือกใช้มอเตอร์ไฮดรอลิค (Hydraulic Motor) ในการหมุนสว่าน ซึ่งมอเตอร์ไฮดรอลิคเป็นอุปกรณ์ทำงานที่เคลื่อนที่ในแนวรัศมี และทำงานขึ้น-ลงของสว่านในแนวดิ่งจะเลือกใช้กระบอกไฮดรอลิค (Hydraulic Cylinder) เป็นอุปกรณ์ทำงานที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงขึ้น-ลงของสว่านในแนวดิ่ง ส่วนประกอบของระบบที่สำคัญ คือปั๊มไฮดรอลิค (Hydraulic Pump) และมอเตอร์ไฮดรอลิค (Hydraulic Motor)

จากความเร็วรอบในการทำงานของสว่านขุดดินที่ 150 รอบต่อนาที

- จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฮดรอลิค รุ่น BMR-50 ซึ่งทำงานที่ความเร็วรอบ 10-775 rpm และทำงานที่อัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิคสูงสุดที่ 40 ลิตรต่อนาที

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

- จากคุณสมบัติของมอเตอร์ไฮดรอลิคดังกล่าวจึงเลือกใช้ปั๊มไฮดรอลิคที่จะทำหน้าที่ขับแรงดันน้ำมันไฮดรอลิคเข้าสู่วงจรไฮดรอลิคและมอเตอร์ไฮดรอลิค เลือกใช้ปั๊มไฮดรอลิค รุ่น V10-1P7P ซึ่งจะสามารถสร้างอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิคเริ่มที่ 33.5 ลิตรต่อนาที ที่ความเร็วรอบการทำงานของปั๊มที่ 1500 rpm โดยปั๊มทำงานที่ความเร็วรอบ 650-2,800 rpm

- ใช้ต้นกำลังจากเพลา PTO ของรถแทรกเตอร์ ในการขับปั๊มไฮดรอลิค จากความเร็วรอบPTO 540 rpm โดยใช้อัตราทด ที่ 3 : 1 เพื่อขับปั๊มไฮดรอลิคให้มีความเร็วรอบการทำงานของปั๊มที่ 1500 rpm ใช้โซ่ขับในการส่งกำลัง ซึ่งข้อดีของโซ่ขับคือได้อัตราทดที่แน่นอน ไม่มีการสลิปในขณะการส่งกำลัง ทำงานได้ในที่อุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

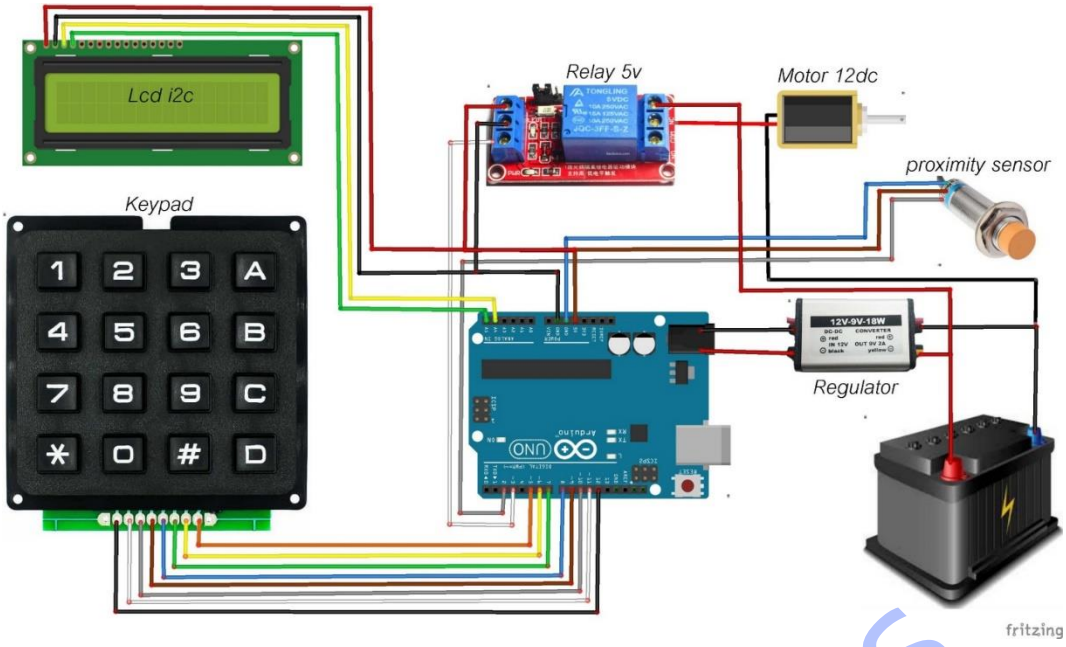
หลักการทำเบื้องต้นเครื่องต้นแบบในส่วนของชุดขุดดินของเครื่องฝังปุ๋ย ชุดหัวขุดดินควบคุมด้วยระบบไฮโดรลิค ประกอบด้วย ปั๊มไฮโดรลิค โดยใช้ต้นกำลังจากเพลา PTO ,มอเตอร์ไฮโดรลิค ,สว่านเจาะดิน รัศมี 10 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตร ควบคุมการทำงานของชุดขุดดินโดยวาล์วมือโยก (Hand valve) สำหรับควบคุมการขึ้น-ลง ของสว่านเจาะดิน

**ภาพที่ 6** ต้นแบบเครื่องฝังปุ๋ย

**1.2 ระบบควบคุมและประมวลผล** (Electronic control system)

การควบคุมอัตราการหยอดปุ๋ยนี้ได้ออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ยี่ห้อ Arduino รุ่น Mega2560 สั่งสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ผ่านชุดขับมอเตอร์ (DC) motor drive) เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 250 วัตต์ และใช้โปรแกรม Arduino IDE สำหรับการเขียนสมการ เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) เพื่อควบคุมการจ่ายปุ๋ยตามอัตราการที่กำหนด

กรมวิชาการเกษตร




**ภาพที่ 7** ผังวงจรควบคุมและประมวลผล

การทำงานของ ระบบควบคุมและประมวลผล โดยจะป้อนค่าเวลา (วินาที) ใส่แป้นพิมพ์ (Keypad Module) ดังภาพ 8 โดยค่าเวลา (วินาที) จะเป็นค่าสำหรับอัตราปุ๋ยที่ต้องการใส่ต่อหลุม จะเป็นข้อมูลที่ได้จากสมการการสอบเทียบปุ๋ย (Calibration) หลังจากการทำงานของชุดขุดหลุมแล้ว ในของชุดสว่านขุดดินเคลื่อนที่ขึ้นจากหลุมดิน Proximity sensor จะส่งสัญญาณไปยังชุดประมวลผล และสั่งการยังชุดควบคุมมอเตอร์ของถังปุ๋ย ให้ทำงานหยอดปุ๋ยเป็นไปตามอัตราที่กำหนด ปุ๋ยจากถังไหลลงที่ขาที่ติดอยู่ที่ชุดขุดและถูกปล่อยลงหลุม จากนั้นมีชุดกลบ ดันดินกลบ ในจังหวะที่รถเคลื่อนที่ไปหลุมต่อไป

**ภาพที่ 8** แป้นพิมพ์สำหรับป้อนค่าเวลา เพื่อกำหนดอัตราปุ๋ยที่ต้องการใส่ต่อหลุม

**2. ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของชุดขุดดิน**

การทดสอบการทำงานเบื้องต้นของขุดดิน ทำการทดสอบการขุดหลุมจำนวน 4 หลุมรอบต้น จำนวน 4 ต้น ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของชุดหัวขุดดิน มีการขุดดินมีระยะเวลาเฉลี่ย 10.63 วินาทีต่อหลุม และมีความลึกของหลุมเฉลี่ย 10.56 เซนติเมตร ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 1

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 1** ผลการทดสอบการทำงานเบื้องต้นของชุดขุดดิน

| ต้นที่ | หลุมที่ | เวลาที่ใช้ต่อหลุม (วินาที) | ความลึก (เซนติเมตร) | เวลาที่ใช้ต่อหลุมเฉลี่ย (วินาที) | ความลึกเฉลี่ย (เซนติเมตร) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 13.35 | 11 | 11.29 | 10.75 |
| | 2 | 11.06 | 11 | | |
| | 3 | 9.20 | 9 | | |
| | 4 | 11.55 | 12 | | |
| 2 | 1 | 9.05 | 11 | 10.22 | 11 |
| | 2 | 10.28 | 10 | | |
| | 3 | 10.48 | 12 | | |
| | 4 | 11.05 | 10 | | |
| 3 | 1 | 9.89 | 11 | 10.22 | 10 |
| | 2 | 10.56 | 10 | | |
| | 3 | 10.44 | 9 | | |
| | 4 | 9.98 | 10 | | |
| 4 | 1 | 10.88 | 10 | 10.76 | 10.5 |
| | 2 | 11.16 | 11 | | |
| | 3 | 10.35 | 11 | | |
| | 4 | 10.75 | 11 | | |
| | | **เฉลี่ย** | | **10.63** | **10.56** |

(ก) (ข)

**ภาพที่ 9** ขนาดหลุมดิน

ลิขสิทธิ์การเกษตร

**3. ผลทดสอบชุดควบคุมอัตราหยอดและการปล่อยปุ๋ยในห้องปฏิบัติการ**

การใส่ปุ๋ยมะม่วง ปุ๋ยเคมีใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกหลังตัดแต่งกิ่ง ครั้งที่ 2 หลังติดผล 1 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตรเสมอ อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น หากต้องการฝังปุ๋ยจำนวน 8 หลุมรอบต้น ปริมาณปุ๋ยต่อหลุมที่ต้องใช้คือ 125 กรัม ต่อหลุม จึงได้ทำการทดสอบเพื่อสอบเทียบอัตราการหยอดปุ๋ย ความเร็วรอบหมุนของมอเตอร์ขับลูกหยอด ที่ 60 rpm โดยเปรียบเทียบเฟืองขับลูกหยอด 2 ขนาด คือ เฟืองขนาด 15 ฟันและ 30 ฟัน เพื่อให้ได้ปริมาณปุ๋ยต่อหลุมที่ต้องการคือ 125 กรัมต่อหลุม ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

**ตารางที่ 2** ผลการทดสอบเพื่อสอบเทียบอัตราการหยอดปุ๋ย ใช้เฟืองขับลูกหยอดขนาด 15 ฟัน

| เวลาทดสอบการหมุนของมอเตอร์ควบคุมการจ่ายปุ๋ย (วินาที) | ครั้งที่ | อัตราปุ๋ย (กรัม) | | ผลการทดสอบอัตราการหยอดปุ๋ยเฉลี่ย (กรัม) |
|---|---|---|---|---|
| | | ช่องซ้าย | ช่องขวา | |
| 2 | 1 | 56.55 | 53.68 | 52.95 |
| | 2 | 49.62 | 48.43 | |
| | 3 | 56.66 | 52.75 | |
| 3 | 1 | 70.27 | 67.58 | 68.59 |
| | 2 | 58.58 | 55.02 | |
| | 3 | 80.5 | 79.57 | |
| 4 | 1 | 101.1 | 98.85 | 102.04 |
| | 2 | 107.48 | 105.14 | |
| | 3 | 101.69 | 97.96 | |
| 5 | 1 | 132.37 | 128.34 | 125.34 |
| | 2 | 105.31 | 104.53 | |
| | 3 | 141.97 | 139.47 | |
| 6 | 1 | 156.02 | 152.72 | 145.38 |
| | 2 | 134.05 | 131 | |
| | 3 | 152.16 | 146.35 | |
| 7 | 1 | 184.58 | 177.89 | 197.11 |
| | 2 | 209.13 | 205.13 | |
| | 3 | 208.9 | 197.02 | |
| 8 | 1 | 233.7 | 230.06 | 213.74 |
| | 2 | 196.23 | 186.35 | |
| | 3 | 222.39 | 213.7 | |

กรมวิชาการเกษตร

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 9 | 1 | 261.01 | 252.4 | 251.93 |
| | 2 | 250.81 | 244.61 | |
| | 3 | 257.03 | 245.74 | |
| 10 | 1 | 280.7 | 273.36 | 271.05 |
| | 2 | 268.89 | 262.46 | |
| | 3 | 273.59 | 267.3 | |

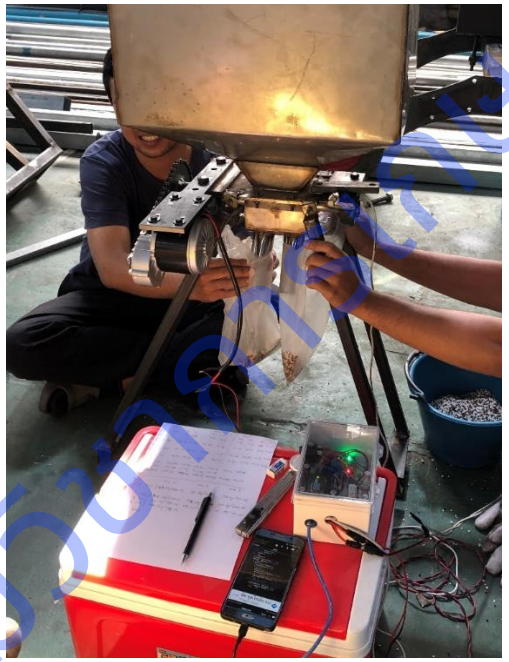
**ตารางที่ 3** ผลการทดสอบเพื่อสอบเทียบอัตราการหยอดปุ๋ย ใช้เฟืองขับลูกหยอดขนาด 30 ฟัน

| **เวลาทดสอบการหมุนของมอเตอร์ควบคุมการจ่ายปุ๋ย (วินาที)** | **ครั้งที่** | **อัตราปุ๋ย (กรัม)** | | **ผลการทดสอบอัตราการหยอดปุ๋ยเฉลี่ย (กรัม)** |
|---|---|---|---|---|
| | | **ช่องซ้าย** | **ช่องขวา** | |
| 2 | 1 | 34.5 | 31.63 | 36.15 |
| | 2 | 41 | 33.35 | |
| | 3 | 39.07 | 37.35 | |
| 3 | 1 | 60.15 | 56.68 | 58.93 |
| | 2 | 59.53 | 56.65 | |
| | 3 | 61.86 | 58.74 | |
| 4 | 1 | 82.43 | 77.83 | 76.71 |
| | 2 | 82.43 | 78.83 | |
| | 3 | 76.19 | 73.48 | |
| 5 | 1 | 97.1 | 95.57 | 96.28 |
| | 2 | 102.35 | 98.74 | |
| | 3 | 99.27 | 94.54 | |
| 6 | 1 | 120.46 | 115.6 | 114.57 |
| | 2 | 117.3 | 112 | |
| | 3 | 123..6 | 116.2 | |
| 7 | 1 | 141.16 | 132.6 | 135.42 |
| | 2 | 145.54 | 136.9 | |
| | 3 | 143.29 | 136.8 | |
| 8 | 1 | 165.4 | 159.5 | 158.40 |
| | 2 | 165.5 | 163.1 | |
| | 3 | 155.3 | 152.6 | |

กรมวิชาการเกษตร

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 178.2 | 173.5 | |
| 9 | 2 | 182.55 | 179.4 | 174.60 |
| | 3 | 176.51 | 170.9 | |
| | 1 | 206.12 | 196.1 | |
| 10 | 2 | 205.9 | 195.4 | 193.04 |
| | 3 | 195.48 | 187.6 | |

จากผลการทดสอบการสอบเทียบอัตราการหยอดปุ๋ย พบว่าที่ ที่ความเร็วรอบหมุนของมอเตอร์ขับลูกหยอด 60 rpm ขนาดเฟืองขับลูกหยอด 15 ฟัน และเวลาหมุนของมอเตอร์ควบคุมการจ่ายปุ๋ย 5 วินาที ควบคุมอัตราการหยอดได้อย่างแม่นยำ ได้ปริมาณปุ๋ยเฉลี่ย 125.34 กรัม ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณปุ๋ยต่อหลุมที่ต้องการคือ 125 กรัมต่อหลุม จึงเลือกใช้ขนาดเฟืองขับลูกหยอด 15 ฟัน ดังภาพที่ 11 และเลือกเวลาหมุนของมอเตอร์ควบคุมการจ่ายปุ๋ย 5 วินาที สำหรับการป้อนค่าเวลา (วินาที) ให้กับชุดควบคุมการหยอดปุ๋ย



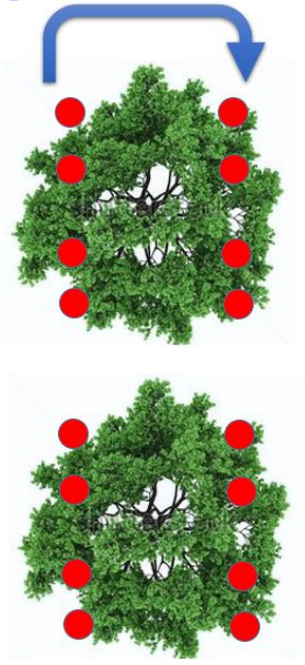
**ภาพที่ 10** การทดสอบการสอบเทียบอัตราการหยอดปุ๋ย

**ภาพที่ 11** เฟืองขับลูกหยอด

**ภาพที่ 12** ต้นแบบเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ

**4. ผลการทดสอบความสามารถการทำงาน**

การทดสอบการทำงานของต้นแบบเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ ติดตั้งพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ยี่ห้อคูโบต้า รุ่น B2420 ขนาด 24 แรงม้า ดำเนินการทดสอบการเจาะหลุม หยอดปุ๋ยและกลบ 8 หลุมรอบต้นใต้ทรงพุ่ม แนวการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 13 การทดสอบในสภาพการใช้งานจริงในแปลง ดังแสดงในภาพที่ 14 ซึ่งมีผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4



**ภาพที่ 13** รูปแบบการเคลื่อนที่สำหรับการเจาะหลุมและการหยอดปุ๋ย 8 หลุมรอบต้น

กรมวิชาการเกษตร

**ตารางที่ 4** ผลการทดสอบความสามารถการทำงานเครื่องต้นแบบ

| | แปลงที่1 | แปลงที่2 |
|---|---|---|
| ความชื้นดินแปลงทดสอบ (%wb) | 2.61 | 15.03 |
| ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง (g/cm$^3$) | 2.30 | 2.13 |
| เวลาเฉลี่ยในการเจาะหลุมและหยอดปุ๋ยต่อครั้ง (s) | 23.82 | 20.47 |
| ความสามารถในการทำงาน (rai/h) | 0.97 | 1.07 |
| อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (l/rai) | 2.86 | 2.65 |

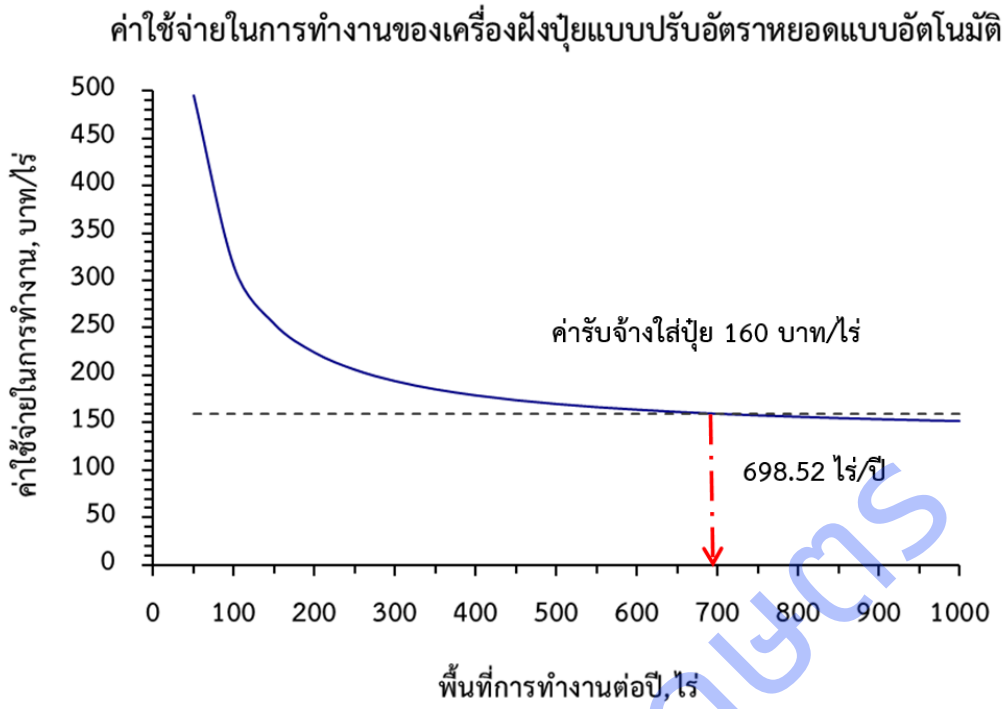
จากผลการทดสอบในแปลงที่มีความชื้นดินต่างกัน คือ แปลงที่มีความชื้นดิน 2.61 % (มาตรฐานเปียก) ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 2.30 g/cm3 พบว่า มีเวลาเฉลี่ยในการเจาะหลุมและหยอดปุ๋ยต่อครั้ง (2 หลุม) ที่ 23.82 วินาที มีความสามารถการทำงาน 0.97 ไร่/ชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.86 ลิตร/ไร่ และแปลงที่มีความชื้นดิน 15.03 % (มาตรฐานเปียก) ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 2.13 g/cm$^3$ พบว่า มีเวลาเฉลี่ยในการเจาะหลุมและหยอดปุ๋ยต่อครั้ง (2 หลุม) ที่ 20.47 วินาที มีความสามารถการทำงาน 1.07 ไร่/ชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.65 ลิตร/ไร่

**ภาพที่ 14** การทดสอบเครื่องต้นแบบในภาคสนาม

**5. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์**

การวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) ของการใช้งานเครื่อง โดยเปรียบเทียบการใช้เครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ และการใช้แรงงานคนฝังปุ๋ย กำหนดให้ราคาของรถแทรกเตอร์ขนาด 24 แรงม้า ราคา 320,000 บาท และการใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อใส่ปุ๋ยประมาณ 25% ของการใช้งานทั้งหมด เครื่องใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแบบแยกถังปุ๋ย ราคา 65,000 บาท (ภาคผนวก-ข)

จากการคำนวณสามารถเขียนกราฟแสดงความความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ กับ การใช้แรงงานคนฝังปุ๋ยได้ดัง รูปที่ 15




**รูปที่ 15** ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การใช้งานต่อปี กับค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

การใช้งานเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติมีจุดคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) เท่ากับ 698.52 ไร่/ปี กล่าวคือ เกษตรกรที่จะซื้อเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ ไปใช้งานหรือนำไปรับจ้างในการฝังปุ๋ยในแปลงมะม่วงหรือแปลงไม้ผลอื่นๆควรมีพื้นที่การใช้งานไม่น้อยกว่า 698.52 ไร่/ปี และใช้งานอย่างน้อยเป็นระยะเวลา 8 ปี จึงจะคุ้มในการใช้งานหรือรับจ้าง ดังแสดงในภาพที่ 15

กรมวิชาการเกษตร

### 3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

| ผลผลิตตามคำรับรอง | จำนวน | หน่วยนับ | ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง | จำนวน | หน่วยนับ | รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน) | เชิงคุณภาพ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1. การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาติ** | 1 | เรื่อง | **1. การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาติ**<br>1.1 นำเสนอแบบปากเปล่า | 1 | เรื่อง | ส่งนำเสนอผลงานนำเสนอแบบปากเปล่าในงานประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ 18-19 สิงหาคม 2565 (อยู่ระหว่างดำเนินการ) | |
| **2. ต้นแบบเทคโนโลยี**<br>2.1 ระดับภาคสนาม | 1 | ต้นแบบ | **2. ต้นแบบเทคโนโลยี**<br>2.1 ระดับภาคสนาม | 1 | ต้นแบบ | ต้นแบบเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ https://www.doa.go.th/aeri/?p=5354 | - ช่วยให้ใส่ปุ๋ยได้แม่นยำตามค่าที่ต้องการ (เช่น 1-2 กิโลกรัม/ต้น) เกิดการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ลดภาระการใช้แรงงานคน<br>- ความสามารถการทำงาน 1.07 ไร่/ชั่วโมง |

### 3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)

| ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง | ปีที่เกิดผลลัพธ์ |
|---|---|
| - | |
| - | |

*ผลลัพธ์ : ผลสำเร็จที่เกิดจากการนำผลผลิต (Output)ไปต่อยอด การเปลี่ยนรูปของผลผลิตไปสู่รูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง หรือการเคลื่อนผลผลิตไปสู่กิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ที่ปรากฏชัด และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

### 3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

| ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง | ปีที่เกิดผลกระทบ |
|---|---|
| ด้านเศรษฐกิจ : - | |
| ด้านสังคม : - | |
| ด้านสิ่งแวดล้อม : - | |

* ผลกระทบ : ผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามผลลัพธ์ (Results of the change) ซึ่งวัดได้อย่างชัดเจนและมีหลักฐานปรากฏชัด (Evidence-based) ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทั้งที่วัดในเชิงปริมาณได้และไม่ได้ ผลกระทบอาจเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ

### 3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

กรมวิชาการเกษตร

**วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์)**

.....

**ด้านนโยบาย** โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร..... (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

**ด้านสังคม** โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

**ด้านเศรษฐกิจ** โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร..... (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

**ด้านวิชาการ** โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร..... (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

*** คำจำกัดความการนำใช้ประโยชน์ในแต่ละด้าน**

1. **ด้านโยบายและสาธารณะ** การนำความรู้จากงานวิจัยไปใช้ในกระบวนการกำหนดนโยบาย อาจเป็นนโยบายระดับประเทศ ระดับภูมิภาค ระดับจังหวัด ระดับท้องถิ่นการใช้ประโยชน์ด้านนโยบายจะรวมทั้งการนำองค์ความรู้ไปสังเคราะห์เป็นนโยบายหรือทางเลือกเชิงนโยบาย (Policy options) แล้วนำนโยบายนั้นไปสู่ผู้ใช้ประโยชน์ในวงกว้างเพื่อประโยชน์ของสังคม และประชาชนทั่วไป เพื่อเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชน สร้างสังคมคุณภาพ และส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
2. **ด้านพาณิชย์/เศรษฐกิจ** เป็นผลงานวิจัยที่เน้นสร้างนวัตกรรม เทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือการพัฒนาจากสิ่งที่มีอยู่เดิม โดยเป็นการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตเชิงพาณิชย์หรือลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ หรือนำไปสู่การพัฒนารูปแบบธุรกิจใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตและบริการ
3. **ด้านสังคมและชุมชน** การนำกระบวนการ วิธีการ องค์ความรู้ การเปลี่ยนแปลงการเสริมพลัง อันเป็นผลกระทบ ที่เกิดจากการวิจัยและพัฒนาชุมชน ท้องถิ่นพื้นที่ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์การขยายผลต่อชุมชนท้องถิ่น หรือรวมถึงสังคมอื่น
4. **ด้านวิชาการ** เป็นผลงานตีพิมพ์ทางวิชาการ การนำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ ระดับชาติหนังสือ ตำรา บทเรียน ไปเป็นประโยชน์ด้านวิชาการ การเรียนรู้ การเรียนการสอนในวงนักวิชาการและผู้สนใจด้านวิชาการ รวมถึงการนำผลงานวิจัยไปวิจัยต่อยอดสื่อสาธารณะ การเผยแพร่ความรู้จากผลงานวิจัยที่ได้ต่อสาธารณะ ผ่านทางหนังสือพิมพ์ / วารสาร / โทรทัศน์ / วิทยุ / คู่มือ / แผ่นพับ การฝึกอบรม และสื่อสังคมออนไลน์ต่าง ๆ เป็นต้น

กรมวิชาการเกษตร

# บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

**สรุปผลและอภิปรายผล**

เครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กในสวนมะม่วง ที่ออกแบบ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ถังใส่ปุ๋ย ความจุถัง 40 กิโลกรัม ชุดหัวขุดดินควบคุมด้วยระบบไฮโดรลิค ชุดลูกหยอดขับปุ๋ย ชุดควบคุมการปล่อยปุ๋ย ชุดกลบดิน และ ระบบควบคุมอัตราการหยอดปุ๋ยนี้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 250 วัตต์ เพื่อควบคุมการจ่ายปุ๋ยตามอัตราการที่กำหนด การทำงานของเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติ ชุดหัวขุดจะเจาะหลุมดินกว้าง 10เซนติเมตร ลึกประมาณ 10-20 เซนติเมตร ขณะเดียวกันปุ๋ยจากถังไหลลงท่อตามค่าที่กำหนดไว้ ไปที่ขาที่ติดอยู่ที่ชุดขุดและถูกปล่อยลงหลุม จากนั้นมีชุดกลบดิน จากผลการทดสอบในแปลงที่มีความชื้นดินต่างกัน คือ แปลงที่มีความชื้นดิน 2.61 % (มาตรฐานเปียก) ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 2.30 g/cm3 พบว่า มีเวลาเฉลี่ยในการเจาะหลุมและหยอดปุ๋ยต่อครั้ง (2 หลุม) ที่ 23.82 วินาที มีความสามารถการทำงาน 0.97 ไร่/ชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.86 ลิตร/ไร่ และแปลงที่มีความชื้นดิน 15.03 % (มาตรฐานเปียก) ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 2.13 g/cm3 พบว่า มีเวลาเฉลี่ยในการเจาะหลุมและหยอดปุ๋ยต่อครั้ง (2 หลุม) ที่ 20.47 วินาที มีความสามารถการทำงาน 1.07 ไร่/ชั่วโมง อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.65 ลิตร/ไร่ จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กมีจุดคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) โดยเกษตรกรที่จะซื้อรถแทรกเตอร์พร้อมพร้อมเครื่องไปใช้งานหรือนำไปรับจ้างควรมีพื้นที่การใช้งานไม่น้อยกว่า 698.52 ไร่/ปี และใช้งานอย่างน้อยเป็นระยะเวลา 8 ปี จึงจะคุ้มในการใช้งานหรือรับจ้างหยอด ซึ่งเทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัยนี้จะเป็นการก้าวไปสู่การทำเกษตรแบบแม่นยำที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช

**ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป**

การใช้งานเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติ ต้องมีการสอบเทียบอัตราการหยอดทุกครั้งหากมีการเปลี่ยนสูตรปุ๋ย เนื่องจากปุ๋ยแต่ละสูตร หรือปุ๋ยผสมจะมีความหนาแน่นและเนื้อปุ๋ยที่แตกต่างกันจึงทำให้อัตราหยอดเกิดความไม่แม่นยำ และจากการทดสอบเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดแบบอัตโนมัติสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก ความชื้นดินในแปลงมีผลต่อความสามารถการทำงาน และ อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

**ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน**

จากสถานะการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 หรือ Covid-19 ตั้งแต่ต้นปี 2563 เป็นต้นมา จึงมีมาตรการที่ต้องปฏิบัติงานที่บ้าน (Work from Home) และมาตรการชะลอการเดินทางข้ามจังหวัด ตามคำสั่งของรัฐบาลเพื่อหยุดการระบาดของเชื้อไวรัสดังกล่าว จึงมีผลกระทบต่อการไปทดสอบเครื่องต้นแบบในภาคสนาม ทำให้ไม่สามารถไปทดสอบในแปลงจริงของเกษตรกรได้ เพราะว่าไม่ตรงกับช่วงเวลาที่เกษตรกรใส่ปุ๋ย(มะม่วง) จึงทำให้คณะผู้วิจัยต้องไปทดสอบเครื่องต้นแบบในภาคสนามในแปลงทดลองของหน่วยงานแทน (แปลงปาล์มน้ำมัน) เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยนี้ให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

กรมวิชาการเกษตร

# เอกสารอ้างอิง


กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548. 121 หน้า

กรมวิชาการเกษตร. 2556. การผลิตมะม่วงคุณภาพเพื่อการส่งออกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน(ฉบับ ปรับปรุง2556). แหล่งข้อมูล:http://www.doa.go.th/learn/index.php?mod=Courses&op=course_Lesson&cid=23&sid (สืบค้นเมื่อ 19 พฤษภาคม 2561)

กรมวิชาการเกษตร 2559. ยุทธศาสตร์การพัฒนางานวิจัยมะม่วง พ.ศ. 2559-2563. แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/hortold/index.php?option=com_content&view=article&id=322:strategyhort5963&catid=2:project&Itemid=105 (สืบค้นเมื่อ 19 พฤษภาคม 2561)

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์ และคณะ. 2558. การออกแบบและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย. รายงานโครงการวิจัยปี 2558 กรมวิชาการเกษตร 69 น.

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์ และคณะ. 2560. วิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแบบแยกถังปุ๋ยสำหรับอ้อย. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด 2560. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์ และคณะ. 2561. วิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแบบแยกถังปุ๋ยสำหรับอ้อย. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19, ศูนย์ประชุมนานาชาติจุฬาภรณ์ (วรวนา หัวหิน โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่น) อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์

ชูชาติ วัฒนวรรณ. 2556. การจัดการคุณภาพในระบบโซ่อุปทานมะม่วงเพื่อการส่งออก. วิทยานิพนธ์ปริญญา ดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ.

ทวีศักดิ์ แสงอุดม. 2560. การเพิ่มศักยภาพการผลิตมะม่วงไทยเพื่อการแข่งขันเมื่อก้าวสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. แหล่งข้อมูล:http://www.doa.go.th/hort/index.php?option=com_content&view=article&id=131:2016-11-29-08-45-18&catid=92&Itemid=477 (สืบค้นเมื่อ 19 พฤษภาคม 2561)

มงคล คธาพันธุ์. 2560. การพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยแบบเจาะหลุมอัตโนมัติสำหรับยางพารา. วิทยานิพนธ์ปริญญา ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี: นครราชสีมา

มงคล คธาพันธุ์และคณะ. 2561.การเพิ่มสมรรถนะการทางานของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมอัตโนมัติสำหรับพืชสวน. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19, ศูนย์ประชุมนานาชาติจุฬาภรณ์ (วรวนา หัวหิน โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่น) อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์

วินิต ชินสุวรรณ. 2525. ระบบไฮดรอลิค. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 127 หน้า

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สินค้าเกษตร: มะม่วง. แหล่งข้อมูล:http://mis-app.oae.go.th/product/%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%A7%E0%B8%8(สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2562)

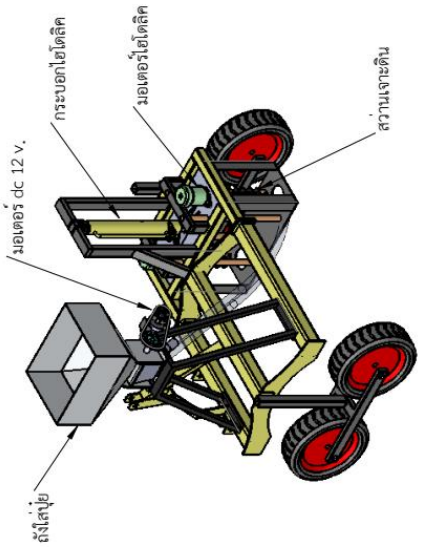
R.L. Parish, P.P. Chaney, W.A. Meadows and D.L. Fuller. (1988). A dibble fertilizer applicator for containers in nursery beds. J. Environ. Hort. 6(2):63-66

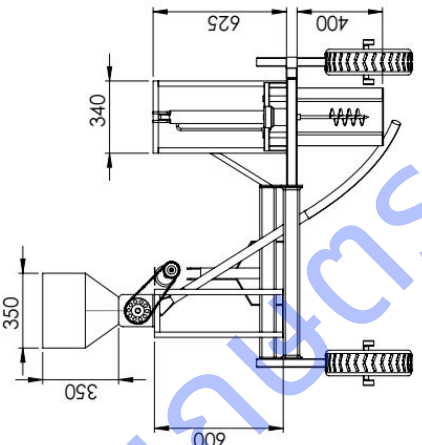

กรมวิชาการเกษตร

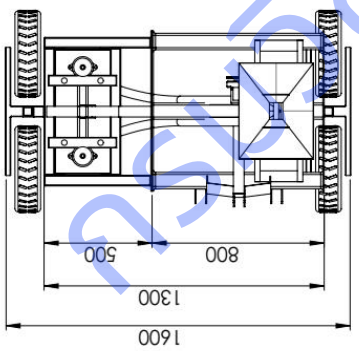
**ภาคผนวก ก**

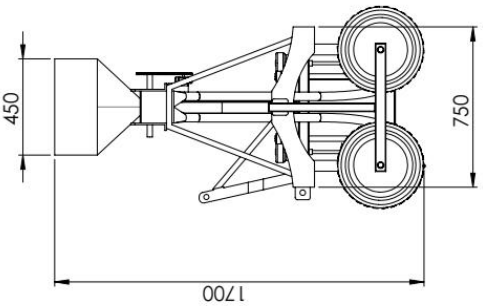
แบบแสดงส่วนประกอบและขนาดของเครื่อง

กรมวิชาการเกษตร




| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| นายธนวรรธน์ กิจโรม | | เครื่องผสมปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ | พิมพ์ : 2 |
| ผู้วาด | นายธนพงศ์ แสนสุข | | |
| ผู้ตรวจ | ผู้ออกแบบ | มาตราส่วน 1 : 20 | |
| ผู้อนุมัติ | | | |

กรมวิชาการเกษตร

## ภาคผนวก ข.

การคำนวณจุดคุ้มทุนของเครื่องเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ

กรมวิชาการเกษตร

**การคำนวณจุดคุ้มทุนของเครื่อง**

กำหนดให้ราคาของรถแทรกเตอร์ขนาด 24 แรงม้า ราคา 320,000 บาท และการใช้งานรถแทรกเตอร์เพื่อใส่ปุ๋ยประมาณ 25% ของการใช้งานทั้งหมด เครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ ราคา 65,000 บาท รวมราคาทั้งหมด 385,000 บาท โดยใช้งานรถแทรกเตอร์ 10 ปี และอุปกรณ์ 8 ปี

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของแทรกเตอร์ต้นกำลัง

| | | |
|---|---|---|
| ราคารถแทรกเตอร์, P | = 320,000 | บาท |
| ราคาซาก, S | = 25 %ของ P | บาท |
| อายุการใช้งาน, N | = 10 | ปี |
| อัตราดอกเบี้ย, i | = 5.5 | เปอร์เซ็นต์/ปี |
| ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง | = 27.84 (24 พ.ย. 2564) | บาท/ลิตร |
| อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง | = 2.65 | ลิตร/ไร่ |
| ค่าน้ำมันหล่อลื่น | = 10% ของค่าน้ำมัน | |
| ค่าแรงขับรถแทรกเตอร์ | = 300 | บาท/วัน/คน |
| ค่าบำรุงรักษารถแทรกเตอร์ | = 0.50% ของP/100 ชั่วโมง | บาท/ชั่วโมง |

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่อง

| | | |
|---|---|---|
| ราคา, $P_1$ | 65,000 | บาท |
| ราคาซาก, $S_1$ | 10%ของ $P_1$ | บาท |
| อายุการใช้งาน, $N_1$ | 8 | ปี |
| อัตราดอกเบี้ย, $i_1$ | 5.5 | เปอร์เซ็นต์ต่อปี |
| ค่าบำรุงรักษา | 0.5% ของ $P_1$/100ชั่วโมง | บาท/ชั่วโมง |
| ความสามารถการทำงาน | 1.07 | ไร่/ชั่วโมง |
| พื้นที่ทำงานต่อปี | A | ไร่ |

กรมวิชาการเกษตร

การคำนวณต้นทุนต่อปีของรถแทรกเตอร์

| | | |
|---|---|---|
| ราคารถแทรกเตอร์ | 320,000 | บาท |
| <u>ค่าต้นทุนคงที่:</u> | | |
| ค่าเสื่อมราคา | 24,000 | บาท/ปี |
| ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน | 11,000 | บาท/ปี |
| รวมต้นทุนคงที่ | 35,000 | บาท/ปี |
| ต้นทุนคงที่ในการเป็นต้นกำลังของเครื่องฝังปุ๋ย | 8,750 | บาท/ปี |
| (หนึ่งในสี่ของค่าใช้จ่ายคงที่รวม) | | |
| <u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u> | | |
| ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง | 78.94 | บาท/ชั่วโมง |
| ค่าน้ำมันหล่อลื่น | 7.89 | บาท/ชั่วโมง |
| ค่าแรงขับรถแทรกเตอร์ 1คน | 37.50 | บาท/ชั่วโมง |
| ค่าบำรุงรักษารถแทรกเตอร์ | 16 | บาท/ชั่วโมง |
| รวมค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์ | 140.33 | บาท/ชั่วโมง |

การคำนวณต้นทุนต่อปีของเครื่องใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแบบแยกถังปุ๋ย

| | | |
|---|---|---|
| ราคา, P | 65,000 | บาท |
| <u>ค่าต้นทุนคงที่:</u> | | |
| ค่าเสื่อมราคา | 7,312.50 | บาท/ปี |
| ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน | 1,966.25 | บาท/ปี |
| ค่าต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์ | 8,750 | บาท/ปี |
| **รวมค่าต้นทุนคงที่** | 18,028.75 | บาท/ปี |

กรมวิชาการเกษตร

ค่าต้นทุนผันแปร:

| | | |
|---|---|---|
| ค่าบำรุงรักษาเครื่องฝังปุ๋ย | 3.25 | บาท/ชั่วโมง |
| ค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์ | 140.33 | บาท/ชั่วโมง |
| รวมค่าต้นทุนผันแปร | 143.58 | บาท/ชั่วโมง |
| ความสามารถการทำงาน | 1.07 | ไร่/ชั่วโมง |
| **รวมค่าต้นทุนผันแปร** | 134.19 | บาท/ไร่ |

ความสัมพันธ์ของต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแบบแยกถังปุ๋ยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (A) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องเครื่องใส่ปุ๋ย, บาท/ไร่ = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร

= (18,028.75/A) + 134.19 (1)

จุดที่คุ้มทุนของเครื่องฝังปุ๋ยแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติ สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ย ในสมการที่ (1) เท่ากับราคารับจ้างฝังปุ๋ยในปัจจุบันเท่ากับ 180 บาท/ไร่

ต้นทุนในการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ย = ค่ารับจ้างฝังปุ๋ย

(18,028.75/A) + 134.19 = 160

A = 698.52 ไร่/ปี

กรมวิชาการเกษตร

## ภาคผนวก ค.

การทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงทดลองภาคสนาม

กรมวิชาการเกษตร

**ภาพที่ 16** ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ

**ภาพที่ 17** การทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงทดลองภาคสนาม

**ภาพที่ 18** การทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงทดลองภาคสนาม

**ภาพที่ 19** ทดสอบหาอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

**ภาพที่ 20 การเจาะหลุม**

**ภาพที่ 21** การหยอดปุ๋ย

กรมวิชาการเกษตร