รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มสำหรับสวนทุเรียนโดยใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

Research and Development of semi-auto banded fertilizer type applicator attached to small farm tractor using in durian farm.

นายบัณฑิต จิตรจำนงค์

Bundit Jitjumnong

พ.ศ. 2563

กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มสำหรับสวนทุเรียนโดยใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

Research and Development of semi-auto banded fertilizer type applicator attached to small farm tractor using in durian farm.

นายบัณฑิต จิตรจำนงค์

Bundit Jitjumnong

พ.ศ. 2563

กรมวิชาการเกษตร

คำปรารภ

ทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจพืชหนึ่งที่ทำรายได้หลักให้กับประเทศ จากข้อมูลการส่งออกในปี 2563 ทุเรียนสดส่งออกรวม 32,499 ตัน รวมเป็นมูลค่า 6,839 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) มูลค่าเพิ่มขึ้น 20% จากปี 2562 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ในปี 2562 พื้นที่ปลูกทุเรียนของประเทศครอบคลุม 724,730 ไร่ ให้ผลผลิต1.02 ล้านตัน โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกทุเรียนมากที่สุดของประเทศ คือจังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่ปลูกรวม 225,273 ไร่ หรือ 31% ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ ให้ผลผลิต 339,292 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ด้วยสถานการณ์การส่งออกที่มีแนวโน้มมากขึ้น ราคาผลผลิตดีกว่าไม้ผลอื่น ทำให้เกษตรกรในจังหวัดจันทบุรีปรับพื้นที่เพื่อปลูกทุเรียนมากขึ้น มีพื้นที่ปลูกใหม่และปรับรูปแบบการปลูก เป็นแบบยกร่อง หรือ พูนโคน รวมทั้งมีการปรับระยะปลูกเพื่อรองรับการใช้เครื่องจักรกลเกษตร

ทุเรียนเป็นราชาแหล่งผลไม้ เป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ ที่มีลำต้นสูง 25-50 เมตร ตามแต่ชนิดพันธุ์ และยังสามารถมีอายุยืนยาวได้ถึง 100 - 150 ปี ถ้าหากมีการดูแลรักษาบำรุงต้นให้แข็งแรง ในการปลูกทุเรียนนั้นเป็นการลงทุนวางแผนสำหรับการปลูกครั้งแรก หลังจากนั้นจะเป็นการดูแล บำรุงรักษา ให้ต้นทุเรียนมีความสมบูรณ์พร้อมที่จะให้ผลผลิต ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพราะเป็นการเตรียมให้ต้นสมบูรณ์สร้างความพร้อมเพื่อต้นสามารถให้ผลผลิตได้อย่างมีคุณภาพ

ในขั้นตอนการดูแล บำรุงรักษานั้น การใส่ปุ๋ยบำรุงต้น เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ช่วยให้ต้นมีความสมบูรณ์พร้อมสำหรับการออกดอกให้ผลผลิต วิธีการดั้งเดิมของเกษตรกรเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์หว่านกระจายทั่วรอบต้น ซึ่งบางครั้งเป็นการใส่ปุ๋ยมากเกิน หรือ ไม่ตรงตำแหน่งที่ทุเรียนนำไปใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ กรมวิชาการเกษตรมีคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยแบบร่วมระหว่างปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี โดยให้ใส่ในตำแหน่งบริเวณปลายทรงพุ่มของต้นทุเรียน เนื่องจากรากฝอยที่ทำหน้าที่ดูดอาหารมีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณรอบทรงพุ่มและอยู่ในระดับที่ไม่ลึกจากผิวดิน ในขั้นตอนการนี้ยังใช้แรงงานในการหว่านทั่วรอบต้น ทำให้สิ้นเปลืองปุ๋ย และลดประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของทุเรียน นอกจากนี้เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุมากขึ้น เกษตรกรต้องจ้างแรงงานหว่านปุ๋ย จำนวน 1-2 คนหรือมากกว่านั้นในกรณีที่พื้นที่มีขนาดใหญ่ และผลกระทบจากการระบาดของโควิด-19 ส่งผลชัดเจนต่อการเกษตรของไทย เนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานต่างด้าว ถึงแม้ปัจจุบันจะมีเครื่องใส่ปุ๋ยใช้งานภายในประเทศอยู่บ้าง แต่ส่วนใหญ่จะเป็นแบบพ่นหว่านที่ใช้ในนาข้าว หรือเครื่องหว่านแบบเหวี่ยงกระจายที่พ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไร่ ซึ่งไม่เหมาะสมใช้งานในสวนทุเรียน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของทุเรียน รวมทั้งเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรระดับพื้นฐานเป็นเทคโนโลยีวิศวกรรมเกษตรระดับสูง (Advanced Agricultural Engineering) จึงพัฒนาต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยแบบอัตโนมัติให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานใส่ปุ๋ยทุเรียน โดยใช้ระบบคอนโทรเลอร์และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคควบคุมตำแหน่งและอัตราการใส่ปุ๋ย เป็นประโยชน์ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยและแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน รวมทั้งส่งเสริมการใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตทุเรียน ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้กับพืชไม้ผลชนิดอื่นได้ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ **หน้า**

กิตติกรรมประกาศ		5
ผู้วิจัย		6
บทนำ		6
บทคัดย่อ		8
การทดลองที่ 1	วิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มสำหรับสวนทุเรียนโดยใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก	10
บทสรุปและข้อเสนอแนะ		38
บรรณานุกรม		39
ภาคผนวก		41

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถดำเนินการได้บรรลุตามเป้าหมาย เนื่องด้วยได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยจากรัฐบาลไทย ขอขอบคุณ หัวหน้าศูนย์พัฒนาไม้ผลตามพระราชดำริจังหวัดจันทบุรี และผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ทดสอบเครื่องต้นแบบ รวมทั้งขอบคุณผู้อำนวยการ เจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจังหวัดจันทบุรี และ เกษตรกร อ.มะขาม จ.จันทบุรี ที่ให้ใช้พื้นที่และอำนวยความสะดวกสำหรับการทดสอบเครื่องต้นแบบ ขอบคุณคณะกรรมการบริหารงานวิจัยของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร สำหรับคำแนะนำในการดำเนินการวิจัยและการเขียนรายงาน รวมทั้งขอขอบคุณในความร่วมมือการดำเนินงานวิจัยจากนายช่างเครื่องกล และ ขอบคุณการอำนวยความสะดวกจากผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ทำให้งานวิจัยสามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อโครงการวิจัย **วิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มสำหรับสวนทุเรียนโดยใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก**

Research and Development of semi-auto banded fertilizer type applicator attached to small farm tractor using in durian farm.

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย	นายบัณฑิต จิตรจำนงค์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
ผู้ร่วมงาน	นางสาวพักตร์วิภา สุทธิวารี	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	นายพีระพงษ์ ชมภู	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นางสาวขนิษฐ์ หว่านณรงค์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายอุทัย ธานี	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นางจันทร์เพ็ญ วิจิตร	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี
	นางสาวปิยะมาศ โสมภีร์	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี
	นางสาวกมลภัทร ศิริพงษ์	สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจพืชหนึ่งที่ทำรายได้หลักให้กับประเทศ จากข้อมูลการส่งออกในปี 2563 ทุเรียนสดส่งออกรวม 32,499 ตัน รวมเป็นมูลค่า 6,839 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) มูลค่าเพิ่มขึ้น 20% จากปี 2562 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ในปี 2562 พื้นที่ปลูกทุเรียนของประเทศครอบคลุม 724,730 ไร่ ให้ผลผลิต1.02 ล้านตัน โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกทุเรียนมากที่สุดของประเทศ คือจังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่ปลูกรวม 225,273 ไร่ หรือ 31% ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ ให้ผลผลิต 339,292 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ด้วยสถานการณ์การส่งออกที่มีแนวโน้มมากขึ้น ราคาผลผลิตดีกว่าไม้ผลอื่น ทำให้เกษตรกรในจังหวัดจันทบุรีปรับพื้นที่เพื่อปลูกทุเรียนมากขึ้น มีพื้นที่ปลูกใหม่และปรับรูปแบบการปลูก เป็นแบบยกร่อง หรือ พูนโคน รวมทั้งมีการปรับระยะปลูกเพื่อรองรับการใช้เครื่องจักรกลเกษตร

ทุเรียนเป็นราชาแหล่งผลไม้ เป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ ที่มีลำต้นสูง 25-50 เมตร ตามแต่ชนิดพันธุ์ และยังสามารถมีอายุยืนยาวได้ถึง 100 - 150 ปี ถ้าหากมีการดูแลรักษาบำรุงต้นให้แข็งแรง ในการปลูกทุเรียนนั้นเป็นการลงทุนวางแผนสำหรับการปลูกครั้งแรก หลังจากนั้นจะเป็นการดูแล บำรุงรักษา ให้ต้นทุเรียนมีความสมบูรณ์พร้อมที่จะให้ผลผลิต ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพราะเป็นการเตรียมให้ต้นสมบูรณ์สร้างความพร้อมเพื่อต้นสามารถให้ผลผลิตได้อย่างมีคุณภาพ

ในขั้นตอนการดูแล บำรุงรักษานั้น การใส่ปุ๋ยบำรุงต้น เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ช่วยให้ต้นมีความสมบูรณ์พร้อมสำหรับการออกดอกให้ผลผลิต วิธีการดั้งเดิมของเกษตรกรเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์หว่านกระจายทั่วรอบต้น ซึ่งบางครั้งเป็นการใส่ปุ๋ยมากเกิน หรือ ไม่ตรงตำแหน่งที่ทุเรียนนำไปใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ กรมวิชาการเกษตรมีคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยแบบร่วมระหว่างปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี โดยให้ใส่ในตำแหน่งบริเวณปลายทรงพุ่มของต้นทุเรียน เนื่องจากรากฝอยที่ทำหน้าที่ดูดอาหารมีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณรอบทรงพุ่มและอยู่ในระดับที่ไม่ลึกจากผิวดิน ในขั้นตอนการนี้ยังใช้แรงงานในการหว่านทั่วรอบต้น ทำให้สิ้นเปลืองปุ๋ย และลดประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของทุเรียน นอกจากนี้เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุมากขึ้น เกษตรกรต้องจ้างแรงงานหว่านปุ๋ย จำนวน 1-2 คนหรือมากกว่านั้นในกรณีที่พื้นที่มีขนาดใหญ่ และผลกระทบจากการระบาดของโควิด-19 ส่งผลชัดเจนต่อการเกษตรของไทย เนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานต่างด้าว ถึงแม้ปัจจุบันจะมีเครื่องใส่ปุ๋ยใช้งานภายในประเทศอยู่บ้าง แต่ส่วนใหญ่จะเป็นแบบพ่นหว่านที่ใช้ในนาข้าว หรือเครื่องหว่านแบบเหวี่ยงกระจายที่พ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไร่ ซึ่งไม่เหมาะสมใช้งานในสวนทุเรียน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของทุเรียน รวมทั้งเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรระดับพื้นฐานเป็นเทคโนโลยีวิศวกรรมเกษตรระดับสูง (Advanced Agricultural Engineering) จึงพัฒนาต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยแบบอัตโนมัติให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานใส่ปุ๋ยทุเรียน โดยใช้ระบบคอนโทรเลอร์และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคควบคุมตำแหน่งและอัตราการใส่ปุ๋ย เป็นประโยชน์ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยและแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน รวมทั้งส่งเสริมการใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตทุเรียน ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้กับพืชไม้ผลชนิดอื่นได้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยสำหรับติดพ่วงรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก-กลางที่ใช้ในสวนทุเรียน โดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ควบคุมอัตราการหยอด และ ใช้เซนเซอร์แสงควบคุมตำแหน่งที่ใส่ปุ๋ย

ระเบียบวิธีวิจัยของโครงการวิจัย

1 ศึกษาสถานการณ์การใส่ปุ๋ยในทุเรียนของเกษตรกร รวมทั้งศึกษาปัจจัยของปุ๋ยเคมี และลักษณะทางกายภาพของต้นทุเรียนที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ย ดังนี้ ขนาดของเม็ดปุ๋ย ความชื้นของปุ๋ย ขนาดทรงพุ่มของทุเรียนที่อายุ 5, 8 และ 10 ปี อัตราทดที่สามารถให้อัตราปุ๋ยตามคำแนะนำ ความเร็วในการหมุนของชุดปล่อยปุ๋ย ความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสม ศึกษารูปแบบของลูกหยอดที่เหมาะสมสำหรับใช้กับปุ๋ยเคมี รวมทั้งศึกษาระบบการควบคุมแบบเซนเซอร์แสง วงจรและอุปกรณ์ประมวลผลแบบไมโครคอนโทลเลอร์ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ย

2 ออกแบบ สร้างวงจรเพื่อการประมวลผลการทำงานด้วยเซนเซอร์แสง และไมโครคอลโทรลเลอร์ ทดสอบระบบการทำงาน โดยระบบต้องสามารถควบคุมการใส่ปุ๋ยในตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยแบบโรย โดยออกแบบอุปกรณ์ให้สามารถใช้งานต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (27

กรมวิชาการเกษตร

แรงม้า) เครื่องจะประกอบด้วยถังบรรจุปุ๋ยขนาดประมาณ 50 กิโลกรัม โดยมีชุดควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ยที่ควบคุมด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ และระบบชุดควบคุมตำแหน่งในการใส่ปุ๋ยที่ใช้เซนเซอร์แสง

3 ทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดสอบอัตราปุ๋ยให้สามารถโรยได้ในระยะ 2-5 เมตร ทดสอบความต่อเนื่องและความสม่ำเสมอในการโรยปุ๋ยโดยใช้กล่องสุ่มรับตัวอย่างปุ๋ยที่ถูกหว่านเมื่อรถเคลื่อนที่ตามเงื่อนไขที่ออกแบบ ระบบควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ยและระบบควบคุมตำแหน่งใส่ปุ๋ยจะถูกทดสอบค่าความแม่นยำ (Precision)

4 ทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงทดสอบ เพื่อดูข้อบกพร่องที่ต้องดำเนินการแก้ไข

5 ปรับปรุงต้นแบบ ก่อนการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลเฉพาะของเครื่องในแปลงทดสอบ

6 ทดสอบในแปลงเพื่อเก็บข้อมูลการใช้งานของเครื่อง ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความเร็วในการเคลื่อนที่ อัตราปุ๋ยที่ใส่ได้จริง ความแม่นยำของตำแหน่งที่ใส่ปุ๋ย

7 ทดสอบการใช้งานระยะยาวในพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลความคงทน (durability test) ในพื้นที่ปลูกทุเรียนของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี และ แปลงของเกษตรกรที่มีระยะปลูกเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกลเกษตร จำนวน 30 ไร่

8 วิเคราะห์ผล เปรียบเทียบความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์กับการใช้แรงงานคนในการหว่านปุ๋ย และจัดทำรายงานผล

ตารางที่ 1 รายละเอียดการทำวิจัยของโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มสำหรับสวนทุเรียนโดยใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

โครงการวิจัย	ระยะเวลาการทำวิจัย
โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มสำหรับสวนทุเรียนโดยใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก	2 ปี (ต.ค. 2560 – ก.ย. 2563)
การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มสำหรับสวนทุเรียนโดยใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก	2 ปี (ต.ค. 2560 – ก.ย. 2563)

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ทุเรียนเป็นไม้ผลยืนต้น ที่ให้ผลผลิตได้หลายครั้ง มีอายุมากกว่า 10 ปี ขั้นตอนการดูแลบำรุงรักษาเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับพืชประเภทนี้ ปัจจุบันเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการดูแลบำรุงรักษาที่ใช้งานสำหรับทุเรียนยังขาดแคลน โดยเฉพาะในขั้นตอนการใส่ปุ๋ยที่ใช้แรงงานเป็นหลัก เครื่องจักรกลเกษตรที่มีความแม่นยำจะทำให้สามารถใส่ปุ๋ยได้ตามความต้องการของทุเรียนและลดต้นทุนด้านแรงงาน

ต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติพัฒนาขึ้นโดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 27 แรงม้าเป็นต้นกำลัง เพื่อใช้งานใส่ปุ๋ยในสวนทุเรียนที่มีระยะปลูกเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกลเกษตร เป็นต้นแบบที่ใช้ไมโครคอลโทล

เลอร์ควบคุมการทำงานของชุดใส่ปุ๋ยแบบจานเหวี่ยง และใช้เซนเซอร์แบบอัลตร้าโซนิคควบคุมตำแหน่งที่ต้องการใส่ปุ๋ย ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 6.28 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 0.14 ลิตรต่อไร่ อัตราปุ๋ย 12.6 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับทุเรียนอายุ 5 ปี ที่ความเร็วรอบจานหว่าน 300 รอบต่อนาที การกระจายตัวของปุ๋ยมีระยะห่างจากตัวรถแทรกเตอร์ 1.2 เมตร ความยาวตามแนวการวิ่งของรถแทรกเตอร์ 3.5 เมตร กว้าง 2 เมตร จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยพ่วงรถแทรกเตอร์ 354 ไร่ต่อปี
คำสำคัญ: ทุเรียน; เครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติ

ABSTRACT

Durian is a numerous time-harvested horticultural crop for over 10 years. The most important crop processing is a crop protection. Current situation, lacking of machinery and equipment used for horticultural crop protection, the fertilizer application in durian is operated by man labor. The precision agricultural machinery is able to adopt in this process and it be able to reduce labor costs. The optimal amount of fertilizer application is the function of machinery.

The prototype of semi-auto fertilizer applicator was designed to attach 27 hp. tractor, it is suitable for apply in durian farm where the plant pattern optimize for agricultural machinery working. The prototype's fertilizer applicator is controlled by micro controller and position is controlled by ultrasonic sensor. The average work capacity is 6.28 rai/hr, fuel consumption rate is 0.14 lite/rai and fertilizer rate is 12.6 kg/rai. The testing was done in 5 year's old durian at fertilizer spreader speed 300 rpm. The break-even point is 354 rai/year.
Keywords: Durian; The prototype of semi-auto fertilizer applicator

กรมวิชาการเกษตร

\

การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มสำหรับสวนทุเรียนโดยใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

Research and Development of semi-auto banded fertilizer type applicator attached to small farm tractor using in durian farm.

คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายบัณฑิต จิตรจำนงค์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
ผู้ร่วมงาน	นางสาวพักตร์วิภา สุทธิวารี	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	นายพีระพงษ์ ชมภู	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นางสาวขนิษฐ์ หว่านณรงค์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

กรมวิชาการเกษตร

นายอุทัย ธานี สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นางจันทร์เพ็ญ วิจิตร สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี
นางสาวปิยะมาศ โสมภีร์ สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี
นางสาวกมลภัทร ศิริพงษ์ สังกัดศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี

คำสำคัญ: ทุเรียน; เครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติ
Keywords: Durian; The prototype of semi-auto fertilizer applicator

บทคัดย่อ

ทุเรียนเป็นไม้ผลยืนต้น ที่ให้ผลผลิตได้หลายครั้ง มีอายุมากกว่า 10 ปี ขั้นตอนการดูแลบำรุงรักษาเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับพืชประเภทนี้ ปัจจุบันเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการดูแลบำรุงรักษาที่ใช้งานสำหรับทุเรียนยังขาดแคลน โดยเฉพาะในขั้นตอนการใส่ปุ๋ยที่ใช้แรงงานเป็นหลัก เครื่องจักรกลเกษตรที่มีความแม่นยำจะทำให้สามารถใส่ปุ๋ยได้ตามความต้องการของทุเรียนและลดต้นทุนด้านแรงงาน

ต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติพัฒนาขึ้นโดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 27 แรงม้าเป็นต้นกำลัง เพื่อใช้งานใส่ปุ๋ยในสวนทุเรียนที่มีระยะปลูกเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกลเกษตร เป็นต้นแบบที่ใช้ไมโครคอลโทลเลอร์ควบคุมการทำงานของชุดใส่ปุ๋ยแบบจานเหวี่ยง และใช้เซนเซอร์แบบอัลตร้าโซนิคควบคุมตำแหน่งที่ต้องการใส่ปุ๋ย ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 6.28 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 0.14 ลิตรต่อไร่ อัตราปุ๋ย 12.6 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับทุเรียนอายุ 5 ปี ที่ความเร็วรอบจานหว่าน 300 รอบต่อนาที การกระจายตัวของปุ๋ยมีระยะห่างจากตัวรถแทรกเตอร์ 1.2 เมตร ความยาวตามแนวการวิ่งของรถแทรกเตอร์ 3.5 เมตร กว้าง 2 เมตร จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยพ่วงรถแทรกเตอร์ 354 ไร่ต่อปี

กรมวิชาการเกษตร

ABSTRACT

Durian is a numerous time-harvested horticultural crop for over 10 years. The most important crop processing is a crop protection. Current situation, lacking of machinery and equipment used for horticultural crop protection, the fertilizer application in durian is operated by man labor. The precision agricultural machinery is able to adopt in this process

and it be able to reduce labor costs. The optimal amount of fertilizer application is the function of machinery.

The prototype of semi-auto fertilizer applicator was designed to attach 27 hp. tractor, it is suitable for apply in durian farm where the plant pattern optimize for agricultural machinery working. The prototype's fertilizer applicator is controlled by micro controller and position is controlled by ultrasonic sensor. The average work capacity is 6.28 rai/hr, fuel consumption rate is 0.14 lite/rai and fertilizer rate is 12.6 kg/rai. The testing was done in 5 year's old durian at fertilizer spreader speed 300 rpm. The break-even point is 354 rai/year.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจพืชหนึ่งที่ทำรายได้หลักให้กับประเทศ จากข้อมูลการส่งออกในปี 2563 ทุเรียนสดส่งออกรวม 32,499 ตัน รวมเป็นมูลค่า 6,839 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) มูลค่าเพิ่มขึ้น 20% จากปี 2562 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ในปี 2562 พื้นที่ปลูกทุเรียนของประเทศครอบคลุม 724,730 ไร่ ให้ผลผลิต1.02 ล้านตัน โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกทุเรียนมากที่สุดของประเทศ คือจังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่ปลูกรวม 225,273 ไร่ หรือ 31% ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ ให้ผลผลิต 339,292 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ด้วยสถานการณ์การส่งออกที่มีแนวโน้มมากขึ้น ราคาผลผลิตดีกว่าไม้ผลอื่น ทำให้เกษตรกรในจังหวัดจันทบุรีปรับพื้นที่เพื่อปลูกทุเรียนมากขึ้น มีพื้นที่ปลูกใหม่และปรับรูปแบบการปลูก เป็นแบบยกร่อง หรือ พูนโคน รวมทั้งมีการปรับระยะปลูกเพื่อรองรับการใช้เครื่องจักรกลเกษตร

ทุเรียนเป็นราชาแหล่งผลไม้ เป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ ที่มีลำต้นสูง 25-50 เมตร ตามแต่ชนิดพันธุ์ และยังสามารถมีอายุยืนยาวได้ถึง 100 - 150 ปี ถ้าหากมีการดูแลรักษาบำรุงต้นให้แข็งแรง ในการปลูกทุเรียนนั้นเป็นการลงทุนวางแผนสำหรับการปลูกครั้งแรก หลังจากนั้นจะเป็นการดูแล บำรุงรักษา ให้ต้นทุเรียนมีความสมบูรณ์พร้อมที่จะให้ผลผลิต ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เพราะเป็นการเตรียมให้ต้นสมบูรณ์สร้างความพร้อมเพื่อต้นสามารถให้ผลผลิตได้อย่างมีคุณภาพ

ในขั้นตอนการดูแล บำรุงรักษานั้น การใส่ปุ๋ยบำรุงต้น เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ช่วยให้ต้นมีความสมบูรณ์พร้อมสำหรับการออกดอกให้ผลผลิต วิธีการดั้งเดิมของเกษตรกรเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์หว่านกระจายทั่วรอบต้น ซึ่งบางครั้งเป็นการใส่ปุ๋ยมากเกิน หรือ ไม่ตรงตำแหน่งที่ทุเรียนนำไปใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ กรมวิชาการเกษตรมีคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยแบบร่วมระหว่างปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี โดยให้ใส่ในตำแหน่งบริเวณปลายทรงพุ่มของต้นทุเรียน เนื่องจากรากฝอยที่ทำหน้าที่ดูดอาหารมีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณรอบทรงพุ่มและอยู่ในระดับที่ไม่ลึกจากผิวดิน ในขั้นตอนการนี้ยังใช้แรงงานในการหว่านทั่วรอบต้น ทำให้สิ้นเปลืองปุ๋ย และลดประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของทุเรียน นอกจากนี้เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุมากขึ้น เกษตรกรต้องจ้างแรงงานหว่านปุ๋ย จำนวน 1-2 คนหรือมากกว่านั้นในกรณีที่พื้นที่มีขนาดใหญ่ และผลกระทบจากการระบาดของโควิด-19 ส่งผลชัดเจนต่อการเกษตรของไทย เนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานต่างด้าว ถึงแม้ปัจจุบันจะมีเครื่องใส่ปุ๋ยใช้งานภายในประเทศอยู่บ้าง แต่ส่วนใหญ่จะเป็นแบบพ่นหว่านที่ใช้ในนาข้าว หรือเครื่องหว่านแบบเหวี่ยงกระจายที่พ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไร่ ซึ่งไม่เหมาะสมใช้งานในสวนทุเรียน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของทุเรียน รวมทั้งเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรระดับพื้นฐานเป็นเทคโนโลยีวิศวกรรมเกษตรระดับสูง (Advanced Agricultural Engineering) จึงพัฒนาต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยแบบอัตโนมัติให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานใส่ปุ๋ยทุเรียน โดยใช้ระบบคอนโทรเลอร์และเซนเซอร์อัลตร้าโซนิคควบคุมตำแหน่งและอัตราการใส่ปุ๋ย เป็นประโยชน์ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยและแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน รวมทั้งส่งเสริมการใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตทุเรียน ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้กับพืชไม้ผลชนิดอื่นได้ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

การทบทวนวรรณกรรม

การปลูกทุเรียน

โดยทั่วไประยะปลูกทุเรียนที่แนะนำ คือ 10x10 10x12 หรือ 12x12 เมตร สำหรับภาคตะวันออก ซึ่งเมื่อทุเรียนมีอายุมากแล้วทำให้ทรงพุ่มสูง 15-20 เมตร มีทรงพุ่มหนาแน่น แสงแดดส่องไม่ถึง ทำให้มีปัญหาต่อการเจริญเติบโต และโอกาสเกิดปัญหาโรคและแมลงสูง เนื่องจากการดูแลได้ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ควบคุมคุณภาพมาตรฐานของผลผลิตไม่ได้ และนอกจากนี้ทุเรียนที่มีต้นสูงมากจะหาแรงงานในการเก็บเกี่ยวยาก จากการศึกษาวิจัยการออกแบบสวนทุเรียนของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรีโดยให้ปลูกทุเรียนแบบกางแขน คือ มีระยะปลูก 3x13 เมตร และให้ต้นทุเรียนมีระยะกิ่งที่กางออกด้านข้าง ข้างละ 5 เมตร ความสูงของทรงพุ่มไม่เกิน 5 เมตร ทำให้ทุเรียนมีความโปร่งมากขึ้น สามารถเพิ่มจำนวนต้นทุเรียนต่อไร่ จาก 16-20 ต้นต่อไร่ เป็น 30-40 ต้นต่อไร่ สามารถลดต้นทุนการใช้สารเคมีได้ 4 เท่า (เดลินิวส์,2555) กรมวิชาการเกษตรได้วิจัยการปลูกทุเรียนในระยะชิดเพื่อสนับสนุนการใช้เครื่องจักรกลเกษตรในการจัดการดูแลและการเก็บเกี่ยว โดยมีระยะระหว่างต้น และระหว่างแถว 3x13 เมตร พื้นที่ 1 ไร่ สามารถปลูกทุเรียนได้ 42 ต้น และแนะนำให้มีการตัดแต่งทรงพุ่มแบบต้นทรงต้นปาล์มเมท (Palmate) ที่ช่วยให้ทุเรียนมีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น และสามารถออกดอกเมื่อต้นอายุ 2.5 ปี และสามารถให้ผลผลิต ได้ 1,680 - 2,016 ผลต่อไร่ เมื่อตัดแต่งผลต่อกิ่ง ๆ ละ 4 ผล และจำนวนกิ่ง 10 – 12 กิ่งต่อต้น และในขั้นตอนการปฏิบัติดูแลการผลิตทุเรียนคุณภาพ มีคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ในช่วงที่ทุเรียนมีการเตรียมต้น ช่วงออกดอก ช่วงติดผล และช่วงส่งเสริมคุณภาพเนื้อ โดยในปี 2549-50 ได้มีการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทุเรียนคุณภาพแบบมีส่วนร่วมในภาคตะวันออก (ระยอง จันทบุรี และตราด) โดยเปรียบเทียบผลผลิตของวิธีการปลูกตามคำแนะนำ ที่มีการจัดการเตรียมความสมบูรณ์และความพร้อมในการออกดอกของต้น โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมปุ๋ยเคมี และ วิธีของเกษตรกรที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว พบว่าผลผลิตเฉลี่ยตามวิธีแนะนำของ จ.ระยอง จันทบุรี และตราด สูงกว่าวิธีเกษตรกร 17,15 และ 9 % ตามลำดับ (สาลี่และคณะ, 2550) ส่งผลให้ในปัจจุบันเกษตรกรหันมาใส่ปุ๋ยแบบร่วมตามคำแนะนำ และกรมพัฒนาที่ดินได้แนะนำให้ใส่ปุ๋ยแบบร่วม คือใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกัน เพื่อปรับปรุงบำรุงดินและยังสามารถเพิ่มผลผลิตทุเรียนได้ แนะนำให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในช่วงที่ต้นกำลังเจริญเติบโต โดยการขุดร่องลึกประมาณ 10 ซม. ตามแนวทรงพุ่ม ใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกในอัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อต้นแล้วกลบ อัตราการใส่ปุ๋ยจะเพิ่มขึ้นตามขนาดทรงพุ่มและอายุของทุเรียน และแนะนำให้ใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำอัตราส่วนผสมกับน้ำ 1:500 ฉีดพ่นหรือราดที่โคนต้น เพื่อเร่ง

กรมวิชาการเกษตร

การเจริญเติบโตของต้นและใบ ในช่วงก่อนออกดอกและติดผลอ่อน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549) จากรายงานการสำมะโนการเกษตรของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าพืชสวนเป็นพืชที่ใช้ปุ๋ย 75.36 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่า ข้าว และยางพาราที่ใช้ปุ๋ย 51.72 และ 65.97 กิโลกรัมต่อไร่ การใช้ปุ๋ยเคมีในพืชไม้ผล ในปี 2556 มีปริมาณ 540 ล้านตัน ในพื้นที่ 7.17 ล้านไร่ จากรายงานในปี 2556 ประมาณ 40 % ของจำนวนผู้ถือครองพื้นที่เกษตรทั้งประเทศใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และ 5.65 ล้านรายเป็นผู้ใช้ปุ๋ยอนิทรีย์และชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี ในขณะเดียวกันส่วนใหญ่จะใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว มีอัตราส่วนถึง 56% (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2556)

การใส่ปุ๋ยในทุเรียน

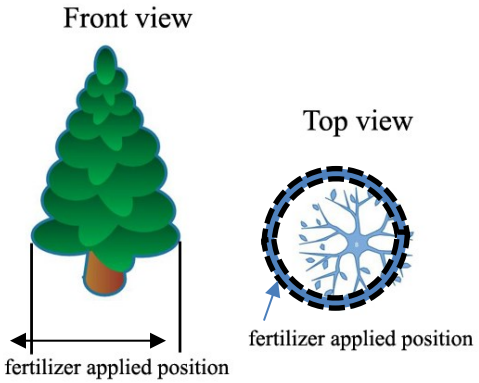
ในปี 2538 นายคำนึง พบว่าทุเรียนที่เขาปลูกเจริญเติบโตขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยอินทรีย์ จึงได้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์บำรุงต้นทุเรียนตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา ปัจจุบันทุเรียนในพื้นที่ขนาดกว่า 30 ไร่ ของนายคำนึง เป็นทุเรียนอินทรีย์ ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี หรือสารเคมี (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2551) ในปี 2557-2561 จังหวัดจันทบุรีเป็น 1 ใน 6 จังหวัดที่ถูกเลือกให้อยู่ในโครงการเมืองเกษตรสีเขียว(Green Agriculture city) ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยกรมพัฒนาที่ดินได้ขับเคลื่อนโครงการนี้ในพื้นที่ 5 อำเภอของจันทบุรี คือ อ.ท่าใหม่ อ.นายายอาม อ.เมือง อ.ขลุงและ อ.แหลมสิงห์ ส่งเสริมความรู้เทคโนโลยีการพัฒนาคุณภาพดิน ซึ่งช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีได้มากขึ้น (เดลินิวส์, 2559)

การใส่ปุ๋ยทุเรียนสำหรับการผลิตทุเรียนคุณภาพ ควรใส่อย่างน้อย 3 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 หลังการเก็บเกี่ยว ควรใส่เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับต้น โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 20-50 กิโลกรัมต่อต้น และ ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 หรือ 16-16-16 ในอัตราส่วนเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงพุ่ม

ช่วงที่ 2 ใส่ในช่วงติดผลแล้ว และผลมีอายุได้ 7 สัปดาห์ โดยใส่สูตร 12-12-17 หรือ 13-13-21 ในอัตราส่วน 1ใน 3 ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม

ช่วงที่ 3 ใส่เมื่อผลอายุ 10-11 สัปดาห์ สูตร 0-0-50 อัตราส่วน 1 – 2 กิโลกรัมต่อต้น (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี,ไม่ระบุปี) ตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการใส่ปุ๋ยของทุเรียน คือ ที่ตำแหน่ง ปลายทรงพุ่ม ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แบบจำลองตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการใส่ปุ๋ยทุเรียน

กรมวิชาการเกษตร

วิธีการใส่ปุ๋ยเพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้นมีอยู่หลายวิธี เช่น การหว่านปุ๋ย ที่มีความเหมาะสมกับพืชที่ปลูกไม่เป็นแถว และมีระบบรากกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ปลูก การโรยแบบเป็นแถวขนานกับแถวของพืช การใส่ปุ๋ยแบบขุดหลุมเป็นจุด ๆ เช่น การใส่ปุ๋ยในยางพารา การใส่ปุ๋ยลงในร่องไถ ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียปุ๋ยได้มาก การฉีดพ่นทางใบเมื่อเป็นการใช้ปุ๋ยน้ำ หรือการโรยตามแนวรอบทรงพุ่มตามแนวพุ่มใบ เหมาะกับพืชสวนที่มีรากอ่อนซึ่งช่วยในการดูดอาหาร หรือการหยอดปุ๋ยที่ซอกใบ เช่น การใส่ปุ๋ยให้กับสับปะรด (ภาควิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่, 2543) สำหรับทุเรียนที่มีรากแก้วทำหน้าที่ยึดลำต้น และมีระบบรากแขนง รากฝอย หน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารจากบริเวณผิวดินจนถึงระดับลึกลงไป 50 เซนติเมตรและทำหน้าที่ยึดลำต้นด้วย ซึ่งรากฝอยส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณรอบปลายทรงพุ่ม ดังนั้นในการใส่ปุ๋ยให้ทุเรียน ควรต้องใส่ที่ตำแหน่งที่ถูกต้องเพื่อให้ทุเรียนสามารถนำปุ๋ยไปใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

วิธีการใส่ปุ๋ยของพืชต่างๆ

การใส่ปุ๋ยเพื่อให้พืชได้นำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ขึ้นอยู่กับ ชนิดของพืช ชนิดดิน ความชื้นดินที่เหมาะสม ชนิดของปุ๋ย ธาตุอาหารที่พืชต้องการ ระยะเวลาและตำแหน่งที่ใส่ปุ๋ยที่เหมาะสม การใส่ปุ๋ยสามารถกระทำได้ก่อนการปลูก ขณะปลูก และหลังปลูก วิธีการใส่ปุ๋ยสามารถหลายวิธีดังนี้ (Cornell University, 2010)

1. การฉีดพ่น (injection) เหมาะสำหรับปุ๋ยน้ำ หรือปุ๋ยที่เป็นแก๊ส ปุ๋ยจะถูกใส่บริเวณใกล้รากของพืชมากที่สุด ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียระหว่างการใส่ปุ๋ย แต่มีข้อด้อยคือ ทำงานได้ช้า จำเป็นต้องใช้เครื่องมือเฉพาะด้าน และต้นทุนสูง
2. การหว่านกระจายที่ผิวดิน (surface broadcast) เหมาะสำหรับปุ๋ยแห้งและปุ๋ยน้ำ ซึ่งสามารถใส่ก่อนปลูกหรือในขณะที่พืชกำลังเจริญเติบโต การหว่านในลักษณะนี้สามารถทำงานได้เร็ว แต่มีข้อด้อยคือ เกิดการสูญเสียระหว่างการใส่ และปริมาณปุ๋ยจะกระจายไม่สม่ำเสมอ ไม่ทั่วแปลง
3. การใส่ปุ๋ยร่วมกับการเตรียมดิน (broadcast incorporate) เป็นการใส่เพื่อปรับปรุงธาตุอาหารในดิน โดยใส่พร้อมกับการเตรียมดินซึ่งจะทำให้ได้ประโยชน์จากปุ๋ยมาก เนื่องจากปุ๋ยถูกคลุกเคล้าลงไปอยู่ในชั้นไถพรวน ลดการสูญเสีย และพืชสามารถนำใช้ประโยชน์ได้เต็มประสิทธิภาพ แต่มีข้อด้อยคือ ความสามารถการทำงานช้า ปริมาณปุ๋ยไม่สม่ำเสมอ และมีโอกาสเกิดการชะล้างได้ง่าย
4. การใส่ปุ๋ยแบบโรยฝัง (band application) ปุ๋ยจะถูกใส่ในบริเวณที่ห่างจากบริเวณที่เมล็ดพืชฝังกลบอยู่ หรือใส่ในระหว่างแถว และในตำแหน่งที่ลึกกว่าตำแหน่งของเมล็ดพืช สามารถใช้ได้กับปุ๋ยแห้งและปุ๋ยน้ำ การใส่ปุ๋ยแบบนี้ ปุ๋ยจะถูกนำไปใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และลดความเสี่ยงในการชะล้าง แต่มีข้อด้อยคือ ทำงานได้ช้า และต้นทุนสูง
5. การให้ปุ๋ยทางระบบน้ำ (fertigation) พืชได้รับปุ๋ยอย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริมในระบบการให้น้ำ และมีปุ๋ยโอกาสสูญเสียไปกับลมได้
6. การให้ปุ๋ยทางใบ เป็นการพ่นปุ๋ยน้ำ หรือแร่ธาตุโดยตรงไปที่ใบของพืช ซึ่งพืชสามารถดูดซับได้ทันที แต่มีต้นทุนสูง และสามารถสร้างมลภาวะทางอากาศได้

กรมวิชาการเกษตร

7. การใส่ปุ๋ยตรงบริเวณเมล็ดพืชขณะปลูก (seed placement) สามารถใช้ได้กับปุ๋ยแห้งหรือปุ๋ยน้ำ และสามารถใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยแบบโรยฝัง มีข้อดีคือ ต้นทุนต่ำ ใช้ประสิทธิภาพปุ๋ยได้เต็มที่ขณะที่เมล็ดงอก
8. การใส่ปุ๋ยระหว่างแถว (side-dressing) ในขณะที่เมล็ดกำลังงอกต้องการไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโต จะใช้เป็นการฉีดพ่นด้วยหัวฉีดพ่นในระหว่างแถวพืช หรือพ่นโดยตรงไปในดิน การใส่แบบนี้พืชสามารถใช้ประโยชน์จากปุ๋ยได้สูงสุด แต่มีข้อด้อยคือ สามารถทำงานได้ช้า ประสิทธิภาพปุ๋ยที่ใส่ในช่วงฤดูฝนจะลดลง

นอกจากนี้ยังได้มีการวิจัยเพื่อเลือกวิธีการใส่ปุ๋ยและอัตราปุ๋ยที่เหมาะสำหรับข้าวโพด ในปี 2014 โดยทดสอบวิธีการใส่ปุ๋ย 4 วิธี คือ การใส่แบบหว่าน การใส่แบบโรยเป็นแนวตามร่องไถ การใส่แบบโรยด้านข้างของต้นข้าวโพดด้านเดียว และสองด้าน ด้วยอัตราปุ๋ย 3 ระดับ คือ 30,60 และ 90 กิโลกรัมไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียต่อ เฮคแตร์ พบว่า การใส่ปุ๋ยแบบโรยบริเวณด้านข้างด้านเดียวของต้นข้าวโพด ที่ระยะห่างจากต้น 10 เซนติเมตร และลึก 5 เซนติเมตร ที่อัตราปุ๋ย 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮคแตร์ มีความเหมาะสมมากที่สุด (Mohammad, Omid , Desa , Ali and Ali , 2014)

เครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้สำหรับการใส่ปุ๋ย

ชนิดของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบเม็ด

1. แบบหยอด (Drop spreader) ปุ๋ยจะถูกปล่อยในบริเวณด้านล่างสุดของถังใส่ปุ๋ย อาจจะเป็นแบบใช้มือเข็นให้ปุ๋ยโรยลงที่พื้นดิน
2. แบบหว่านด้วยโรตารี่ (Rotary spreader) หรือเรียกอีกอย่างว่า การหว่านกระจาย หรือการหว่านหนีศูนย์ ปกติเครื่องหว่านแบบนี้จะมีจานหมุน ที่หมุนตามการเคลื่อนที่ของล้อและสามารถปรับอัตราปุ๋ยออกจากถังได้ ปุ๋ยสามารถหว่านได้ในระยะรัศมี 6-60 ฟุต ขึ้นอยู่กับชนิดของโรตารี่
3. แบบหว่านด้วยการเหวี่ยง (Pendulum spreader) ปุ๋ยจะถูกหว่านด้วยแขนที่เหวี่ยงจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง ไปมา ทำให้การหว่านมีรัศมีการกระจายได้ไกล (Types of Fertilizer Application Equipment, 2016)

การวิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยในต่างประเทศ

ได้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหว่านปุ๋ยด้วยแบบจำลอง พบว่า สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานมีผลต่อการเคลื่อนที่ของปุ๋ยอย่างชัดเจน ช่วงของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในวัสดุที่ต่างชนิดกัน มีค่าแตกต่างกันชัดเจน เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อไนลอน 0.25-0.35 และสำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อสแตนเลส 0.4-0.45 และในการทดสอบความเร็วในการพ่น สองค่า คือ 0.3 และ 1.0 กิโลกรัม/วินาที สามารถเพิ่มระยะตกของปุ๋ยได้ 1เมตร การจำลองได้แสดงผลให้เห็นว่า สัมประสิทธิแรงเสียดทานขึ้นอยู่กับชนิดของท่อและมุมตก (pitch angle) ของปุ๋ย (Hofstee, 1995)

เครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยงได้ถูกทดสอบตามมาตรฐาน ASAE S341.2 โดยใช้โมเดลของ VRT (Variable rate technology) เพื่อความแม่นยำในการใส่ปุ๋ยและการกระจายตัวของปุ๋ย ซึ่งในการหว่านจะถูกควบคุมอัตราการหว่านด้วย GPS และเก็บข้อมูลการกระจายตัวและอัตราการหว่านที่เปลี่ยนไป ด้วยการใช้ฟังก์ชั่นของ

กรมวิชาการเกษตร

sigmoidal อธิบายค่าการเพิ่มขึ้นของอัตราหว่าน และใช้ฟังก์ชั่นของเส้นตรงอธิบายค่าอัตราหว่านที่ลดลง ผลการทดสอบพบว่า โมเดลสามารถทำงานได้ดีในโหมดของการกระจายและมีอัตราการหว่านดี เมื่อเทียบกับการใช้เครื่องหว่านปุ๋ยหว่านในพื้นที่ และนอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ในการใช้งานเพื่อหาค่าความผิดพลาดของการกระจายและอัตราการใส่ปุ๋ยที่จะเกิดจากการปฏิบัติจริงได้ (Fulton, Shearer, Chabra and Higg, 2001)

ทดสอบรูปแบบการหว่านของเครื่องหว่านปุ๋ยมีระบบตรวจวัดความเร็วและวัดขนาดของเม็ดปุ๋ยด้วย optical sensor เพื่อใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการหว่าน การกระจายของปุ๋ยหลังการหว่าน พบว่า optical sensor มีประสิทธิภาพดี สามารถใช้เป็นส่วนอุปกรณ์ควบคุมการหว่านให้กระจายสม่ำเสมอได้ (Grift and Hofstee, 2002)

ได้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องหว่านปุ๋ยหมักแบบมุมหว่านกระจายกว้าง พบว่า แรงเสียดทานไม่ใช่เป็นปัจจัยหลักต่อการออกแบบเพียงอย่างเดียว แต่ตำแหน่งของการวางถังปุ๋ยหมักและความถี่ในการหมุนก็มีความสำคัญต่อการออกแบบเช่นกัน ตำแหน่งของที่อยู่ของชิ้นปุ๋ยหมักในถังมีผลต่อความเร็วสัมพัทธ์ของชิ้นปุ๋ยและการเคลื่อนที่ของชิ้นปุ๋ยในถัง ขนาดของถังและความเร็วในการหมุนของถังมีผลต่อความเร็วสัมพัทธ์ของชิ้นปุ๋ยหมักขณะที่เคลื่อนที่ออกจากถัง (Duhovnik, Benedicic and Bernik , 2004)

ระบบควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ยแบบกึ่งอัตโนมัติ (semi-automatics controller) ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถปรับอัตราการใส่ปุ๋ยสำหรับเครื่องใส่ปุ๋ยที่ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาด 37.8 kW ซึ่งสามารถควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ยได้อย่างแม่นยำ ที่สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน น้อยกว่า 5% (Ji, Wang, Mao and Chen, 2010)

Ehtesham and Mohammad (2012) ได้พัฒนาและทดสอบเครื่องใส่ปุ๋ยเม็ดแบบปรับอัตราหยอดอัตโนมัติตามแผนที่อัตราการใช้ปุ๋ย โดยทดสอบกับปุ๋ย 2 ชนิด ใส่ปุ๋ยในอัตรา 75, 125 และ 175 กิโลกรัม/เฮกแตร์ ด้วยความเร็วรถแทรกเตอร์ 3, 6 และ 9 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่า ความเร็วรถแทรกเตอร์และอัตราการใส่ปุ๋ยมีผลต่อความแม่นยำในการใส่ปุ๋ย ขณะที่ชนิดของปุ๋ยไม่มีผลต่อความแม่นยำในการใส่ปุ๋ย ความแม่นยำในการใส่ปุ๋ยจะลดลงเมื่อความเร็วรถแทรกเตอร์และอัตราการใส่ปุ๋ยเพิ่มมากขึ้น

การศึกษาระบบฉีดพ่นปุ๋ยแบบอัจริยะในสภาวะอากาศแบบแดดจัดและแบบไม่มีแดดในสวนบูลเบอรี่ ด้วยการปรับอัตราการใส่ปุ๋ยด้วยระบบ GPS ระบบเซนเซอร์ตรวจจับและควบคุมอัตโนมัติด้วยกล้องที่ติดกับชุดแขนพ่นที่ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ตรวจจับสัญญาณแบบทันที (real time) เพื่อประเมินอัตราการใส่ปุ๋ยที่มีการปรับค่า ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 3 ระดับ คือ 1.6, 3.2 และ 4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี ที่ความเร็วระดับ 1.6 และ 4.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง (Hassan, Qamar, Young and Ar, 2014)

การวิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยภายในประเทศ

อุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับใส่ปุ๋ยมีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อลดความเหนื่อยยากของเกษตรกร และเพิ่มความรวดเร็วในการทำงานด้วยการใช้แรงกลมาช่วยขับเคลื่อนแทนการหว่านด้วยมือ ซึ่งในปัจจุบันมีเครื่องหว่านปุ๋ยเคมีที่นิยมใช้งานแบบพ่นหว่าน ที่มีราคาแตกต่างกันไปตามคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่อง ตั้งแต่ 2,000 ถึง 10,000 บาท เครื่องพ่นหว่านปุ๋ยเคมี ลักษณะนี้ นิยมใช้กันมากในงานนาข้าว เช่น เครื่องพ่นหว่านสะพาย

กรมวิชาการเกษตร

หลังที่ราคาไม่สูงมากเกินไปนัก (รูปที่ 2) เครื่องหว่านแบบจานเหวี่ยงติดพ่วงรถแทรกเตอร์ที่ใช้ในพืชไร่ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ที่มีถังบรรจุขนาด 300 ลิตร สามารถหว่านต่อเนื่องได้ในอัตราหว่านสูงสุด 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (รูปที่3) เครื่องหว่านปุ๋ยคอกติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์แบบจานเหวี่ยงที่มีอัตราการหว่านปรับได้ถึง 200 กิโลกรัมต่อไร่ (รูปที่ 4)

รูปที่ 2 เครื่องพ่นหว่านปุ๋ยแบบสะพายหลัง

รูปที่ 3 เครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยงติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์
ที่มา (สยามคูโบต้า, 2559 และ สยามอิมพลีเม้น,2559)

รูปที่ 4 เครื่องหว่านปุ๋ยหมักแบบจานเหวี่ยง
ที่มา (สยามอิมพลีเม้น, 2559)

กรมวิชาการเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2553) ได้พัฒนาและสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อเกษตรกรรมความแม่นยำสูง 2 ตัว คือหุ่นยนต์ปฐพีกับหุ่นยนต์วารี โดยหุ่นยนต์ปฐพีใช้สำหรับขุดเจาะสำรวจหน้าดิน เก็บตัวอย่างความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตามตำแหน่งพิกัดที่ได้จากจีพีเอส ส่วนหุ่นยนต์วารี มีหน้าที่ให้ปุ๋ย ให้น้ำและแก้สภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน แก้ไขความเค็มของดินเนื่องจากการใส่ปุ๋ยที่มากเกินไป จะเห็นว่าต้นแบบหุ่นยนต์วารีเป็นแบบใส่ปุ๋ยน้ำ แต่มีแนวคิดในการผสมปุ๋ย 3 ธาตุ ตามค่าที่อ่านได้ในแผนที่ในขณะที่รถแทรกเตอร์ทำงาน

สายรุ้ง และวสุ (2558) ได้พัฒนาและทดสอบระบบการหยอดสารเคมีในปริมาณน้อยเช่น 1-2 กิโลกรัม/ไร่ เพื่อกำจัดศัตรูพืช โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมระบบ โดยระบบจะทราบความเร็วในการเคลื่อนที่จากอุปกรณ์วัดความเร็วรอบ (Encoder) ที่ติดตั้งบนล้อควบคุม แล้วจึงคำนวณหาค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมกับชุดหัวหยอด และส่งสัญญาณควบคุมไปยังสเต็ปมอเตอร์ (Step motor) เพื่อขับลูกหยอดให้หมุนเพื่อจ่ายสารเคมีในอัตราหยอดที่ต้องการ การทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า สามารถทำการหยอดสารเคมีตามอัตราการหยอดที่กำหนด (R2=0.99) และเมื่อนำชุดหัวหยอดติดตั้งบนรถแทรกเตอร์ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถหยอดสารเคมีได้ตามอัตราการหยอดเชิงพื้นที่ที่กำหนดโดนไม่มีอิทธิพลจากความเร็วรอบที่แตกต่างกัน (R2=0.91) โดยมีความผิดพลาดเฉลี่ยของอัตราการหยอด 2.7%

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติแบบโรยสำหรับติดพ่วงรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก-กลางที่ใช้ในสวนทุเรียน โดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ควบคุมอัตราการหยอด และ ใช้เซนเซอร์แสงควบคุมตำแหน่งที่ใส่ปุ๋ย

ขอบเขตของโครงการวิจัย

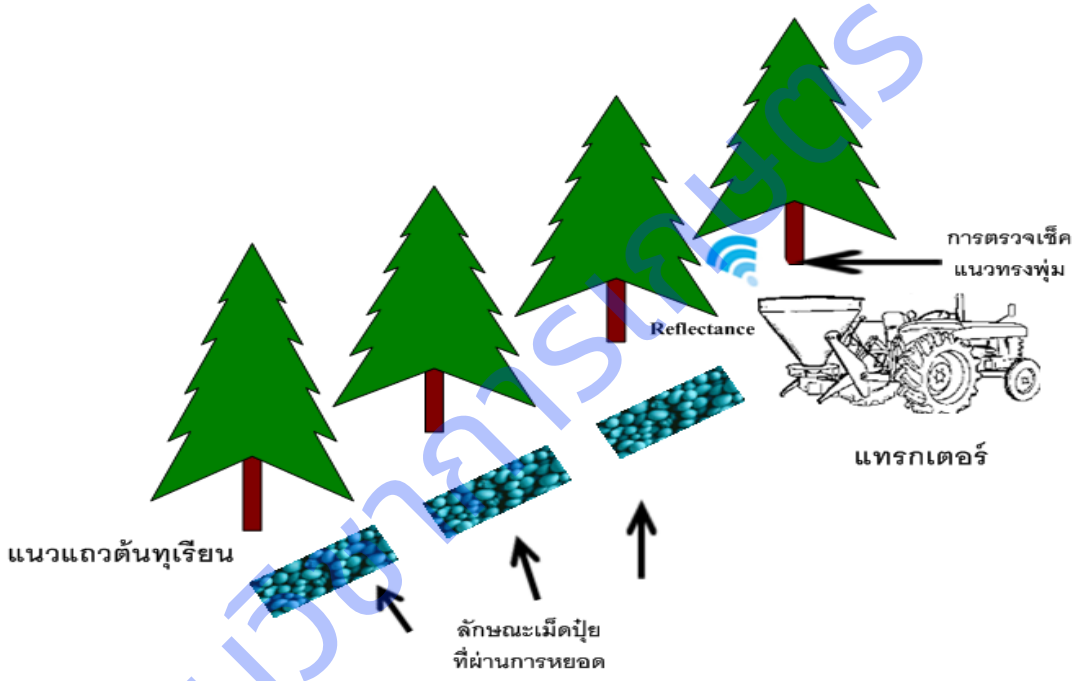
ขอบเขตของการวิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีแบบโรยตามแนวปลายทรงพุ่มสำหรับสวนทุเรียน เครื่องมือจะถูกออกแบบสำหรับใช้งานกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (24-36 แรงม้า) โดยมีระบบการจ่ายปุ๋ยเป็นแบบมอเตอร์ปรับรอบได้ ระบบการจ่ายปุ๋ยจะถูกควบคุมด้วยไมโครคอนโทลเลอร์ที่สามารถควบคุมอัตราการหยอดได้ และมีระบบการปล่อยปุ๋ยให้ตรงตำแหน่งที่ต้องการ (ปลายทรงพุ่ม) โดยการควบคุมด้วยเซนเซอร์แสง เครื่องใส่ปุ๋ยที่พัฒนาได้จะต้องสามารถใช้งานได้ในแปลงทุเรียนที่มีระยะปลูกที่เหมาะสมกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก โดยมีระยะปลูกระหว่างแถวตั้งแต่ 8 เมตรขึ้นไป โดยรถแทรกเตอร์และอุปกรณ์จะทำงานอยู่บริเวณนอกทรงพุ่มของทุเรียนและการใส่ปุ๋ยจะเป็นแบบโรยโดยไม่มีการกลบปุ๋ย เนื่องจากการใส่ปุ๋ยในทุเรียนไม่จำเป็นต้องมีการกลบเหมือนการใส่ปุ๋ยในพืชไร่ เพราะพืชสวนจะมีให้น้ำซึ่งทำให้ปุ๋ยสามารถละลายซึมลงสู่ผิวดิน รากทุเรียนที่อยู่ผิวดินสามารถนำปุ๋ยไปใช้งานได้ดี

ทฤษฎี สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้มีแนวคิดจะออกแบบและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยแบบโรยตามแนวทรงพุ่มที่ใช้ต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (24 - 36 แรงม้า) ซึ่งสามารถใช้ต่อพ่วงกับอุปกรณ์ใน category I ที่มีระยะความกว้างของแขนยกของจุดพ่วงแบบ 3 จุด ไม่เกิน 683 มิลลิเมตร เครื่องจะประกอบด้วยถังสำหรับบรรจุปุ๋ยเคมี ชุดลูกหยอด

กรมวิชาการเกษตร

ขับด้วยมอเตอร์แบบปรับรอบได้ ท่อนำปุ๋ย ทั้งนี้ไม่มีตัวเปิดร่องสำหรับฝังในดิน เนื่องจากการไถหรือเปิดหน้าดินจะไปรบกวนรากของต้นทุเรียนได้ เลือกใช้มอเตอร์แบบปรับรอบได้สำหรับขับชุดจ่ายปุ๋ย ซึ่งควบคุมอัตราหยอดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรับค่าอัตราการใส่ปุ๋ยจากผู้ใช้ จากนั้นระบบจะประมวลผลความเร็วรถแทรกเตอร์จากล้อขับ และสั่งให้มอเตอร์ขับชุดจ่ายปุ๋ยให้สัมพันธ์กับความเร็วรถแทรกเตอร์ การเปิด-ปิดการทำงานของชุดลูกหยอดจะถูกควบคุมด้วยเซนเซอร์แสง (Photo Sensor) ที่สามารถตรวจสอบตำแหน่งของทรงพุ่มต้นทุเรียน และเครื่องจะโรยปุ๋ยเมื่อรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ถึงบริเวณทรงพุ่ม และหยุดการโรยปุ๋ยเมื่อรถแทรกเตอร์ผ่านทรงพุ่ม (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 รูปแบบการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ย

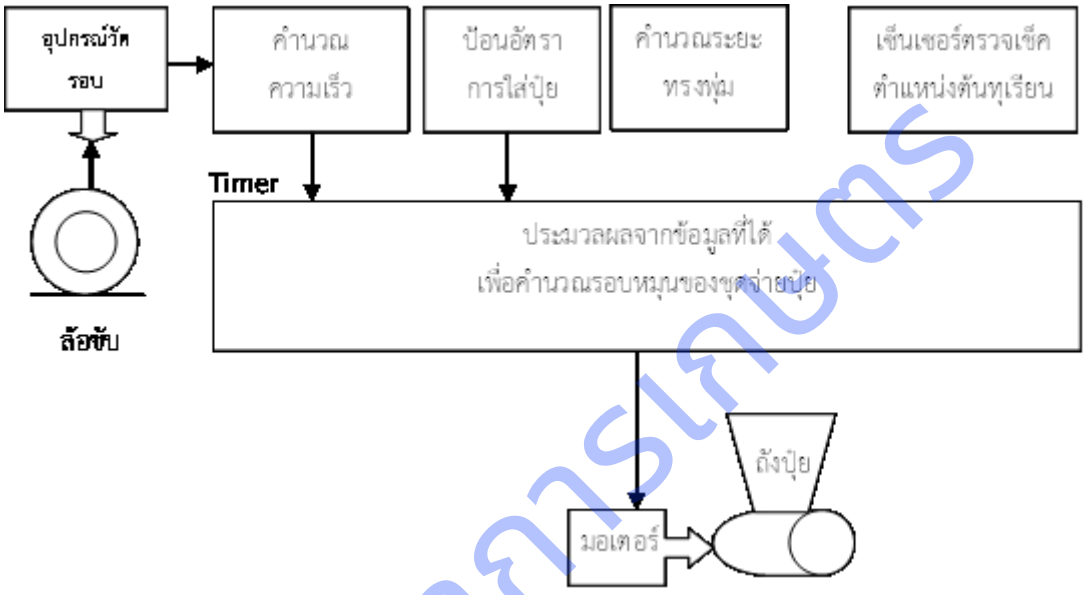
กรอบแนวความคิดในการออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยแบบโรยสำหรับสวนทุเรียน มี 2 ส่วนหลัก ได้แก่

1. เครื่องใส่ปุ๋ยเคมีแบบโรย (Band Fertilizer Applicator) ประกอบด้วยถังสำหรับบรรจุปุ๋ยเคมีครั้งละไม่ต่ำกว่า 50 กิโลกรัม ชุดลูกหยอดขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงแบบปรับรอบได้ ท่อนำปุ๋ย

2. ระบบควบคุมและประมวลผล (Electronic control system) หลักการทำงาน เมื่อผู้ใช้งานทราบค่าอัตราการหยอดปุ๋ยต่อความต้องการปุ๋ยของต้นทุเรียน ก็จะนำค่าดังกล่าวมาป้อนที่กล่องควบคุม (Control Box) ซึ่งเป็นการป้อนค่าตัวแปรให้กับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ นำมาประมวลผล ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากสมการการสอบเทียบ (Calibration) ซึ่งเก็บไว้ที่หน่วยความจำ มาคำนวณและส่งคำสั่งไปควบคุมมอเตอร์แบบปรับรอบได้ให้โดยมอเตอร์จ่ายปุ๋ยจะแปรผันอัตราการใส่ปุ๋ยไปตามความเร็วของรถแทรกเตอร์ ในขณะใช้งานจะมีการตรวจสอบอัตราความเร็วของรถแทรกเตอร์จากการอ้างอิง มาจากล้อขับ (Ground wheel) ที่ติดอุปกรณ์วัดความเร็วรอบ (Encoder) ซึ่งจะส่งสัญญาณพัลส์มายัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ประมวลผล สั่งมอเตอร์จ่ายปุ๋ยให้ได้อัตราคงที่

กรมวิชาการเกษตร

ตามที่คำนวณไว้ และสอดคล้องกับความเร็วรถแทรกเตอร์ ทั้งนี้มอเตอร์ขับปุ๋ยจะทำงานเมื่อรถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ถึงบริเวณทรงพุ่มของต้นทุเรียน โดยรับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ที่สามารถตรวจเช็คตำแหน่งของทรงพุ่มของต้นทุเรียนแล้ว และมอเตอร์ขับปุ๋ยจะหยุดเมื่อรถแทรกเตอร์วิ่งผ่านทรงพุ่มไปแล้ว มอเตอร์จ่ายปุ๋ยจะหมุนเพื่อจ่ายปุ๋ย และหยุดจ่ายปุ๋ยเรื่อยไปจนสุดแถวต้นทุเรียน(รูปที่6) โดยในการเลือกประเภทของเซนเซอร์วัดแสงจะเลือกจากหลักการทำงานแบบ Retro-reflective ที่เป็นหลักการรับแสงสะท้อนกลับจากการส่งสัญญาณแสงไปยังวัตถุเป้าหมาย



รูปที่ 6 แผนผังการทำงานของเครื่องใส่ปุ๋ยแบบโรย

ระเบียบวิธีการวิจัย

<u>อุปกรณ์</u>

1 รถแทรกเตอร์ 27 แรงม้า

2 ปุ๋ยสูตร 8-24-24, 15-7-18, 12-12-17

3 น้ำมันเชื้อเพลิง

4 เทปวัด นาฬิกาจับเวลา ตาชั่ง กระบอกตวงน้ำมัน

5 กล่องวัดการกระจายตัวของปุ๋ย

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาเริ่มต้น ตุลาคม 2560 – ระยะเวลาสิ้นสุด กันยายน 2563

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร จังหวัดจันทบุรี ศูนย์พัฒนาไม้ผลตามโครงการพระราชดำริ และแปลงเกษตรกร

สำนักวิชาการเกษตร

วิธีดำเนินการ

1 ศึกษาสถานการณ์การใส่ปุ๋ยในทุเรียนของเกษตรกร รวมทั้งศึกษาปัจจัยของปุ๋ยเคมี และลักษณะทางกายภาพของต้นทุเรียนที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ย ดังนี้ ขนาดของเม็ดปุ๋ย ความชื้นของปุ๋ย ขนาดทรงพุ่มของทุเรียนที่อายุ 5, 8 และ 10 ปี อัตราทดที่สามารถให้อัตราปุ๋ยตามคำแนะนำ ความเร็วในการหมุนของชุดปล่อยปุ๋ย ความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสม ศึกษารูปแบบของลูกหยอดที่เหมาะสมสำหรับใช้กับปุ๋ยเคมี รวมทั้งศึกษาระบบการควบคุมแบบเซนเซอร์แสง วงจรและอุปกรณ์ประมวลผลแบบไมโครคอนโทลเลอร์ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ย

2 ออกแบบ สร้างวงจรเพื่อการประมวลผลการทำงานด้วยเซนเซอร์แสง และไมโครคอลโทรลเลอร์ ทดสอบระบบการทำงาน โดยระบบต้องสามารถควบคุมการใส่ปุ๋ยในตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยแบบโรย โดยออกแบบอุปกรณ์ให้สามารถใช้งานต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก (27 แรงม้า) เครื่องจะประกอบด้วยถังบรรจุปุ๋ยขนาดประมาณ 50 กิโลกรัม โดยมีชุดควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ยที่ควบคุมด้วยไมโครคอลโทลเลอร์ และระบบชุดควบคุมตำแหน่งในการใส่ปุ๋ยที่ใช้เซนเซอร์แสง

3 ทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดสอบอัตราปุ๋ยให้สามารถโรยได้ในระยะ 2-5 เมตร ทดสอบความต่อเนื่องและความสม่ำเสมอในการโรยปุ๋ยโดยใช้กล่องสุ่มรับตัวอย่างปุ๋ยที่ถูกหว่านเมื่อรถเคลื่อนที่ตามเงื่อนไขที่ออกแบบ ระบบควบคุมอัตราการใส่ปุ๋ยและระบบควบคุมตำแหน่งใส่ปุ๋ยจะถูกทดสอบค่าความแม่นยำ (Precision)

4 ทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงทดสอบ เพื่อดูข้อบกพร่องที่ต้องดำเนินการแก้ไข

5 ปรับปรุงต้นแบบ ก่อนการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลเฉพาะของเครื่องในแปลงทดสอบ

6 ทดสอบในแปลงเพื่อเก็บข้อมูลการใช้งานของเครื่อง ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความเร็วในการเคลื่อนที่ อัตราปุ๋ยที่ใส่ได้จริง ความแม่นยำของตำแหน่งที่ใส่ปุ๋ย

7 ทดสอบการใช้งานระยะยาวในพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลความคงทน (durability test) ในพื้นที่ปลูกทุเรียนของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี และ แปลงของเกษตรกรที่มีระยะปลูกเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกลเกษตร จำนวน 30 ไร่

8 วิเคราะห์ผล เปรียบเทียบความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์กับการใช้แรงงานคนในการหว่านปุ๋ย และจัดทำรายงานผล

ผลการวิจัย

1 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้น ศึกษาลักษณะทางกายภาพของทุเรียน อายุ 5-10 ปี และรูปแบบการปลูกทุเรียน และการใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการดูแลบำรุงรักษาทุเรียน ในพื้นที่เป้าหมาย คือ ระยอง จันทบุรี และตราด เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการออกแบบอุปกรณ์ใส่ปุ๋ยแบบต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ โดยเลือกสุ่มเก็บข้อมูลจากแปลงของเกษตรกรที่มีการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองแบบสวนเดี่ยวและมีการปลูกแบบยกร่อง, พูนโคน และพื้นราบ ที่วางแผนร่วมกับเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ในการสำรวจ คัดเลือก

กรมวิชาการเกษตร

พื้นที่ และสัมภาษณ์เกษตรกรด้วยแบบสอบถาม จำนวนทั้งหมด 20 ราย จากจังหวัดระยอง 6 ราย,จังหวัดจันทบุรี 8 ราย และ จังหวัดตราด 6 ราย ผลการสำรวจสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1.1 ลักษณะทางกายภาพของทุเรียน อายุ 5-10 ปี

ลักษณะทางกายภาพของต้นทุเรียนที่มีผลต่อการพิจารณาอัตราการใส่ปุ๋ย คือ ขนาดทรงพุ่มของต้นโดยในงานวิจัยนี้ เลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทองเป็นพันธุ์เป้าหมาย เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยม ผลผลิตมีราคาสูงและเป็นการผลิตเพื่อส่งออกมากที่สุด เก็บข้อมูลโดยการวัดความยาวของ ด้าน x และ y (รูปที่ 7) ของทรงพุ่มต้นทุเรียนอายุต่างๆ ผลแสดงดังตารางที่ 1 ในการจัดการดูแลต้นทุเรียนในพร้อมเพื่อการออกดอกและติดผล มีคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยในอัตราเป็นกิโลกรัมต่อต้น เท่ากับ 1ใน 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม (กรมวิชาการเกษตร,2558) จึงวิเคราะห์อัตราปุ๋ยต่อต้นผลดังตารางที่ 1

รูปที่ 7 ทิศทางการวัดค่าระยะทรงพุ่ม

ตารางที่ 1 ผลการสำรวจระยะทรงพุ่มของต้นทุเรียนและการคำนวณอัตราปุ๋ยต่อต้นทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่อายุต่างกัน

จังหวัดที่สำรวจ	อายุ (ปี)	ระยะทรงพุ่มด้าน x (เมตร)	ระยะทรงพุ่มด้าน y (เมตร)	อัตราปุ๋ยต่อต้น (กก.) จากการคำนวณ
ระยอง	3	3.53	3.48	1.17
	4	4.41	4.37	1.46
	5	5.1	4.95	1.68
	6	8.32	7.85	2.70
จันทบุรี	1	1.24	1.27	0.42
	2	2.33	2.23	0.76
	6	5.27	5.1	1.73
	8	5.59	5.65	1.87

กรมวิชาการเกษตร

ตราด	3	3.37	3.29	1.11
	5	5.34	5.51	1.81
	6	6.03	6.13	2.03
	7	6.5	6.44	2.16

หมายเหตุ : อัตราปุ๋ยต่อต้น คำนวณจากคำแนะนำใส่ในอัตรา 1 ใน 3 ของรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ย

1.2 รูปแบบการปลูกทุเรียน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

แบบที่1 การปลูกแบบดั้งเดิม คือ การปลูกแบบสวนผสม เงาะ ทุเรียน มังคุด ส่วนใหญ่จะมีอายุเกิน 15 ปี ระยะปลูกไม่แน่นอน และการปลูกเป็นแบบพื้นราบ (รูปที่ 8) ประมาณ 20% ของพื้นที่การสำรวจเป็นการปลูกแบบนี้

รูปที่ 8 การปลูกแบบดั้งเดิม

แบบที่ 2 เป็นการปลูกแบบรูปแบบใหม่ ที่เป็นการปลูกแบบพืชเดี่ยว มีรูปแบบการปลูกเป็นแบบพื้นราบ มีระยะปลูกแน่นอน มีระยะห่างระหว่างต้นxแถว 8x8 เมตร และ 10x10 เมตร เป็นการปลูกแบบยกร่อง และพูนโคน (รูปที่ 9) แบบยกร่อง ในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำไม่ดี ส่งผลให้รากทุเรียนเน่าเสียได้ง่าย ในบางพื้นที่มีการขุดร่องระบายน้ำ ในบริเวณปลายร่อง ขนาดกว้าง 2-4 เมตร ลึกประมาณ 0.70 เมตร ขนาดกว้าง 6 – 8 เมตร ความสูงของร่อง ประมาณ 0.50 - 0.80 เมตร จากการสำรวจ พบว่า 15% เป็นการปลูกแบบยกร่องเป็นแนวยาว และทุเรียนมีอายุมากกว่า 10 ปี แบบพูนโคน เป็นปลูกแบบใช้ดินพูนโคน (นั่งแท่น หรือ ยกโคก) เนื่องจากเมื่อปลูกไประยะหนึ่ง ดินจะยุบตัว ผลจากการสำรวจพบว่า ทุเรียนมีอายุน้อยกว่า 10 ปี มีรูปแบบการปลูกเป็นแบบพูนโคน 65% ทุเรียน การปลูกแบบพูนโคนนี้เป็นวิธีที่ป้องกันน้ำท่วมรากได้ มีการใช้ดินพูนเฉพาะบริเวณโคนต้น ขนาดกว้างตามอายุของต้นทุเรียน โดยเฉลี่ย ทุเรียนที่อายุไม่เกิน 5 ปี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่พูนโคน ประมาณ 5-6 เมตร ความสูง ประมาณ 0.70-1.00 เมตร

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 9 การปลูกทุเรียนแบบใหม่ แบบยกร่อง (ซ้าย) และแบบพูนโคน (ขวา)

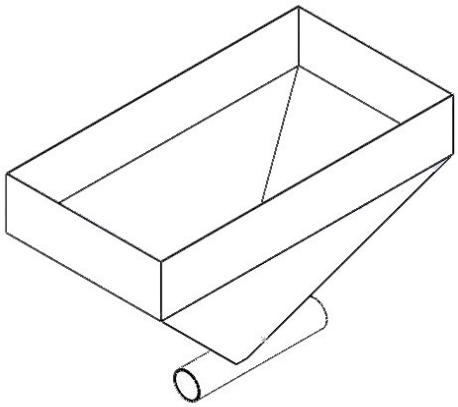
ส่วนระยะการปลูกนั้น มีค่าอยู่ระหว่าง 6x6, 7x7, 8x4, 8x8,10x10 เมตร (ระยะห่างระหว่างต้น xแถว) โดยมีการปลูกที่ระยะ 8x8 และ 10x10 เมตร มากที่สุด คิดเป็น 40 และ 20% ทั้งในรูปแบบการปลูกแบบพูนโคนและพื้นราบ สำหรับการปลูกแบบยกร่อง ระยะการปลูกจะเป็น 8x4 เมตร

นอกจากนี้ ยังพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ที่ปรับรูปแบบการปลูกให้มีระยะปลูกห่างมากขึ้นกว่าการปลูกแบบดั้งเดิม มีการวางแผนเพื่อให้รองรับการใช้เครื่องจักรกลเกษตรในขั้นตอนการดูแลบำรุงรักษา ที่ปัจจุบันเกษตรกรมีการใช้เครื่องพ่นสารเคมีแบบ air blast มากขึ้น ผลจากการสำรวจมีเกษตรกร จำนวน 40% เป็นเจ้าของเครื่องพ่นสารเคมีแบบ air blast แต่ในการใส่ปุ๋ย เกษตรกรยังใช้แรงงานคนในการใส่โดยไม่มีเครื่องมือทุ่นแรงทั้งหมด สถานการณ์การใช้เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับใส่ปุ๋ยของเกษตรกรในปี 2561 พบว่าเกษตรกรยังไม่มีเครื่องมือทุ่นแรงสำหรับช่วยใส่ปุ๋ยในสวนทุเรียน มีการใช้แรงงานคนหว่านปุ๋ยเพียงอย่างเดียว โดยหว่านให้กระจายรอบโคนต้น

1.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบชุดกลไกลสำหรับการใส่ปุ๋ยและอุปกรณ์ควบคุม คืออัตราการใส่ปุ๋ย ความเร็วในการหมุนของชุดปล่อยปุ๋ย รูปแบบของลูกหยอดที่เหมาะสม ส่วนประกอบที่สำคัญของชุดกลไกลของเครื่องใส่ปุ๋ย ประกอบด้วย ถังใส่ปุ๋ยที่ออกแบบให้สามารถบรรจุปุ๋ย 80 กิโลกรัม (รูปที่ 4) และลูกหยอดปุ๋ย จึงออกแบบต้นแบบที่ 1 โดยใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 27 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ความเร็วรอบของเพลาลูกหยอดจะถูกขับด้วยมอเตอร์ไฮดรอลิคที่ใช้ต้นกำลังจาดปั้มไฮดรอลิคของรถแทรกเตอร์ โดยรถแทรกเตอร์มีรายละเอียดปั้มไฮดรอลิคของรถแทรกเตอร์จากโรงงานผู้ผลิต ระบุ อัตราการไหลของน้ำมัน 17 ลิตรต่อนาที ที่รอบเครื่องยนต์ 2600 รอบต่อนาที แต่ในทางปฏิบัติการใช้งานจริง ความเร็วรอบเครื่องที่เหมาะสม จะอยู่ที่ 2200 รอบต่อนาที อัตราการไหลของน้ำมันจะอยู่ที่ 14 ลิตรต่อนาที หรือ 14000 ซีซีต่อนาที การออกแบบเครื่องใส่ปุ๋ยให้ความเร็วรอบของเพลา 100 รอบต่อนาที จึงเลือกใช้ไฮดรอลิคมอเตอร์รุ่น M125 ที่มีอัตราการไหล 125 ซีซีต่อรอบ ความเร็วรอบสูงสุด 475 รอบต่อนาที อัตราการไหลของน้ำมัน 60 ลิตรต่อนาที เป็นต้นกำลังในการควบคุมการลำเลียงปุ๋ย โดยใช้วาล์วควบคุมทิศทาง โดยต่อไฮดรอลิคมอเตอร์เข้ากับระบบปั้มไฮดรอลิคของรถ

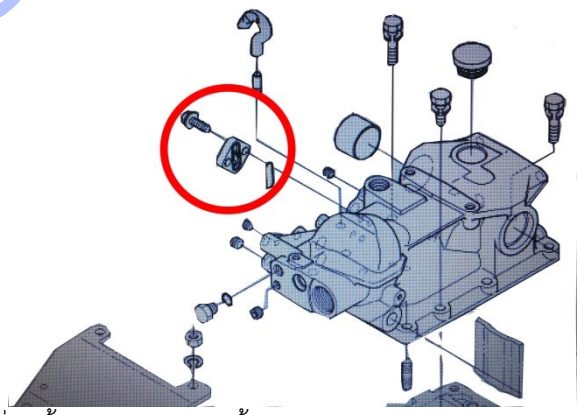
กรมวิชาการเกษตร

แทรกเตอร์ (รูปที่ 5) ตำแหน่งที่ติดตั้งวาล์วกับปั้มไฮดรอลิคของรถแทรกเตอร์แสดงดังรูปที่ 6 และระบบการส่งกำลังของเครื่องใส่ปุ๋ย ดังรูปที่ 7



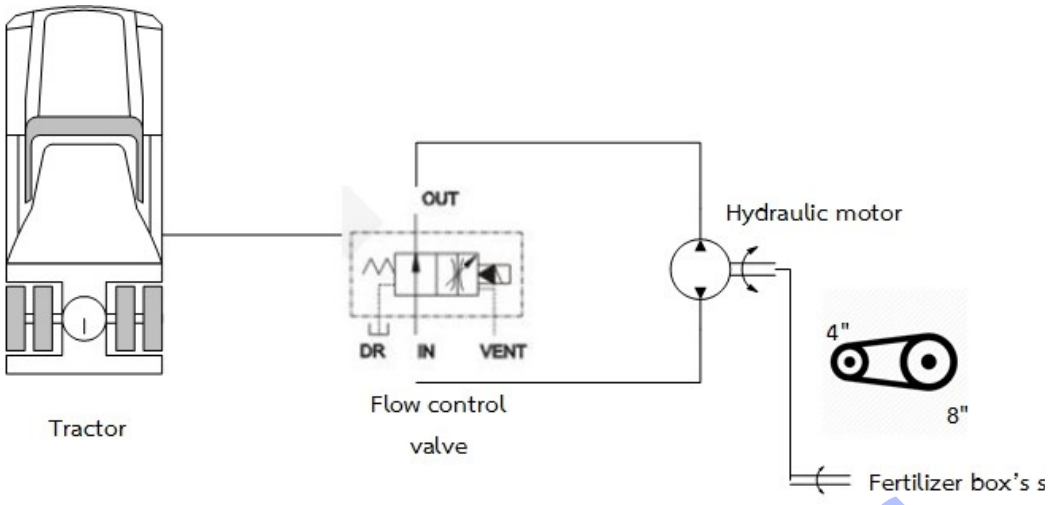
รูปที่ 10 ถังใส่ปุ๋ยขนาดบรรจุ 80 กิโลกรัม

รูปที่ 11 ไฮดรอลิคมอเตอร์และวาล์วสำหรับกับระบบไฮดรอลิคของรถแทรกเตอร์



รูปที่ 12 ตำแหน่งที่ติดตั้งวาล์วต่อระหว่างปั้มไฮดรอลิคของรถแทรกเตอร์และไฮดรอลิคมอเตอร์

กรมวิชาการเกษตร

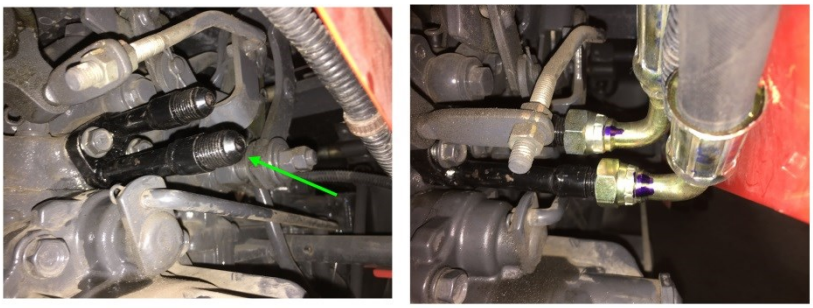


รูปที่ 13 ระบบการส่งกำลังของเครื่องใส่ปุ๋ย

2 ออกแบบและสร้างต้นแบบที่ 1 โดยใช้หลักการทำงานของเซนเซอร์แสงร่วมกับไมโครคอลโทรลเลอร์เพื่อการประมวลผล ตำแหน่งสำหรับการใส่ปุ๋ย ผลการดำเนินการมีดังนี้

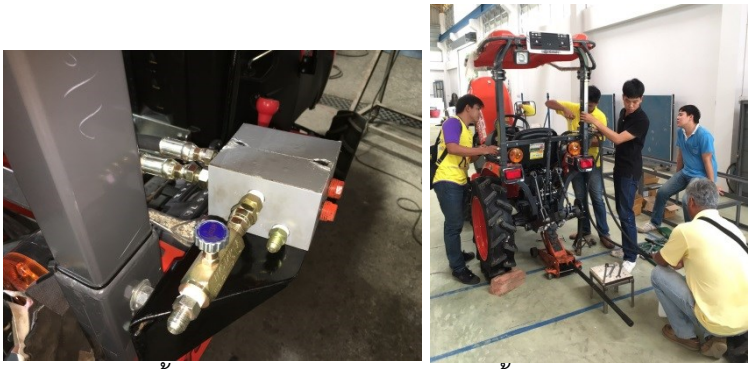
2.1 ออกแบบและเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมตำแหน่งใส่ปุ๋ยของต้นแบบที่ 1 โดยใช้หลักการรับสัญญาณสีด้วยกล้อง เมื่อได้รับสัญญาสีเขียว ให้ส่งสัญญาณให้กับโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วย Simulink และใช้ Raspberry pi 3 ที่ใช้ Micro SD card เป็นหน่วยความจำ ในที่นี้ให้เป้าหมายที่ต้องการ เป็นสีแดง โดยใช้กล้องเป็นหน่วยรับข้อมูลภาพสี ในรูปแบบ สี RGB หลังจากนั้น ให้มีการวิเคราะห์สี เขียว-แดง และเขียวน้ำเงิน ถ้าค่าที่ได้รับ มีค่า $\geq$ 50 ให้ ส่งข้อมูล 5 เพื่อให้ไฟที่บอร์ด Raspberry ติด แสดงว่าเป้าหมายที่กล้องจับภาพได้มีสีแดง และขณะเดียวกัน ค่าที่ $<$ 50 ให้ส่งข้อมูล 0 เพื่อให้ไฟที่บอร์ด Raspberry ดับ

2.2 สร้างต้นแบบ ที่ประกอบด้วยชุดโครงใส่ปุ๋ย (fertilizer application unit), ชุดไฮดรอลิคมอเตอร์, ชุดควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน, วงจรสำหรับควบคุมการปิดเปิดวาล์วควบคุมน้ำมัน, กล้องสำหรับจับภาพ, ลูกหยอด, ถังปุ๋ย โดยติดตั้งวาล์วสำหรับต่อสายน้ำมันไฮดรอลิคของรถแทรกเตอร์ เพื่อให้ไฮดรอลิคมอเตอร์ถูกขับด้วยน้ำมันไฮดรอลิคจากระบบของรถแทรกเตอร์ ซึ่งจะเป็นตัวขับเพลาลูกหยอดปุ๋ย (รูปที่ 14)

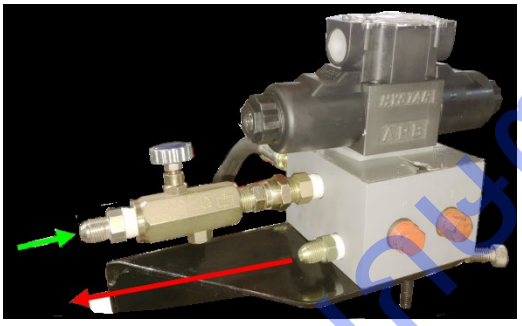


(1) ติดตั้งวาล์วสำหรับต่อสายน้ำมันไฮดรอลิค

กรมวิชาการเกษตร



(2) ติดตั้งชุดควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิค



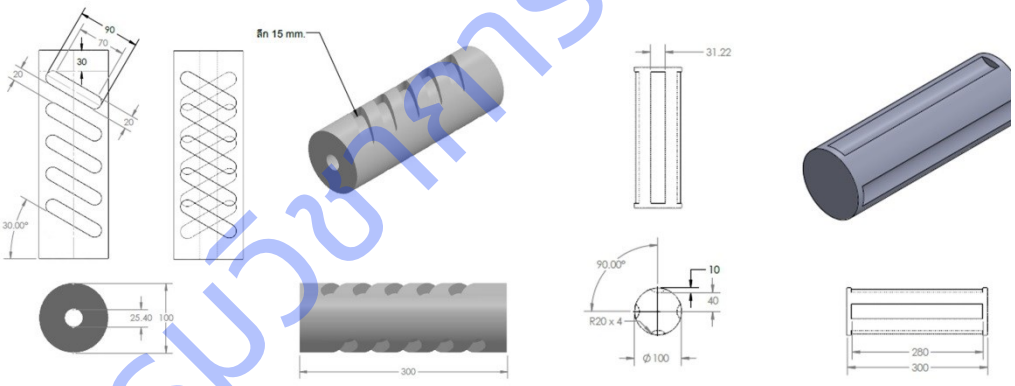
(3) วาล์วปรับอัตราการไหล

รูปที่ 14 การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของไฮดรอลิคมอเตอร์

3 สร้างรางทดสอบขนาดยาว 12 เมตร ที่ออกแบบเพื่อทดสอบอัตราการโรยปุ๋ย ทดสอบความสม่ำเสมอในการโรยปุ๋ย ทดสอบโปรแกรมควบคุมการใส่ปุ๋ยที่ออกแบบขึ้น และทดสอบความแม่นยำในเรื่องตำแหน่งการใส่ปุ๋ย (รูปที่ 14) สำหรับทดสอบลูกหยอดแบบต่างๆ เพื่อหารูปแบบของลูกหยอดที่เหมาะสมกับการใช้งาน ชุดควบคุมการใส่ปุ๋ย ที่ประกอบด้วย ไฮดรอลิคมอเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของเพลาลูกหยอด และวาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันด้วยไฟฟ้าที่ควบคุมการทำงานของไฮดรอลิคมอเตอร์ ทดสอบด้วยลูกหยอด จำนวน 4 แบบ คือ ลูกหยอดแบบตรง แบบไขว้ แบบเกลียว และแบบหลุม (รูปที่ 15) ทดสอบแบบละ 3 ซ้ำ ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์ 1000, 1200, 1400 และ 1600 รอบต่อนาที โดยให้รถแทรกเตอร์ไม่เคลื่อนที่และให้รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ที่ระดับความเร็ว 1L ผลการทดสอบดังตารางที่ 1, รูปที่ 16 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

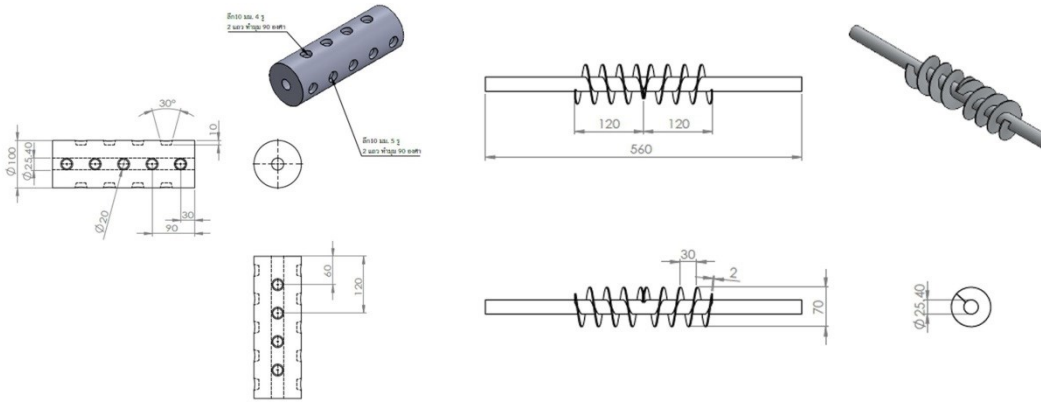
กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 14 ทดสอบลูกหยอดปุ๋ยในห้องปฏิบัติการ



(ก) ลูกหยอดแบบร่องตรง (ข) ลูกหยอดแบบร่องไขว้

กรมวิชาการเกษตร



(ค) ลูกหยอดแบบหลุม (ง) ลูกหยอดแบบเกลียว (วุฒิพล,2558)

รูปที่ 15 แบบลูกหยอดปุ๋ยสำหรับทดสอบในห้องปฏิบัติการ

(ก) ลูกหยอดแบบตรง (ข) ลูกหยอดแบบไขว้ (ค) ลูกหยอดแบบหลุม (ง) ลูกหยอดแบบเกลียว

รูปที่ 16 การกระจายตัวของปุ๋ยที่หยอดด้วยลูกหยอด 4 แบบ

ตารางที่ 2 ทดสอบอัตราการหยอดปุ๋ยของลูกหยอด 4 แบบ เมื่อรถแทรกเตอร์ไม่เคลื่อนที่

	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วรอบเฉลี่ยของเพลาลูกหยอด (รอบต่อนาที)	อัตราการหยอดปุ๋ยเฉลี่ย (กรัมต่อวินาที)
ลูกหยอดแบบตรง	1000	29.43	195.5
	1200	32.57	217.83
	1400	37.87	250.00
	1600	42.50	280.00
ลูกหยอดแบบไขว้	1000	31.43	133.33
	1200	33.23	166.67

กรมวิชาการเกษตร

	1400	37.87	157.83
	1600	43.17	191.17
ลูกหยอดแบบหลุม	1000	29.40	31.67
	1200	33.30	36.67
	1400	38.00	41.67
	1600	43.00	47.17
ลูกหยอดแบบเกลียว	1000	29.60	66.67
	1200	34.10	76.67
	1400	37.90	90.00
	1600	42.43	103.33

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบอัตราการหยอดปุ๋ยเมื่อรถแทรกเตอร์วิ่งด้วยความเร็วระดับ เกียร์ 1L ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ต่างกันของลูกหยอด 4 แบบ

ชนิดของลูกหยอด	ความเร็วรอบเครื่องยนต์ของรถแทรกเตอร์ (รอบต่อนาที)	ความเร็วรอบเฉลี่ยของเพลาลูกหยอด (รอบต่อนาที)	ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ (เมตรต่อวินาที)	อัตราการหยอดปุ๋ยเฉลี่ย (กรัมต่อวินาที)
ลูกหยอดแบบตรง	1000	30.33	0.12	191.30
	1200	34.00	0.13	215.50
	1400	38.03	0.15	246.81
	1600	44.10	0.18	285.94
ลูกหยอดแบบไขว้	1000	28.50	0.12	135.18
	1200	33.10	0.14	146.49
	1400	38.10	0.16	160.15
	1600	44.20	0.18	176.91
ลูกหยอดแบบหลุม	1000	30.00	0.12	30.70
	1200	33.40	0.14	34.97
	1400	38.27	0.16	40.77
	1600	43.47	0.18	45.77
ลูกหยอดแบบเกลียว	1000	29.17	0.12	73.70
	1200	33.30	0.14	84.90
	1400	38.70	0.16	99.76

กรมวิชาการเกษตร

1600	43.63	0.18	113.04

ผลจากข้อมูลการสำรวจขนาดของต้นทุเรียนพันธุ์หมอนทองในภาคตะวันออก (ระยอง จันทบุรีและตราด) อัตราการใส่ปุ๋ยเป็นอัตราคำนวณจากคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยปริมาณ 1 ใน 3 ของรัศมีทรงพุ่ม, (กรมวิชาการเกษตร.2558) สามารถแบ่งกลุ่มอัตราปุ๋ยตามอายุของทุเรียนและระยะรัศมีทรงพุ่มได้ดังนี้

3-5 ปี ระยะรัศมีทรงพุ่ม 0.5-2.5 เมตร อัตราการใส่ปุ๋ย 0.17-0.83 กิโลกรัมต่อต้น

6-8 ปี ระยะรัศมีทรงพุ่ม 2.6-3.5 เมตร อัตราการใส่ปุ๋ย 0.86-1.16 กิโลกรัมต่อต้น

จากตารางที่ 2 และ 3 จะเห็นได้ว่าลูกหยอดแบบหลุมมีอัตราการใส่ปุ๋ยน้อยที่สุด คือ ประมาณ 30 กรัมต่อวินาที เมื่อรถแทรกเตอร์วิ่งด้วยความเร็ว 0.12 เมตรต่อวินาที ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1000 รอบต่อนาที และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการหยอดกับลูกหยอดแบบร่องไขว้ แบบร่องตรงและแบบเกลียว ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์เท่ากัน ลูกหยอดแบบอื่นๆ ให้อัตราปุ๋ยมากกว่า 2-6 เท่า ผลจากการสังเกตการกระจายตัวของปุ๋ยจากการหยอดด้วยลูกหยอดแบบร่องตรง แบบร่องไขว้ แบบเกลียวและแบบหลุม พบว่า ลูกหยอดแบบร่องตรงและแบบร่องไขว้มีการกระจุกตัวของปุ๋ยมากกว่าแบบเกลียวและแบบหลุม เห็นว่าลูกหยอดแบบหลุมมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นต้นแบบตัวที่ 1 จึงสร้างต้นแบบตัวที่ 1 ด้วยการใช้ลูกหยอดแบบหลุมและระบบควบคุมตำแหน่งด้วยกล้องจับภาพและประมวลผลตามสัญญาณสี

4 ทดสอบการทำงานเบื้องต้นของต้นแบบตัวที่ 1 ในแปลง พบว่าระบบการควบคุมแบบฝังตัว โดยใช้กล้องจับภาพและประมวลผลตามสัญญาณสี นั้นมีปัญหาเรื่องการสะท้อนของแสงทำให้สีผิดเพี้ยนจากสีจริง (รูปที่ 17)

รูปที่ 17 การทดสอบเบื้องต้นในแปลงของระบบควบคุมการใส่ปุ๋ย

8.5 หลังจากพบปัญหาจากการทดสอบเบื้องต้นของต้นแบบที่ 1 จึงปรับปรุงระบบการควบคุมการใส่ปุ๋ย เป็นอัลตร้าโซนิกส์เซนเซอร์ รุ่น HC-SR04 เพื่อจับวัตถุเป้าหมายคือ ใบของต้น พบว่า ระบบสั่งให้เพลาลูกหยอดปุ๋ยทำงานได้ และทำการทดสอบเบื้องต้นในแปลง พบว่า สามารถทำงานได้ดีในระดับหนึ่ง แต่เนื่องด้วยมีปัจจัยเรื่องความหนาแน่นของทรงพุ่ม หรือ ทรงพุ่มมีใบไม่ต่อเนื่อง ของทุเรียนที่กำลังติดผล และทุเรียนที่มีอายุ 8-9 ปี ทำให้ลูกหยอดทำงานไม่ต่อเนื่อง จึงใช้อัลตร้าโซนิกส์เซนเซอร์จำนวน 2 ชุด เพื่อควบคุมการเปิดและปิดการทำงานของลูกหยอดให้ทำงานแยกกัน โดยใช้ลำต้นเป็นเป้าหมายในการควบคุมการทำงาน เครื่องใส่ปุ๋ย

ต้นแบบที่ 1 ที่ติดพ่วงท้ายมีตำแหน่งที่ยาวเกินความกว้างของรถแทรกเตอร์มาก ทำให้ไม่มีความคล่องตัวและความปลอดภัยในการทำงาน จึงปรับปรุงต้นแบบให้มีความกว้างพอดีกับตัวรถ โดยเปลี่ยนระบบการโรยปุ๋ยเป็นการหว่านปุ๋ย ที่ใช้จานหว่านที่มีมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง และใช้ระบบลำเลียงปุ๋ยแบบเกลียวแทนการใช้ลูกหยอดปุ๋ยแบบหลุม เนื่องจากผลของการทดสอบ (ตารางที่ 1 และ 2) มีอัตราปุ๋ย 74 กรัมต่อนาที ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที และสามารถปรับลดขนาดต้นแบบให้พอดีกับรถแทรกเตอร์ ทำให้เกิดความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และสามารถหว่านปุ๋ยได้ตามระยะที่ต้องด้วยการปรับรอบการหมุนของจานหว่านปุ๋ย

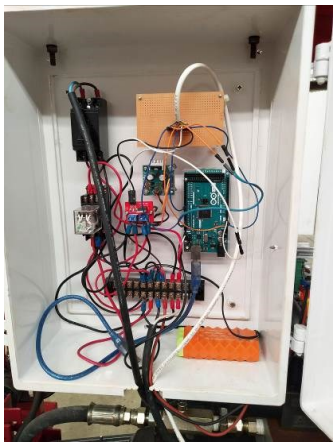
ต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีต้นแบบที่ 2 หลังปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ประกอบด้วยสองส่วน คือ ระบบทางกลสำหรับการใส่ปุ๋ยที่ปรับจากลูกหยอดเป็นระบบเกลียวลำเลียงทำงานร่วมกับจานหว่าน และระบบการควบคุมแบบฝังตัว ที่เปลี่ยนจากการใช้ตรวจจับสี เป็นระบบเซนเซอร์แบบอัลตร้าโซนิคจำนวน 2 ชุด ที่ให้ความแม่นยำมากกว่า

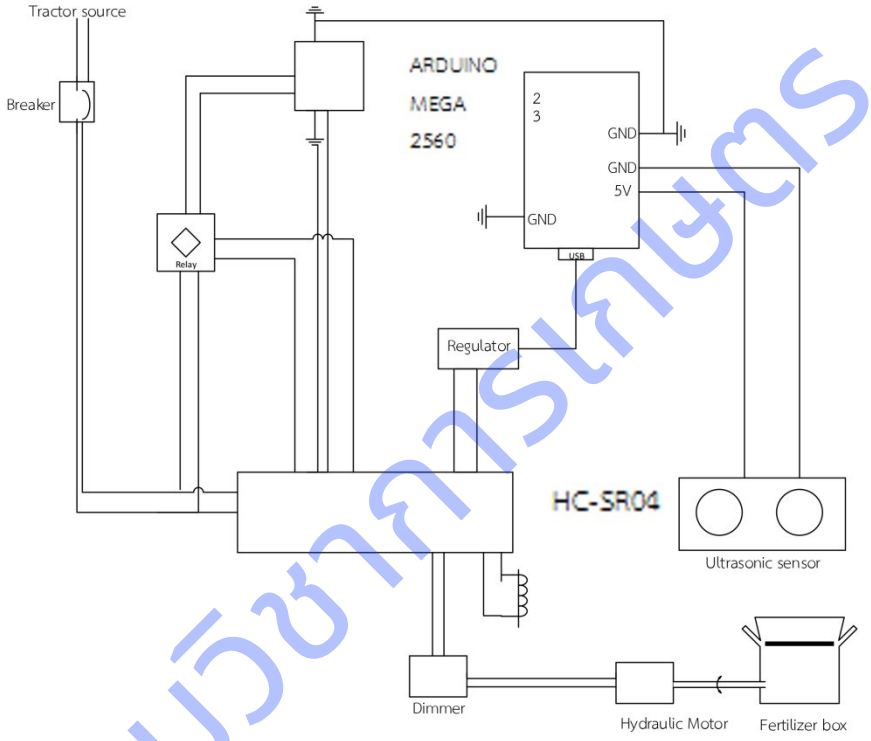
ระบบทางกล : ต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยเคมีติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ประกอบด้วยถังใส่ปุ๋ยขนาด 40 x 70 x 58 ซม. (กว้าง x ยาว x ลึก) บรรจุปุ๋ย 80 กิโลกรัม ระบบหยอดปุ๋ยแบบเกลียวลำเลียง เพลาลูกหยอด ขับโดยไฮดรอลิคมอเตอร์ที่รับการถ่ายทอดกำลังจากระบบไฮดรอลิคของรถแทรกเตอร์ไปยังวาล์วควบคุมอัตราการไหลด้วยไฟฟ้า ที่สามารถปรับอัตราการไหลสูงสุด 125 ลิตรต่อนาที ความดันสูงสุด 25 เมกะปาสคาล (ใช้ไฮดรอลิคมอเตอร์ รุ่น M125 ที่มีอัตราการไหล 125 ซีซีต่อรอบ) และส่งกำลังต่อไปยังเพลาของไฮดรอลิกมอเตอร์ ที่มีอัตราการไหลสูงสุด 60 ลิตรต่อนาที ความเร็วรอบสูงสุด 475 รอบต่อนาที มีชุดกระจายปุ๋ยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด แรงม้าเป็นต้นกำลังในการหมุนจานหว่านปุ๋ยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร มีเหล็กฉาก 4 ใบวางตั้งฉากกัน (รูปที่ 19)

a) b) c)

รูปที่ 19 ส่วนประกอบต้นแบบ a) เกลียวลำเลียง b) ถังปุ๋ย c) จานหว่านปุ๋ย

กรมวิชาการเกษตร





รูปที่ 20 แผนผังของวงจรควบคุม

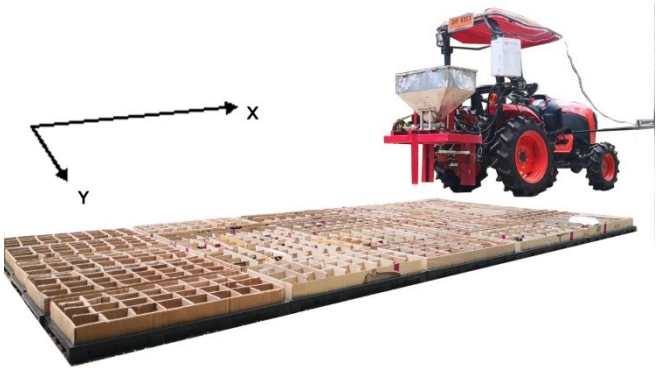
หลังจากปรับปรุงต้นแบบที่ 2 แล้วดำเนินการทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ยในห้องปฏิบัติการอีกครั้ง เนื่องจากเปลี่ยนระบบการใส่ปุ๋ยเป็นแบบจานเหวี่ยง โดยมีขั้นตอนการทดสอบที่อ้างอิงตามมาตรฐาน ASABE34. การทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ยเม็ดเมื่อใช้เครื่องหว่าน ซึ่งเป็นการทดสอบโดยใช้ ถาดเก็บตัวอย่าง (collection tray) มีเงื่อนไขของสถานีทดสอบ ต้องมีความเร็วเร็วไม่เกิน 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่ความสูง 1.5 เมตรจากพื้น พื้นที่ใช้ทดสอบต้องมีความชันไม่เกิน 2% และถาดเก็บตัวอย่างต้องมีความยาวด้านยาวเท่ากับด้านกว้างหรือมากกว่าด้านกว้างอย่างน้อย 30 เซนติเมตร ความสูงของถาดประมาณ 2.3 มิลลิเมตร โดยมีการจัดวางเรียงถาดรองรับปุ๋ยดังรูปที่ 21 และเงื่อนไขการทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ยที่ใช้เครื่องหว่านปุ๋ยต้นแบบฯ ดังนี้

1. ขนาดถาดเก็บตัวอย่าง (กว้าง x ยาว) 0.60 x 0.30 ม.
2. ความเร็วรถเฉลี่ยในการทดสอบ 2.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
3. ความเร็วรอบของจานหว่านปุ๋ยคงที่

กรมวิชาการเกษตร

4. ทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยให้รถแทรกเตอร์วิ่งผ่าน 1 รอบต่อ 1ซ้ำ

ดำเนินการทดสอบเก็บตัวอย่างปุ๋ยเมื่อรถแทรกเตอร์วิ่งผ่านหนึ่งรอบ โดยทดสอบที่ความเร็วรอบของจานปุ๋ยที่ระดับต่างๆ เพื่อตรวจสอบระยะการกระจายตัวของปุ๋ยทั้งแนว x และ y



รูปที่ 21 การวางถาดเก็บตัวอย่างปุ๋ยสำหรับทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ย

ผลทดสอบการกระจายตัวที่ความเร็วรอบจานหว่านที่ระดับต่างๆ ทดสอบด้วยการใช้ถาดเก็บตัวอย่าง ขนาด 0.3x0.6 เมตร ที่มีช่องสำหรับรองรับปุ๋ย 24 ช่องต่อถาดออกแบบการทดสอบให้รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ระดับ **1L** เก็บตัวอย่างปุ๋ยที่ความเร็วรอบจานหว่าน 200,250 และ 300 รอบต่อนาที จำนวนรอบละ 3 ซ้ำ โดยในแต่ละการทดลองใช้พื้นที่เก็บตัวอย่าง 4.5, 9และ 12.6 ตารางเมตร ชั่งน้ำหนักที่ได้ในแต่ละถาด เพื่อตรวจสอบระยะการกระจายตัวทั้งด้าน x และ y ผลการทดสอบดังตารางที่ 3 ภาพที่ 22 และ 23

m	0.6	1.2	1.8	2.4	3 m
0.3	3.10	3.84	4.08	4.88	4.55
0.6	8.15	9.86	9.37	11.66	12.06
0.9	16.03	18.54	18.26	16.80	14.97
1.2	4.12	4.63	3.91	3.48	2.95
1.5	2.52	2.62	2.17	2.47	1.98

น้ำหนักเฉลี่ยที่ความเร็วรอบ 200 rpm

m	0.6	1.2	1.8	2.4	3 m
0.3	4.58	5.12	5.17	5.73	4.01
0.6	9.01	11.19	11.25	11.50	10.67
0.9	12.60	14.04	14.11	14.36	12.77
1.2	6.80	6.53	4.69	4.27	3.38
1.5	1.81	2.06	1.82	1.91	1.56

น้ำหนักเฉลี่ยที่ความเร็วรอบ 250 rpm

m	0.6	1.2	1.8	2.4	3 m
0.3	2.22	2.35	2.39	2.44	2.50
0.6	3.00	3.15	3.59	4.22	3.60
0.9	5.21	6.40	7.37	8.56	8.64
1.2	11.52	14.48	15.82	16.11	15.64
1.5	10.40	9.38	8.17	6.41	5.35

น้ำหนักเฉลี่ยที่ความเร็วรอบ 300 rpm

รูปที่ 22 การกระจายตัวของปุ๋ยที่ถูกหว่านด้วยเครื่องในพื้นที่ 4.5 ตารางเมตร

กรมวิชาการเกษตร

	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	m
0.3	2.37	2.37	2.24	2.26	1.91	
0.6	2.84	3.04	3.87	3.28	2.60	
0.9	5.88	6.25	8.33	7.34	5.50	
1.2	13.28	14.87	14.18	15.55	11.92	
1.5	9.61	8.53	6.34	5.35	3.87	
1.8	3.45	3.36	3.24	2.53	2.21	
2.1	2.70	2.59	2.53	2.57	2.09	
2.4	1.74	2.38	2.01	1.92	1.59	
2.7	2.01	1.67	1.67	1.61	1.49	
3.0	1.70	1.55	0.99	-	0.51	
m	น้ำหนักเฉลี่ยที่ความเร็วรอบ 300 rpm					

	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	m
0.3	1.68	1.96	1.85	1.92	1.96	1.98	1.77	1.55	1.03	1.00	
0.6	1.92	2.17	2.34	2.40	2.69	2.20	2.21	1.46	1.12	1.06	
0.9	3.09	3.48	3.86	4.10	4.59	4.13	3.71	3.19	1.79	1.18	
1.2	6.15	8.35	10.96	12.15	12.89	13.16	10.33	9.12	5.48	1.95	
1.5	9.68	9.94	10.64	9.20	7.99	7.41	5.82	4.36	2.63	1.32	
1.8	3.93	3.61	3.76	3.14	3.41	3.08	2.81	2.77	1.40	1.16	
2.1	2.24	2.63	2.43	2.34	1.66	2.06	2.04	1.81	1.19	0.98	
m	น้ำหนักเฉลี่ยที่ความเร็วรอบ 300 rpm										

รูปที่ 23 การกระจายตัวของปุ๋ยที่ถูกหว่านด้วยเครื่องในพื้นที่ 9.0 และ12.6 ตารางเมตร

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ยที่ความเร็วรอบจานหว่านต่างๆ

พื้นที่สุ่มตัวอย่าง	ความเร็วรอบจานหว่าน (rpm)	พื้นที่ปุ๋ยกระจายตัวมากที่สุด(x,y)
3x1.5	200	3,0.9
	250	3,0.9
	300	3,1.2
3x3	200	-

	250	3,.0.9
	300	3,1.2
2.1x6	200	0.9,5.4
	250	1.2,4.2
	300	1.5,4.8

จากรูปที่ 22,23 และตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบของจานหว่าน 200-250 รอบต่อนาที สามารถหว่านปุ๋ยให้มีการกระจายตัวสม่ำเสมอที่ระยะ 0.6-0.9 เมตร และ ที่ความเร็วรอบของจานหว่าน 300 รอบต่อนาที สามารถหว่านปุ๋ย ให้มีการกระจายตัวสม่ำเสมอที่ระยะ 1.2 เมตร

6 ผลการทดสอบในแปลง

หลังจากการปรับปรุงระบบการควบคุมแบบฝังตัว โดยปรับเป็นระบบอัลตร้าโซนิคในการตรวจจับ วัตถุเป้าหมาย คือ ลำต้น ระบบจะสั่งให้เพลาลำเลียงปุ๋ยทำงาน ต้นแบบที่ 2 ถูกทดสอบในแปลง ทุเรียนที่ศูนย์พัฒนาไม้ผลตามพระราชดำริ จ.จันทบุรี มีการปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง อายุปลูก 5 ปี พื้นที่ปลูก 16 ไร่ จำนวน 288 ต้น ระยะปลูก (ระยะต้นxระยะแถว) 6x10 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ย 4.7 เมตร ต้นทุเรียนจำนวนเฉลี่ย 18 ต้นต่อไร่ ด้วยความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 0.49 เมตรต่อวินาที และใช้ปุ๋ยสูตร 8-24-24 สำหรับการกระตุ้นให้ทุเรียนออกดอก ปรับตั้งอัตราการจ่ายปุ๋ย 1 กิโลกรัมต่อต้น พบว่า ความสามารถทำงานโดยเฉลี่ย 2.8 ไร่ต่อชั่วโมง ตำแหน่งที่ใส่ปุ๋ยห่างจากโคนต้น 70 เซนติเมตร แนวการใส่ปุ๋ยภายในทรงพุ่ม (กว้างxยาว) 2x3.5 เมตร ตารางที่ 4 และรูปที่ 24 และ 25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รูปที่ 24 ทดสอบในแปลงทุเรียนของศูนย์พัฒนาไม้ผลตามพระราชดำริ จ.จันทบุรี

รูปที่ 25 ผังพื้นที่การใส่ปุ๋ยเมื่อทดสอบในแปลง

7 ผลการทดสอบใช้งานระยะยาว

ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบที่ 2 ในแปลงทุเรียน จ.จันทบุรี รวมพื้นที่ 36.4 ไร่ ที่มีรูปแบบการปลูกเป็นแบบไม่ยกร่อง, แบบยกร่องยาว และแบบพูนโคนสูง ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง (รูปที่ 26) ผลการทดสอบพบว่า ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 6.28 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 0.14 ลิตรต่อไร่ อัตราปุ๋ยเฉลี่ย 9.16 กิโลกรัมต่อไร่ จากการทดสอบการใช้งานระยะยาว จากปี 2561-2563 พบว่า เซนเซอร์ชำรุดจึงเปลี่ยนเซนเซอร์เป็นชุดใหม่

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 26 ทดสอบการใช้งานระยะยาว

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เงื่อนไขในการวิเคราะห์ : เครื่องใส่ปุ๋ย 50,000 บาท รถแทรกเตอร์ขนาด 27 แรงม้า 300,000 บาท (แทรกเตอร์สามารถใช้งานใส่ปุ๋ยและพ่นสารฯ อัตราแบ่งการทำงาน (work share) เป็น 50%) อายุการใช้งานรถแทรกเตอร์ 10 ปี อายุการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ย 8 ปี ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 6.28 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.14 ลิตรต่อไร่

รูปที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยกับพื้นที่ทำงานต่อปี

กรมวิชาการเกษตร

จากรูปที่ 27 จุดคุ้มทุนการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ยติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ ขนาด 27 แรงม้า ที่มีต้นทุนคงที่ 22,687.50 บาทต่อปี ต้นทุนผันแปร 15.90 บาทต่อไร่ เมื่อคิดราคารับจ้างที่ 80 บาทต่อไร่ มีจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยและรถแทรกเตอร์อยู่ที่ 354 ไร่ต่อปี

ระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องจักรกลเกษตรเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานในการหว่าน

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) = ราคาเครื่องจักร (บาท)/ กำไรสุทธิต่อปี (บาทต่อปี)

ราคาเครื่องใส่ปุ๋ยและต้นกำลัง	350,000	บาท
เครื่องใส่ปุ๋ยและต้นกำลังทำงาน	300	ชั่วโมงต่อปี
(หรือ 50 วันต่อปี โดยทำงาน 6ชั่วโมงต่อวัน)		
ความสามารถในการทำงาน	6.28	ไร่ต่อชั่วโมง
อัตราค่ารับจ้าง	80	บาทต่อไร่ (ไม่รวมค่าปุ๋ย)
รายได้ต่อปี	150,720	บาทต่อปี
จากสมการต้นทุนรวม	22,687.5/A + 15.90	บาทต่อปี
พื้นที่ทำงานรวม	1,884	ไร่ต่อปี
ต้นทุนรวมต่อปี	(22,687.5/1,884)+15.90 = 27.94	บาทต่อปี
รายได้สุทธิ	150,692.06	บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน =350,000/150,692.06= 2.32 ปี

การใส่ปุ๋ยด้วยแรงงานคน ความสามารถในการทำงาน 1.6 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราค่าจ้างแรงงานในการใส่ปุ๋ยวันละ 300บาท ทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน และทำงาน 100 วันต่อปี สามารถมีรายได้ต่อปี 30,000 บาท
จะเห็นได้ว่า การลงทุนใช้เครื่องจักรกลเกษตร สามารถทำงานได้เร็วขึ้น 3.9 เท่า มีรายได้ต่อปี มากกว่าการรับจ้างหว่านด้วยมือ 20 เท่า

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เครื่องใส่ปุ๋ยแบบกึ่งอัตโนมัติติดพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาด 27 แรงม้า ที่ออกแบบให้ชุดไมโครคอลโทลเลอร์ควบคุมการทำงานของระบบเกลียวลำเลียงและมอเตอร์กระแสตรงควบคุมการทำงานของจานหว่านปุ๋ย โดยระบบเกลียงลำเลียงจะทำงานเมื่ออัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ทำงานดีเทคเจอต้นทุเรียน โดยการหว่านปุ๋ยจะเริ่มใส่ตั้งแต่ปลายทรงพุ่มด้านหนึ่งจนสิ้นสุดปลายทรงพุ่มด้านหนึ่ง จากการทดสอบการทำงานระยะยาว พบว่าความสามารถทำงานเฉลี่ย 6.28 ไร่ต่อชั่วโมง มีความสามารถการทำงานเร็วกว่าการใช้แรงคน 3.93 เท่า อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.14 ลิตรต่อไร่ เมื่อทำงานที่ความเร็วของรถแทรกเตอร์ ระดับ 2L อัตราปุ๋ย 12.6 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ความเร็วรอบจานหว่าน 300 รอบต่อนาที การกระจายตัวของปุ๋ยมีระยะห่างจากตัวรถแทรกเตอร์ 1.2 เมตร ความยาวตามแนวการวิ่ง 3.5 เมตร กว้าง 2 เมตร เครื่องใส่ปุ๋ยที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ดีระดับหนึ่ง สามารถทดแทนการใช้แรงงานคนได้ มีข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาต่อให้เครื่องมือสามารถใช้งานได้ครอบคลุมทุกสภาพแปลง และตอบโจทย์เกษตรกรมากขึ้น คือ

1 ปรับชุดหว่านปุ๋ยให้สามารถปรับตำแหน่งได้เพื่อใช้สำหรับต้นที่มีอายุน้อยและสำหรับแปลงที่มีการพูนโคน

2 ปรับฟังก์ชั่นการใส่ปุ๋ยให้เลือกอัตราการใส่ปุ๋ยได้ตามอายุของต้นทุเรียน หรือ ขนาดทรงพุ่ม

3 แยกช่องในถังใส่ปุ๋ยเพื่อให้เป็นการผสมปุ๋ยกับธาตุอาหารอื่นที่ต้องการ โดยพัฒนาให้สามารถปรับอัตราการผสมได้ตามความต้องการของทุเรียนในแต่ละช่วง

4 พัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยให้สามารถปรับใช้กับรถยนต์บรรทุกได้ เพื่อความสะดวกของการขนปุ๋ย

5 การพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยแบบ AI โดยใช้กล้องช่วยในการตรวจจับพืชเป้าหมาย เพื่อให้มีความแม่นยำมากขึ้น

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

กรมวิชาการเกษตร

1 ร่วมจัดนิทรรศการในงานพืชสวน พืชสวนก้าวหน้าครั้งที่ 16 (HORTEX'2020) ระหว่างวันที่ 11-13 ธันวาคม 2563 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี จ.จันทบุรี ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร ผู้ประกอบการ

2 มีแผนเผยแพร่เครื่องใส่ปุ๋ยฯ ต้นแบบให้กับเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในเขตจังหวัดจันทบุรี ที่มีสภาพแปลงและรูปแบบการปลูกเหมาะสมต่อการใช้เครื่องจักรกลเกษตร

บรรณานุกรม

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). Retrieved from สินค้าเกษตรรายสินค้า: http://impexp.oae.go.th/service/report_product01.php?S_YEAR=2564&i_type=2&PRODUCT_ID=1273&wf_search=&WF_SEARCH=Y#4453

กรมพัฒนาที่ดิน. (2549). *การปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทุเรียน*. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2559 จาก ชุดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน: http://www.ldd.go.th/menu_Dataonline/G2/G2_11.pdf

เดลินิวส์. (2555). *ทุเรียนกางแขน ตอบปัญหาลดต้นทุนการผลิต-ดินดีสมเป็นนาสวน*. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2559จาก หน้ารวมข่าวเกษตร เดลินิวส์: http://m.dailynews.co.th/News.do?contentId=48719

เดลินิวส์. (2559). จันทบุรี เดินหน้าเมืองเกษตรสีเขียวตั้งเป้าผลิตผลไม้เมืองร้อน.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2559). *มูลค่าและปริมาณสินค้าออกจำแนกตามกิจกรรมการผลิต*. สืบค้นเมื่อ เมษายน 27, 2559, จาก ธนาคารแห่งประเทศไทย: http://www2.bot.or.th/statistics/ReportPage.aspx?reportID=748&language=th

ภาควิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่. (2543). *ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ย*. สืบค้นจาก เอกสารคำสอนวิชาหลักการกสิกรรม: http://natres.psu.ac.th/Department/plantscience/510-111web/index.htm

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2553). หุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อเกษตรกรรมความแม่นยำสูง. สืบค้นจาก: http://admission.eng.ku.ac.th/highlights/kuagrobot [มิ.ย. 2557].

กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. (2551, ตุลาคม 20). เยือนสวนผลไม้อินทรีย์เมืองจันทบุรี ทำเกษตรอินทรีย์ 100% ด้วยหัวใจที่มุ่งมั่น. *ข่าวเกษตรประจำวัน*. เชียงใหม่, ไทย. สืบค้นเมื่อ มีนาคม 30, 2559, จาก http://www.phtnet.org/news51/view-news.asp?nID=644

ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี. (2558). *ขั้นตอนการปฏิบัติดูแลการผลิตทุเรียนคุณภาพ.* จันทบุรี: กรมวิชาการเกษตร.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. (2558). *มันสำปะหลังโรงงาน:พื้นที่ปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต.* กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

สาลี่ ชินสถิต, จำนง ศรีนิมิตร, จรีรัตน์ มีพืชน์, หฤทัย แก่นลา, ศรีนวล สุราษฎร์, เกษศิริ ฉันทะพิระพูน, และ อุมาพร รักษาพราหมณ์ (2550). *การทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทุเรียนคุณภาพแบบมีส่วนร่วมในพื้นที่ภาคตะวันออก.* กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

สายรุ้ง กิตติวิเศษกุล และวสุ อุดมเพทายกุล. 2558. **การพัฒนาระบบการหยอดสารเคมีในปริมาณน้อยเพื่อกำจัดศัตรูพืชควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์.** หน้า 120. ใน: รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8. 17-19 มีนาคม 2558 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค กรุงเทพฯ.

สยามคูโบต้า.(2559,สิงหาคม 5). เครื่องหว่านปุ๋ยคูโบต้ารุ่นFS200. คูโบต้า ประเทศไทย อุปกรณ์ต่อพ่วง. สืบค้น เมื่อ 5 สิงหาคม 2559 จาก http://www.siamkubota.co.th/product/implement

สยามอิมพลีเม้น.(2559, สิงหาคม 5). เครื่องหว่านปุ๋ยเคมี รุ่นSFS 340. บริษัท สยามอิมพลีเม้น จำกัด สืบค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2559 จาก http://www.siamimplement.co.th/pro3_SFS340.php

สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี. (2556, มีนาคม 30). *สถิติการเพาะปลูกทุเรียนจังหวัดจันทบุรี ปีการเพาะปลูก 2539-2556*. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2559 จาก สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี: http://www.chanthaburi.doae.go.th/data1/static_planting2.htm

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559, มีนาคม 31). *ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร*. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2559 จาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร: http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/durian.pdf

กรมวิชาการเกษตร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559, มีนาคม 31). *ระบบแสดงข้อมูลด้านสถิติ*. สืบค้นเมื่อ 31 มีนาคม 2559 จาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2556). *สำมะโนการเกษตร พ.ศ. 2556ทั่วราชอาณาจักร.* กรุงเทพ: บริษัท ดอกเบี้ย จำกัด.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมสำหรับการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยติดพ่วงรถแทรกเตอร์

ข้อมูลประกอบการวิเคราะห์

ราคารถแทรกเตอร์ขนาด 27 แรงม้า P_1= 300,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี (รถแทรกเตอร์ใช้เป็นต้นกำลังงานใส่ปุ๋ย 50%) ราคาเครื่องใส่ปุ๋ย P_2 =50,000 บาท อายุการใช้งาน 8 ปี ใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ทำงานปีละ100 วัน ความสามารถในการทำงาน 6.28 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.14 ลิตรต่อไร่

วิธีการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

ต้นทุนการใช้เครื่องจักรกลเกษตร = ตันทุนคงที่ (fixed costs) + ต้นทุนผันแปร (variable costs)

ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรกลเกษตร และค่าดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสของเงินทุน

ค่าเสื่อมราคา= (ราคาเครื่อง-ราคาซาก)/อายุการใช้งานของเครื่อง

ค่าดอกเบี้ยหรือเสียโอกาส= (ราคาเครื่อง+ราคาซาก)/2X(%อัตราดอกเบี้ย)

ต้นทุนผันแปร ประกอบด้วย ค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่างแรงงาน

ข้อมูลสำหรับคำนวณต้นทุนของรถแทรกเตอร์

ราคารถแทรกเตอร์, P_1	300,000	บาท
ราคาซาก,S_1	25% P_1 =75,000	บาท
อายุการใช้งาน,N_1	10	ปี
อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก, i	5%	ต่อปี
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล	22	บาทต่อลิตร
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	10%ของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	บาทต่อไร่
ค่าแรงคนขับรถ	500	บาทต่อวัน
ค่าบำรุงรักษารถแทรกเตอร์	0.5%P_1/100 ชั่ว	บาทต่อชั่วโมง

ข้อมูลสำหรับคำนวณต้นทุนของเครื่องใส่ปุ๋ย

ราคาเครื่องใส่ปุ๋ย, P_1	50,000	บาท
ราคาซาก,S_1	15% P_1=	บาท
อายุการใช้งาน,N_1	8	ปี

กรมวิชาการเกษตร

อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก, i	5%	ต่อปี
ค่าบำรุงรักษาเครื่องใส่ปุ๋ย	0.2%P_1/100 ชั่ว	บาทต่อชั่วโมง
ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย	6.28	ไร่ต่อชั่วโมง

ต้นทุนคงที่

รถแทรกเตอร์

ค่าเสื่อมราคา	(300,000-75,000)/10 = 22,500	บาทต่อปี
ดอกเบี้ยในการลงทุน	(300,000+75,000)/2 x (5/100) = 9,375	บาทต่อปี

รวมต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์	31.875	บาทต่อปี
รถแทรกเตอร์ใช้งานสำหรับใส่ปุ๋ยคิดอัตราแบ่งงาน 50%		
ต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์	15,937.50	บาทต่อปี

เครื่องใส่ปุ๋ย

ค่าเสื่อมราคา	(50,000-7,500)/8 = 5,312.50	บาทต่อปี
ดอกเบี้ยในการลงทุน	(50,000+7,500)/2 x (5/100) = 1,437.5	บาทต่อปี
รวมต้นทุนคงที่เครื่องใส่ปุ๋ย	6,750	บาทต่อปี
รวมต้นทุนคงที่	**22,687.50**	**บาทต่อปี**

ต้นทุนผันแปร

รถแทรกเตอร์ (ความสามารถในการทำงาน 6.28ไร่ต่อชั่วโมง)

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	19.42	บาทต่อชั่วโมง
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	1.94	บาทต่อชั่วโมง
ค่าแรงคนขับรถแทรกเตอร์	62.50	บาทต่อชั่วโมง
ค่าบำรุงรักษา	15	บาทต่อชั่วโมง
รวมต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์	98.86	บาทต่อชั่วโมง

เครื่องใส่ปุ๋ย

ค่าบำรุงรักษาฯ	1	บาทต่อชั่วโมง
รวมต้นทุนผันแปร	**99.86**	**บาทต่อชั่วโมง**
ต้นทุนผันแปรต่อพื้นที่	**15.90**	**บาทต่อไร่**

กรมวิชาการเกษตร

ต้นทุนรวมการใช้งานเครื่องฯ = ต้นทุนคงที่รวม + ต้นทุนผันแปรรวม

= 22687.4/A + 15.90 เมื่อ A = พื้นที่ทำงานต่อปี

จุดคุ้มทุนการใช้งาน คือ พื้นที่การใช้งานที่น้อยสุด เมื่อ ต้นทุนรวม มีค่าเท่ากับอัตราค่ารับจ้าง

เมื่ออัตราค่ารับจ้าง 80 บาทต่อไร่

22687.5/A + 15.90 = 80

A= 353.94 ไร่ต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน (ปี) = ราคาเครื่องจักรกลเกษตร (บาท)/ กำไรสุทธิต่อปี (บาทต่อปี)

ราคาเครื่องใส่ปุ๋ยฯ และรถแทรกเตอร์ต้นกำลัง			350,000	บาท
ทำงาน 50 วันต่อปี (วันละ 6 ชั่วโมง) จำนวนชั่วโมงการทำงาน			300	ชั่วโมงต่อปี
ความสามารถการทำงาน 6.28 ไร่ต่อชั่วโมง พื้นที่การทำงานรวม (A)			1,884	ไร่ต่อปี
อัตราค่าจ้าง 80 บาทต่อไร่ รายได้ที่ได้รับ			150,720	บาทต่อปี
ต้นทุนรวมต่อปี = 22,687.5/A +15.90 =			27.94	บาทต่อปี
รายได้สุทธิที่ได้รับ	150,720-27.94	=	150,692.06	บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน	350,000 /150,692.06	=	2.32	ปี

กรมวิชาการเกษตร

Code fertilizer applicator with ultrasonic sensor

```
//Pins connected to the ultrasonic sensor
#define trigPin  2
#define echoPin 3
//LED pins
#define ledGreen 9
#define ledRed 8
int range = 5;//range in inches
void setup()
{
  // initialize serial communication:
  Serial.begin(9600);
  //initialize the sensor pins
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
```

กรมวิชาการเกษตร

```
  pinMode(echoPin, INPUT);
  //initialize LED pins
  pinMode(ledGreen, OUTPUT);
  pinMode(ledRed, OUTPUT);
  //set LEDs
  digitalWrite(ledGreen, HIGH);
  digitalWrite(ledRed, LOW);
}
void loop()
{
  // establish variables for duration of the ping,
  // and the distance result in inches and centimeters:
  long duration, inches, cm;
  // The PING))) is triggered by a HIGH pulse of 2 or more microseconds.
  // Give a short LOW pulse beforehand to ensure a clean HIGH pulse:
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  // Take reading on echo pin
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  // convert the time into a distance
  inches = microsecondsToInches(duration);
  cm = microsecondsToCentimeters(duration);
  Serial.print(inches);
  Serial.print("in, ");
  Serial.print(cm);
```

กรมวิชาการเกษตร

```
  Serial.print("cm");
  Serial.println();
 if(inches < 60) {
    Serial.println("Fertilize");
    digitalWrite(ledGreen, LOW);
    digitalWrite(ledRed, HIGH);
    delay(7000);
  } else {
    Serial.println("Detect");
     digitalWrite(ledGreen, HIGH);
     digitalWrite(ledRed, LOW);
     noTone(alarm);
     delay(100);
 }
    delay(100);
}
long microsecondsToInches(long microseconds)
{
  return microseconds / 74 / 2;
}
long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
  return microseconds / 29 / 2;
}
```

กรมวิชาการเกษตร