รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดทดสอบความสม่ำเสมอในการหว่านของกลไกจานเหวี่ยง

Development of the Testing Apparatus for Measuring the Uniformity of the Centrifugal Disc Spreader

นายจรัสชัย เย็นพยับ

นายพงษ์ศักดิ์ กฤตยพรพงศ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดทดสอบความสม่ำเสมอในการหว่านของกลไกจานเหวี่ยง

Development of the Testing Apparatus for Measuring the Uniformity of the Centrifugal Disc Spreader

นายจรัสชัย เย็นพยับ

นายพงษ์ศักดิ์ กฤตยพรพงศ์

600264190

RC00002

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2560

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการ การพัฒนาชุดทดสอบความสม่ำเสมอในการหว่านของกลไกจานเหวี่ยง
แหล่งเงิน เงินรายได้ (วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์)
ประจำปีงบประมาณ 2560 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 65,200 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2559 ถึง 30 กันยายน 2560
หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตรจารย์จรัสชัย เย็นพยับ
ผู้ร่วมโครงการวิจัย นายพงษ์ศักดิ์ กฤตยพรพงศ์
หน่วยงานต้นสังกัด วิทยาเขตชุมพร เขตรอุดมศักดิ์

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดทดสอบสำหรับการวัดประสิทธิภาพการหว่านปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงหนีศูนย์ โดยใช้เทคนิคการวัดการกระจายตัวแบบรัศมีและแนวดิ่ง (tangential and cylindrical distribution) ที่สามารถทดแทนวิธีวัดการกระจายตัวตามวิธมาตรฐาน ASAE S341.2ซึ่งใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ สิ้นเปลืองงบประมาณ และเวลาค่อนข้างมาก ชุดทดสอบนี้ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ชุดหว่านปุ๋ย ชุดบันทึกภาพความเร็วสูง และ ชุดเก็บผลแบบช่องเก็บผลทรงกระบอกแนวดิ่ง (cylindrical compartment) หลังจากพัฒนาชุดทดสอบแล้วเสร็จจึงทำการทดลองวัดประสิทธิภาพของจานเหวี่ยง เมื่อหว่านปุ๋ย 3 ชนิด ได้แก่ ยูเรีย ไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟต และ คีเซอไรด์ โดยปรับอัตราการไหลจ่ายปุ๋ย 3 ระดับ และเปลี่ยนตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย 8 ระดับ แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของจานเหวี่ยงกับวิธีมาตรฐาน เมื่อนำผลการทดลองทั้งสองมาเทียบกัน พบว่าชุดทดสอบนี้สามารถใช้ประเมินประสิทธิภาพการหว่านปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงได้ โดยจำลองรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยบนพื้นได้ใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน สามารถประเมินหน้ากว้างการหว่านปุ๋ยได้ 80.71% ระบุตำแหน่งที่ปุ๋ยมีความหนาแน่นมากที่สุดได้ 100% และให้ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของข้อมูลดีกว่าการทดลองตามวิธีมาตรฐาน เนื่องจากไม่ถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ความไกลของการเคลื่อนที่ได้

คำสำคัญ : จานเหวี่ยงหนีศูนย์ , หว่านปุ๋ย , จุดปล่อยปุ๋ย , หน้ากว้างการหว่าน , การกระจายตัวของปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Development of the Testing Apparatus for Measuring the Uniformity of the Centrifugal Disc Spreader
Researchers: Asst.Prof.Charatchai Yenphayab and Pongsak Krittayapornpong
Faculty: Chumphon Campus **Department:** School of Engineering

ABSTRACT

This study aims to develop an apparatus to evaluate the uniformity of distribution pattern by a centrifugal spreader. The apparatus measures the uniformity of distribution pattern with tangential and cylindrical distribution method. It's possible to substitute the standard method, ASAE S341.2 which takes a huge area, spend a lot of time and cost. The apparatus composes of 3 units such as 1) Fertilizer metering unit 2) High-speed video recorder 3) Cylindrical compartment of fertilizer distribution pattern. After fabrication, the experiments were conducted to measure the distribution patterns when installing a flat type centrifugal disk. The experiments were set up by varying 3 types of single-element fertilizer such as urea, di-ammonium phosphate, and kieserite. The metering unit provides 3 application rates and moves the feeding positions for 8 positions by varying from 30 to 100 degrees. Then compare the distribution patterns between the apparatus and the standard method. It shows that the fabricating apparatus could evaluate the uniformity of distribution pattern by a flat type centrifugal disk as well. The apparatus could indicate the swath width of the distribution pattern 80.71% and location of the highest deposit rate precisely 100%. In addition, the coefficient of variation of distribution patterns which were measured by this apparatus is quite better than the standard method, because it was not interrupted by any surrounding conditions. But it cannot determine the distance of particle motion.

Keywords : Distribution pattern , Tangential distribution Pattern , Cylindrical distribution pattern

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เครื่องหว่านปุ๋ยทั่วไป	5
2.2 ทฤษฎีจานเหวี่ยงหนีศูนย์	9
2.3 งานวิจัยพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยที่ผ่านมา	14
2.4 หลักการทดสอบประสิทธิภาพ	15
2.5 ตัวแปรที่มีผลต่อการทดลอง	19
2.6 เป้าหมายในการหว่านปุ๋ย	19
2.7 การพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ย	20
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 สร้างเครื่องต้นแบบ (พลาสติก)	32
3.2 ส่วนประกอบและคุณลักษณะของชุดหว่านปุ๋ยต้นแบบ	34
3.3 แบบและการสร้างชุดเก็บข้อมูลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยง	40
3.4 การติดตั้งชุดทดสอบเพื่อการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ	42
3.5 การทดลองวัดการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงหนีศูนย์ในห้องปฏิบัติการ	47
3.6 การทดลองวัดการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงหนีศูนย์ ด้วยวิธีทดสอบตามวิธีมาตรฐาน	48
3.7 วิธีการแปลงผลการทดลอง (เครื่องต้นแบบที่1)	51
3.8 ปรับปรุงเครื่องต้นแบบ 2	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	
4.1 การทดสอบอัตราการจ่ายปุ๋ยของเครื่องต้นแบบ	74
4.2 การทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ย 3 ชนิด ในเครื่องทดสอบต้นแบบ	77
4.3 การทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ยยูเรีย ในเครื่องทดสอบต้นแบบที่ 2	79
4.4 การแปลงผลการทดลองในห้องปฏิบัติการให้เป็นแบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ยบนพื้น(Distribution Pattern)	152
4.5 การศึกษาการเคลื่อนที่ของปุ๋ยบนจานเหวี่ยงด้วยกล้องความเร็วสูง	161
4.6 แนวโน้มการเคลื่อนที่ของปุ๋ย “ออกจากจานเหวี่ยง” เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งของจุดปล่อย	194
4.7 การทดสอบหาการกระจายปุ๋ยบนพื้นตามวิธีมาตรฐาน (ASABE test method)	195
4.8 อิทธิของตำแหน่งการปล่อย มีผลต่อหน้ากว้างในการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยง	202
4.9 การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยงเมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งของจุดปล่อยในเงื่อนไขต่างๆ	209
4.10 การเปรียบเทียบหน้ากว้างของการกระจาย	216
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	225
5.2 ข้อเสนอแนะ	226
บทที่ 6 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย	
6.1 ตารางสรุปผลงานที่ได้จากงานวิจัย	229
บรรณานุกรม	231
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การเผยแพร่ผลงานวิชาการ	234
ภาคผนวก ข แบบเครื่องทดสอบ	237
ภาคผนวก ค สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการ	244
ประวัตินักวิจัย	246

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบการพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยสำหรับสวนปาล์มน้ำมัน	24
3.1	อัตราการไหลของปุ๋ยยูเรีย	63
3.2	การเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐานโดยคิดเฉพาะจำนวนกล่องที่อยู่ในบริเวณระยะทางที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ในแนวราบ	72
4.1	ตารางแสดงช่องเก็บผลหมายเลข 1 ถึง 30 และ ตำแหน่งของช่องเก็บผล(องศา)	78
4.2	ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea	80
4.3	ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Di-ammonium phosphate	85
4.4	ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Kieserite	90
4.5	ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 10-80 องศา	95
4.6	ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 30-100 องศา	100
4.7	ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 50-120 องศา	105
4.8	ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 70-140 องศา	110
4.9	การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรียด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง	115
4.10	การทดลองหว่านปุ๋ยไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟตด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง	128
4.11	การทดลองหว่านปุ๋ยคีเซอไรต์ ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง	140
4.12	การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรีย ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 2 จุดปล่อย	153
4.13	ผลการหว่านปุ๋ย Urea จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง	163
4.14	ผลการหว่านปุ๋ย Di-ammonium phosphate จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง	168
4.15	ผลการหว่านปุ๋ย Kieserite จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง	173
4.16	เปรียบเทียบ Distribution Pattern ที่ได้จาก วิธีมาตรฐาน และ การสร้างแบบจำลองด้วยผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	196
4.17	เปรียบเทียบการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยเครื่องทดสอบต้นแบบกับการทดสอบแบบกลางแจ้งด้วยวิธีตามมาตรฐาน เมื่อปรับอัตราการจ่ายปุ๋ย	199
4.18	การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 10°-80°, 10° -90°, 10° -100°, 10° -110°	202

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.19	การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 30° -100°, 30° -110°, 30° -120°, 30° -130°	204
4.20	การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 50° -120°, 50° -130°, 50° -140°, 50° -150°	206
4.21	การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 70° -140°, 70° -150°, 70° -160°, 70° -170°	208
4.22	แสดงผลการเปรียบเทียบหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยที่มีช่องทางการปล่อยปุ๋ย 2 จุดปล่อย	224
6.1	ตารางสรุปผลงานที่ได้จากงานวิจัย	229

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	รูปแบบการเก็บผลแบบเดิม	2
1.2	รูปแบบการเก็บผลแบบใหม่	2
1.3	แผนผังแสดงตำแหน่งของการหว่านปุ๋ยแต่ละชนิดในแปลงปาล์มน้ำมัน	3
2.1	เครื่องหว่านกระจายปุ๋ยแบบต่าง ๆ	5
2.2	การไหลของวัสดุเม็ดออกจากถัง	6
2.3	การไหลกับความเสียดทานของวัสดุกับผนังและมุมเอียงของถังบรรจุ	7
2.4	อุปกรณ์สำหรับหามุมกองของวัสดุ	8
2.5	กลไกแบบลูกกลิ้งเซาะร่อง	8
2.6	ตัวแปรของจานเหวี่ยง	10
2.7	การหาระยะทางในแนวราบ	12
2.8	ด้านข้างของจานเหวี่ยง	14
2.9	การทดสอบรูปแบบการกระจายตัวของเม็ดวัสดุ	15
2.10	การแสดงผลความสม่ำเสมอในการหว่านตามมาตรฐาน ASAE S341.2	18
2.11	การแสดงผลความสม่ำเสมอในการหว่านตามมาตรฐาน ASAE S341.2	19
2.12	แสดงเป้าหมายในการหว่านปุ๋ย	20
2.13	เครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยงหนีศูนย์	21
2.14	เครื่องหว่านปุ๋ยแบบระบบลม	22
2.15	เครื่องหว่านปุ๋ยแบบใช้ลมและจานเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	22
2.16	แบบเครื่องให้ปุ๋ยระบบ VRT บนรถ 4WD	23
2.17	ตำแหน่งของการหว่านปุ๋ยUreaในแปลงปาล์มน้ำมัน	25
2.18	ตำแหน่งของการหว่านปุ๋ยDAPในแปลงปาล์มน้ำมัน	25
2.19	ตำแหน่งของการหว่านปุ๋ยMgOในแปลงปาล์มน้ำมัน	26
2.20	รูปของอุปกรณ์วัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยง ที่ J. Reumers ประดิษฐ์ขึ้น	27
3.1	เครื่องต้นแบบ	32
3.2	การทดลองด้วยเม็ดพลาสติก	33
3.3	จานเหวี่ยงที่ยกระดับความสูงแล้ว	33
3.4	ด้านข้างของถังบรรจุปุ๋ย	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.5	ด้านในของถังบรรจุปุ๋ย	35
3.6	ชุดกำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ย (Metering Device)	35
3.7	จานเหวี่ยงปุ๋ย	36
3.8	แสดงตำแหน่งองศาของจานเหวี่ยงปุ๋ย	36
3.9	ตัวปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ย	37
3.10	บอกความยาวและความสูงของโครงสร้างชุดจานเหวี่ยง	37
3.11	โครงสร้างชุดจานเหวี่ยง	38
3.12	อินเวอร์เตอร์	39
3.13	กลไกลการขับชุดกำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ย (Metering Device)	39
3.14	รูปแบบของเครื่องเก็บผลเครื่องจริง	40
3.15	แบบของเครื่องเก็บผลจริง	40
3.16	แบบของเครื่องเก็บผลจริง	41
3.17	การสร้างเครื่องจริง	41
3.18	ติดตั้งผ้าเพื่อป้องกันการกระดอนกลับของปุ๋ย	42
3.19	ถาดเก็บปุ๋ย	42
3.20	ลักษณะการติดตั้งเครื่องทั้งหมด	43
3.21	ติดตั้งกล้องความเร็วสูง	43
3.22	แสดงการตั้งกล้องกับเครื่องเก็บผล	44
3.23	แสดงอุปกรณ์การทดลองในห้องปฏิบัติการ	46
3.24	กล้องความเร็วสูง	47
3.25	โปรแกรม Promon Stadio	47
3.26	การวางกล่องวิธีการทดลองแบบวิธีมาตรฐาน	49
3.27	แสดงอุปกรณ์การทดลองในภาคสนาม	50
3.28	การทดลองในภาคสนาม	51
3.29	แสดงการวางกล่องการทดลองของวิธีมาตรฐาน	52
3.30	แสดงการเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐาน	52
3.31	แสดงการเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐาน	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.32	แสดงแสดงการเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐานโดยคิด	55
3.33	ปรับแก้เครื่องต้นแบบ	56
3.34	ปรับแก้ฝาครอบและจุดปล่อยปุ๋ยเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ	57
3.35	ด้านข้างของถังบรรจุปุ๋ย	57
3.36	ขนาดความยาวของท่อและสกรูลำเลียง	58
3.37	ชุดกำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ยด้วยสกรูลำเลียง	59
3.38	จานเหวี่ยงปุ๋ย	59
3.39	ตำแหน่งองศาของจานเหวี่ยงปุ๋ย	60
3.40	ตัวปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ย	60
3.41	อินเวอร์เตอร์	61
3.42	กลไกลการขับจานเหวี่ยง	61
3.43	บอกความยาวและความสูงของโครงสร้างชุดจานเหวี่ยง	62
3.44	โครงสร้างเครื่องหว่านปุ๋ยและเครื่องวัดผลการกระจายของปุ๋ย	62
3.45	ลักษณะการเซ็ตเครื่องทั้งหมด	63
3.46	ติดตั้งกล้องความเร็วสูง	64
3.47	การตั้งกล้องกับเครื่องเก็บผล	65
3.48	อุปกรณ์การทดลองในห้องปฏิบัติการ	66
3.49	กล้องความเร็วสูง	67
3.50	โปรแกรม Promon Studio	67
3.51	การวางกล่องการทดลองของวิธีมาตรฐาน	69
3.52	การเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐาน	69
3.53	การเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐาน	70
3.54	ความสูงของช่องเก็บผลเป็น 3 ระดับ คือ C (สูงจากพื้นเท่ากับ 56 - 76 เซนติเมตร) B (สูงจากพื้นเท่ากับ 56 - 96 เซนติเมตร) และ A (สูงจากพื้นเท่ากับ 56 - 116 เซนติเมตร)	71
3.55	การเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐานโดยคิดเฉพาะจำนวนกล่องที่อยู่ในบริเวณระยะทางที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ในแนวราบ	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	มุมและองศาของเครื่องเก็บผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยง	77
4.2	มุมและบริเวณที่ใช้ปล่อยปุ๋ยลงบนจานเหวี่ยง	78
4.3	ตารางตำแหน่งของจุดปล่อยปุ๋ย Urea	209
4.4	กราฟแสดงตำแหน่งที่ปุ๋ย Urea เริ่มออกจากจานเหวี่ยง (องศา)	209
4.5	กราฟแสดงตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ออกจากจานเหวี่ยง (องศา)	210
4.6	กราฟแสดงระยะทางเชิงมุมของ Urea (องศา)	211
4.7	กราฟแสดงตำแหน่งเริ่มต้นการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผล เริ่มหว่าน (องศา)	212
4.8	กราฟแสดงตำแหน่งเริ่มต้นที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา)	213
4.9	กราฟแสดงตำแหน่งปลายทางที่ปุ๋ย Urea หว่านหมด (องศา)	214
4.10	กราฟแสดงตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา)	215
4.11	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานที่มุมปล่อย 50 และ120 องศา	216
4.12	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบที่มุมปล่อย 50 และ 120 องศา	216
4.13	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานที่มุมปล่อย 50และ130 องศา	217
4.14	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบที่มุมปล่อย 50 และ 130 องศา	217
4.15	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน	218
4.16	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบที่มุมปล่อย 50 และ 140 องศา	218
4.17	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานที่มุมปล่อย 50และ150 องศา	219
4.18	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบที่มุมปล่อย 50 และ 150 องศา	219
4.19	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานที่มุมปล่อย 70และ140 องศา	220

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.20	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบที่มุมปล่อย 70 และ 140 องศา	220
4.21	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานที่มุมปล่อย 70และ150 องศา	221
4.22	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบที่มุมปล่อย 70 และ 150 องศา	221
4.23	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานที่มุมปล่อย 70และ160 องศา	222
4.24	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบที่มุมปล่อย 70 และ 160 องศา	222
4.25	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานที่มุมปล่อย 70และ170 องศา	223
4.26	กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ	223
5.1	หน้ากว้างในการหว่านของปุ๋ย Urea ที่ตรงกับเงื่อนไขของ (Map based)	227
5.2	การกระจายตัวของปุ๋ยบนเครื่องวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยที่มีมุมปล่อย 30 องศา และ 130 องศา	227
5.3	การกระจายตัวของปุ๋ยบนวิธีมาตรฐาน ที่มีมุมปล่อย 30 องศา และ 130 องศา	228
6.1	ต้นแบบอุปกรณ์ทดสอบจานเหวี่ยง	229
6.2	ต้นแบบใช้งานเครื่องทดสอบจานเหวี่ยงหนีศูนย์	230
ข.1	เครื่องทดสอบจานเหวี่ยงประกอบสมบูรณ์	238
ข.2	ถังบรรจุปุ๋ย	239
ข.3	จานเหวี่ยงหนีศูนย์	240
ข.4	แท่นยึดจานเหวี่ยงหนีศูนย์	241
ข.5	ช่องเก็บผลการหว่านปุ๋ยแบบทรงกระบอก	242
ข.6	โครงยึดช่องเก็บผลการหว่านปุ๋ยแบบทรงกระบอก	243

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบัน "ปุ๋ย" ถือเป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญในการทำการเกษตร เพราะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณผลผลิต การใส่ปุ๋ยของเกษตรกรในปัจจุบันนั้นมีอยู่หลายวิธีในที่นี้จะกล่าวถึงการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการหว่านด้วยเครื่องจักรซึ่งก็คือการใช้ "เครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยง" เข้ามาใช้ในการใส่ปุ๋ย ซึ่งเป็นที่นิยมใช้มากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อจะได้ลดการใช้แรงงานคนงาน การหว่านปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพพิจารณาจาก 2 เงื่อนไข คือ ให้ปุ๋ยที่หว่านออกไปนั้นมีหน้ากว้างของการหว่านมากที่สุดซึ่งก็คือต้องการให้ปุ๋ยที่หว่านออกไปนั้นครอบคลุมพื้นที่ให้ได้มากที่สุดและเป้าหมายต่อมา คือ ความสม่ำเสมอของปุ๋ยที่หว่านออกไปจะต้องมีปริมาณปุ๋ยเฉลี่ยต่อพื้นที่สม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง

การที่จะพัฒนาประสิทธิภาพการหว่านด้วยจานเหวี่ยงต้องทำการออกแบบจานและทำการทดสอบเพื่อหาค่าหน้ากว้างในการหว่านและสม่ำเสมอในการหว่าน ปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีผลให้รูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยแตกต่างกัน ตัวแปรที่มีผลต่อการกระจายตัวของปุ๋ยได้แก่ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับจานเหวี่ยง เช่น ขนาดของจาน จำนวนของครีบบนจาน ความเร็วรอบของจาน เป็นต้น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ย เช่น ขนาดของเม็ดปุ๋ย ค่าความเสียดทานของปุ๋ย มวลของเม็ดปุ๋ย เป็นต้น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขการใช้งาน เช่น อัตราการจ่ายปุ๋ย จุดปล่อยปุ๋ย เป็นต้น

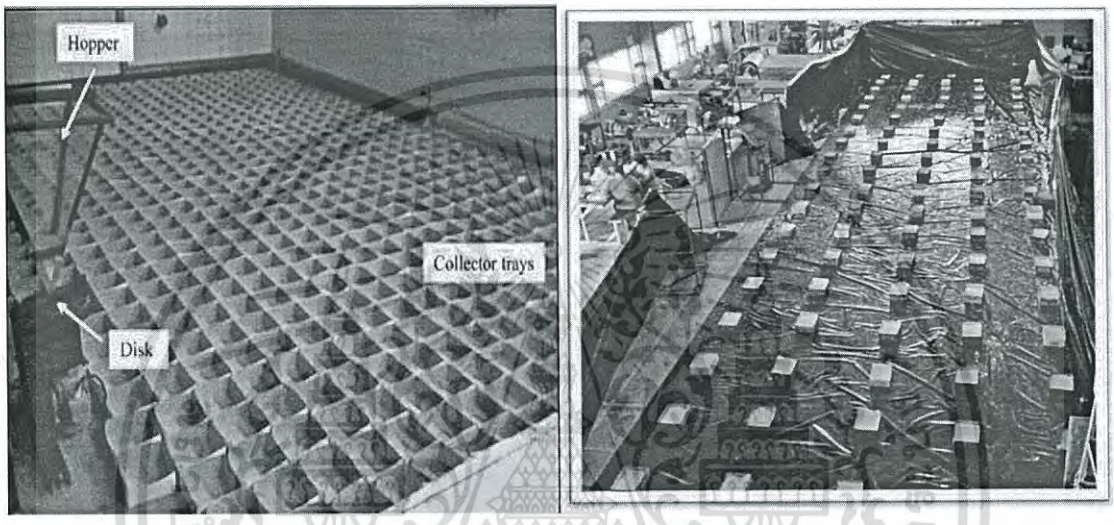
ซึ่งจากการศึกษาพบว่าตัวแปรทุกๆ ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันและส่งผลต่อการกระจายตัวของปุ๋ย ดังนั้นหากจะออกแบบจานเหวี่ยงขึ้นมาจำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อดูผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงนั้น

ปกติการทดลองหาประสิทธิภาพการหว่านปุ๋ยทำได้โดยทำการหว่านปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงในห้องโถงขนาดใหญ่ประมาณ 80×60เมตร และวางกระบะเก็บตัวอย่างปุ๋ยขนาด 50×25 เซนติเมตร ห่างกัน0.5เมตร ทั่วทั้งห้อง แล้วจึงทำการหว่านปุ๋ยเพื่อดูว่าปุ๋ยที่หว่านออกไปนั้นกระจัดกระจายไปอยู่ตรงไหนบ้างหลังจากนั้นจึงนำตัวอย่างปุ๋ยในกระทะไปคำนวณเพื่อหาข้อสรุปว่าการทดลองในครั้งนี้ครอบคลุมหน้ากว้างมากเท่าใด และมีความสม่ำเสมอในการหว่านมากน้อยเพียงใด ในการทำซ้ำการทดลองต้องเริ่มต้นจัดเรียงอุปกรณ์ใหม่อีกครั้ง (การทดลองอ้างอิงจาก J. Reumers, 2003) และหากต้องการจะปรับเปลี่ยนตัวแปรจะต้องเตรียมการทดลองด้วยวิธีการเดิม ซึ่งการทดลองในแต่ละครั้งก็ต้องใช้เวลาและแรงงานมาก ดังนั้นการทดลองเพื่อพัฒนาจานเหวี่ยงจึงเป็นไปได้อย่างช้าๆ เพราะการทดลองยุ่งยากใช้เวลานาน และการทดลองแต่ละครั้งเพื่อผลที่แน่นอนจึงต้องใช้ปุ๋ยจริง การใช้ปุ๋ยจริงหว่านออกไปทำให้ปุ๋ยมีลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนไป เช่น แตก ชื้นหรือจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น

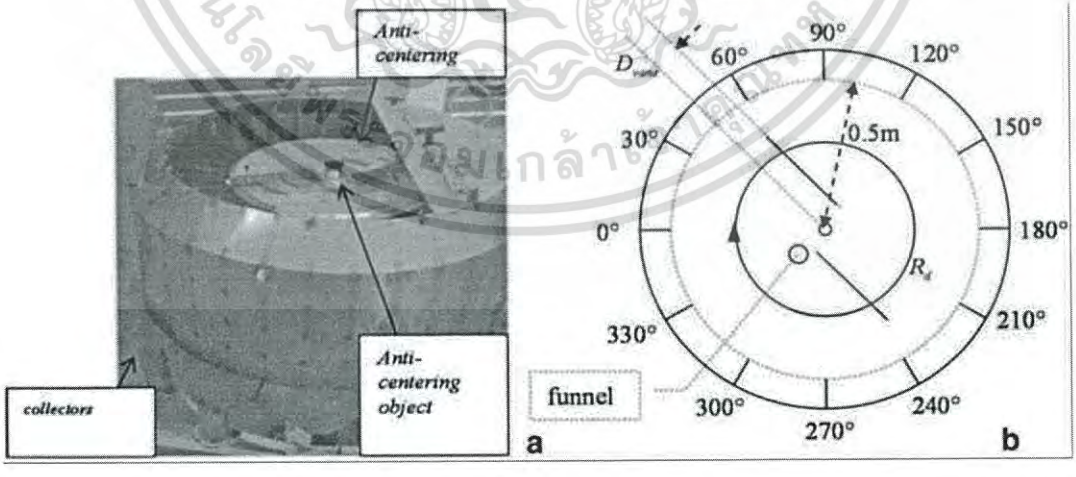
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำมาทำการทดลองซ้ำผลการกระจายก็จะเปลี่ยนไปทำให้ฝนการทดลองแต่ละครั้งจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยใหม่จึงเสียงบประมาณมากในการทำการทดลอง

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่ามีกลุ่มนักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งนำโดย (J. Reumers, 2003) ได้ทำการคิดค้นและประดิษฐ์เครื่องมือเก็บผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงขึ้นมาซึ่งเครื่องมือนี้จะทำให้การทดลองเกี่ยวกับการออกแบบจานเหวี่ยงง่ายขึ้น สามารถลดระยะเวลาทำการทดลองให้สั้นลงได้มาก สามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ แล้วทำการทดลองเก็บผลได้ในช่วงเวลาสั้นๆ เครื่องมือตัวนี้จะทำให้การออกแบบและพัฒนาจานเหวี่ยงปุ๋ยดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 1.1 รูปแบบการเก็บผลแบบเดิม

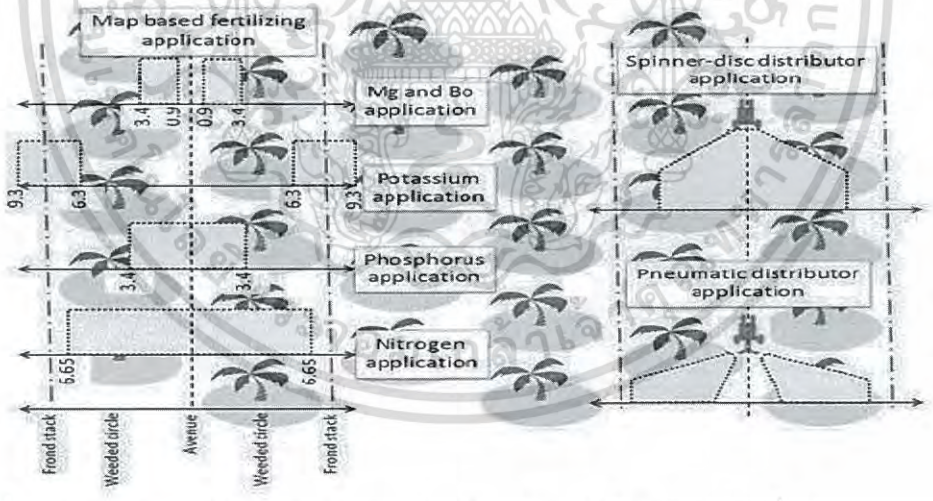


รูปที่ 1.2 รูปแบบการเก็บผลแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันนี้ศึกษาพบว่าปุ๋ยมีความสำคัญกับปาล์มน้ำมันเป็นอย่างมาก (อภิชาต และคณะ, 2548) จึงจำเป็นที่จะต้องใส่ปุ๋ยให้ตรงจุดที่ปาล์มน้ำมันต้องการเนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็วและให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ ดังนั้นจึงต้องการธาตุอาหารและน้ำในปริมาณมากเพื่อเลี้ยงส่วนต่างๆของลำต้น ใบ และผลผลิต การจัดการปุ๋ยที่ถูกต้องเหมาะสมจึงเป็นการเพิ่มผลผลิตเพื่อนำไปสู่เป้าหมายของเกษตรกร คือ กำไรสูงสุด (Ishola et al, 2011) การใส่ปุ๋ยปาล์มน้ำมันในระยะต่างๆ จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินเดิม ชนิดของปุ๋ย อัตราการใส่ปุ๋ย และราคาปุ๋ย สำหรับอาการขาดธาตุอาหาร ที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า ก็เป็นข้อพิจารณาอย่างหนึ่งสำหรับการใส่ปุ๋ย (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2555)

ซึ่งการให้ปุ๋ยของเกษตรกรให้บนพื้นที่ที่ถูกกำจัดวัชพืช (Weeded circle) ซึ่งจะอยู่รอบๆ รัศมีประมาณ 2.75 เมตรจากลำต้นปาล์มน้ำมัน ปุ๋ยทั้งหมดจะอยู่บนพื้นที่เดียวกันและจะสะสมกันบริเวณนี้เป็นจำนวนมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดธาตุอาหารของรากปาล์มน้ำมันลดลงอีกทั้งปุ๋ยส่วนเกินก่อให้เกิดความเป็นกรดของดิน และจะสูญเสียปุ๋ยไปกับการระเหยหรือการชะล้างการให้ปุ๋ยลักษณะดังกล่าวของเกษตรกรไทยจึงเป็นการจัดการที่ไม่ดี เพราะไม่เป็นการทำให้เกิดความเหมาะสมของสวนปาล์มน้ำมันและยังก่อให้เกิดความเป็นกรดของดิน การแก้ไขปัญหานี้เกษตรกรควรปรับปรุงวิธีการให้ปุ๋ยที่มากเกินกว่าสวนปาล์มน้ำมันจะรับได้ และลดความสูญเสียของปุ๋ย (Yenphayab et al, 2011)



รูปที่ 1.3 แผนผังแสดงตำแหน่งของการหว่านปุ๋ยแต่ละชนิดในแปลงปาล์มน้ำมัน
)Yenphayab et al, 2011(

ปัญหาของการพัฒนาจานเหวี่ยงสำหรับหว่านปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมันการพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยในสวนปาล์มที่สามารถหว่านปุ๋ยได้หลายชนิดพร้อมกันมีการใช้กลไกจานเหวี่ยงสำหรับหว่านปุ๋ย 3 ชนิดคือปุ๋ย N , ปุ๋ย P , และปุ๋ย MgO ซึ่งในท้องตลาดมีแม่ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารนี้หลายชนิดในการหว่านปุ๋ยต่างชนิดกันจำเป็นต้องออกแบบจานเหวี่ยงที่มีความเหมาะสมหรือมีการปรับตั้งบางพารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อให้ได้รูปแบบการการหว่านที่เหมาะสมตาม “Map base” ดังนั้นในการพัฒนาจานเหวี่ยงเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ดังกล่าว จำเป็นต้องทำการศึกษาทดลองอีกมาก

ทีมวิจัยจึงได้มีความสนใจที่จะสร้างเครื่องมือแบบเดียวกันนี้ขึ้นมา โดยอ้างอิงความรู้เรื่องรูปแบบของเครื่องมือและวิธีกาทดลองจากเครื่องเดิมที่กลุ่มของ (J. Reumers, 2003) คิดค้นขึ้น โดยจะพัฒนาเพิ่มเติมให้สามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรได้มากขึ้น เช่น สามารถกำหนดจุดปล่อยของปุ๋ยลงบนจานได้ (เครื่องเดิมทำไม่ได้) สามารถรองรับการทดลองโดยใช้จานเหวี่ยง แบบมีจุดปล่อยปุ๋ย 2 จุดได้ และจะนำเอาเทคโนโลยีการถ่ายภาพด้วยกล้องความเร็วสูงมาใช้จับภาพการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ย เพื่อที่จะศึกษาเรื่องตำแหน่งและทิศทางที่เมล็ดปุ๋ยพุ่งออกจากขอบของจานเหวี่ยงทำให้เราสามารถรู้ถึงพฤติกรรมของปุ๋ยแต่ละชนิดได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สร้างเครื่องมือวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยง

1.2.2 ทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลกับการทดลองแบบวิธีมาตรฐาน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ทำการทดลองบนเงื่อนไข

-ใช้ปุ๋ยทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ Urea DAP และ Kieserite

-มุมของครีบบนจานเท่ากับ 0 องศา

-ขนาดจานเหวี่ยงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร มีครีบทั้งหมด 4 ครีบ ความสูง 70 เซนติเมตร

-อัตราการไหลของปุ๋ย มี 3 ระดับ ได้แก่ 19.31 9.19 และ 4.25 กิโลกรัมต่อนาที

-ความเร็วรอบของจานเหวี่ยง 840 รอบต่อนาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถทดแทนการทดลองแบบวิธีมาตรฐานได้

1.4.2 สามารถทำการออกแบบจานเหวี่ยงปุ๋ยให้มีการกระจายที่สม่ำเสมอได้รวดเร็วขึ้น

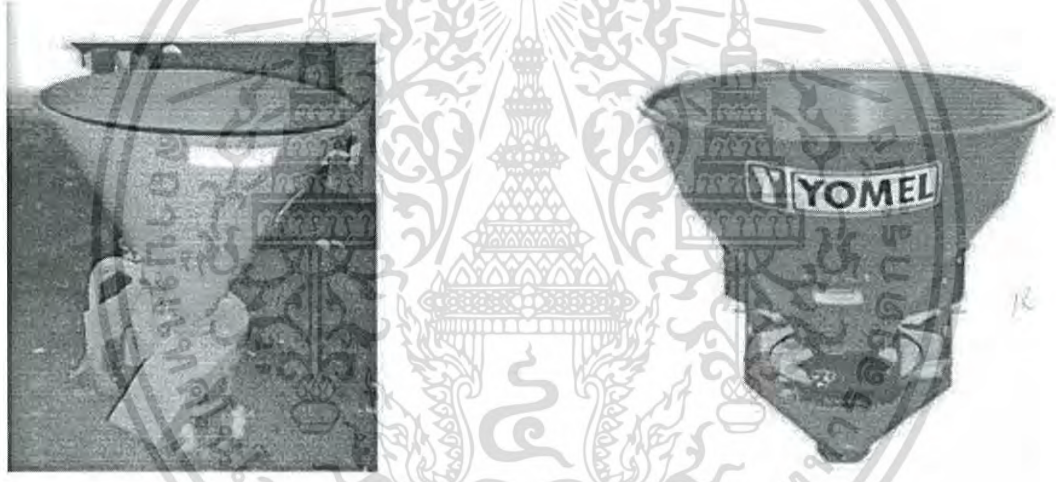
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องหว่านปุ๋ยทั่วไป

เครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยง (Fertilizer Broadcaster / Spinner Disc Spreader) มีชื่อเรียกต่างกันตามแบบของการออกแบบ เช่น Drop-Ttpe และ Full-Width-Feed Broadcaster ลักษณะคล้ายกับเครื่องหว่านเมล็ด ถังทำด้วยวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ปุ๋ยมีหลักการทำงานคือ ปุ๋ยจะลำเลียงออกจากถังบรรจุด้วยอุปกรณ์กำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ย แล้วไหลไปสู่ระบบหว่านที่ถูกออกแบบไว้ เพื่อเหวี่ยงกระจายปุ๋ยออกไปยังตำแหน่งที่ต้องการหว่านปุ๋ยบนแปลง เครื่องหว่านปุ๋ยมีทั้งแบบลากจูง (Pull-Type) และแบบบรรทุก (Mounted-Type)



รูปที่ 2.1 เครื่องหว่านกระจายปุ๋ยแบบต่างๆ (อภิชาต , พัฒนสรรค์ และ ปรีชา, 2548)

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องหว่านกระจายปุ๋ย

1. ถังบรรจุ (Hopper) ลักษณะเป็นรูปกรวย คือ มีตัวถังเอียงเพื่อให้ปุ๋ยไหลลงได้สะดวก

2. ตัวคุ้ยปุ๋ย (Agitator) จะช่วยคุ้ยปุ๋ยอยู่ก้นถัง เพื่อไม่ให้ปุ๋ยจับตัวกันจนไม่สามารถไหลผ่านช่องผ่านปุ๋ยไปได้

3. ช่องจ่ายปุ๋ย (Orifice) เป็นช่องสำหรับให้ปุ๋ยผ่านจากถังบรรจุลงสู่จานเหวี่ยง สามารถปรับหรือเปิดปิดเพื่อนควบคุมการไหลของปุ๋ย

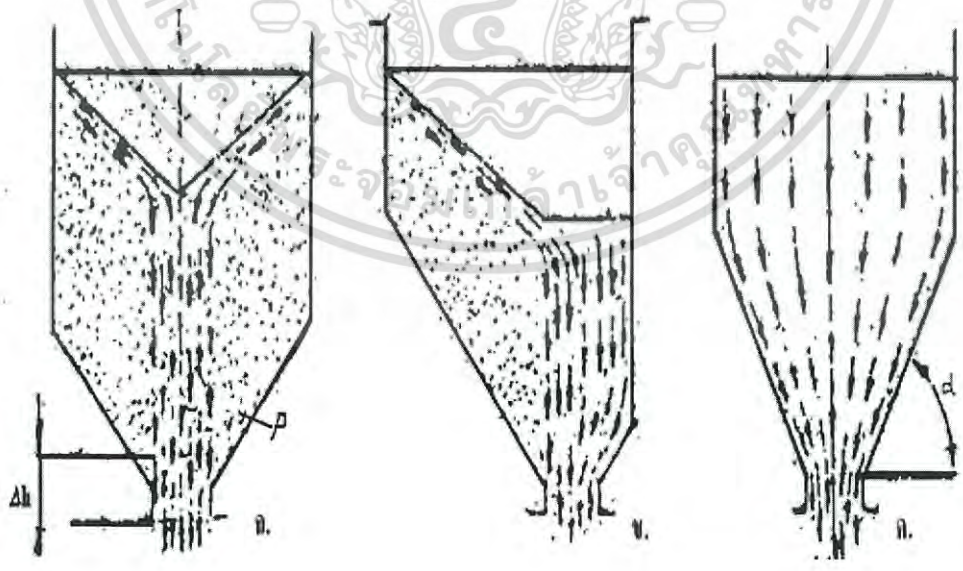
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กลไกการหว่าน (Distributor) โดยรับกำลังขับจากเพลาP.T.Oของรถแทรกเตอร์มีสองแบบ คือ จานเหวี่ยง (Centrifugal Disc) และ แบบลำเลียงด้วยลม (Pneumatic Conveyor) ทำหน้าที่หมุนเหวี่ยงกระจายปุ๋ย

5. กลไกกำหนดปริมาณปุ๋ย (Metering device) จะวางตามแนวตลอดความยาวถัง

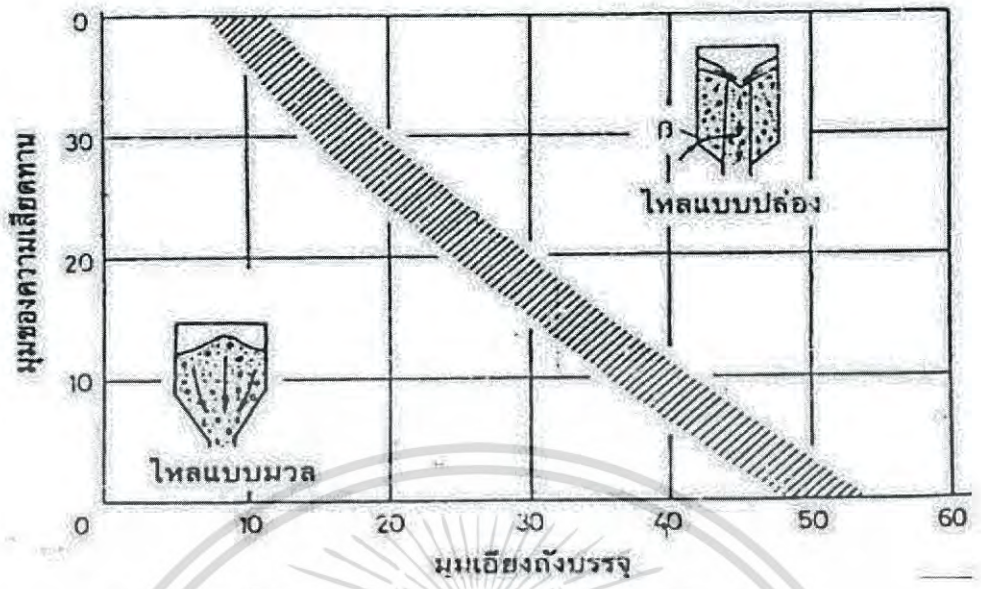
หลักการออกแบบถังบรรจุ (Hopper)

Hopper คือ อุปกรณ์ที่ให้การไหลของวัสดุเม็ดผ่านช่องเปิด มีความสำคัญอย่างมากต่อกระบวนการไหลของวัสดุ เช่น การไหลออกของปุ๋ยจากถังอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งการคำนวณการไหลออกของปุ๋ยนี้ไม่สามารถใช้ทฤษฎีการไหลของของเหลวมาใช้ในการคำนวณได้ โดย (ปานมนัส, 2538) ได้กล่าวว่า เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุแบบเม็ดมีความแตกต่างจากของเหลว (รูปที่ 2.2) แสดงลักษณะการไหลของวัสดุเม็ดออกจากถังเมื่อมุมเอียงของถังที่ท้ากับแนวราบ (α) มีค่าน้อยกว่าลักษณะการไหลเป็นแบบปล่อง (funnel flow) (รูปที่ 2.2 ก.) โดยวัสดุไหลเป็นแนวเหนือช่องเปิดขึ้นการไหลของมวลวัสดุทั้งหมด (mass flow) จะไหลลงสู่ช่องเปิด (รูปที่ 2.2 ค.) และ (รูปที่ 2.2 ข.) แสดงการไหลของวัสดุที่มีการไหลของวัสดุทั้ง 2 แบบ คือการไหลแบบปล่องและการไหลแบบมวลของวัสดุทั้งหมด ซึ่งรูปแบบการไหลของวัสดุขึ้นอยู่กับความเอียงของถังบรรจุและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุ (รูปที่ 2.3) ได้แสดงลักษณะการไหลของวัสดุซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเสียดทานของวัสดุกับผนังและมุมเอียงของถังบรรจุ



รูปที่ 2.2 การไหลของวัสดุเม็ดออกจากถัง (ปานมนัส, 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การไหลกับความเสียดทานของวัสดุกับผนังและมุมเอียงของถังบรรจุ (ปานมนัส, 2538)

สมบัติความเสียดทานที่สำคัญของวัสดุเม็ดที่กองรวมกัน เช่น เม็ดปุ๋ย ได้แก่ มุมของความเสียดทานและมุมกองพื้นมุมของความเสียดทาน หมายถึง มุมของความเสียดทานที่เกิดจากผลของความเสียดทานระหว่างเม็ดวัสดุโดยที่

$$f = \tan\theta \tag{2.1}$$

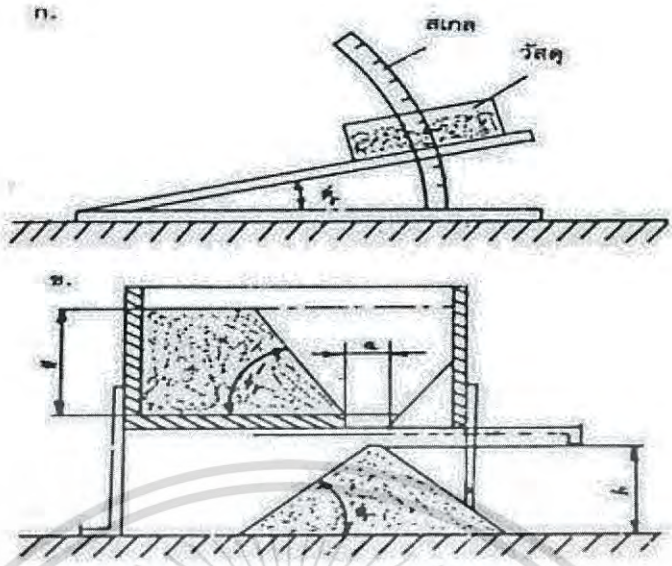
ซึ่ง

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

θ = มุมของความเสียดทาน

ใช้สำหรับหาค่ามุมกองพื้นสถิตของวัสดุ (static angle of response) โดยนำวัสดุวางบนพื้นเอียงแล้วค่อยๆ ยกแผ่นเอียงขึ้นจนกระทั่งวัสดุเริ่มไถลมุมของแผ่นเอียง คือ มุมกองพื้นวัสดุ (ปานมนัส, 2538)

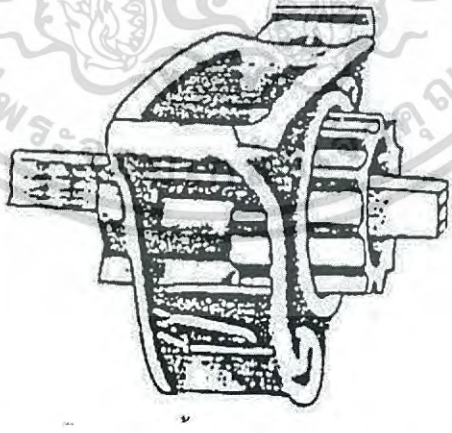
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์สำหรับหามุมกองของวัสดุ (ปานมนัส, 2538)

หลักการออกแบบกลไกกำหนดปริมาณปุ๋ย

กลไกกำหนดปริมาณปุ๋ย เป็นกลไกที่สามารถปรับอัตราการจ่ายปุ๋ยในปริมาณที่ต้องการได้ กลไกกำหนดปริมาณแบบลูกกลิ้งเซาะร่อง (Feed wheel) ลักษณะการทำงานเหมือนกับกลไกการขับเมล็ดของเครื่องโรยเมล็ด การหมุนของลูกกลิ้งจะทำให้ปุ๋ยถูกขับออกมา



รูปที่ 2.5 กลไกแบบลูกกลิ้งเซาะร่อง

สมการสำหรับการประมาณปริมาณอัตราการไหลของเมล็ดด้วยกลไกกำหนดปริมาณแบบลูกกลิ้งเซาะร่อง (Feed wheel) :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q = \frac{v_c \lambda_c n}{60 \times 10^6} \quad (2.2)$$

Q = อัตราการไหลของปริมาตร (L/S)

v_c = ปริมาตรของแต่ละร่อง (m^3)

λ_c = จำนวนของร่องที่อยู่รอบนอกของล้อร่อง

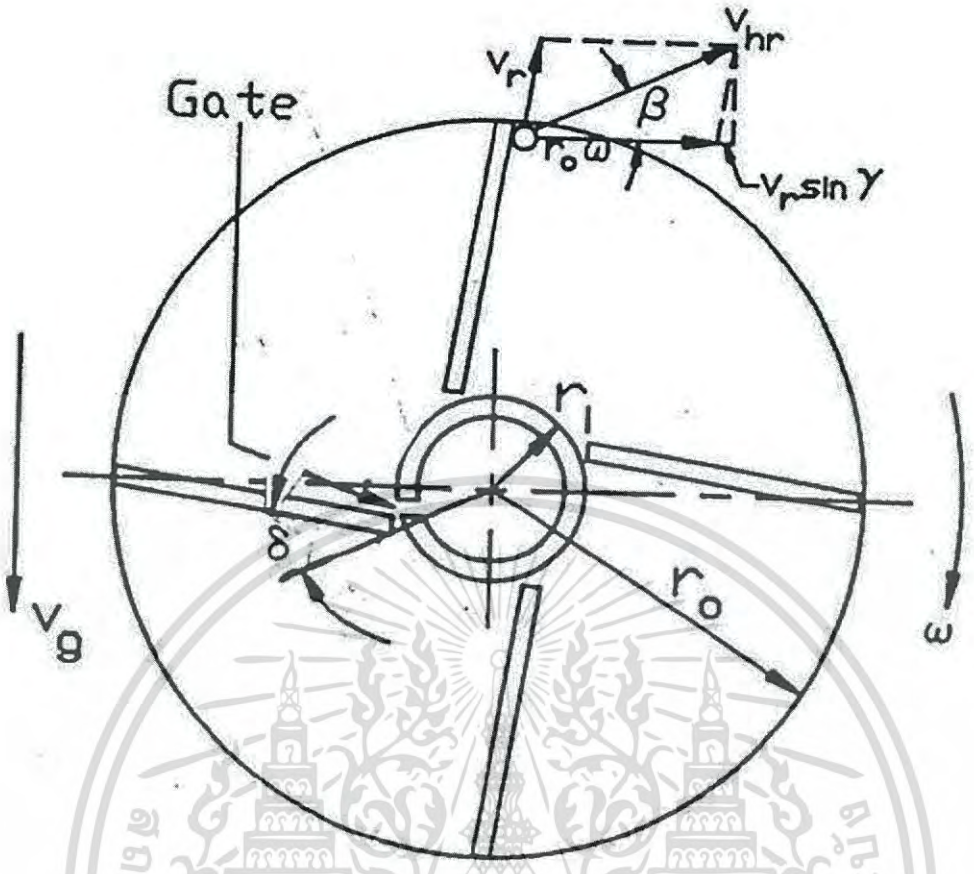
n = ความเร็วในการหมุนของล้อร่องหรือเรียกใช้ภายใน (rpm)

อัตราการไหลจะถูกควบคุม โดยการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความเร็วระหว่างล้อไดรฟ์ภาคพื้นดินและอุปกรณ์การวัด หรือ การเปลี่ยนแปลง v_c ดังที่ระบุไว้ในส่วน 9.2.1.1, v_c มีการเปลี่ยนแปลง โดยการเลื่อนส่วนหน้าปัด endwise หรือ โดยการเปลี่ยนการตั้งค่าประตูบนอุปกรณ์ที่ใช้ภายในสอง ระยะกึ่งบวกถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของล้อร่องหรือวิ่งคู่ภายในเพราะพื้นที่เป็นโมฆะระหว่างเมล็ดผลในไม่ทั้งหมดของปริมาณเซลล์ถูกครอบครองโดยการเพาะเมล็ด นอกจากนี้บางเมล็ดโดยทั่วไปจะโครงการเกินขอบของเซลล์ ดังนั้นปริมาณของเมล็ดพันธุ์ที่จัดส่งทุกครั้งที่มือถือผ่านท่อเมล็ดพันธุ์ที่ไม่แม่นยำเท่ากับปริมาณเซลล์ สามารถนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการออกแบบแต่การตัดสินใจที่ถูกต้องของอัตราการไหลสำหรับประเภทใดก็ตามเมล็ดพันธุ์ต้องมีการสอบเทียบใช้เครื่องต้นแบบ

2.2 ทฤษฎีจานเหวี่ยงหนีศูนย์

จานเหวี่ยงหนีศูนย์เป็นการลำเลียงเม็ดปุ๋ยลงสู่พื้นโดยที่เม็ดปุ๋ยจะถูกล้าเลียงผ่านชุดกำหนดปริมาณปุ๋ย และตกลงมาตามรางกระทบกับครีบใบพัดของจานเหวี่ยงที่หมุนด้วยความเร็วรอบสูงซึ่งมีความเร็วเชิงมุมมากทำให้เม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่จากศูนย์กลางจนไปสู่ปลายขอบจานเหวี่ยงด้วยแรงหนีศูนย์ก่อนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วทางตรงเท่ากับความเร็วของขอบจาน ($v = \omega r$) แล้วจึงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วก่อนจะร่วงลงสู่พื้นทฤษฎีนี้ถูกใช้ประโยชน์ในการล้าเลียงปุ๋ย เมื่อเม็ดปุ๋ยตกผ่านรางลงสู่จานเหวี่ยงที่กำลังหมุนสำหรับสมการการเคลื่อนที่ของปุ๋ยบนจานเหวี่ยง หาได้จากปุ๋ยลื่นไถลระหว่างจานและพื้นผิวของครีบใบพัด ก่อนจะเคลื่อนที่ออกจากชุดจานเหวี่ยงแล้วร่วงลงสู่พื้น θ เป็นระยะทางเชิงมุมที่จานเหวี่ยงหมุนไปโดยนับตั้งแต่ปุ๋ยร่วงจากจุดปล่อย (r_i) จนวิ่งออกจากปลายครีบบนจาน (r_o) หาได้จากสมการต่อไปนี้ (Srivastava, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ตัวแปรของจานเหวี่ยง

$$f(\theta)=\frac{r_0-\frac{c_3 g}{c_4\omega^2}}{c_5 r_i-\frac{c_3 g}{c_4\omega^2}}=\frac{(c_1+f)\,e^{c_2(c_1-f)\theta}+(c_1-f)\,e^{c_2(c_1+f)\theta}}{2c_1} \qquad (2.3)$$

หลังจากที่ได้มุม θ แล้วสามารถหาความเร็วของเม็ดปุ๋ยที่กระทำโดยครีบใบพัด

$$V_r=\frac{\omega}{2c_1}\left(c_5 r_i-\frac{fg}{\omega^2}\right)\left(e^{c_2(c_1-f)\theta}-e^{-c_2(c_1+f)\theta}\right) \qquad (2.4)$$

โดย

V_r = ความเร็วสัมพัทธ์ของเม็ดปุ๋ยกับจานเหวี่ยง (m/s)

f = ค่าความเสียดทานระหว่างจานเหวี่ยง และเม็ดปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

g = ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

$$c_1 = (f^2 + \frac{c_4}{c_2})^{0.5}$$

$$c_2 = \cos\alpha$$

$$c_3 = \sin\alpha + f\cos\alpha$$

$$c_4 = \cos\alpha - f\sin\alpha$$

$$c_5 = \cos\delta - f\sin\delta$$

r_i = ระยะรัศมีวัดจากศูนย์กลางจานเหวี่ยงถึงปลายด้านในของครีบใบพัด (m)

r_0 = ระยะรัศมีของจานเหวี่ยง *(m)*

ω = ความเร็วเชิงมุมของจานเหวี่ยง *(rad/s)*

ความเร็วตามแนวแกนราบของเม็ดปุ๋ยเมื่อออกจากจานเหวี่ยง (V_{hr}) สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$V_{hr} = \sqrt{(V_r \cos\alpha \sin\gamma)^2 + (r_0\omega + V_r \cos\alpha \sin\gamma)^2} \quad (2.5)$$

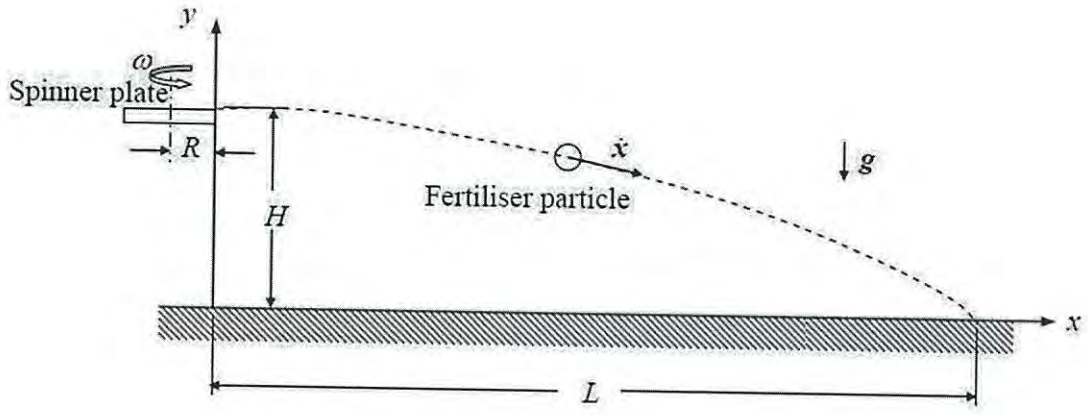
และหามุม β ได้จาก

$$\beta = \tan^{-1}\left(V_r \cos\alpha c\cos\gamma / (r_0\omega + V_r \cos\alpha \sin\gamma)\right) \quad (2.6)$$

เมื่อ

$$\gamma = \tan^{-1}\left(r_i \tan\delta / (r_0 - r_i)\right) \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การหาระยะทางในแนวราบ

สมการต่อไปนี้เป็นการหาระยะทางตามแนวแกนราบ และแนวแกนดิ่งหรือความสูงจากพื้นถึงจานเหวี่ยงเมื่อเม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงผ่านอากาศ

$$\ddot{h} = -c_6 h\sqrt{h^2+z^2} \tag{2.8}$$

และหาค่า z ได้จาก

$$\ddot{z} = g - c_6 z\sqrt{z^2+h^2} \tag{2.9}$$

เมื่อ

h = ระยะทางตามแนวราบ (m)

z = ระยะทางตามแนวดิ่ง (m)

$c_6 = 0.5C_D\rho_a(A_p/m)$

g = ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก =9.81 m/s^2

A_p= พื้นที่ภาพฉายซึ่งอยู่ข้างหน้าของเม็ดปุ๋ย (m)

m= มวลของเม็ดปุ๋ย (kg)

ρ_a = ความหนาแน่นโดยมวลของอากาศ (kg/m^3) = $(\frac{29pb}{8.314\Theta_a})$

Θ_a = อุณหภูมิห้อง (°c) + 273 = K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดกลมเดี่ยวบน*h* หรือ*z* บอกให้ทราบว่าเป็นอนุพันธ์อันดับหนึ่งเทียบกับเวลา ขณะที่ (ความเร็ว) 2 จุดเป็นอนุพันธ์อันดับที่สอง ค่าสัมประสิทธิ์ของการเลื่อนC_Dแปรผันกับค่า Reynold's number สมการในการหาค่า C_D หาได้ดังนี้ เมื่อค่า Reynold's number หาได้จากสมการ

$$C_D = \frac{24}{N_{re}} \qquad \text{สำหรับ } N_{re} \le 1 \tag{2.10}$$

$$C_D = 26.38 N_{re}^{-0.845} + 0.49 \quad \text{สำหรับ } N_{re} > 1 \tag{2.11}$$

เมื่อ

$N_{re} = \frac{d_p V_{hr} \rho_a}{\mu_a}$ = dimensionless Reynold's number

V_p = ความเร็วของเม็ดปุ๋ย (m/s)

d_p = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาค (m)

μ_a = ความเร็วทางพลศาสตร์ของอากาศ $(Ns/m)^2$

และเมื่อความดันบารอเมตริกเป็นแบบเปิดค่าความหนืดของอากาศจะเป็นฟังก์ชั่นเพียงอย่างเดียวของอุณหภูมิของอากาศ

$$\mu_a = 4.79 \times 10^{-6} \times e^{0.678 + (0.00227(\Theta_a))} \tag{2.12}$$

หาเวลาของอนุภาคเมื่อตกถึงพื้น

$$t = \frac{\ln\left(Arg + \sqrt{Arg^2 - 1}\right)}{2c_6 c_7} \tag{2.13}$$

เมื่อ

$Arg = 2e^{((2)(c_6)(z))} - 1$

$c_7 = \left(g/c_6\right)^{0.5}$

$c_6 = \frac{0.75 C_D \rho_a}{\rho_a d_p}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

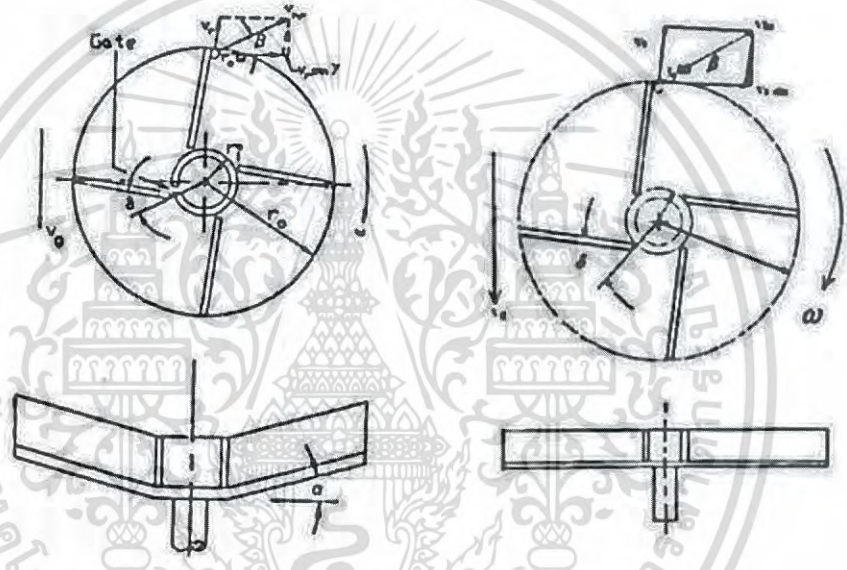
เมื่ออุณหภูมิโดยรอบ 25 $^{\circ}C$ และความดัน 1 บรรยากาศระยะทางในแนวแกนราบระหว่างเวลาที่ตกพื้น หาได้จาก

$$h = \frac{\ln(c_6 h_0 t + 1)}{c_6} \tag{2.14}$$

เมื่อ

t = เวลาของอนุภาคเมื่อตกถึงพื้น (t)

h_0 = ความเร็วเริ่มต้นในทิศทางในแนวราบ (m)



ก) จานเหวี่ยงตามทฤษฎี ข) จานเหวี่ยงที่ออกแบบ

รูปที่ 2.8 ด้านข้างของจานเหวี่ยง (Srivastava, 1993)

2.3 งานวิจัยพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยที่ผ่านมา

ได้เริ่มทำการศึกษาการสร้างเครื่องจักรกลที่ใช้ในการหว่านปุ๋ยให้กับปาล์มน้ำมัน เพื่อประหยัดเวลาและแรงงานตั้งแต่ปี 2548 เครื่องหว่านปุ๋ยที่พัฒนาจะเป็นเครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยงหนีศูนย์จะสามารถหว่านปุ๋ยครอบคลุมแนวต้นปาล์มได้ 2 แถว มีหน้ากว้างในการทำงาน 15.6 เมตร สามารถพัฒนาต้นแบบเครื่องหว่านปุ๋ยที่ทำการหว่านปุ๋ยทั้งห้าชนิดได้พร้อมกันและปรับปริมาณการหว่านได้หลากหลายดังนี้ Urea 2.22-18.57 kg/min, DAP 0.27-12.29 kg/min, KCL 4.55-27.47 kg/min, and Mg+Bo 3.48-13.02 kg/min. มีความเร็วรอบของเพลา Metering ที่90รอบต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

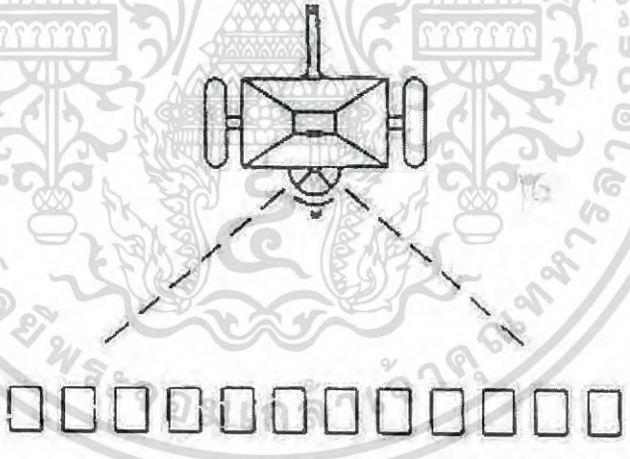
นาที โดยเม็ดปุ๋ยจะถูกลำเลียงลงสู่จานเหวี่ยง แล้วใช้จานเหวี่ยงในการกระจายเม็ดปุ๋ยออกสู่บริเวณต้นปาล์ม ใช้ความเร็วรอบของจานเหวี่ยง1500รอบต่อนาที ทำการปรับตั้งกลไกการหว่านให้ทำได้ดีที่สุด แล้วหาความสารารถในการหว่าน คือ ช่องเปิดจานเหวี่ยงที่มุม θ เท่ากับ 150^0 ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากับ 6.5 เซนติเมตร ความเร็วรอบของจานเหวี่ยง 1600 รอบต่อนาที ได้ลักษณะการกระจายตัวดังนี้ ระยะส่งได้ไกลสุด 14 เมตร ระยะหน้ากว้างสุด 16 เซนติเมตร เม็ดปุ๋ยตกครอบคลุมพื้นที่ 238 ตารางเมตร ได้ประสิทธิภาพการกระจายปุ๋ยที่ CU 59.6% ความสามารถทางไร่เท่ากับ 25 ไร่ต่อชั่วโมงแต่จะมีข้อบกพร่องคือจะเกิดการกัดกร่อนของปุ๋ยที่บริเวณโครงสร้างและถังบรรจุปุ๋ย

2.4 หลักการทดสอบประสิทธิภาพ

2.4.1 เครื่องหว่านวัสดุที่เป็นเม็ด

การหว่านเม็ดวัสดุให้กระจายบนผิวดิน การพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหว่านปุ๋ยจะประเมินได้จากสองตัวแปรคือ

1. ความแม่นยำในการจ่ายปุ๋ย
2. รูปแบบการกระจายตัวของการหว่านที่สม่ำเสมอ



รูปที่ 2.9 การทดสอบรูปแบบการกระจายตัวของเม็ดวัสดุ

จะต้องทำการทดสอบประเมินผลการทำงานของเครื่องหว่านตามมาตรฐาน ASAE S341.2 มีรายละเอียดดังนี้

2.4.2 สภาวะที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องหว่านที่ใช้ในการทดสอบจะต้องเป็นเครื่องจักรกลที่อยู่ในสภาพที่ดีและมีความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การดำเนินการทดสอบแบบจำลองจะต้องมีการปรับค่าของเครื่องหว่านให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะจำเพาะของเม็ดวัสดุที่ใช้หว่าน และจะต้องเป็นสภาพที่เหมือนจริงกับการทดสอบในภาคสนาม

3. ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองตามคำแนะนำและข้อมูลจากผู้ผลิตรายอื่นๆ

4. วัสดุที่ใช้ในการทดสอบจะต้องได้มาตรฐาน เช่น ลักษณะของวัสดุ ขนาดจะต้องเป็นรูปแบบเดียวกัน ความจำเพาะของเม็ดวัสดุ ความคงทน ความชื้น ความหนาแน่น ของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีการรายงานวัสดุ ขนาด รูปร่าง ผิวสัมผัสของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

2.4.3 แนวทางในการเตรียมการทดสอบ

ความแม่นยำของการทดสอบนั้นจะมีอิทธิพลต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ลม ขนาดของเม็ดวัสดุที่ใช้ทดสอบ อัตราที่ใช้ ความลาดเอียงของพื้นดิน อัตราเร็วในการเดินรถ ความหยาบของพื้นดิน และวิธีการในการเก็บรวบรวมตัวอย่าง ที่แนะนำในการทดสอบความแม่นยำ ดังต่อไปนี้

1. การหว่านจะเป็นที่ยอมรับเมื่อมีความแรงลม น้อยกว่า 8 กิโลเมตร/ชั่วโมง ที่ความสูงจากพื้นดินเท่ากับ 2.5 เมตร

2. ความลาดเอียงของพื้นที่ใช้ในการทดสอบจะต้องน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ และจะต้องทำการทดสอบทำการเปรียบเทียบที่ระดับความลาดเอียงต่างๆ

3.เครื่องหว่านนั้นจะต้องมีการออกแบบให้มีการไหลหรือการหว่านของเม็ดวัสดุที่มีความคงที่และได้เพียงพอกับช่วงเวลา

2.4.4 การทดสอบเครื่องหว่านปุ๋ยตามมาตรฐาน ASAE S341.2

1. วัตถุประสงค์และขอบเขตในการทดสอบ

1.1 วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

1.1.1 เพื่อกำหนดวิธีการทดสอบที่เป็นแบบแผนสำหรับการหาและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหว่านหว่านที่ใช้หว่านปุ๋ยแบบเม็ด การทดสอบบนวิธีการนี้สามารถใช้พยากรณ์ความสม่ำเสมอในการหว่าน

1.2 ขอบเขตในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.1 มาตรฐานนี้จะถูกใช้ในเครื่องหว่านประเภทจานเหวี่ยงหนีศูนย์ แขนเหวี่ยง และแบบพ่นหว่านชนิดอื่นๆ สำหรับหว่านปุ๋ยเม็ดที่ทำการหว่านบนพื้นดิน ในส่วนของอุปกรณ์กำหนดปริมาณจะเป็นการปล่อยปุ๋ยด้วยแรงโน้มถ่วง

2. การอ้างอิงมาตรฐาน

ANSI Z23.1, Specifications for Wine-Cloth Sieves for Testing Purposes

ASES S281.3 DEC96, Capacity Designation for Fertilizer Pesticide Hoppers and Containers

ASAE S327.3, Terminology and Definition for Application of Crop, Animal, or Forestry Production and Protective Agents

2.1 อัตราการจ่ายปุ๋ย

การหาอัตราการจ่ายปุ๋ยจะถูกอ้างอิงจาก มาตรฐาน ASAE S327.

2.2 การทดสอบเครื่อง

1. ตัวเครื่องทดสอบต้องมีความสมบูรณ์
2. ตัวเครื่องจะมีมาตรฐานจากโรงงาน ทำการทดสอบแล้วนำค่ามาเปรียบเทียบกัน
3. ในการทดสอบต้องมีค่า ขนาดวัสดุ,ค่าความชื้น และค่าความหนาแน่น ตาม ASAE S281.

2.3 การคำนวณอัตราการจ่ายปุ๋ย

$$R = \frac{KW}{AE} \tag{2.15}$$

R = อัตราการไหล (kg/ha)

K = ค่าคงที่ 100,000

W = มวล (g)

A = พื้นที่ cm^2 (in^2)

E = เปอร์เซ็นต์ของกล่องเก็บข้อมูล (%)

การหาค่า CV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Mean} = X = \frac{\sum X_i}{N} \tag{2.16}$$

$$\text{Standard deviation} = \sum \frac{(\mathrm{X}_i - \mathrm{X}^2)}{(N - 10^{\frac{1}{2}})} \tag{2.17}$$

$$\text{CV} = \frac{(Standard\ deviation)(100)}{X} \tag{2.18}$$

เมื่อ

X = ค่าเฉลี่ย

N = จำนวนทั้งหมด

X_i = มวลที่อยู่ในแต่ละกล่อง

2.4 การประเมินหน้ากว้างในการหว่านปุ๋ย

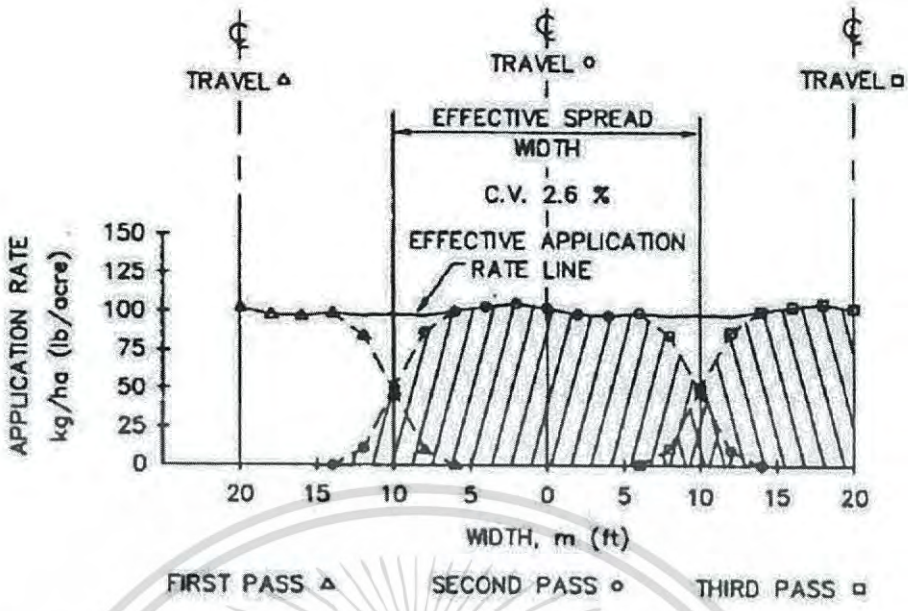
หน้ากว้างในการหว่านปุ๋ย คือ ระยะระหว่างจุด 2 จุดบนหน้ากว้างที่มีปริมาณปุ๋ยบนพื้นดินไม่น้อยกว่า 1/2 ของอัตราการจ่ายปุ๋ยจากเครื่อง

2.5 รูปแบบการรายงานผลความสม่ำเสมอในการหว่าน

Swath spacing	One-direction application	Progressive pass application
(m)	(CV)	(CV)
4	0.5	1.3
6	2.1	2.4
8	7.7	7.8
10	1.4	1.3
12	17	17
14	24	24
16	22	22
18	13	13
20	2.6	2.9
22	21	21
24	42	42
26	59	59

รูปที่ 2.10 การแสดงผลความสม่ำเสมอในการหว่านตามมาตรฐาน ASAE S341.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การแสดงผลความสม่ำเสมอในการหว่านตามมาตรฐาน ASAE S341.2

2.5 ตัวแปรที่มีผลต่อการทดลอง

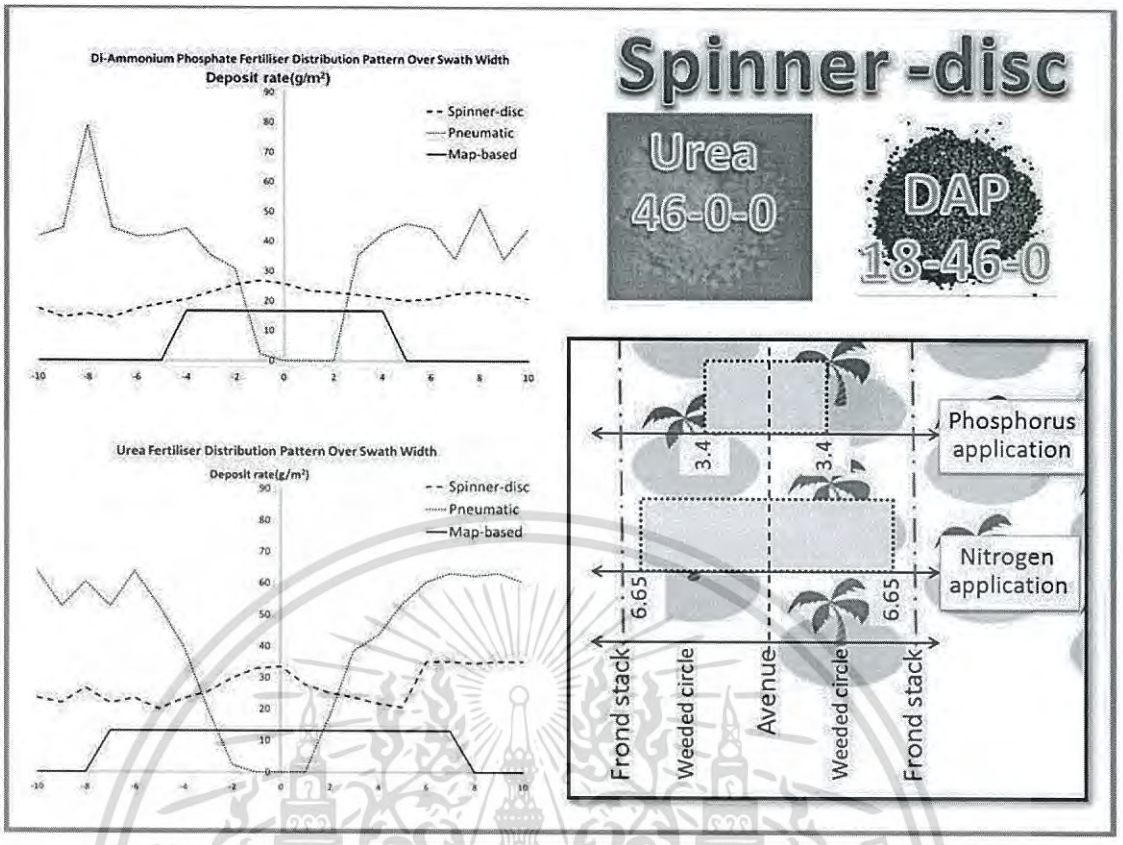
(J. Reumers , E. Tijskens , H. Ramon, 2003) ปัจจัยที่มีผลต่อผลการทดทอง (ตัวแปรต้น)

1. คุณสมบัติทางกายภาพของปุ๋ย
2. คุณสมบัติทางเรขาคณิตของกระจายและอุปกรณ์ทดลอง
3. รูปแบบการกระจายทรงกระบอก
4. แนวนอนของเวกเตอร์ความเร็วของอนุภาค
5. พารามิเตอร์บางทั่วไป เช่น แรงโน้มถ่วง

2.6 เป้าหมายในการหว่านปุ๋ย (Map base)

Map base คือเป้าหมายที่ตั้งไว้ในการหว่านปุ๋ยว่าปุ๋ยควรจะต้องถูกหว่านออกไปตกตรงตามที่เราต้องการ ซึ่งจากการทดลองพบว่าการหว่านปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงนั้นใกล้เคียงกับ Map base มากกว่าการใช้ท่อลมในการพ่นปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงเป้าหมายในการหว่านปุ๋ย (Map base)

จากรูปที่ 2.12 จะแสดงให้เห็นชัดเจนว่าหารหว่านปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงนั้นมีความใกล้เคียงกับ Map base มากกว่าการใช้ท่อลมพ่นปุ๋ย

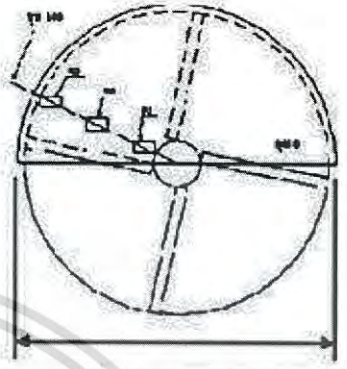
2.7 การพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ย

ปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่สูงเพื่อประสิทธิภาพของผลผลิต ดังนั้น การจัดการธาตุอาหารสำหรับสวนปาล์มน้ำมันจึงถือเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องตระหนัก ซึ่งหากมีการจัดการที่ ดีแล้ว นอกจากจะท้าให้ต้นปาล์มน้ำมันได้รับธาตุอาหารที่เหมาะสม ก็จะยังท้าให้ไม่สูญเสียค่าใช้จ่าย เรื่องปุ๋ยเกินความจ้าเป็นอีกด้วย ซึ่งได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยในอดีต ดังนี้ (อภิชาตและคณะ, 2548) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยงหนีศูนย์ ลักษณะ เป็นแผ่นจานกลม มีครีบกระจายปุ๋ย จ้านวน 4 ครีบ ท้างานต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ ทดกำลังจากเพลา พีทีโอโดยท้างานที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เหนือจานเหวี่ยงติดตั้งรางเอียงที่สามารถปรับจุดปล่อยปุ๋ยให้ขยับไปยังตำแหน่งต่างๆ เหนือจานเหวี่ยงได้ (รูปที่ 2.13) พบว่า สัมประสิทธิ์การกระจายตัวของ R1 ดีที่สุด เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง 6.5 cm ที่มุม θ เท่ากับ 150° เป็นจุดปล่อยเม็ดปุ๋ยลงสู่จานเหวี่ยง ได้หน้ากว้างการหว่านที่ 18 เมตร ความไกลการส่งที่ 15 เมตร และจะได้สัมประสิทธิ์การกระจายตัว (CU %) เท่ากับ 59.14 % ปัญหาที่พบ คือ ระยะการเหวี่ยงของปุ๋ยที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางกายภาพเป็นเกร็ดหรือผงยังไม่เพียงพอ และการไหลของปุ๋ยคีเซอร์ไรท์ผสมกับบอแรกซ์จาก ชุดกำหนดปริมาณปุ๋ย Metering device ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากความชื้น

(ก) รูปแบบกลไกจานเหวี่ยงหนีศูนย์

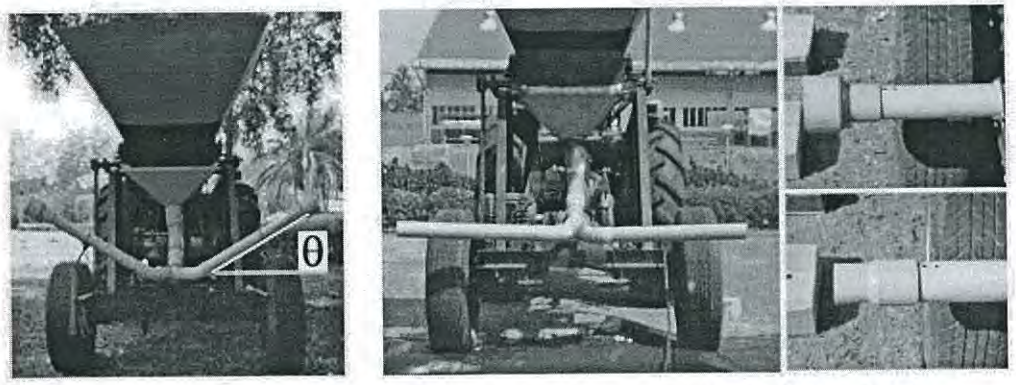


(ข) แสดงระยะจากจุดศูนย์กลาง

รูปที่ 2.13 เครื่องหว่านปุ๋ยแบบจานเหวี่ยงหนีศูนย์ (อภิชาตและคณะ, 2548)

(มงคล และคณะ, 2549) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องหว่านปุ๋ยแบบระบบลม โดยอาศัยอากาศความเร็วสูง เป็นตัวกลางล้าเลียงปุ๋ยจนสามารถเคลื่อนที่ฝ่าอากาศเพื่อตกไปพื้นที่เป้าหมายในการหว่าน ปุ๋ย โบลเวอร์ถูกขับด้วยเพลาพีทีโอ โดยผ่านเกียร์ทดเพื่อเพิ่มรอบท้าความเร็วให้สามารถขับชุดใบพัด โบลเวอร์ที่ 2900 รอบต่อนาที โดยเม็ดปุ๋ยจะถูกล้าเลียงผ่านท่อล้าเลียงด้วยลม และแยกออกเป็นสองท่อ โดยสามารถปรับรูปแบบการวางแนวของท่อแยก และติดตั้งปากพ่นลักษณะต่างๆ ที่ปลายท่อแยกทั้งสองได้ (รูปที่ 2.14) ผลการศึกษาพบว่า ปากพ่นปุ๋ยแบบขนาดท่อตรงและมุม θ ของท่อแยกที่ 30° คือค่าที่เหมาะสมที่สุดในการหว่านปุ๋ยด้วยระบบลม ลักษณะการกระจายตัวของการหว่านปุ๋ยแยกแต่ละ ชนิด ปุ๋ยเม็ดมีการกระจายตัวไกลกว่า (Urea และ DAP มากกว่าข้างละ 8 เมตร KCl ข้างละ 6 เมตร Mg+Bo ข้างละ 4-5 เมตร) และความสม่ำเสมอดีกว่าเมื่อเทียบกับปุ๋ยผง (CU Urea= 21.5%, CU DAP= 17.5%, CU KCl= -13.1% และ CU Mg+Bo= -33.3%) ปัญหาที่พบ ปุ๋ยไม่ผสมกัน เท่าที่ควร ปริมาณปุ๋ยที่ออกจากท่อ 2 ด้านไม่เท่ากัน และเมื่อปุ๋ยเกิดความชื้นอาจทาให้ท่อเกิดการอุดตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แสดงมุมการปรับ θ ของท่อ (ข) แสดงขนาดของปากพ่นปุ๋ยแบบต่างๆ

รูปที่ 2.14 เครื่องหว่านปุ๋ยแบบระบบลม (มงคล และคณะ, 2549)

(อดิศักดิ์และอนุชา, 2551) ได้พัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยระบบลมและจานเหวี่ยงหนีศูนย์จานเหวี่ยงทำงานที่ความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาที โดยติดตั้งจุดปล่อยปุ๋ยที่ตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร ที่ 150 องศา ในทิศตามเข็มนาฬิกา ระบบลมล้าเลียงติดตั้ง Blower ขนาด 5 แรงม้า ทำงานที่ความเร็วรอบ 2900 รอบต่อนาที จ่ายลมเข้าสู่ท่อหลักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ผ่านท่อแยก 45 องศา เข้าสู่ท่อย่อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ที่วางเอียงขึ้น 30 องศา (รูปที่ 2.15) พบว่า การหว่านปุ๋ย Urea ด้วยจานเหวี่ยงหนีศูนย์จะได้สัมประสิทธิ์การกระจายตัว 22% และหน้ากว้างการหว่าน 15 เมตร ส่วนการใช้ระบบลมเพื่อพ่นปุ๋ย DAP, KCL และ Mg+Bo จะได้สัมประสิทธิ์การกระจายตัว และหน้ากว้างการหว่านคือ 86% กับ 18 เมตร, 86% กับ 18 เมตร และ 94% กับ 18 เมตรตามลำดับ ปัญหาที่พบ การกระจายตัวของปุ๋ยผงจะกระจายออกเฉพาะด้านข้าง เมื่อ ปุ๋ยเกิดความชื้นอาจทำให้ท่อเกิดการอุดตันที่ชุด Metering และปุ๋ยเกิดการจับตัวกันเป็นกองที่รางเอียง เมื่อเกิดความชื้น

รูปที่ 2.15 เครื่องหว่านปุ๋ยแบบใช้ลมและจานเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (อดิศักดิ์และอนุชา, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Ishola et al., 2011) ศึกษาแนวคิดใหม่ของเทคโนโลยีตัวแปรอัตราการจ่ายปุ๋ยปาล์มน้ำมัน โดยการใช้โปรแกรม Solid work ระบบจะประกอบด้วย ลิ้นแบบโรตารี่ พัดลม โบลเวอร์ สกรูล้าเลียง และถังปุ๋ย ซึ่งหลักการจะใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ในการวางเงื่อนไขของระบบ GPS โดยการวางเงื่อนไข จะบ่งชี้ที่ ความต้องการปุ๋ยจากแผนที่สวนปาล์มน้ำมัน แผนที่ดิน ระดับความต้องการธาตุอาหารของพืช ซึ่งพิกัดตำแหน่งบ่งบอกโดยอุปกรณ์ GPS และจะคำนวณอัตราการใช้ปุ๋ย (จากข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้แต่ละ จุดบนพื้นที่สวน) แปรข้อมูลส่งไปสั่งการท้างานของวาล์ว (รูปที่ 2.16) ผลที่ได้ คือ ต้องเปิดวาล์วโรตารี่ 2.13 kg/s ใช้กำลังโบลเวอร์ 3.27 kW และอัตราการจ่ายของสกรูล้าเลียง 11.7 kg/s และถังมีความจุ 1.2 ตัน ซึ่งสามารถลดปัญหาการให้ปุ๋ยเกินความต้องการ

รูปที่ 2.16 แบบเครื่องให้ปุ๋ยระบบ VRT บนรถ 4WD (Ishola et al., 2011)

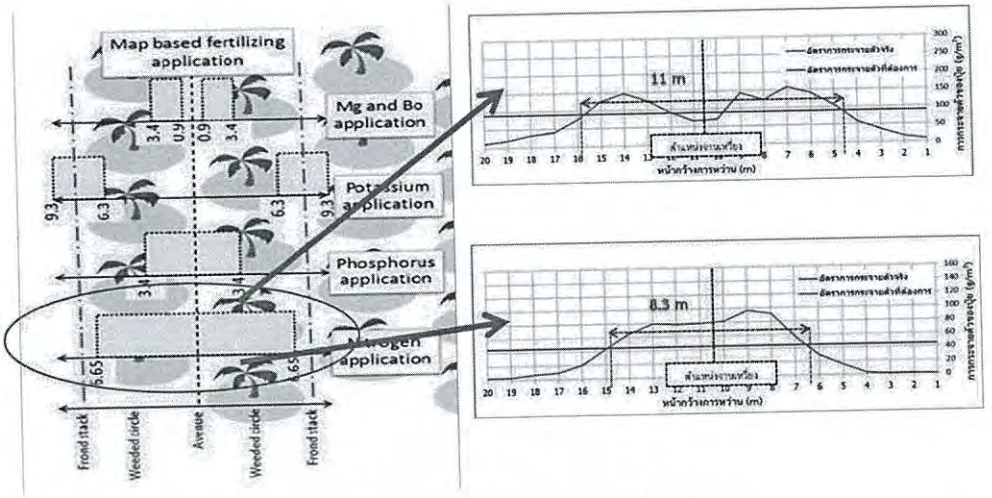
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยสำหรับสวนปาล์มน้ำมัน

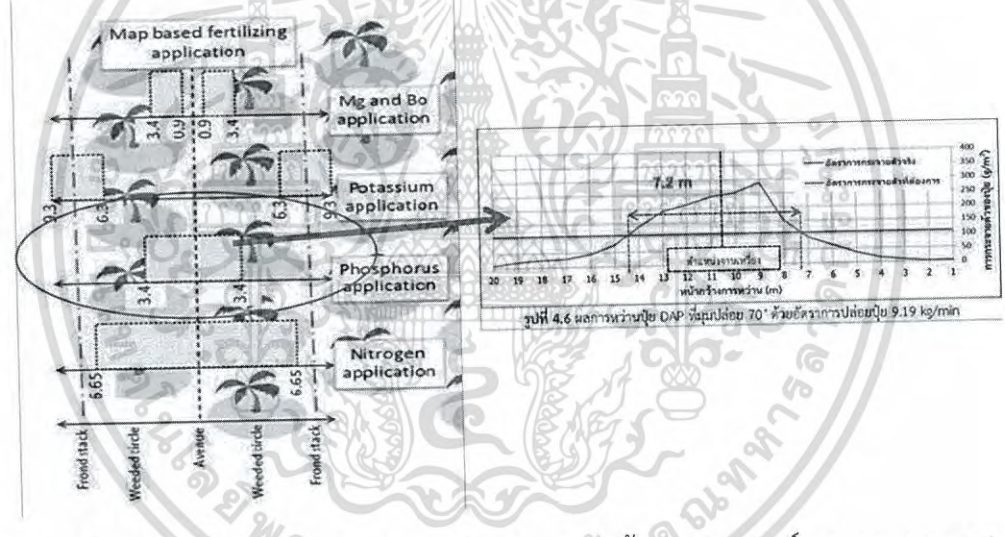
การพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยสำหรับสวนปาล์มน้ำมัน	ผลการหว่านปุ๋ย	ปัญหาที่พบ
อภิชาต และคณะ (2548)	ความกว้างที่ 18 เมตร ความไกล การส่งที่ 15 เมตร และจะมี สัมประสิทธิ์การกระจายตัว CU % เท่ากับ 59.14 %	ระยะการเหวี่ยงของปุ๋ยเกร็ดหรือ ผงยังไม่เพียงพอ และการไหลของคีเซอร์ไรท์ผสมกับ บอแรกซ์จาก Metering device ไม่สม่ำเสมอเนื่องจากความชื้น
มงคล และคณะ (2549)	Urea และ DAP มากกว่าข้างละ 8 เมตร KCl ข้างละ 6 เมตร Mg+Bo ข้างละ 4-5 เมตร และความสม่ำเสมอดีกว่าเมื่อเทียบกับ ปุ๋ยผง (CU Urea= 21.5%, CU DAP= 17.5%, CU KCl= -13.1% และ CU Mg+Bo= -33.3%	ปุ๋ยไม่ผสมกันเท่าที่ควร ปริมาณปุ๋ยที่ออกจากท่อ 2 ด้านไม่เท่ากัน และเมื่อปุ๋ยเกิดความชื้นอาจทำให้ ท่อเกิดการอุดตัน
อดิศักดิ์และอนุชา (2551)	ปุ๋ย Urea จะได้สัมประสิทธิ์การกระจายตัว 22% และหน้ากว้างการหว่าน 15 เมตร ปุ๋ย DAP, KCL, Mg+Bo จะได้สัมประสิทธิ์การกระจายตัว และหน้ากว้างการหว่าน 86% กับ 18 เมตร, 86% กับ18 เมตร และ 94% กับ 18 เมตรตามล้าดับ	การกระจายตัวของปุ๋ยผงจะกระจายออกเฉพาะด้านข้าง เมื่อ ปุ๋ยเกิดความชื้นอาจท้าให้ท่อเกิด การอุดตันที่ชุด Metering และ ปุ๋ยเกิดการจับตัวกันเป็นกองที่ราง เอียงเมื่อเกิดความชื้น
Ishola et al. (2011)	สามารถให้ปุ๋ยตรงตามปริมาณที่ต้องการในแต่ละจุด	การใช้ระบบ GPS ใน สวนปาล์มน้ำมันยังไม่ความเหมาะสมมากนัก เนื่องจากมีทาง ใบปาล์มน้ำมันเป็นสิ่งกีดขวางการ ระบุพิกัด

ปัจจุบันมีการสร้างเครื่องหว่านปุ๋ยที่มีจุดปล่อยเพียงจุดเดียว พบว่าการแพร่กระจาย ของปุ๋ยที่ทำการหว่านออกไปไม่ได้ตามที่ต้องการ (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2555) (มงคล และคณะ, 2549) (อภิชาต และคณะ, 2548) (อดิศักดิ์ และคณะ, 2551) (Reumers et al, 2003) จึงได้ทำการสร้างและออกแบบการหว่านปุ๋ยที่มีจุดปล่อยเป็น 2 ช่องทางการปล่อยปุ๋ยขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบการแพร่กระจายของปุ๋ยกับชุดทดลองและในแปลงปาล์มน้ำมัน เพื่อเก็บข้อมูลแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

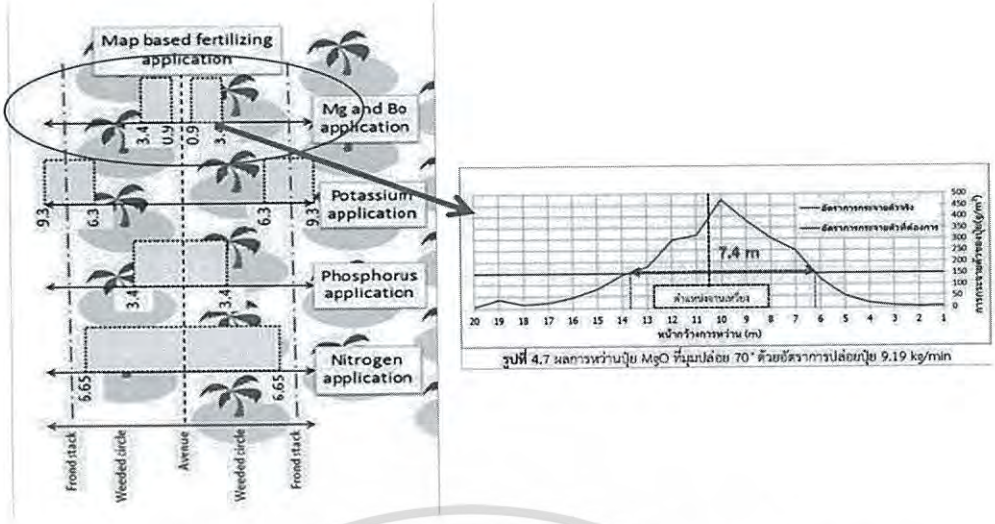


รูปที่ 2.17 ตำแหน่งของการหว่านปุ๋ยUreaในแปลงปาล์มน้ำมัน (Yenphayab et al, 2011) (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2555)



รูปที่ 2.18 ตำแหน่งของการหว่านปุ๋ยDAPในแปลงปาล์มน้ำมัน (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



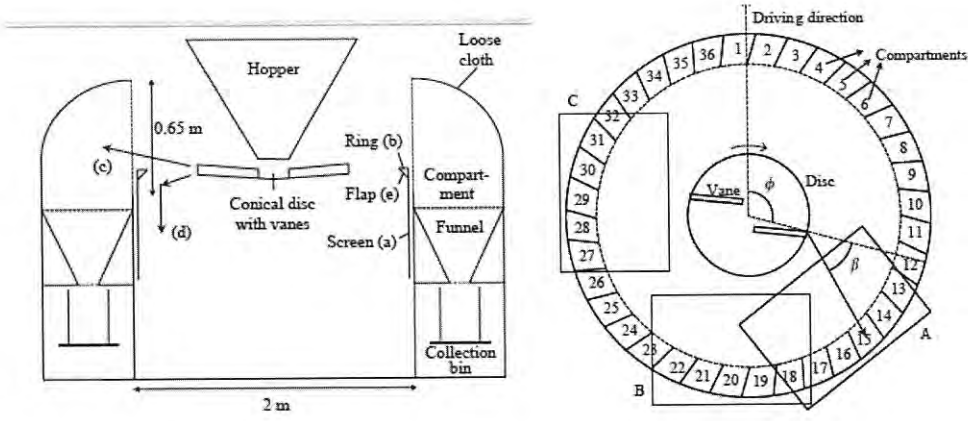
รูปที่ 2.19 ตำแหน่งของการหว่านปุ๋ยMgOในแปลงปาล์มน้ำมัน (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2555)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นที่จะต้องใส่ปุ๋ยโดยให้ธาตุอาหารต่างๆ อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ตามแผนดังรูปที่ 1.2 จึงได้มีการพัฒนาต้นแบบการหว่านปุ๋ยที่มีจุดปล่อยปุ๋ยที่เป็น 2 ช่องทางการปล่อยปุ๋ยทั้ง 2 ช่องทางมีขนาดเท่ากัน และตำแหน่งการปล่อยปุ๋ยลงบนจานเหวี่ยงหนีศูนย์สำหรับการหว่านปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมัน ซึ่งจากแนวคิดที่เครื่องต้นแบบจะต้องมีจุดเด่น คือ สามารถทำการหว่านปุ๋ยให้ได้ประมาณปุ๋ยในการแพร่กระจายของปุ๋ยในแปลงปาล์มน้ำมันได้ดี ปรับอัตราการจ่ายปุ๋ยแต่ละตำแหน่งให้ได้ตามความต้องการของต้นปาล์มน้ำมัน และจะอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการตามความเหมาะสม

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(J. Reumers et al., 2003) ได้ทำการทดลองการหว่านปุ๋ยในห้องขนาดใหญ่ โดยทำการทดลองเงื่อนไขเดียวกันกับการทดลองในเครื่องทดสอบ โดยการทดลองนี้มีความยาวของครีบทั้งยาวและสั้น และทำการเปรียบเทียบการทดลองทั้งสองการทดลองว่ามีความใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงใด โดยใช้วิธีการทำแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในการคำนวณการกระจายตัวของปุ๋ย ข้อสรุปการทำแบบจำลองคือผลการคำนวณการกระจายตัวที่ได้ออกมานั้นมีความสอดคล้องกัน และการกระจายตัวของปุ๋ยมีผลต่อความยาวของครีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 รูปของอุปกรณ์วัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยง ที่ J. Reumers ประดิษฐ์ขึ้น

อ้างอิงมาจากทฤษฎี จากบทความทางวิชาการของ J . Reumers และคณะ พวกเขาได้ทำการทดลองและได้วัดค่าตัวแปรต่างๆมาเพื่อคำนวณหาการกระจายตัวของปุ๋ยทั้งแนวตั้งและแนวนอน

$$C(\theta, z) = \frac{\Delta m}{\Delta\theta \Delta z \Delta t} \tag{2.19}$$

$$T(\theta) = \frac{\Delta m}{\Delta\theta \Delta t} = \int C(\theta, z)\, dz \tag{2.20}$$

$C(\theta, z)$ = รูปแบบการกระจายแบบทรงกระบอก

$T(\theta)$ = รูปแบบการกระจายตามแนว

Δm = มวลของปุ๋ยที่อยู่ในส่วนของพื้นผิวทรงกระบอก

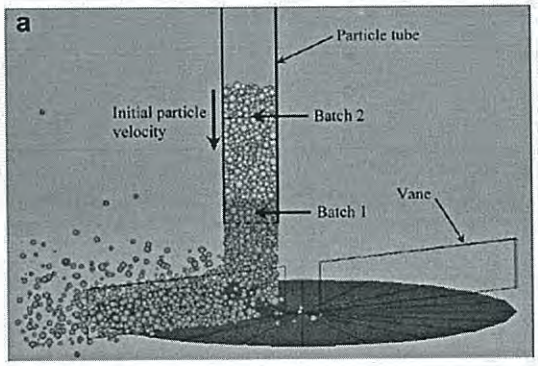
Δt = ระยะเวลาในการกระจายในการทดสอบ

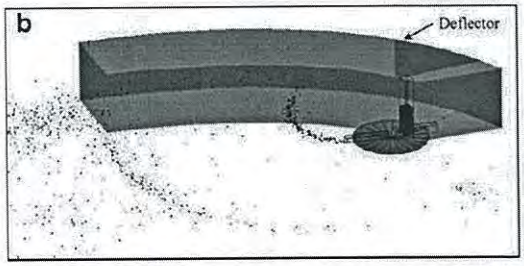
Δz = ความสูงของพื้นที่ทรงกระบอก

$\Delta\theta$ = ความกว้างเชิงมุมในพื้นผิวทรงกระบอก

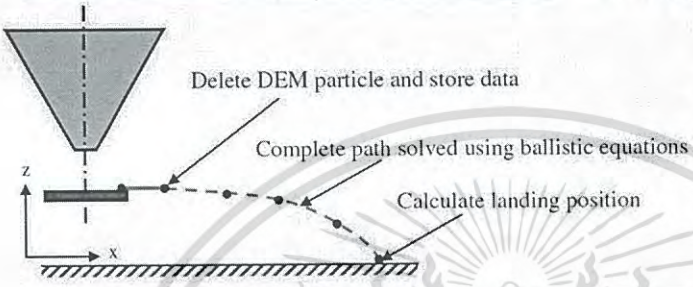
พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยบนจานเหวี่ยงและขณะเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง (Coetzee, C. J., & Lombard, S. G. (2011). Discrete element method modelling of a centrifugal fertiliser spreader. Biosystems engineering, 109(4), 308-325.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

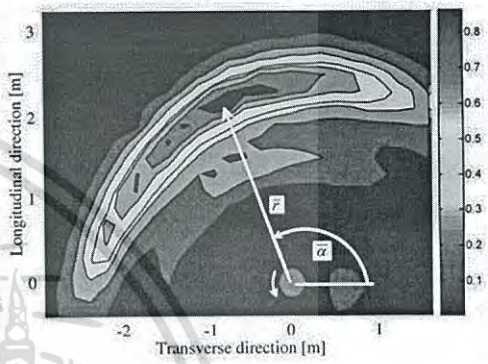




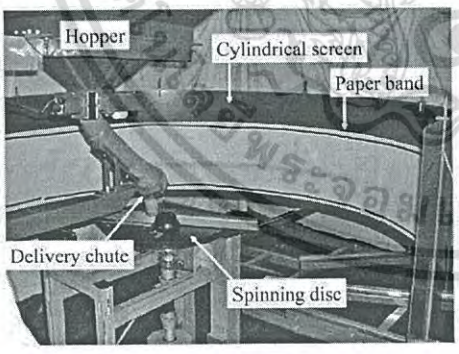
(a) Close up of the DEM model showing the particle tube, disk, vanes and particles and (b) the DEM model including the deflector.

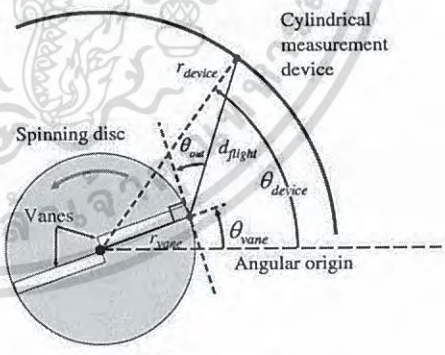


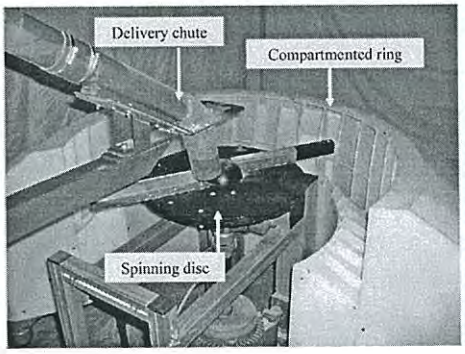
– Schematic showing the ballistic flight of a particle and the landing position.

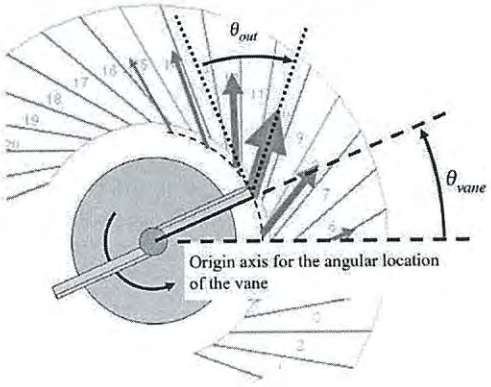


แนวทางการศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลการหว่านปุ๋ยด้วยกลไกจานเหวี่ยงที่พบในการศึกษาของต่างประเทศ (Villette, S., Piron, E., Martin, R., Miclet, D., Jones, G., Paoli, J. N., & Gée, C. (2013). Estimation of two-dimensional fertiliser mass flow distributions by recording granule impacts. Biosystems engineering, 115(4), 463-473.)



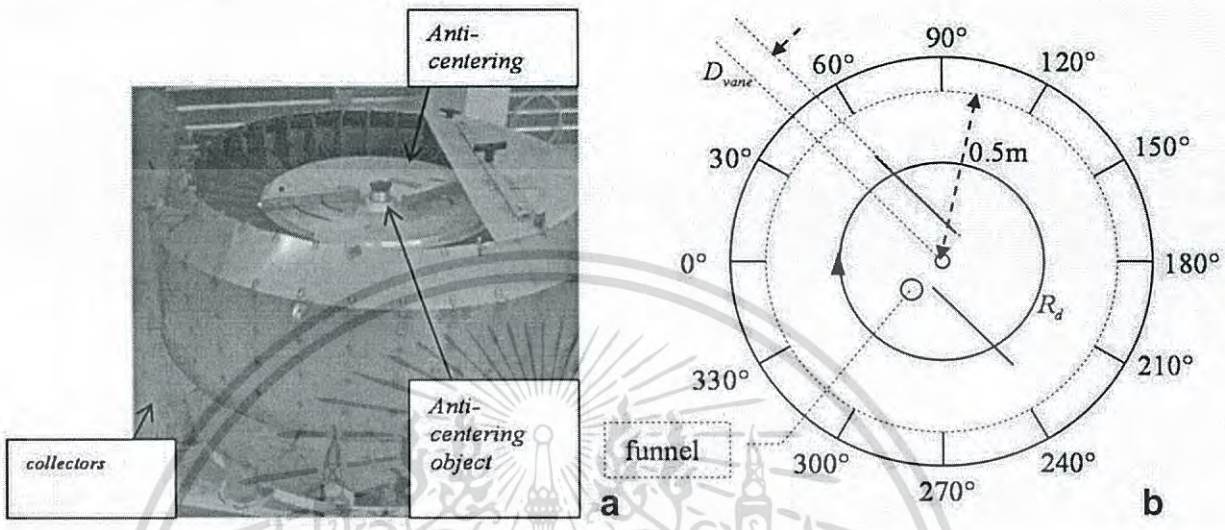






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเก็บข้อมูลการกระจายของปุ๋ยจากจานเหวี่ยงหนีศูนย์ด้วยเทคนิค Cylindrical mass distribution (Van Liedekerke, P., Tijskens, E., Dintwa, E., Rioual, F., Vangeyte, J., & Ramon, H. (2009). DEM simulations of the particle flow on a centrifugal fertilizer spreader. Powder technology, 190(3), 348-360.)



เครื่องเก็บข้อมูลการกระจายของปุ๋ยจากจานเหวี่ยงหนีศูนย์ด้วยเทคนิค TANGENTIAL AND CYLINDRICAL FERTILISER DISTRIBUTION PATTERN CHARACTERISATION (Reumers, J., Tijskens, E., & Ramon, H. (2003). Experimental characterisation of the tangential and cylindrical fertiliser distribution pattern from a spinning disc: A parameter study. Biosystems Engineering, 86(3), 327-337.)

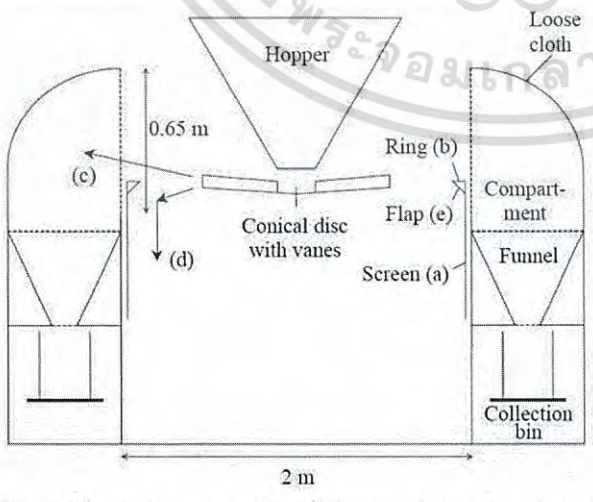


Fig. 1. Vertical cross-section of the experimental equipment

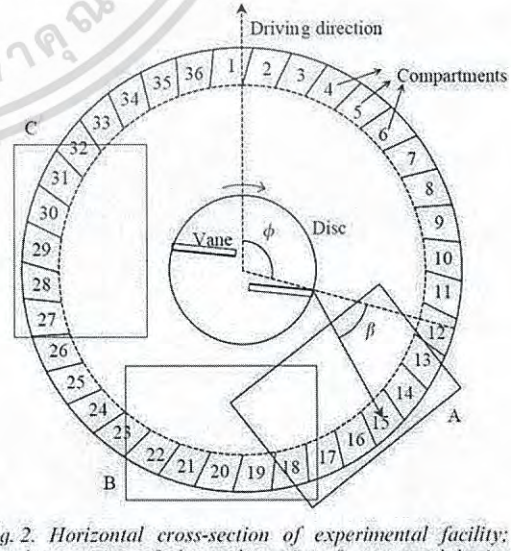
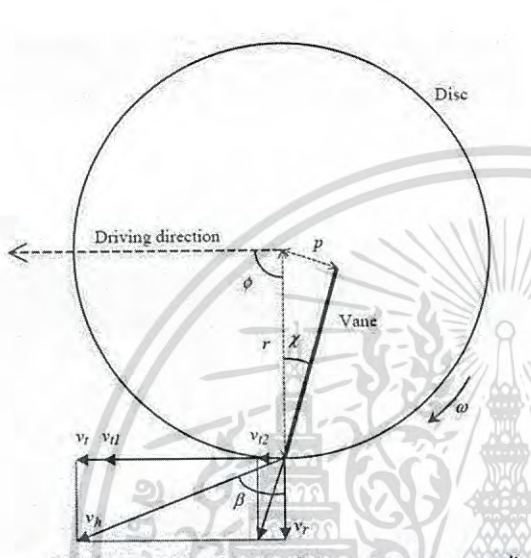


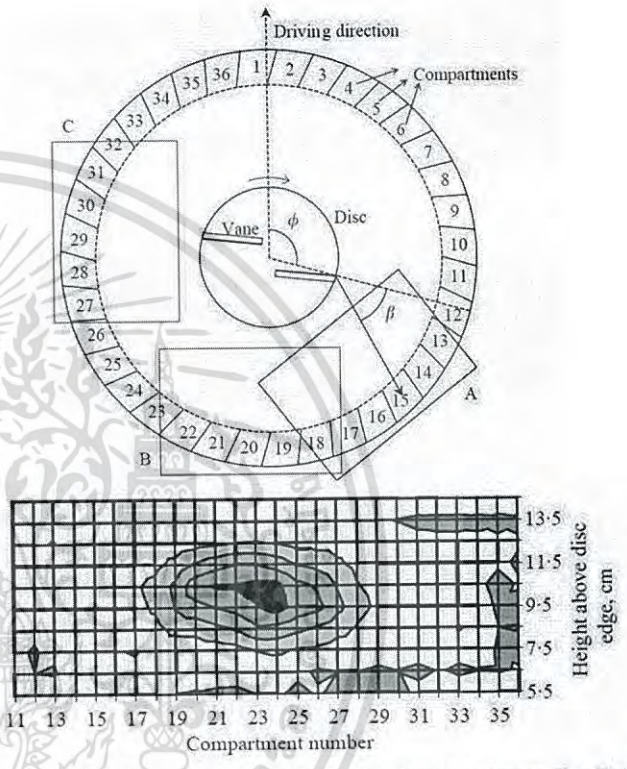
Fig. 2. Horizontal cross-section of experimental facility; ϕ, angular position of the outlet point; β, measured horizontal outlet angle; A, B and C, photographic fields of view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลผลข้อมูลการกระจายของปุ๋ยจากจานเหวี่ยงหนีศูนย์ด้วยเครื่อง TANGENTIAL AND CYLINDRICAL FERTILISER DISTRIBUTION PATTERN CHARACTERISATION (Reumers, J., Tijskens, E., & Ramon, H. (2003). Experimental characterisation of the tangential and cylindrical distribution pattern of centrifugal fertiliser spreaders: towards an alternative for spreading hall measurements. Biosystems Engineering, doi, 10, S1537-5110.)

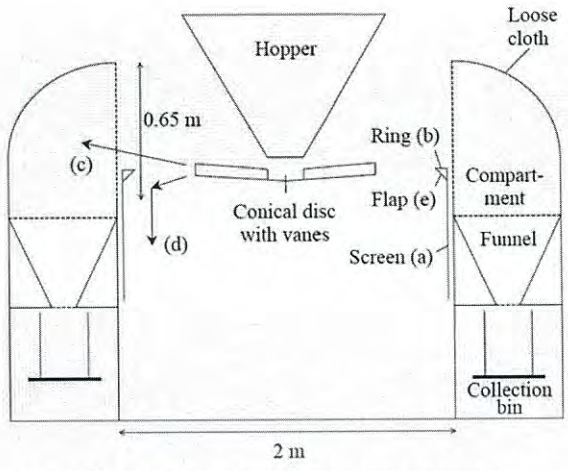


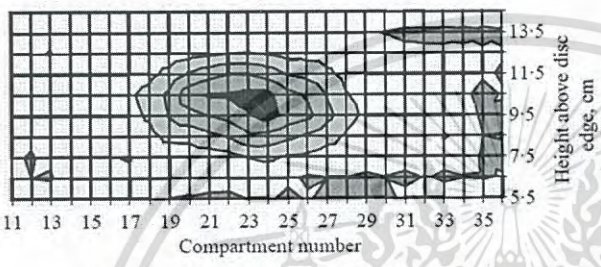
Calculation of horizontal velocity vector; p, perpendicular distance from the disc centre to the vane; r, disc radius; v_h, horizontal component of the particle outlet velocity; v_r, radial component of particle outlet velocity; v_t, resulting tangential component of the particle outlet velocity; v_{t1}, tangential component of the particle outlet velocity, resulting from the disc rotational velocity; v_{t2}, tangential component of the particle outlet velocity, resulting from the non-radial vane position; β, particle outlet angle with respect to the radial direction through the vane end; χ, vane position angle with respect to radial; ϕ, particle position angle at the disc edge with regard to spreader driving direction; w, disc rotational velocity



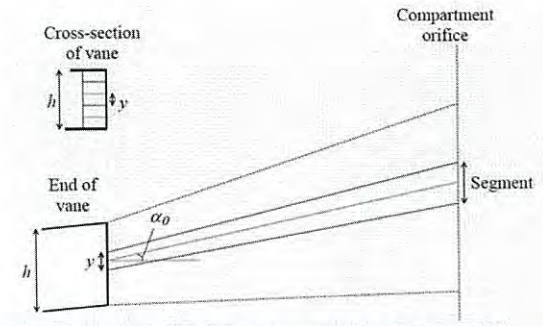
Example of a cylindrical distribution pattern (prilled product, long vanes); ■, invalid; □, 0–20 g; □, 20–40 g; ■, 40–60 g; ■, 60–80 g; ■, 80–100 g

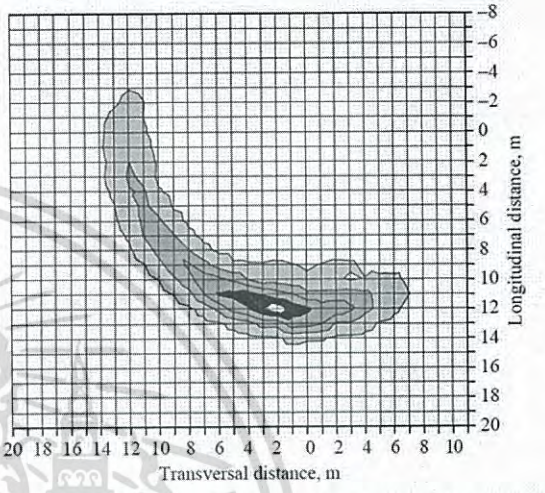
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





Example of a cylindrical distribution pattern (prilled product, long vanes); ■, invalid; □, 0–20 g; □, 20–40 g; ■, 40–60 g; ■, 60–80 g; ■, 80–100 g





Example of simulated static distribution pattern (granular product, short vanes); position of the disc centre = (0,0); □, 0–10 g; ■, 10–30 g; ■, 30–50 g; ■, 50–70 g; ■, 70–90 g; □, 90–110 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 สร้างเครื่องต้นแบบ (พลาสติก)

จุดมุ่งหมายในการสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับใช้ทดสอบการหว่านเบื้องต้นด้วยเพื่อกำหนดรูปแบบและมิติของเครื่องต้นแบบและใช้สำหรับปรับแก้รูปแบบเครื่องให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม

รูปที่ 3.1 เครื่องต้นแบบ

หลังจากสร้างเครื่องต้นแบบพลาสติกแล้วจึงได้ทำการทดลองดังนี้

3.1.1 ทดลองว่าชุดหว่านปุ๋ยสามารถหว่านปุ๋ยได้ตามที่ต้องการหรือไม่

3.1.2 ทดลองว่าชุดเก็บผลสามารถเก็บผลการทดลองตามที่ต้องการหรือไม่

3.1.3 เพื่อสังเกตพฤติกรรมการหว่านของปุ๋ยบนจานเหวี่ยงหนีศูนย์

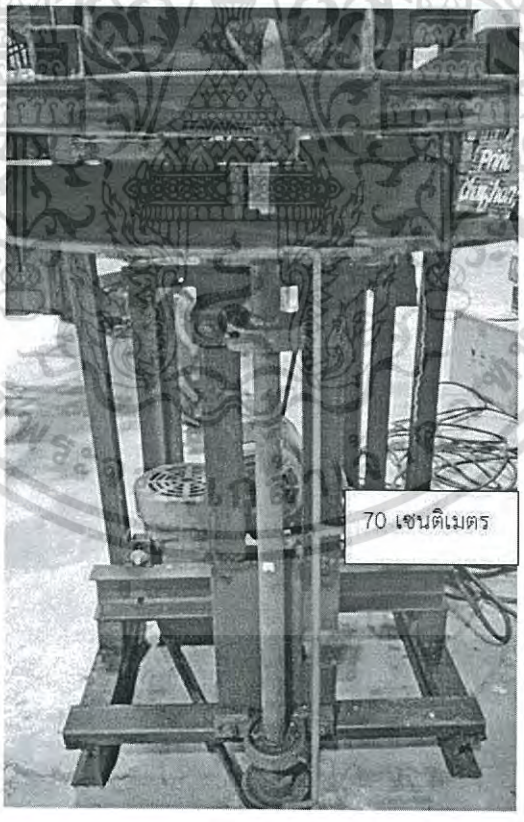
3.1.4 ปัญหาที่พบและการปรับแก้เครื่องต้นแบบ คือ

1. ความสูงของแผนกั้นช่องรับมีความสูงมากเกินไปคือความสูงของแผ่นกั้นมีความสูง 45 เซนติเมตร ส่วนความสูงของจานเหวี่ยงมีความสูง 50 เซนติเมตร เมื่อทำการทดสอบแล้วพบว่ามีเม็ดพลาสติกตกหล่นอยู่ด้านในเป็นจำนวนมาก (ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์) จึงทำการยกระดับจานให้สูงขึ้นจากเดิมอีก 9 เซนติเมตร แต่เม็ดพลาสติกก็ยังคงตกอยู่ด้านในเป็นจำนวนที่มาก จึงยกระดับความสูงของจานให้จานสูง 70 เซนติเมตร แล้วทำการทดสอบแต่ครั้งนี้จะเปลี่ยนเป็นปุ๋ย Urea แทนการใช้เม็ดพลาสติก ผลที่ได้จากการทดสอบ คือ ปุ๋ยไม่ชนกับแผ่นกั้นจึงทำให้ไม่มีปุ๋ยตกด้านใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 การทดลองด้วยเม็ดพลาสติก

2. ความสูงของจานคือระดับความสูงของจานไม่สูงพอที่จะทำให้เม็ดพลาสติกบางส่วนที่ถูกหว่านออกไปข้ามแผ่นกั้นไปได้จึงทำให้มีเม็ดพลาสติกตกอยู่ด้านในเป็นจำนวนมาก จึงทำการยกระดับความสูงของจานเป็น 70 เซนติเมตร (ดังรูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.3 จานเหวี่ยงที่ยกระดับความสูงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

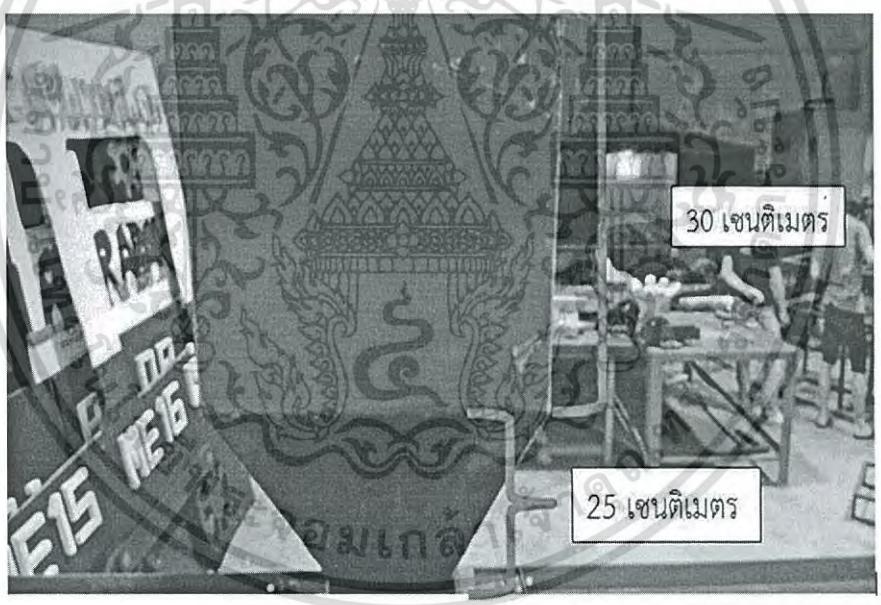
3. ข้อพกพร่องในช่องรับปุ๋ยคือเมื่อปุ๋ยถูกหว่านออกไปเมื่อเข้าไปในช่องรับผลแล้วมีการกระดอนกลับมาของปุ๋ย

4. ข้อบกพร่องในการปล่อยปุ๋ยบนจานเหวี่ยงคือปุ๋ยไม่ได้ถูกหว่านออกไป แต่เกิดการกระดอนบนจานจนไม่ได้เป็นการถูกเหวี่ยงออกไป จึงทำการกำหนดจุดปล่อยให้ใกล้กับจานมากที่สุด

3.2 ส่วนประกอบและคุณลักษณะของชุดหว่านปุ๋ยต้นแบบ

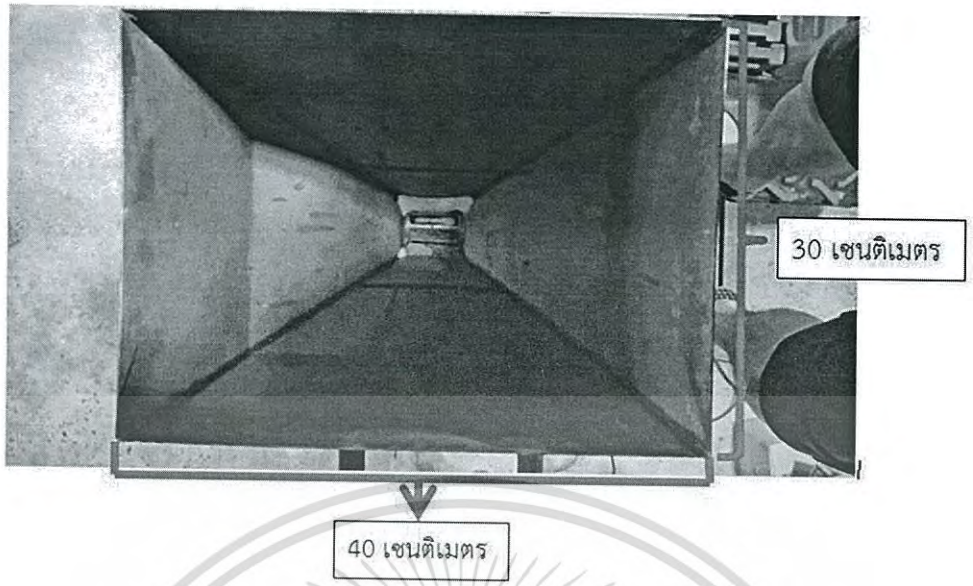
3.2.1 ชุดจ่ายปุ๋ย

ใช้สำหรับจ่ายปุ๋ยลงบนจานเหวี่ยงโดยมีความสูงทั้งหมด 55 เซนติเมตร โดยด้านในมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ความยาว 40 เซนติเมตร ภายในมีชุดกำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ย (Metering Device) มี 3 ครีบเพื่อจ่ายปุ๋ยลงไปยังจานเหวี่ยง (ดังรูปที่ 3.6)

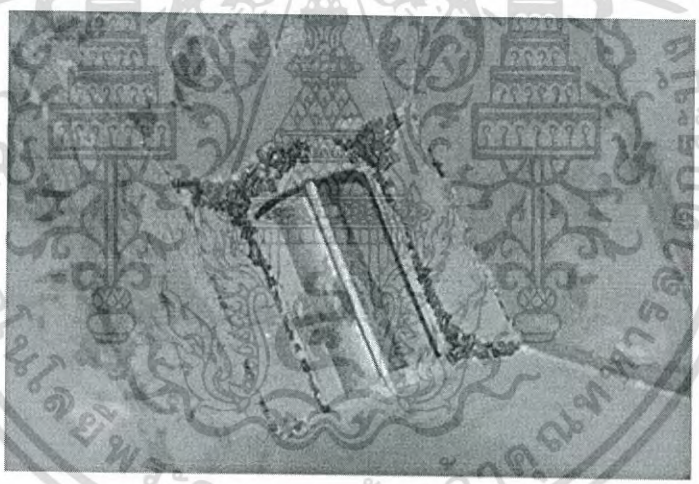


รูปที่ 3.4 ด้านข้างของถังบรรจุปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ด้านในของถังบรรจุปุ๋ย

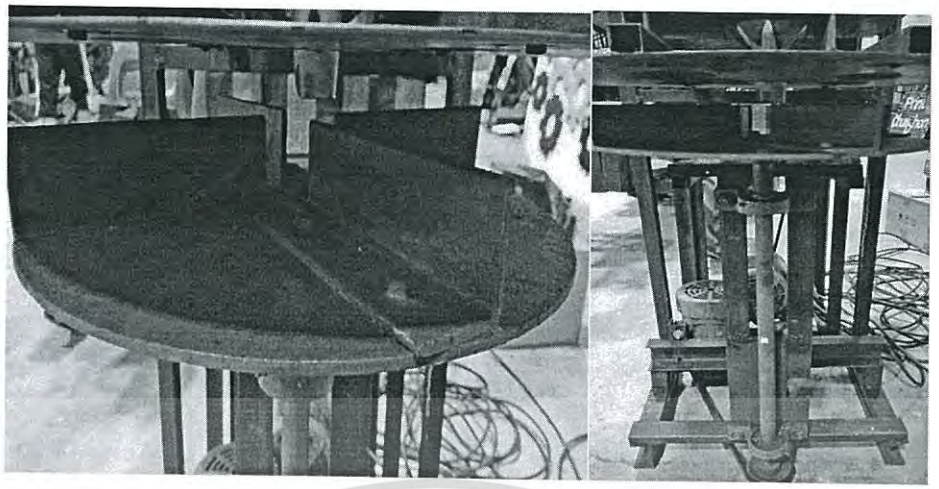


รูปที่ 3.6 ชุดกำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ย (Metering Device)

3.2.2 ชุดจานเหวี่ยงปุ๋ย

จานเหวี่ยงปุ๋ยเป็นจานชนิดแบนราบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร มีครีบทั้งหมด 4 ครีบ ความสูงจากพื้น 70 เซนติเมตร จานเหวี่ยงปุ๋ยจะถูกขับโดยมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 840 รอบต่อนาที เพื่อใช้ในการหว่านปุ๋ยออกไป

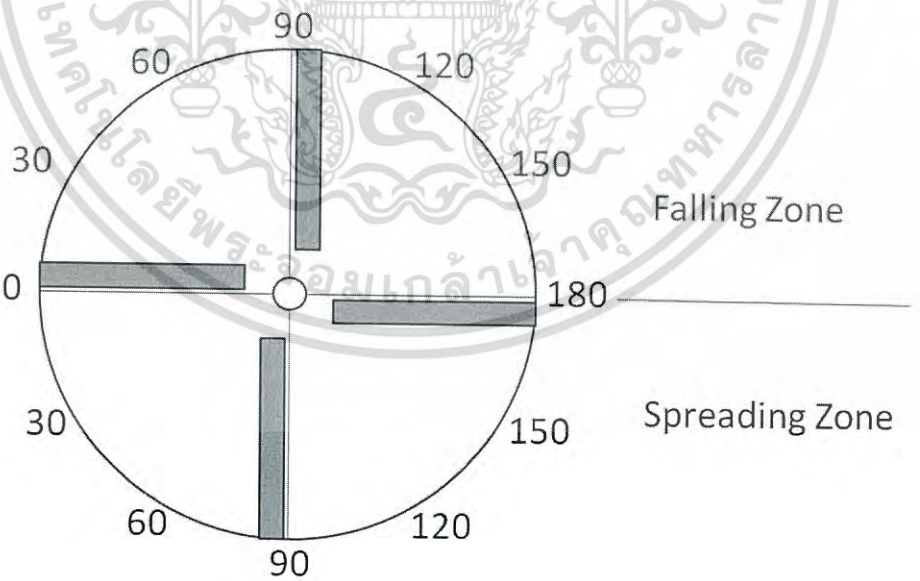
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 จานเหวี่ยงปุ๋ย

3.2.3 ชุดปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ย

ในการทดลองนั้นจะมีจุดปล่อย (มุม) ทั้งหมด 8 ระดับ ได้แก่ 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 จึงจำเป็นที่ต้องมีชุดปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ย โดยจะมีลักษณะเป็นวงกลมแล้วแบ่งองศา 10 องศาทั่วทั้งแผ่นจากนั้นจึงขีดเส้นและเขียนมุมองศาเพื่อใช้ในการปรับตำแหน่ง จะเจาะรูให้กรวยปล่อยปุ๋ยสามารถขยับไปตามมุมองศาที่ต้องการได้ (ดังรูปที่ 3.9) ชุดปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ยมีไว้เพื่อใช้ในการปรับตำแหน่งองศาของการจ่ายปุ๋ยตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งองศาของจานเหวี่ยงปุ๋ย

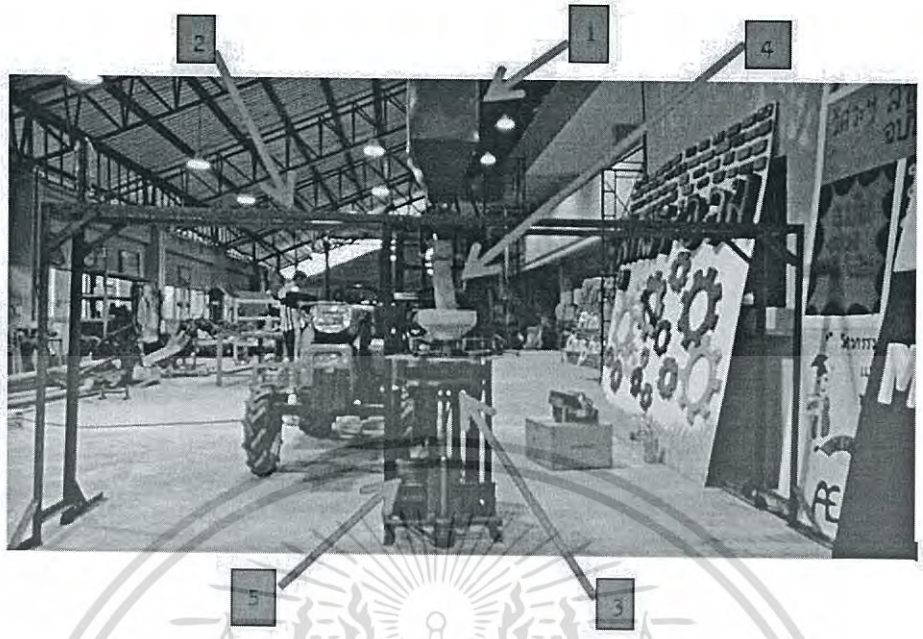
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 ตัวปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ย

3.2.4 โครงสร้างชุดจานเหวี่ยง

รูปที่ 3.10 บอกความยาวและความสูงของโครงสร้างชุดจานเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 โครงสร้างชุดจานเหวี่ยง

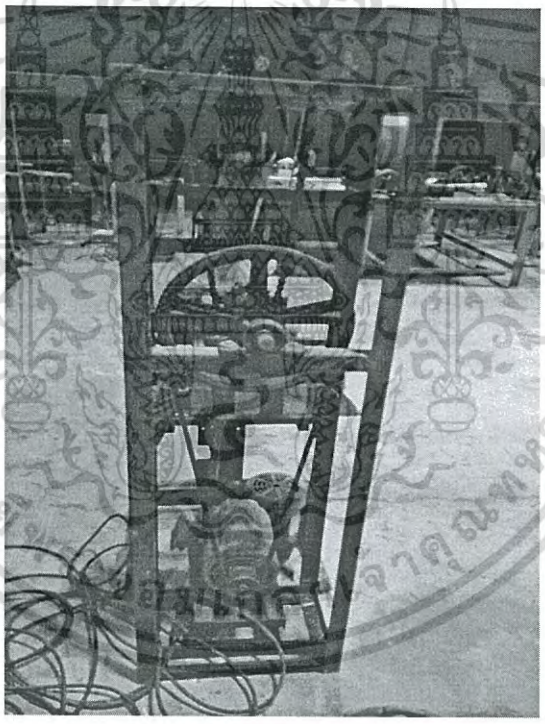
1. ถังบรรจุปุ๋ย (Hopper)
2. ชุดโครง
3. จานเหวี่ยงปุ๋ย
4. รางลำเลียงปุ๋ย
5. มอเตอร์

3.2.5 ชุดจ่ายและควบคุมความเร็วรอบ

มีมอเตอร์เพื่อขับจานเหวี่ยงปุ๋ยโดยจะมีอินเวอร์เตอร์เพื่อใช้ในการกำหนดรอบ (840 รอบต่อนาที โดยค่าที่ใช้ในอินเวอร์เตอร์คือ 25.9 Hz) มีชุดขับตัวกำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ย (Metering Device)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 อินเวอร์เตอร์

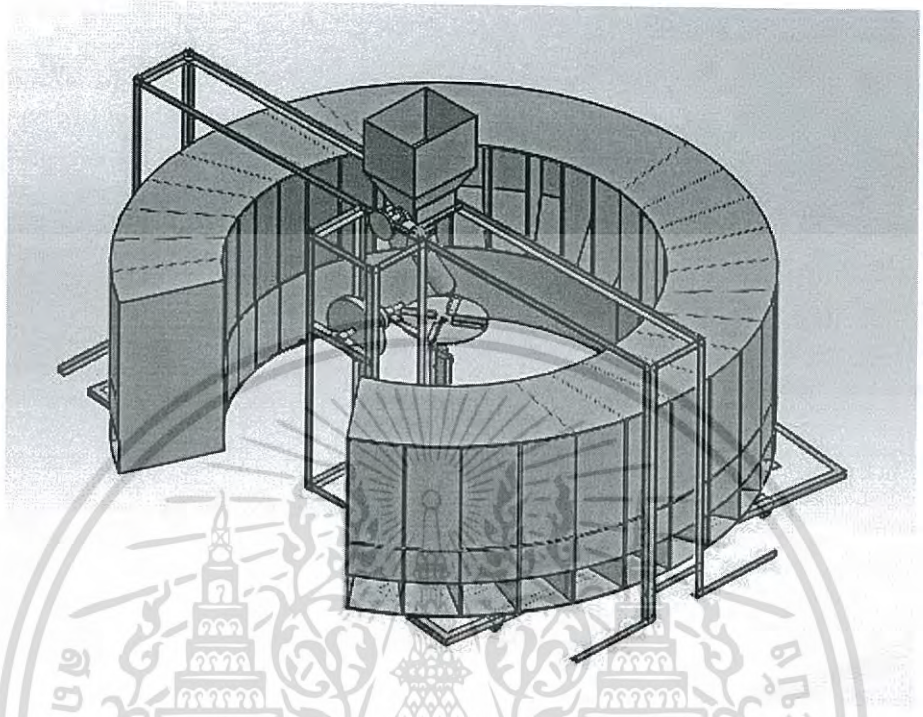


รูปที่ 3.13 กลไกลการขับชุดกำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ย (Metering Device)

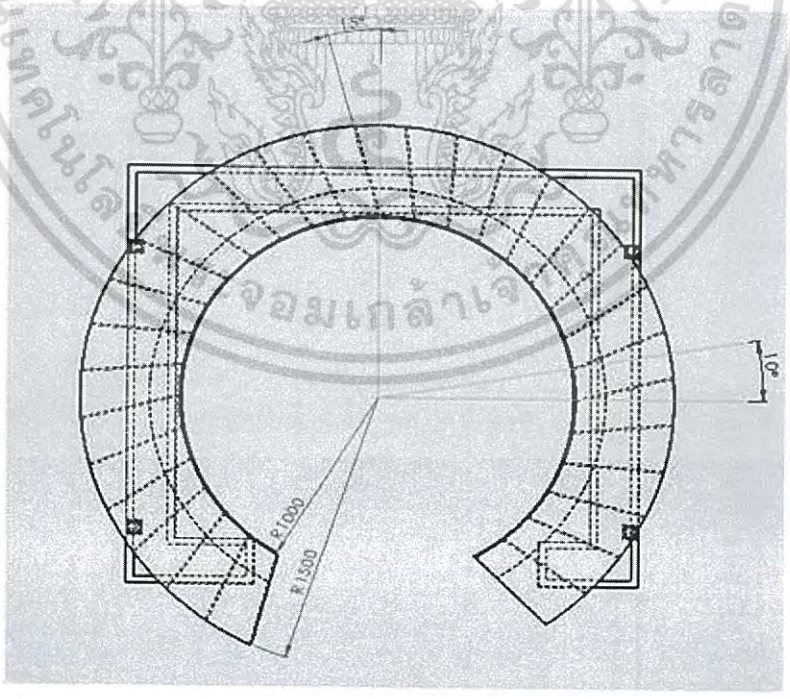
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แบบและการสร้างชุดเก็บข้อมูลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยง

3.3.1 แบบเครื่องจริง

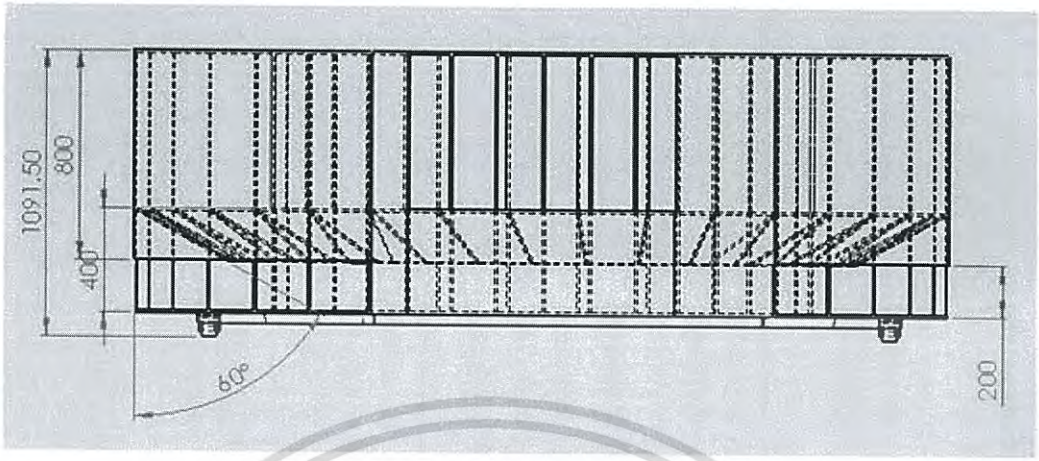


รูปที่ 3.14 รูปแบบของเครื่องเก็บผลเครื่องจริง



รูปที่ 3.15 แบบของเครื่องเก็บผลจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แบบของเครื่องเก็บผลจริง

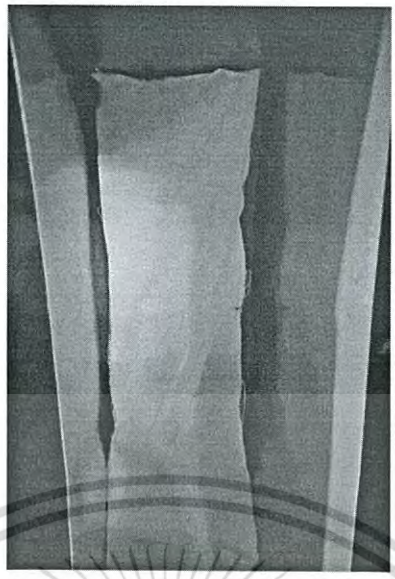
3.3.2 การสร้างเครื่องจริง

รูปที่ 3.17 การสร้างเครื่องจริง

3.3.3 การปรับปรุงเครื่องจริง

เนื่องจากได้มีการทดสอบกับเครื่องจริงแล้วพบว่ายังไม่เม็ดปุ๋ยที่เข้าช่องรับผลไปแล้วแต่มีการกระดอนออกมา จึงได้ทำการนำผ้ามาติดไว้ด้านในสุดในช่องรับผล เพื่อป้องกันการกระดอนกลับของเม็ดปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 ติดตั้งผ้าเพื่อป้องกันการกระดอนกลับของปุ๋ย

3.3.4 ถาดเก็บปุ๋ย

จะนำมาใส่ไว้ด้านล่างของเครื่องเก็บผลเพื่อเก็บเม็ดปุ๋ยออกจากเครื่อง

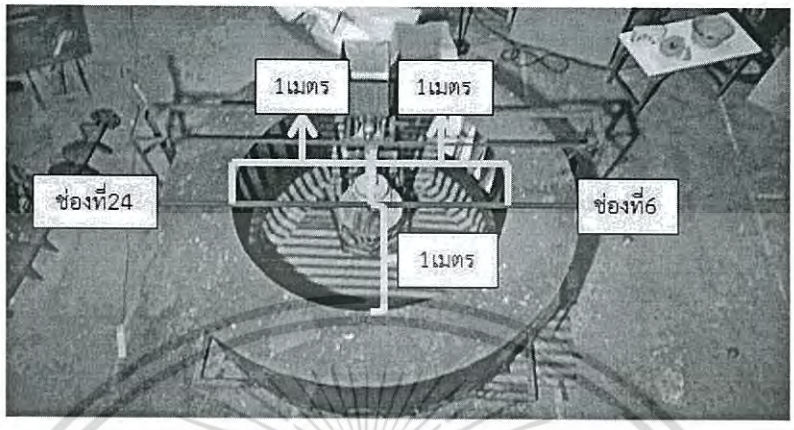
รูปที่ 3.19 ถาดเก็บปุ๋ย

3.4 การติดตั้งชุดทดสอบเพื่อการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

3.4.1 การติดตั้งชุดจ่ายปุ๋ยเข้ากับชุดเก็บผลการทดลอง

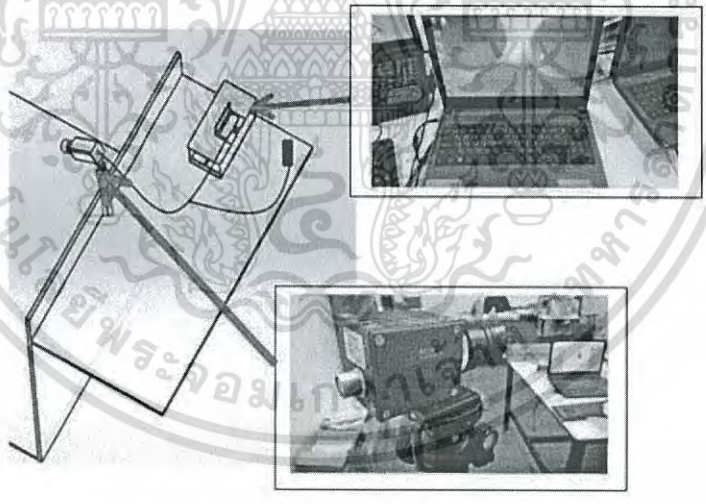
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการนำชุดเก็บผลมาครอบชุดจ่ายปุ๋ยโดยให้มุม 0 องศาตรงกับช่องเก็บผลช่องที่ 6 มุม 90 องศาตรงกับช่องเก็บผลช่องที่ 15 และมุม 180 องศาตรงกับช่องเก็บผลช่องที่ 24 จากนั้นทำการวัดจากจุดศูนย์กลางของจานเหวี่ยงให้ชุดเก็บข้อมูลห่างจากจาน 1 เมตร ทุกๆด้าน (ดังรูปที่ 3.20)



รูปที่ 3.20 ลักษณะการติดตั้งเครื่องทั้งหมด

3.4.2 การติดตั้งชุดเก็บภาพความเร็วสูงเข้ากับระบบบันทึกภาพความเร็วสูง



รูปที่ 3.21 ติดตั้งกล้องความเร็วสูง

1. นำกล้องความเร็วสูงมาประกอบติดกับเลนส์กล้อง

2. นำกล้องความเร็วสูงที่ประกอบกับเลนส์แล้วไปติดตั้งไว้กับขากล้อง

3. สายที่จะให้งานมีทั้งหมด 2 สาย คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สายเชื่อต่อระหว่างกล้องความเร็วสูงกับคอมพิวเตอร์

2. สายปลั๊กไฟของกล้อง

4. นำสายเชื่อมต่อระหว่างกล้องความเร็วสูงกับคอมพิวเตอร์มาต่อเข้ากับกล้องความเร็วสูง โดยการต่อจะต้องให้จุดสีแดงที่อยู่หลังกล้องชนกับจุดสีแดงที่อยู่บนสาย

5. นำปลายของสายเสียบเข้ากับคอมพิวเตอร์

6. นำสายไฟของกล้องที่เสียบกับปลั๊กไฟแล้วมาเสียบเข้ากับสายเชื่อมต่อกล้องกับคอมพิวเตอร์ โดยให้จุดสีแดงชนกับจุดสีแดง

7. นำ Dongle มาเสียบเข้ากับคอมพิวเตอร์

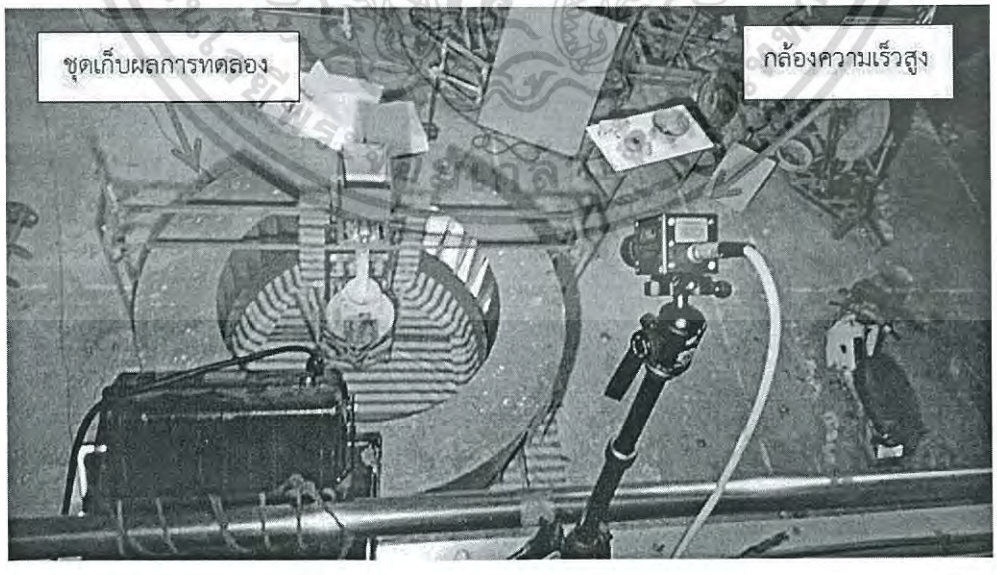
8. เปิดโปรแกรม Promon Studio

9. ตั้งกล้องให้เห็นภาพที่จะทำการถ่ายเสร็จแล้วให้กดคำสั่ง Start Recording เพื่อทำการบันทึกภาพ (ปุ่มสีเขียว)

10. เมื่อการบันทึกสิ้นสุดให้กด Save

3.4.3 การติดตั้งชุดถ่ายภาพความเร็วสูงเข้ากับเครื่องเก็บผล

เมื่อติดตั้งชุดเก็บผลการทดลองกับชุดการถ่ายภาพความเร็วสูงสิ้นสุดแล้ว นำกล้องมาตั้งปรับโฟกัสของกล้องให้เห็นจานเหวี่ยงโดยจะตั้งกล้องให้ถ่ายภาพตรงกลางจานความสูงจากจานถึงตัวกล้องคือ 4 เมตร



รูปที่ 3.22 แสดงการตั้งกล้องกับเครื่องเก็บผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ขั้นตอนการเดินเครื่องทดสอบและเก็บภาพการทดสอบด้วยชุดถ่ายภาพความเร็วสูง

1. ชั่งปุ๋ย Urea 1 กิโลกรัม

2. นำปุ๋ยไปใส่ในถังปล่อยที่เปิดช่องอัตราการไหลไว้ที่ 19.31 กิโลกรัมต่อนาที และกำหนดมุมปล่อยปุ๋ยลงบนจานที่ 30 องศา

3. เปิดสวิตช์ของจานเหวี่ยง โดยปรับค่าอินเวอร์เตอร์ให้อยู่ที่ 25.9 เฮิรตซ์ และทำการวัดความเร็วรอบจานให้ได้ 840 รอบต่อนาที

4. เปิดโปรแกรมบันทึกภาพ (Promon Studio) จะขึ้นสถานะ Live (พร้อมถ่าย)

5. เปิดไฟสปอร์ตไลท์เพื่อเตรียมบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพความเร็วสูง

6. เปิดสวิทช์เครื่องป้อนปุ๋ย พร้อมบันทึกภาพ

7. เมื่อการหว่านสิ้นสุดลงจึงปิดไฟและปิดสวิทช์ต่างๆทั้งหมด บันทึกวิดีโอและดูการหว่านปุ๋ยจากกล้องความเร็วสูง

8. ทำการเก็บผลการทดลองใส่ถุงพลาสติกเพื่อนำไปชั่งน้ำหนักของแต่ละช่อง

9. ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

10. จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนมุมของจุดปล่อยปุ๋ยบนจานจาก 30 องศา เป็น 40 องศา และทำซ้ำในข้อที่ 1-9 แล้วจึงจะเปลี่ยนมุมปล่อยปุ๋ยบนจาน จาก 40 องศาเป็น 50 องศา และทำซ้ำในข้อ 1-9 ทำเช่นนี้ไปจนกว่าจะถึง 100 องศา

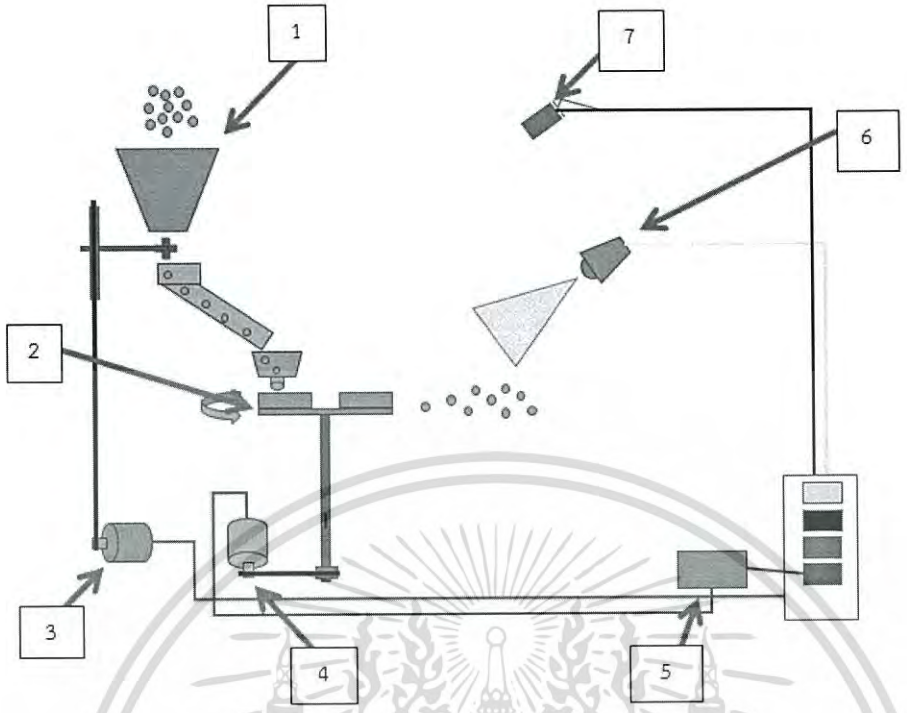
11. จากนั้นหรับช่องควบคุมอัตราการไหลเป็น 9.19 กิโลกรัมต่อนาที และทำซ้ำข้อ 1-9

12. ปรับช่องควบคุมอัตราการไกลเป็น 4.25 กิโลกรัมต่อนาที และทำซ้ำข้อที่ 1-9

13. เปลี่ยนชนิดปุ๋ยเป็น Kieserite แล้วทำซ้ำข้อ 1-12

14. เปลี่ยนชนิดปุ๋ยเป็น DAP แล้วทำซ้ำข้อ 1-12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงอุปกรณ์การทดลองในห้องปฏิบัติการ

1. Hopper
2. จานเหวี่ยงปุ๋ย
3. มอเตอร์ขับชุดปล่อยปุ๋ย
4. มอเตอร์ขับจานเหวี่ยงปุ๋ย
5. อินเวอร์เตอร์
6. ไฟสปอร์ตไลท์
7. กล้องความเร็วสูง ยี่ห้อ AOS Technologies AG รุ่น Promon 501 Frame rate 644 Fps คุณลักษณะของเลนส์ f=12.5mm./F1.4 โปรแกรมที่ใช้ในการบันทึก คือ Promon Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.24 กล้องความเร็วสูง

รูปที่ 3.25 โปรแกรม Promon Stadio

3.5 การทดลองวัดการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงหนีศูนย์ในห้องปฏิบัติการ

3.5.1 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ "อัตราการจ่ายปุ๋ย" "ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย" และ "ชนิดของปุ๋ย" ต่อการกระจายตัวของปุ๋ยในชุดการทดสอบ

โดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

1. อัตราการจ่ายปุ๋ยมี 3 ระดับ คือ 19.31 9.19 และ 4.25 กิโลกรัมต่อนาที
2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ยมี 8 ระดับ คือ 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 องศา
3. ชนิดของปุ๋ยมี 3 ชนิด คือ Urea Kieserite และ DAP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำการทดลองที่ระบุในหัวข้อที่ 3.4.4 จากนั้นจะเก็บผลการทดลองเป็นน้ำหนักของปุ๋ยในแต่ละช่อง

3.5.2 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ "อัตราการจ่ายปุ๋ย" "ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย" และ "ชนิดของปุ๋ย" ต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยง

โดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

1. อัตราการจ่ายปุ๋ยมี 3 ระดับ คือ 19.31 9.19 และ 4.25 กิโลกรัมต่อนาที
2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ยมี 8 ระดับ คือ 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 องศา
3. ชนิดของปุ๋ยมี 3 ชนิด คือ Urea Kieserite และ DAP

และทำการทดลองที่ระบุในหัวข้อที่ 3.4.4 จากนั้นจะเก็บภาพจากกล้องความเร็วสูงเพื่อหาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยง

3.5.3 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ "อัตราการจ่ายปุ๋ย" "ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย" และ "ชนิดของปุ๋ย" ต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของปุ๋ยไปยังเป้าหมาย

โดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

1. อัตราการจ่ายปุ๋ยมี 3 ระดับ คือ 19.31 9.19 และ 4.25 กิโลกรัมต่อนาที
2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ยมี 8 ระดับ คือ 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 องศา
3. ชนิดของปุ๋ยมี 3 ชนิด คือ Urea Kieserite และ DAP

และทำการทดลองที่ระบุในหัวข้อที่ 3.4.4 จากนั้นจะเก็บผลการทดลองเป็นน้ำหนักของปุ๋ยในแต่ละช่องและเก็บภาพจากกล้องความเร็วสูงเพื่อหาทิศทางการเคลื่อนที่ของปุ๋ยไปยังเป้าหมาย

3.6 การทดลองวัดการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงหนีศูนย์ ด้วยวิธีทดสอบตามวิธีมาตรฐาน

เพื่อศึกษาการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงหนีศูนย์ เมื่อปรับตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย 3 ระดับ คือ 30 70 และ 100 องศา

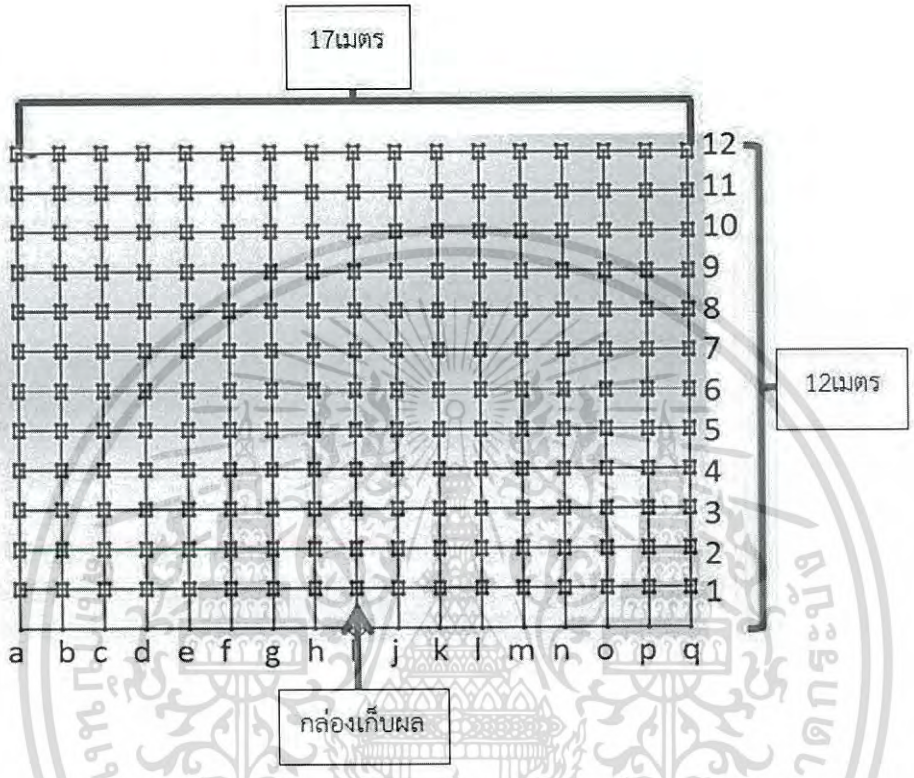
เงื่อนไขการทดลองในภาคสนาม

1. ปุ๋ย 1 ชนิด ได้แก่ Urea
2. อัตราการไหล 1 ระดับ ได้แก่ 19.31 กิโลกรัมต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับมุมของจุดปล่อย 3 ระดับ ได้แก่ 30 70 และ 100 องศา

การวางกล่องจะใช้พื้นที่ 17×12 ตารางเมตร และระยะห่างของแต่ละกล่องอยู่ที่ 1 เมตร



รูปที่ 3.26 การวางกล่องวิธีการทดลองแบบวิธีมาตรฐาน

ขั้นตอนการทดลองภาคสนาม

1. เตรียมพื้นที 17×12 ตารางเมตร แล้วทำการวัดเพื่อกำหนดจุดวางกล่องเก็บผลโดยกำหนดจุดห่างกันแต่ละจุดที่ 1 เมตร และทำการวางกล่องเก็บผลบนจุดที่กำหนดไว้แล้วทุกจุด

2. นำเครื่องหว่านปุ๋ยมาตั้งไว้ตรงกลางของแถวกล่องเก็บผลแถวแรก (ตามแนวความยาว) ให้จานห่างจากกล่องในแถวกล่องเก็บผลแรกที่ 1 เมตร

3. นำปุ๋ย Urea 5 กิโลกรัม มาใส่ในถังบรรจุปุ๋ยและปรับมุมในอยู่ที่ 30 องศา

4. เปิดสวิตช์ของจานเหวี่ยง โดยปรับค่าอินเวอร์เตอร์ให้อยู่ที่ 25.9 เฮิรตซ์ และทำการวัดความเร็วรอบจานให้ได้ 840 รอบต่อนาที

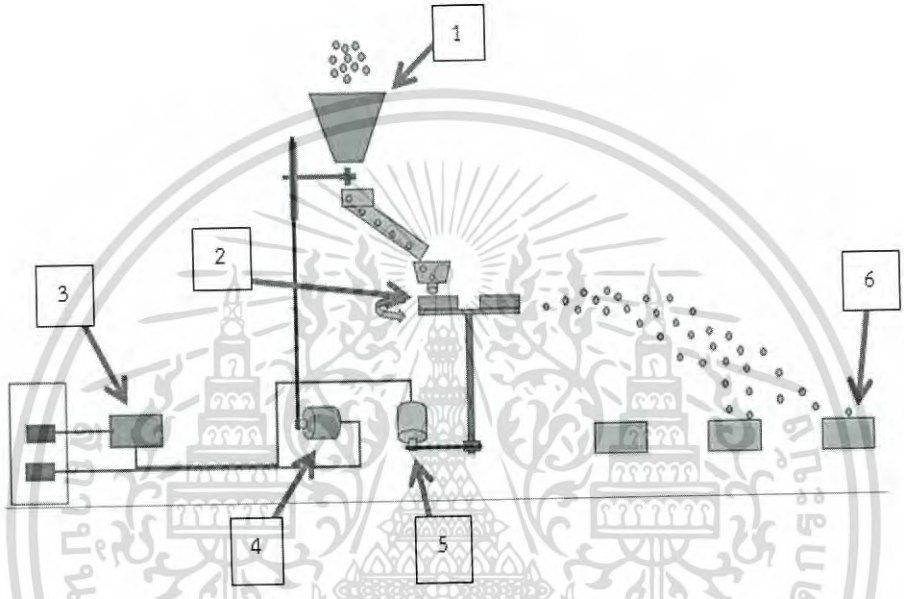
5. เปิดเครื่องปล่อยปุ๋ย เมื่อทำการทดลองสิ้นสุดปิดสวิตช์ต่างๆทั้งหมด แล้วจึงทำการเก็บปุ๋ยใส่ถุงพลาสติกที่เตรียมไว้ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เปลี่ยนมุมเป็น 70 องศา และทำการทดลองตามข้อ 1-6

7. เปลี่ยนมุมเป็น 100 องศา และทำการทดลองตามข้อ 1-6

8. นำปุ๋ยที่เก็บได้จากการทดลองมาชั่งน้ำหนัก และจดบันทึกผลการทดลองที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 3.27 แสดงอุปกรณ์การทดลองในภาคสนาม

1. Hopper

2. จานเหวี่ยงปุ๋ย

3. อินเวอร์เตอร์

4. มอเตอร์ขับชุดปล่อยปุ๋ย

5. มอเตอร์ขับจานเหวี่ยงปุ๋ย

6. กล่องเก็บผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.28 การทดลองในภาคสนาม

3.7 วิธีการแปลงผลการทดลอง (เครื่องต้นแบบที่1)

จากการทดลองในเครื่องมือทดสอบและการทดลองด้วยวิธีมาตรฐาน ทั้งหมดเพื่อที่จะพิสูจน์ให้ได้ว่าเครื่องมือที่ได้สร้างขึ้นมานั้นสามารถใช้แทนวิธีการทดลองแบบเดิมได้

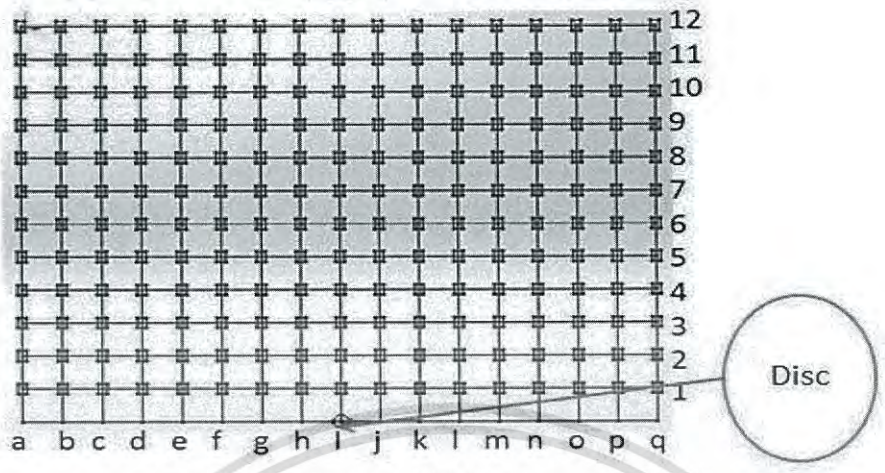
ซึ่งการทดลองในเครื่องมือทดสอบจะบ่งบอกถึงหน้ากว้างของการกระจายของปุ๋ยได้และสามารถสังเกตพฤติกรรมของเม็ดปุ๋ยได้จากกล้องความเร็วสูง แต่ไม่สามารถสรุปออกมาเป็น รูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยบนพื้นที่จริงได้ เนื่องจากการทดลองในเครื่องมือทดสอบนั้นใช้พื้นที่จำกัด

จึงต้องทำการทดลองด้วยวิธีมาตรฐาน เพื่อนำผลที่ได้มาเทียบกับในเครื่องมือทดสอบ แล้วดูว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาเป็นเครื่องมือทดสอบนั้นสามารถใช้แทนวิธีทดลองแบบเดิมได้

แล้วจึงสร้างวิธีการแปลผลจากข้อมูลที่ได้จากชุดทดสอบที่สร้างขึ้นให้เป็นรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยที่คล้ายคลึงกับการทดลองบนพื้นที่จริง (วิธีการมาตรฐาน) ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

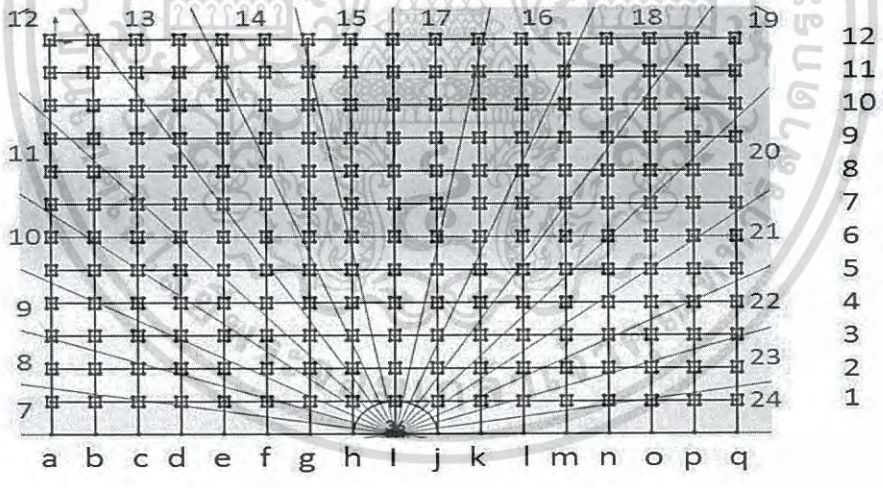
1. ลักษณะของการวางกล่องมีทั้งหมด 204 กล่อง (ใช้พื้นที่ 17×12 ตางรางเมตร) โดยแต่ละกล่องจะมีระยะห่างที่ 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 แสดงการวางกล่องการทดลองของวิธีมาตรฐาน

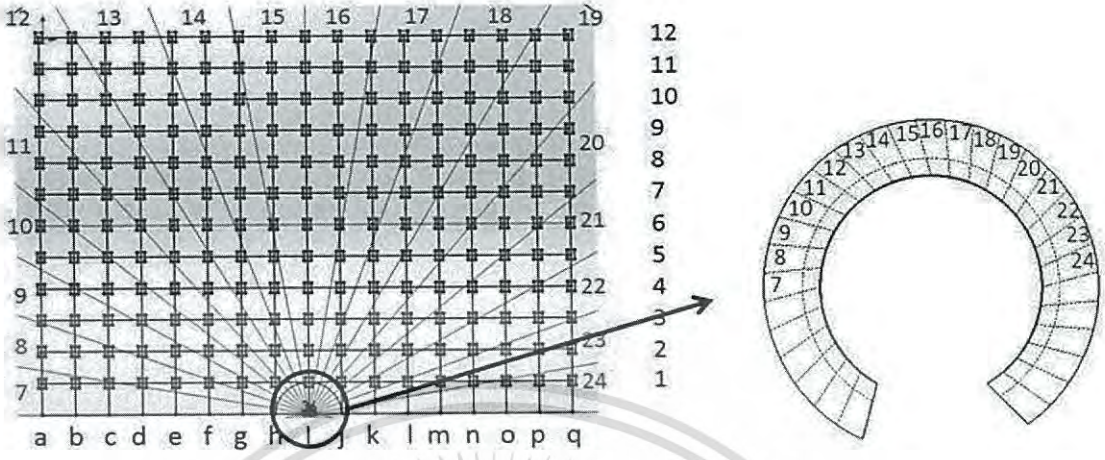
2. นำน้ำหนักปุ๋ยในชุดทดสอบ ตั้งแต่ช่องที่ 7-24 มาเฉลี่ยใส่กล่องเก็บผลในรูปแบบเดียวกับการทดลองโดยวิธีมาตรฐาน



รูปที่ 3.30 แสดงการเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐาน

โดยจะแบ่งช่องตามลักษณะของช่องเก็บผลของเครื่องทดสอบ ช่องที่ 7-24 ดังรูปที่ 3.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 แสดงการเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐาน

จาก (รูปที่ 3.31) จะสามารถตอบได้ว่า

กล่อง a1 , b1 และ c1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 7

a2 , b2 , c2 , d1 , e1 และ f1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 8

a3 , a4 , b3 , b4 , c3 , d2 , e2 และ g1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์

a5 , a6 , b5 , c4 , c5 , d3 , d4 , e3 และ f2 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 10

a7 , a8 , a9 , b6 , b7 , b8 , c6 , c7 , d5 , e4 , f3 , g2 และ h1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 11

a10 , a11 , a12 , b9 , b10 , b11 , b12 , c8 , c9 , c10 , d6 , d7 , d8 , e5 , e6 , f4 , f5 และ g3 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 12

c11 , c12 , d9 , d10 , d11 , d12 , e7 , e8 , e9 , e10 , e11 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 13

e12 , f9 , f10 , f11 , f12 , g6 , g7 , g8 , g9 , g10 , g11 , h3 , h4 , h5 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 14

i1 , i2 , i3 , i4 , i5 , i6 , i7 , i8 , i9 , i10 , i11 , i12 อย่างละครึ่งกล่อง h6 , h7 , h8 , h9 , h10 , h11 , h12 และ g12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 15

i1 , i2 , i3 , i4 , i5 , i6 , i7 , i8 , i9 , i10 , i11 , i12 อย่างละครึ่งกล่อง j6 , j7 , j8 , j9 , j10 , j11 , j12 และ k12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

j3 , j4 , j5 , k6 , k7 , k8 , k9 , k10 , k11 , l9 , l10 , l11 , l12 และ m12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 17

j2 , k4 , k5 , l6 , l7 , l8 , m7 , m8 , m9 , m10 , m11 , n9 , n10 , n11 , n12 , o11 และ o12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 18

k3 , l4 , l5 , m5 , m6 , n6 , n7 , n8 , o8 , o9 , 010 , p9 , p10 , p11 , p12 , q10 , q11 และ q12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 19

j1 , k2 , l3 , m4 , n5 , o6 , o7 , p6 , p7 , p8 , q7 , q8 และ q9จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 20

l2 , m3 , n4 , n4 , o4 , o5 , p5 , q5 และ q6 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 21

k1 , m2 , n2 , o3 , p3 , p4 , q3 และ q4 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 22

l1 , m1 , n1 , o2 , p2 และ q2 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 23

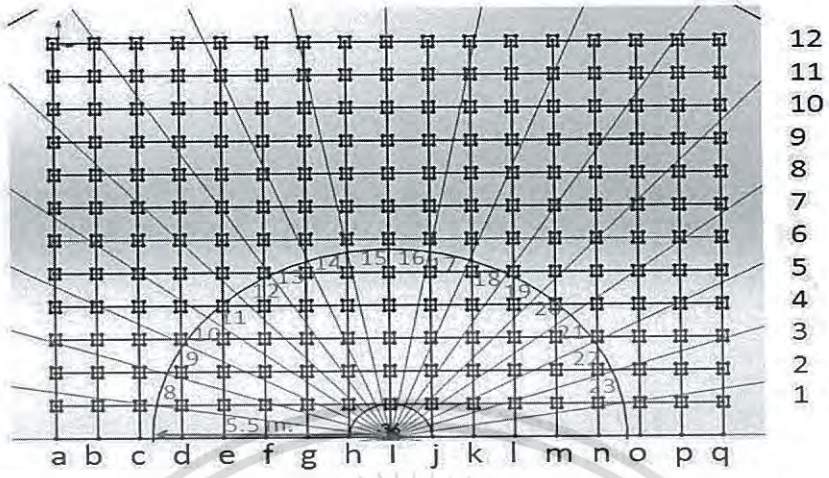
o1 , p1 และ q1จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 24

2. จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ย เพื่อดูลักษณะของกราฟว่าคล้ายคลึงกับรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยที่แท้จริงหรือไม่

3. ใช้การคำนวณเรื่องการเคลื่อนที่เข้ามาใช้เพื่อหาระยะทางของปุ๋ยที่เคลื่อนที่ไปในแนวราบแล้วนำข้อมูลน้ำหนักปุ๋ยในชุดทดสอบมาเฉลี่ยใส่กล่องเก็บผลเฉพาะในระยะทางที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ในแนวราบดังนี้

การคำนวณระยะทางของปุ๋ยที่เคลื่อนที่ไปในแนวราบได้ระยะทางเท่ากับ 5.5 เมตร ซึ่งหาได้จากการคำนวณหาความเร็วของเม็ดปุ๋ยและทิศทางการเคลื่อนที่ของปุ๋ยจากสมการที่ 2.2 และ 2.3 ซึ่งจะได้ความเร็วออกมา ตำแหน่งระยะทางเชิงมุมจะหาได้จากสมการที่ 2.1 ทิศทางการเคลื่อนที่หาได้จากสมการที่ 2.4 จากสมการที่ 2.11 เราสามารถคำนวณหาเวลาได้ เพราะเรารู้ความเร็วและความสูงของจานเหวี่ยง เมื่อเรารู้เวลาแล้วเราสามารถคำนวณระยะทางได้จากสมการที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 แสดงแสดงการเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐานโดยคิดเฉพาะจำนวนกล่องที่อยู่ในบริเวณระยะทางที่ปุ่ยเคลื่อนที่ในแนวราบ

จาก (รูปที่ 3.32) จะสามารถตอบได้ว่า กล่อง

d1 , e1 และ f1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 8

d2 , e2 และ g1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 9

d3 , e3 และ f2 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 10

e4 , f3 , g2 และ h1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 11

f4 , f5 และ g3 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์12

g4 , g5 และ h2 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์13

h3 , h4 และ h5 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 14

i1 , i2 , i3 , i4 และ i5 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 15 และ 16

j3 , j4 และ j5 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 17

j2 , k4 และ k5 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 18

k3 , l4 และ l5 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 19

j1 , k2 , l3 และ m4 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 20

l2 , m3 และ n3 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

k1 , m2 และ n2 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 22

l1 , m1 และ n1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 23

3.8 ปรับปรุงเครื่องต้นแบบ 2

จุดมุ่งหมายในการปรับแก้เครื่องต้นแบบเพื่อให้สะดวกในการเก็บผลการทดลองสำหรับใช้ทดสอบการหว่านเบื้องต้นด้วยเพื่อกำหนดรูปแบบและวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยเครื่องต้นแบบและใช้สำหรับปรับแก้รูปแบบเครื่องให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสม

3.8.1 แก้ไขช่องเก็บผลใหม่เพื่อให้ง่ายและประหยัดเวลาต่อการเก็บผลการทดลอง

รูปที่ 3.33 ปรับแก้เครื่องต้นแบบ

3.8.2 ปรับแก้ฝาครอบและจุดปล่อยปุ๋ยเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ

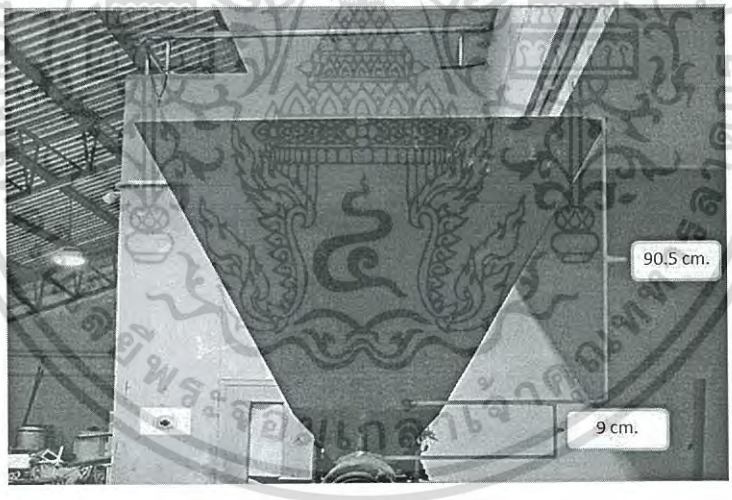
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.34 ปรับแก้ฝาครอบและจุดปล่อยปุ๋ยเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ

3.9 ส่วนประกอบและคุณลักษณะของชุดหว่านปุ๋ย

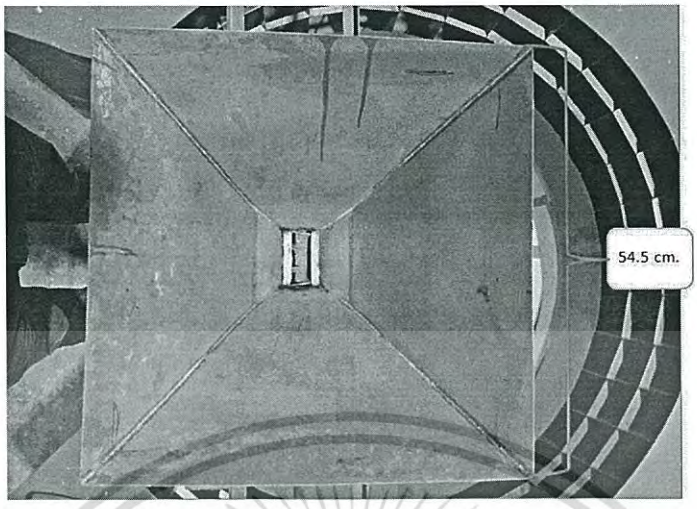
3.9.1 ชุดจ่ายปุ๋ย

ใช้สำหรับจ่ายปุ๋ยลงบนจานเหวี่ยงโดยมีความสูงทั้งหมด 109 เซนติเมตร โดยด้านในมีความกว้าง 54.5 เซนติเมตร ความยาว 54.5 เซนติเมตร ภายในมีชุดกำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ยด้วยสกรูลำเลียงเพื่อลำเลียงปุ๋ยลงไปยังจานเหวี่ยง (ดังรูปที่ 3.6)

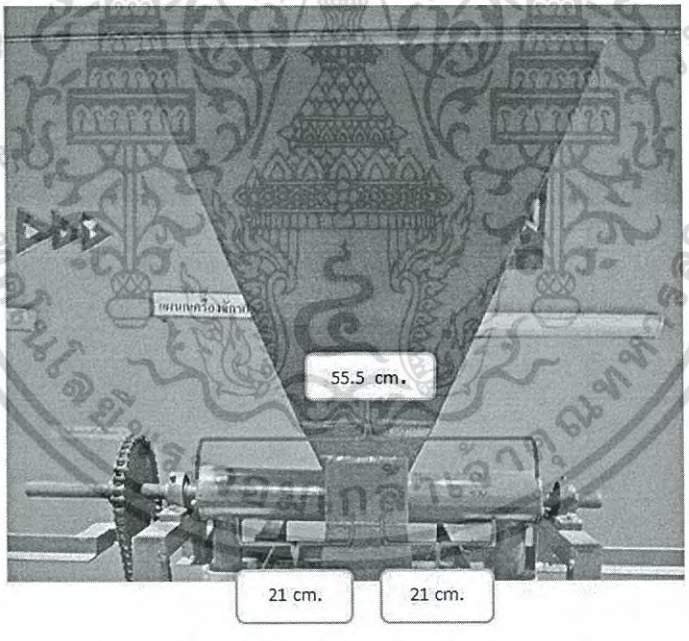


รูปที่ 3.35 ด้านข้างของถังบรรจุปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

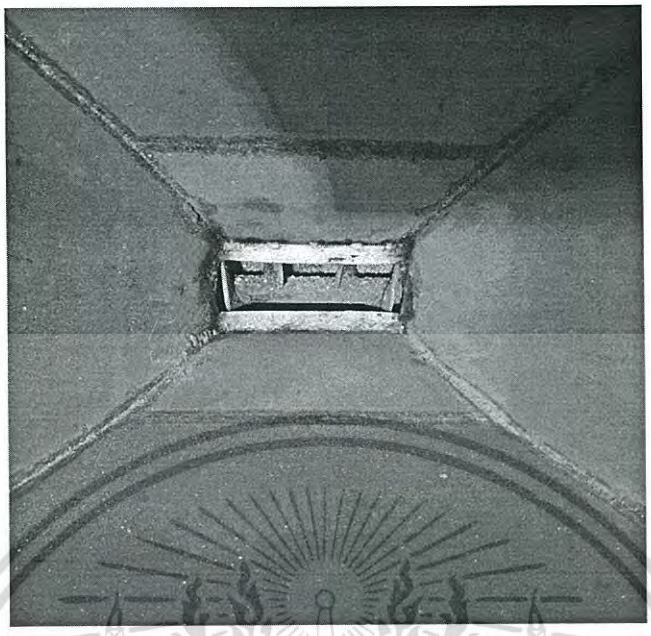


รูปที่ 3.35 ด้านในของถังบรรจุปุ๋ย



รูปที่ 3.36 ขนาดความยาวของท่อและสกรูลำเลียง

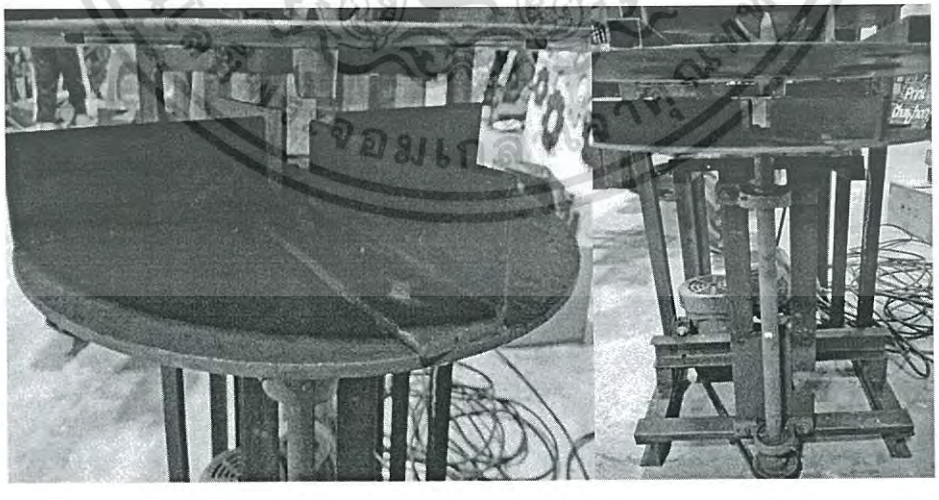
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.37 ชุดกำหนดปริมาณการจ่ายปุ๋ยด้วยสกรูลำเลียง

3.9.2 ชุดจานเหวี่ยงปุ๋ย

จานเหวี่ยงปุ๋ยเป็นจานชนิดแบนราบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร มีครีบทั้งหมด 4 ครีบ ความสูงจากพื้น 70 เซนติเมตร จานเหวี่ยงปุ๋ยจะถูกขับโดยมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 840 รอบต่อนาที เพื่อใช้ในการหว่านปุ๋ยออกไป

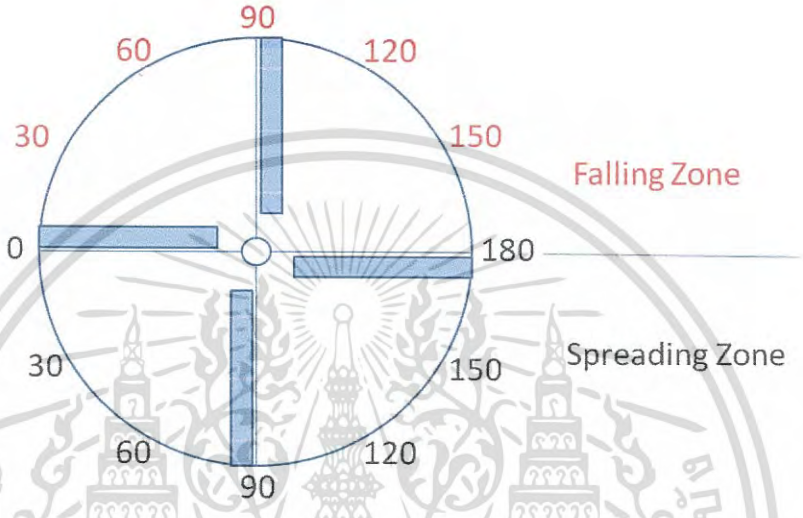


รูปที่ 3.38 จานเหวี่ยงปุ๋ย

3.9.3 ชุดปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองนั้นจะมีจุดปล่อย (มุม) ทั้งหมด 11 ระดับ ได้แก่ 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 จึงจำเป็นที่ต้องมีชุดปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ย โดยจะมีลักษณะเป็นวงกลมแล้วแบ่งองศา 10 องศาทั่วทั้งแผ่นจากนั้นจึงขีดเส้นและเขียนมุมองศาเพื่อใช้ในการปรับตำแหน่ง จะเจาะรูให้กรวยปล่อยปุ๋ยสามารถขยับไปตามมุมองศาที่ต้องการได้ (ดังรูปที่ 3.9) ชุดปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ยมีไว้เพื่อใช้ในการปรับตำแหน่งองศาของการจ่ายปุ๋ยตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.39 ตำแหน่งองศาของจานเหวี่ยงปุ๋ย

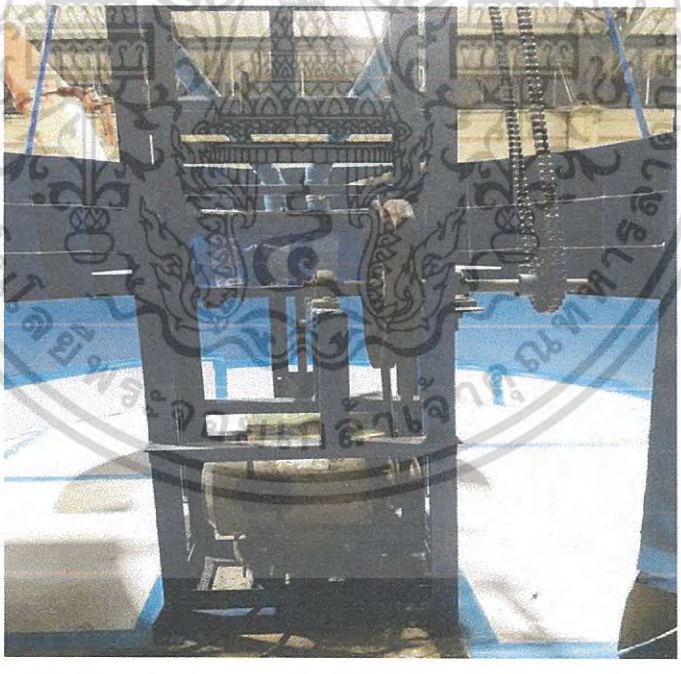
รูปที่ 3.40 ตัวปรับตำแหน่งจ่ายปุ๋ย

3.9.4 ชุดควบคุมการจ่ายและควบคุมความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีมอเตอร์เพื่อขับจานเหวี่ยงปุ๋ยโดยเซ็ตชุดส่งกำลังพลู่เล่ตัวขับ 3.5 นิ้วและพลู่เล่ตัวตาม 6 นิ้วเพื่อให้ได้ (840 รอบต่อนาที) และมีอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมปริมาณการจ่ายปุ๋ย (Metering Device)

รูปที่ 3.41 อินเวอร์เตอร์

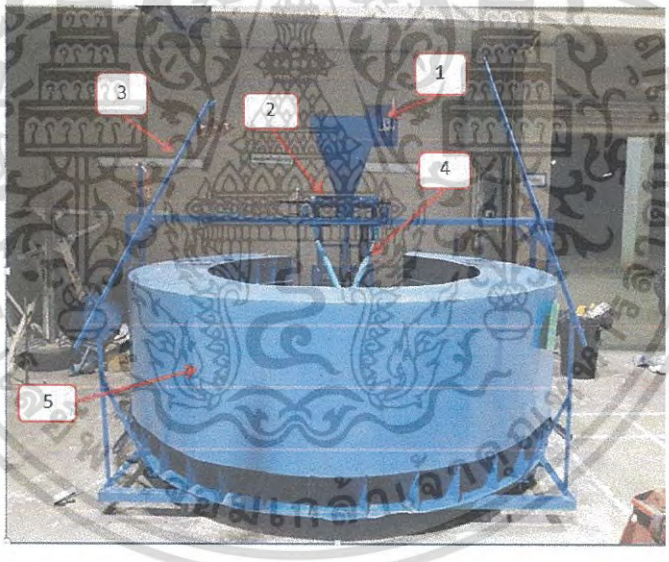


รูปที่ 3.42 กลไกลการขับจานเหวี่ยง

3.9.5 โครงสร้างชุดจานเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.43 บอกความยาวและความสูงของโครงสร้างชุดจานเหวี่ยง



รูปที่ 3.44 โครงสร้างเครื่องหว่านปุ๋ยและเครื่องวัดผลการกระจายของปุ๋ย

1. ถังบรรจุปุ๋ย (Hopper)
2. สกรูลำเลียง
3. ขายึดไฟสปอร์ตไลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รางลำเลียงปุ๋ย
5. เครื่องวัดผลการกระจายของปุ๋ย

3.9.6 ตารางอัตราการไหลและความเร็วรอบของสกรูลำเลียง (ปุ๋ยยูเรีย)

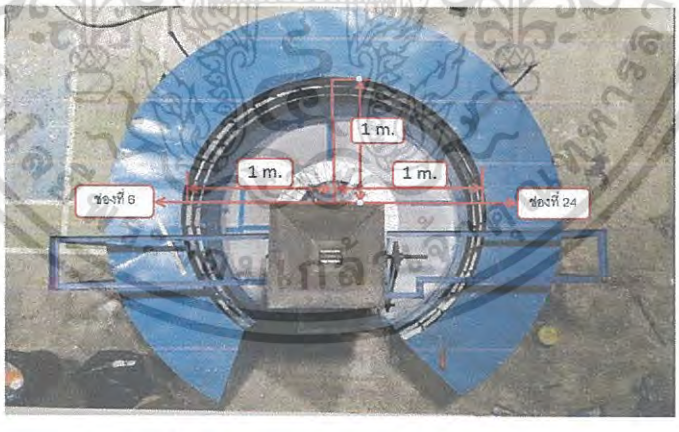
ตารางที่ 3.1 อัตราการไหลของปุ๋ยยูเรีย

ปุ๋ยยูเรีย	
อัตราการไหล 4.2	
6.4 Hz	31.7 rpm
อัตราการไหล 9.19	
13.6 Hz	69.6 rpm
อัตราการไหล 19.31	
27.6 Hz	143.9 rpm

3.10 การติดตั้งชุดทดสอบเพื่อการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

3.10.1 การติดตั้งชุดจ่ายปุ๋ยเข้ากับชุดเก็บผลการทดลอง

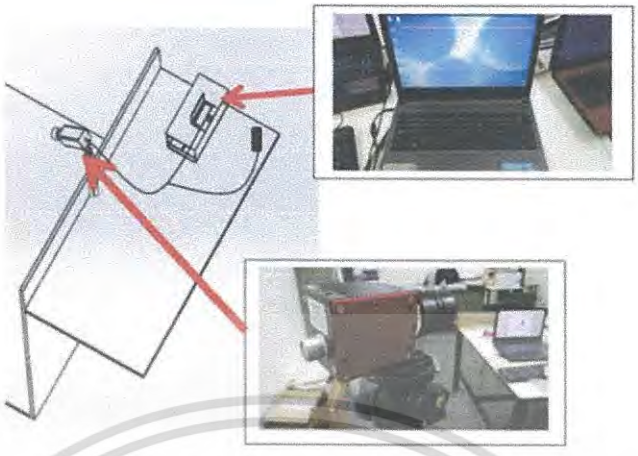
ทำการนำชุดเก็บผลมาครอบชุดจ่ายปุ๋ยโดยให้มุม 0 องศาตรงกับช่องเก็บผลช่องที่ 6 มุม 90 องศาตรงกับช่องเก็บผลช่องที่ 15 และมุม 180 องศาตรงกับช่องเก็บผลช่องที่ 24 จากนั้นทำการวัดจากจุดศูนย์กลางของจานเหวี่ยงให้ชุดเก็บข้อมูลห่างจากจาน 1 เมตร ทุกๆด้าน (ดังรูปที่ 3.14)



รูปที่ 3.45 ลักษณะการเซ็ตเครื่องทั้งหมด

3.10.2 การติดตั้งชุดเก็บภาพความเร็วสูงเข้ากับระบบบันทึกภาพความเร็วสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.46 ติดตั้งกล้องความเร็วสูง

1. นำกล้องความเร็วสูงมาประกอบติดกับเลนส์กล้อง

2. นำกล้องความเร็วสูงที่ประกอบกับเลนส์แล้วไปติดตั้งไว้กับขากล้อง

3. สายที่จะให้งานมีทั้งหมด 2 สาย คือ

    1. สายเชื่อต่อระหว่างกล้องความเร็วสูงกับคอมพิวเตอร์

    2. สายปลั๊กไฟของกล้อง

4. นำสายเชื่อมต่อระหว่างกล้องความเร็วสูงกับคอมพิวเตอร์มาต่อเข้ากับกล้องความเร็วสูง โดยการต่อจะต้องให้จุดสีแดงที่อยู่หลังกล้องชนกับจุดสีแดงที่อยู่บนสาย

5. นำปลายของสายเสียบเข้ากับคอมพิวเตอร์

6. นำสายไฟของกล้องที่เสียบกับปลั๊กไฟแล้วมาเสียบเข้ากับสายเชื่อมต่อกล้องกับคอมพิวเตอร์ โดยให้จุดสีแดงชนกับจุดสีแดง

7. นำ Dongle มาเสียบเข้ากับคอมพิวเตอร์

8. เปิดโปรแกรม Promon Studio

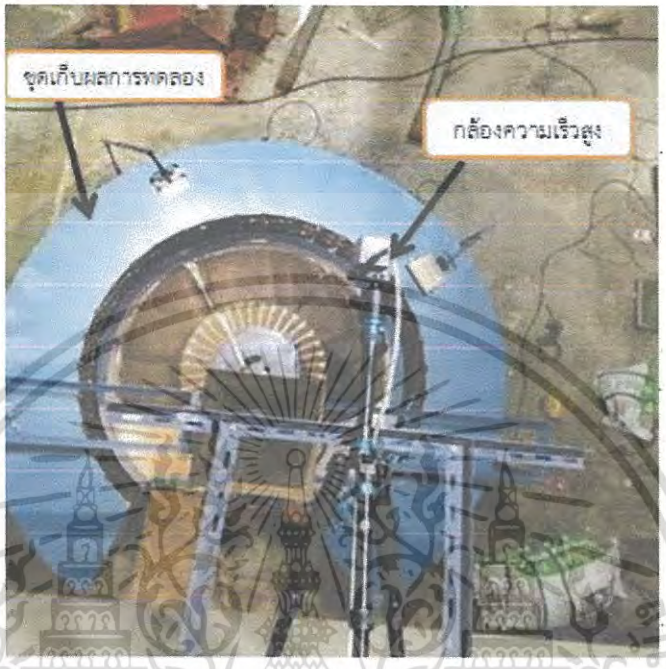
9. ตั้งกล้องให้เห็นภาพที่จะทำการถ่ายเสร็จแล้วให้กดคำสั่ง Start Recording เพื่อทำการบันทึกภาพ (ปุ่มสีเขียว)

10. เมื่อการบันทึกสิ้นสุดให้กด Save

3.10.3 การติดตั้งชุดถ่ายภาพความเร็วสูงเข้ากับเครื่องเก็บผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อติดตั้งชุดเก็บผลการทดลองกับชุดการถ่ายภาพความเร็วสูงสิ้นสุดแล้ว นำกล้องมาตั้งปรับโฟกัสของกล้องให้เห็นจานเหวี่ยงโดยจะตั้งกล้องให้ถ่ายภาพตรงกลางจานความสูงจากจานถึงตัวกล้องคือ 4 เมตร



รูปที่ 3.47 การตั้งกล้องกับเครื่องเก็บผล

3.10.4 ขั้นตอนการเดินเครื่องทดสอบและเก็บภาพการทดสอบด้วยชุดถ่ายภาพความเร็วสูง

1. ชั่งปุ๋ย Urea 5 กิโลกรัม

2. นำปุ๋ยไปใส่ในถังปรับอัตราการไหลไว้ที่ 19.31 กิโลกรัมต่อนาที โดยปรับอินเวอร์เตอร์ให้อยู่ที่ 27.6 เฮิรตซ์ จะได้ความเร็วรอบอยู่ที่ 144 รอบต่อนาที

3. กำหนดมุมปล่อยปุ๋ยลงบนจานจุดแรกที่ 10,30,50,70 องศา และระยะห่างระหว่างจุดแรกถึงที่สอง 70 องศา

4. เปิดสวิตซ์ของจานเหวี่ยง โดยการปรับทดรอบของจานเหวี่ยงให้ได้ความเร็วรอบของจาน 840 รอบต่อนาที

5. เปิดโปรแกรมบันทึกภาพ (Promon Studio) จะขึ้นสถานะ Live (พร้อมถ่าย)

6. เปิดไฟสปอร์ตไลท์เพื่อเตรียมบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายภาพความเร็วสูง

7. เปิดสวิทซ์อินเวอร์เตอร์เพื่อป้อนปุ๋ย พร้อมบันทึกภาพ

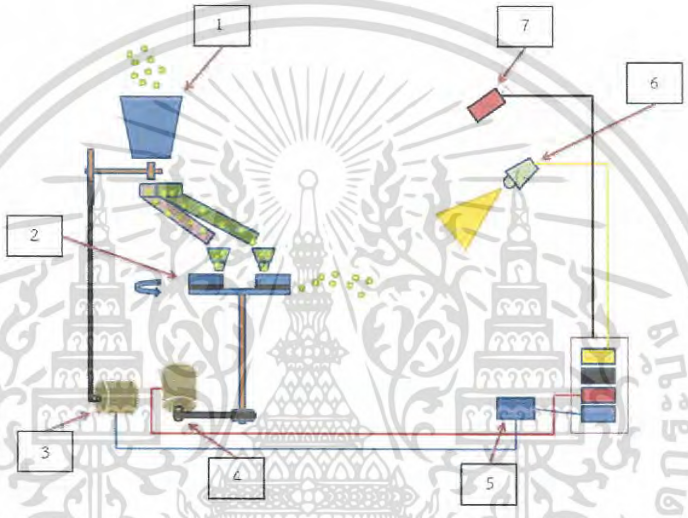
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เมื่อการหว่านสิ้นสุดลงจึงปิดไฟและปิดสวิทซ์ต่างๆทั้งหมด บันทึกวิดีโอและดูการหว่านปุ๋ยจากกล้องความเร็วสูง

9. ทำการเก็บผลการทดลองใส่ถุงพลาสติกเพื่อนำไปชั่งน้ำหนักของแต่ละช่อง

10. ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

11. จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างของจุดปล่อยปุ๋ยบนจานจาก 70 องศา เป็น 80 องศา , 90 องศาและ 100 องศา และทำซ้ำในข้อที่ 1-10

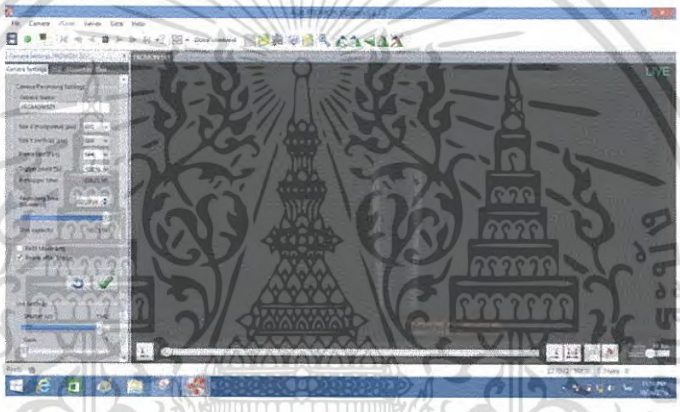


รูปที่ 3.48 อุปกรณ์การทดลองในห้องปฏิบัติการ

1. Hopper
2. จานเหวี่ยงปุ๋ย
3. มอเตอร์ขับชุดปล่อยปุ๋ย
4. มอเตอร์ขับจานเหวี่ยงปุ๋ย
5. อินเวอร์เตอร์
6. ไฟสปอร์ตไลท์ ฮาโลเจน ออสแรม 1000w
7. กล้องความเร็วสูง ยี่ห้อ AOS Technologies AG รุ่น Promon 501 Frame rate 644 Fps คุณลักษณะของเลนส์ f=12.5mm./F1.4 โปรแกรมที่ใช้ในการบันทึก คือ Promon Studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.49 กล้องความเร็วสูง



รูปที่ 3.50 โปรแกรม Promon Stadio

3.11 การทดลองวัดการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงหนีศูนย์ในห้องปฏิบัติการ

3.11.1 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ "ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย" ต่อการกระจายตัวของปุ๋ยในชุดการทดสอบ โดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

1. อัตราการที่ 19.31 กิโลกรัมต่อนาที

2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย คือ จุดปล่อยแรกที่ 10 30 50 70 องศา และจุดที่สองห่างจากจุดแรก 70 80 90 100 องศาตามเงื่อนไข

3. ชนิดของปุ๋ย คือ Urea

และทำการทดลองที่ระบุในหัวข้อที่ 3.3.4 จากนั้นจะเก็บผลการทดลองเป็นน้ำหนักของปุ๋ยในแต่ละช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11.2 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ "ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย" ต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยง โดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

1. อัตราการที่ 19.31 กิโลกรัมต่อนาที

2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย คือ จุดปล่อยแรกที่ 10 30 50 70 องศา และจุดที่สองห่างจากจุดแรก 70 80 90 100 องศาตามเงื่อนไข

3. ชนิดของปุ๋ย คือ Urea

และทำการทดลองที่ระบุในหัวข้อที่ 3.4.4 จากนั้นจะเก็บภาพจากกล้องความเร็วสูงเพื่อหาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยง

3.11.3 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพล "ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย" ต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของปุ๋ยไปยังเป้าหมาย โดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

1. อัตราการที่ 19.31 กิโลกรัมต่อนาที

2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย คือ จุดปล่อยแรกที่ 10 30 50 70 องศา และจุดที่สองห่างจากจุดแรก 70 80 90 100 องศาตามเงื่อนไข

3. ชนิดของปุ๋ย คือ Urea

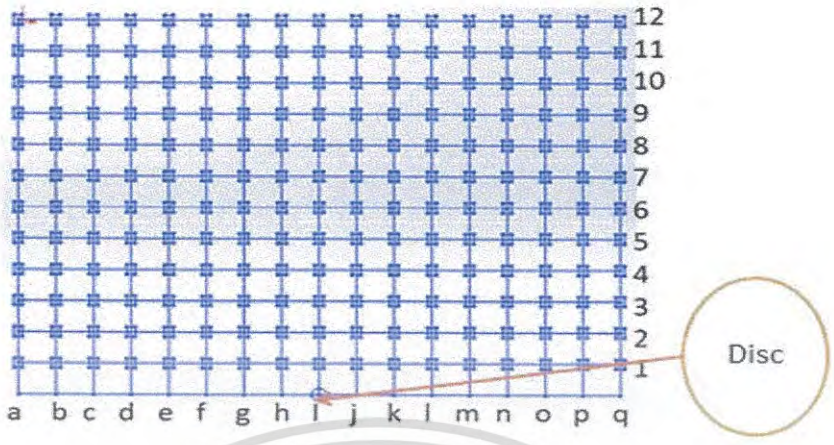
และทำการทดลองที่ระบุในหัวข้อที่ 3.11.4 จากนั้นจะเก็บผลการทดลองเป็นน้ำหนักของปุ๋ยในแต่ละช่องและเก็บภาพจากกล้องความเร็วสูงเพื่อหาทิศทางการเคลื่อนที่ของปุ๋ยไปยังเป้าหมาย

3.12 วิธีการแปลงผลการทดลอง

จากการทดลองในเครื่องมือทดสอบและการทดลองด้วยวิธีมาตรฐาน ทั้งหมดเพื่อที่จะพิสูจน์ให้ได้ว่าเครื่องมือที่ได้สร้างขึ้นมานั้นสามารถใช้แทนวิธีการทดลองแบบเดิมได้ ซึ่งการทดลองในเครื่องมือทดสอบจะบ่งบอกถึงหน้ากว้างของการกระจายของปุ๋ยได้และสามารถสังเกตพฤติกรรมของเม็ดปุ๋ยได้จากกล้องความเร็วสูง แต่ไม่สามารถสรุปออกมาเป็น รูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยบนพื้นที่จริงได้ เนื่องจากการทดลองในเครื่องมือทดสอบนั้นใช้พื้นที่จำกัด จึงต้องทำการทดลองด้วยวิธีมาตรฐาน เพื่อนำผลที่ได้มาเทียบกับในเครื่องมือทดสอบ แล้วดูว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาเป็นเครื่องมือทดสอบนั้นสามารถใช้แทนวิธีทดลองแบบเดิมได้ แล้วจึงสร้างวิธีการแปลผลจากข้อมูลที่ได้จากชุดทดสอบที่สร้างขึ้นให้เป็นรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยที่คล้ายคลึงกับการทดลองบนพื้นที่จริง (วิธีการมาตรฐาน) ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

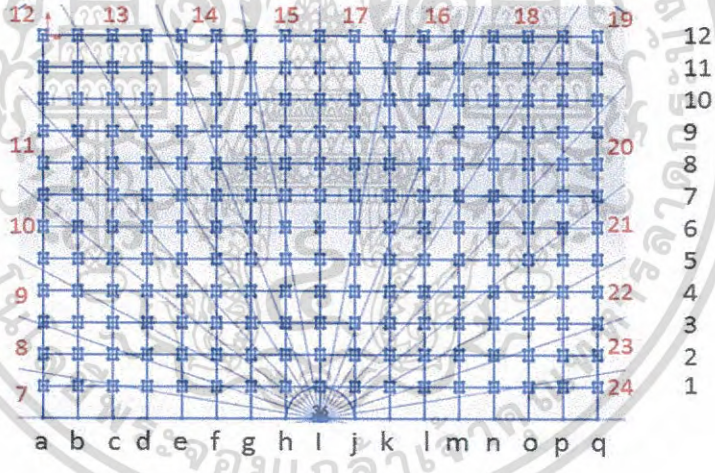
1. ลักษณะของการวางกล่องมีทั้งหมด 204 กล่อง (ใช้พื้นที่ 17×12 ตางรางเมตร) โดยแต่ละกล่องจะมีระยะห่างที่ 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.51 การวางกล่องการทดลองของวิธีมาตรฐาน

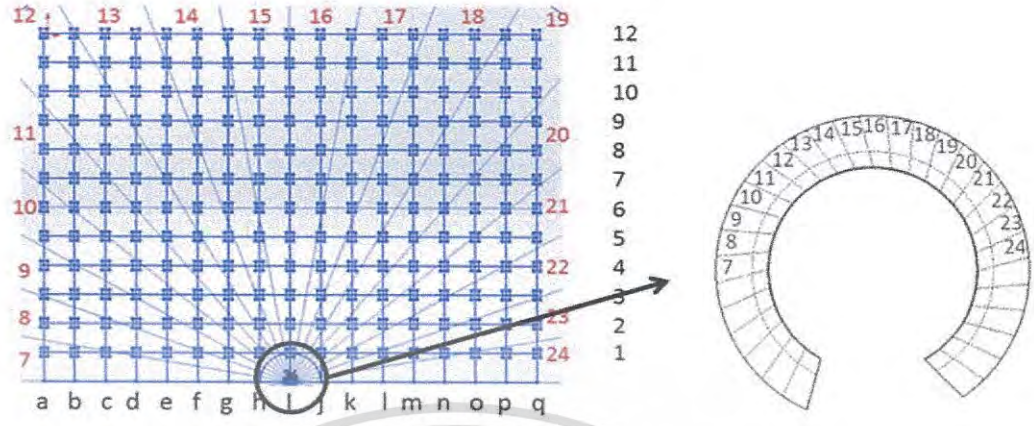
2. นำน้ำหนักปุ่ยในชุดทดสอบ ตั้งแต่ช่องที่ 7-24 มาเฉลี่ยใส่กล่องเก็บผลในรูปแบบเดียวกับการทดลองโดยวิธีมาตรฐาน



รูปที่ 3.52 การเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐาน

โดยจะแบ่งช่องตามลักษณะของช่องเก็บผลของเครื่องทดสอบ ช่องที่ 7-24 ดังรูปที่ 3.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.53 การเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐาน

จาก (รูปที่ 3.53) จะสามารถตอบได้ว่า

กล่อง a1 , b1 และ c1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 7

a2 , b2 , c2 , d1 , e1 และ f1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 8

a3 , a4 , b3 , b4 , c3 , d2 , e2 และ g1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 9

a5 , a6 , b5 , c4 , c5 , d3 , d4 , e3 และ f2 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 10

a7 , a8 , a9 , b6 , b7 , b8 , c6 , c7 , d5 , e4 , f3 , g2 และ h1 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 11

a10 , a11 , a12 , b9 , b10 , b11 , b12 , c8 , c9 , c10 , d6 , d7 , d8 , e5 , e6 , f4 , f5 และ g3 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 12

c11 , c12 , d9 , d10 , d11 , d12 , e7 , e8 , e9 , e10 , e11 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 13

e12 , f9 , f10 , f11 , f12 , g6 , g7 , g8 , g9 , g10 , g11 , h3 , h4 , h5 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 14

i1 , i2 , i3 , i4 , i5 , i6 , i7 , i8 , i9 , i10 , i11 , i12 อย่างละครึ่งกล่อง h6 , h7 , h8 , h9 , h10 , h11 , h12 และ g12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 15

i1 , i2 , i3 , i4 , i5 , i6 , i7 , i8 , i9 , i10 , i11 , i12 อย่างละครึ่งกล่อง j6 , j7 , j8 , j9 , j10 , j11 , j12 และ k12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 16

j3 , j4 , j5 , k6 , k7 , k8 , k9 , k10 , k11 , l9 , l10 , l11 , l12 และ m12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 17

j2 , k4 , k5 , l6 , l7 , l8 , m7 , m8 , m9 , m10 , m11 , n9 , n10 , n11 , n12 , o11 และ o12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

k3 , l4 , l5 , m5 , m6 , n6 , n7 , n8 , o8 , o9 , 010 , p9 , p10 , p11 , p12 , q10 , q11 และ q12 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 19

j1 , k2 , l3 , m4 , n5 , o6 , o7 , p6 , p7 , p8 , q7 , q8 และ q9จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 20

l2 , m3 , n4 , n4 , o4 , o5 , p5 , q5 และ q6 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 21

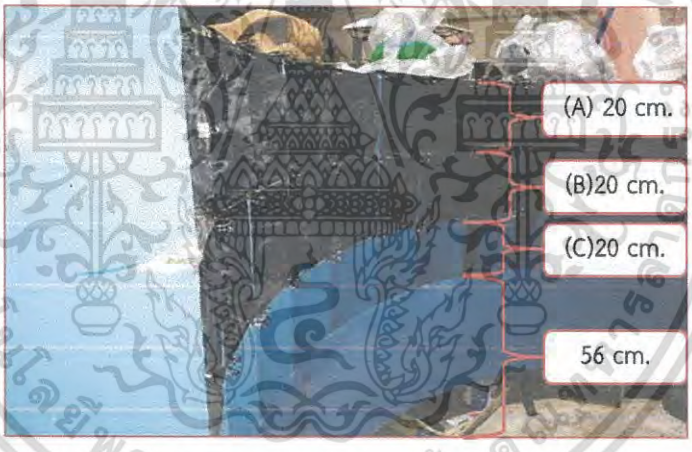
k1 , m2 , n2 , o3 , p3 , p4 , q3 และ q4 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 22

l1 , m1 , n1 , o2 , p2 และ q2 จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 23

o1 , p1 และ q1จะเท่ากับช่องเก็บผลเบอร์ 24

2. จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างกราฟรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ย เพื่อดูลักษณะของกราฟว่าคล้ายคลึงกับรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยที่แท้จริงหรือไม่

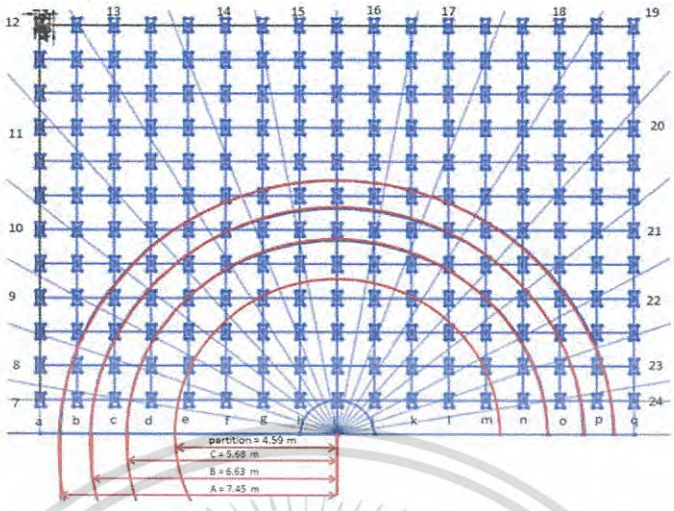
3. ใช้การคำนวณเรื่องการเคลื่อนที่เข้ามาใช้เพื่อหาระยะทางของปุ๋ยที่เคลื่อนที่ไปในแนวราบแล้วนำข้อมูลน้ำหนักปุ๋ยในชุดทดสอบมาเฉลี่ยใส่กล่องเก็บผลเฉพาะในระยะทางที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ในแนวราบดังนี้



รูปที่ 3.54 ความสูงของช่องเก็บผลเป็น 3 ระดับ คือ C (สูงจากพื้นเท่ากับ 56 - 76 เซนติเมตร) B (สูงจากพื้นเท่ากับ 56 - 96 เซนติเมตร) และ A (สูงจากพื้นเท่ากับ 56 - 116 เซนติเมตร)

การคำนวณระยะทางของปุ๋ยที่มี3ระดับในการเคลื่อนที่ไปในแนวราบได้ระยะทางเท่ากับ C = 4.59 - 5.68 เมตร B = 5.68 - 6.63 เมตร A = 6.63 - 7.45 เมตร ซึ่งหาได้จากการคำนวณหาความเร็วของเม็ดปุ๋ยและทิศทางการเคลื่อนที่ของปุ๋ยจากสมการที่ 2.2 และ 2.3 ซึ่งจะได้ความเร็วออกมา ตำแหน่งระยะทางเชิงมุมจะหาได้จากสมการที่ 2.1 ทิศทางการเคลื่อนที่หาได้จากสมการที่ 2.4 จากสมการที่ 2.11 เราสามารถคำนวณหาเวลาได้ เพราะเรารู้ความเร็วและความสูงของจานเหวี่ยง เมื่อเรารู้เวลาแล้วเราสามารถคำนวณระยะทางได้จากสมการที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.55 การเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐานโดยคิดเฉพาะจำนวนกล่องที่อยู่ในบริเวณระยะทางที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ในแนวราบ

การจำลองรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยข้อมูลน้ำหนักปุ๋ยในช่องเก็บที่ออกแบบใหม่ (แบ่งความสูงของช่องเก็บเป็น 3 ระดับ คือ C (สูงจากพื้นเท่ากับ 56-76 เซนติเมตร) B (สูงจากพื้นเท่ากับ 56-96 เซนติเมตร) และ A (สูงจากพื้นเท่ากับ 56-116 เซนติเมตร)

ตารางที่ 3.2 การเทียบช่องเก็บผลของเครื่องมือกับแนววางกล่องของวิธีมาตรฐานโดยคิดเฉพาะจำนวนกล่องที่อยู่ในบริเวณระยะทางที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ในแนวราบ

ระยะทางแนวราบเมื่อพิจารณาความสูงของช่องเก็บผลที่ 3 ระดับ A B C			
ช่องเก็บผล	5.68 เมตร (ระดับC)	6.63 เมตร (ระดับB)	7.45 เมตร (ระดับA)
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	d1/4	2c1/3	b1
8	3d1/4	c1/3 , c2	b2
9	d2 , e2	c3/4	c3
10	e3	d3 , d4	c4
11	e4/2	e4/2	d5
12	f4	e5 , f5	e6
13	g5 , g4/4	f6/2	f6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

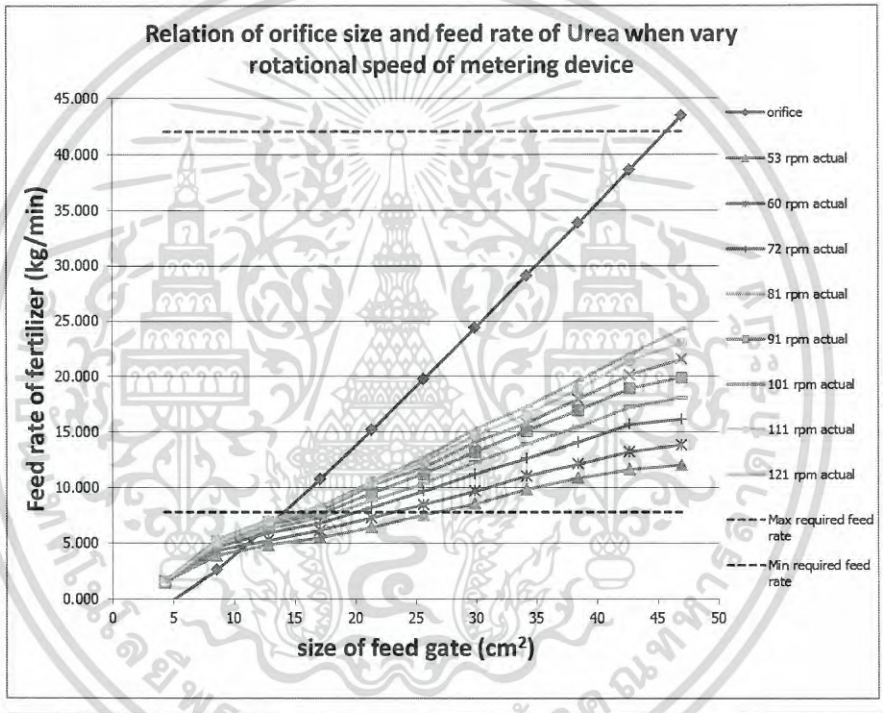
14	h5	g6	g7
15	i5/2	h6 , i6/2	h7 , i7/2
16	I5/2	i6/2 , j6	i7/2 , j7
17	j5	k6	k7
18	k5 , k4/3	i6/4	l6
19	I4	l5 , m5	m6
20	m4/2	m4/2	n5
21	m3	n4 , n3	o4
22	h2 , m2	3/4	o3
23	3n1/2	o2 , o1/3	p2
24	n1/2	2o1/3	p1
25	-	-	-
26	-	-	-
27	-	-	-
28	-	-	-
29	-	-	-
30	-	-	-

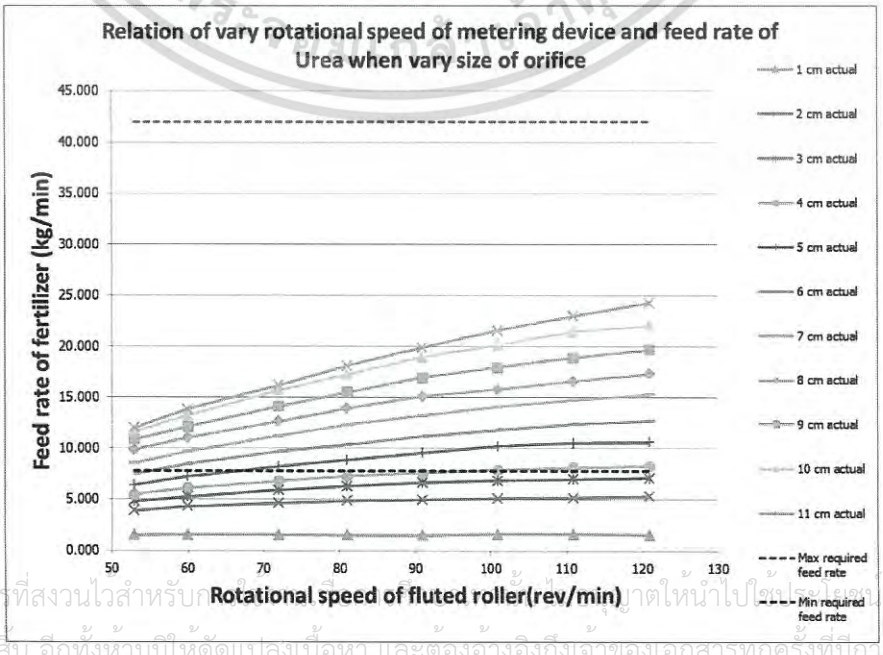
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผล

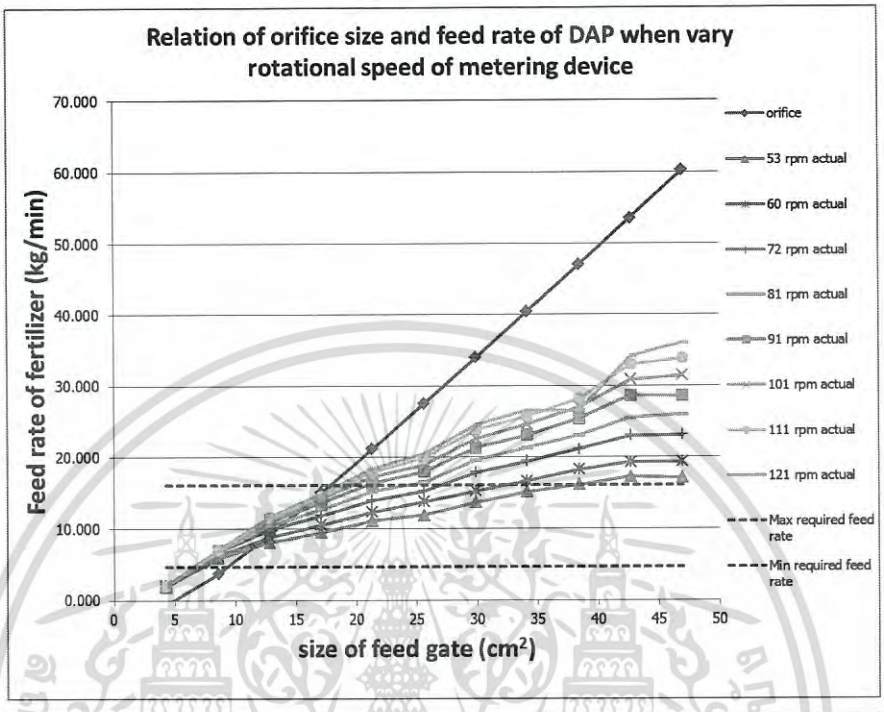
4.1 การทดสอบอัตราการจ่ายปุ๋ยของเครื่องต้นแบบ

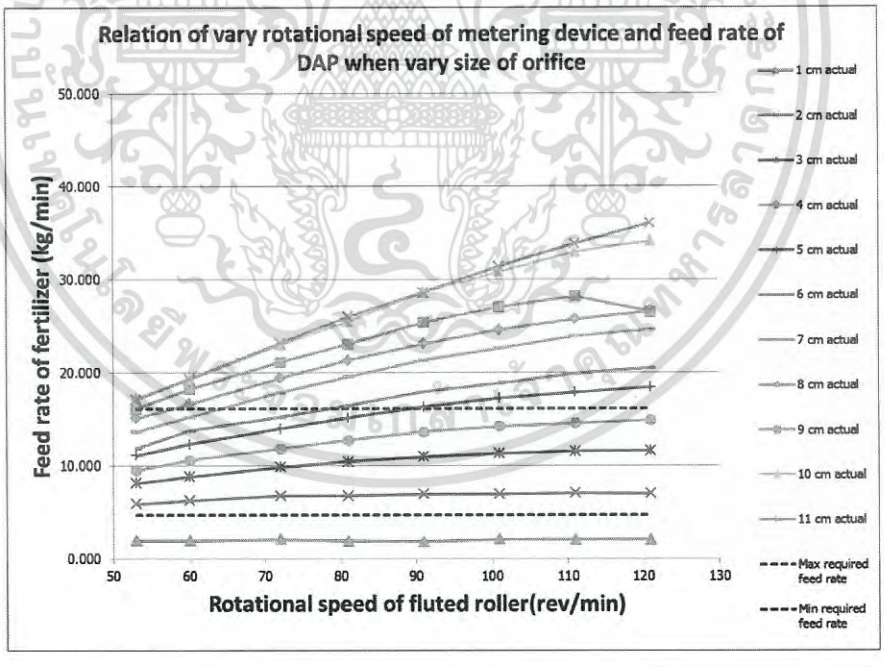
ทำการปรับขนาดของช่องเปิด 11 ระดับ และปรับความเร็วรอบของเพลา fluted roller 8 ระดับ โดยทดสอบกับปุ๋ย 3 ชนิด Urea Kieserite และ DAP



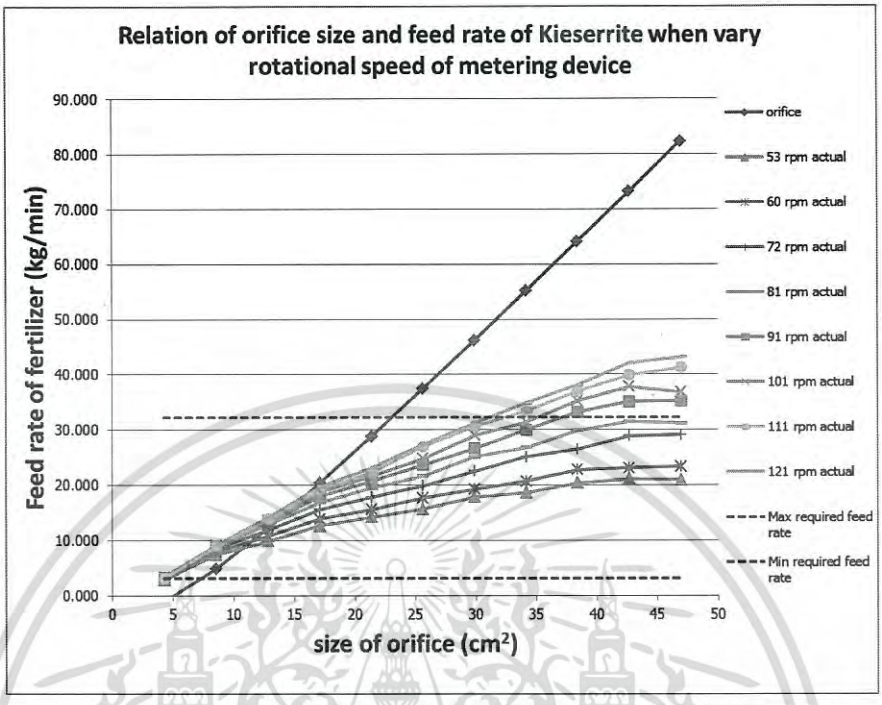


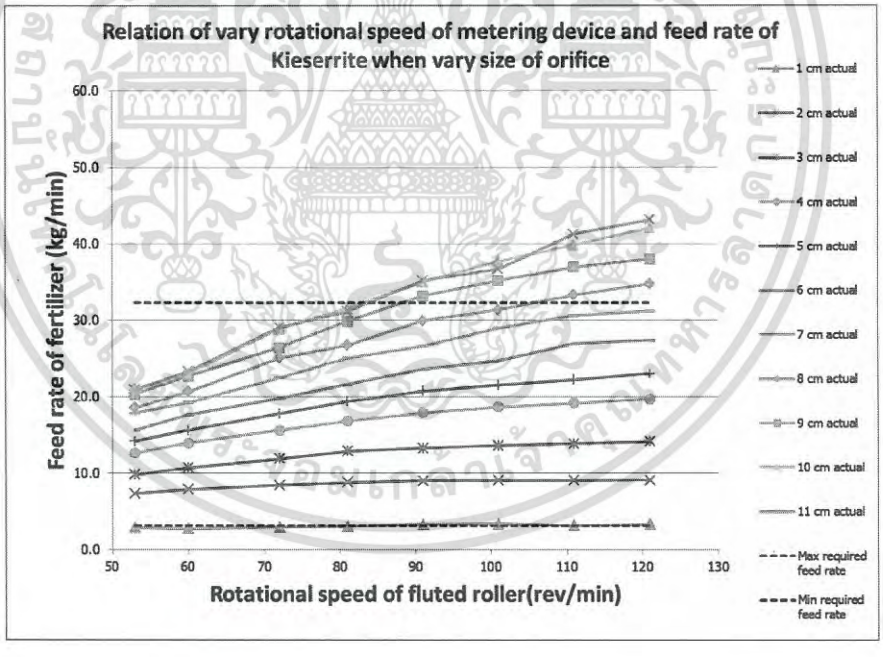
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ย 3 ชนิด ในเครื่องทดสอบต้นแบบ

การทดสอบโดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

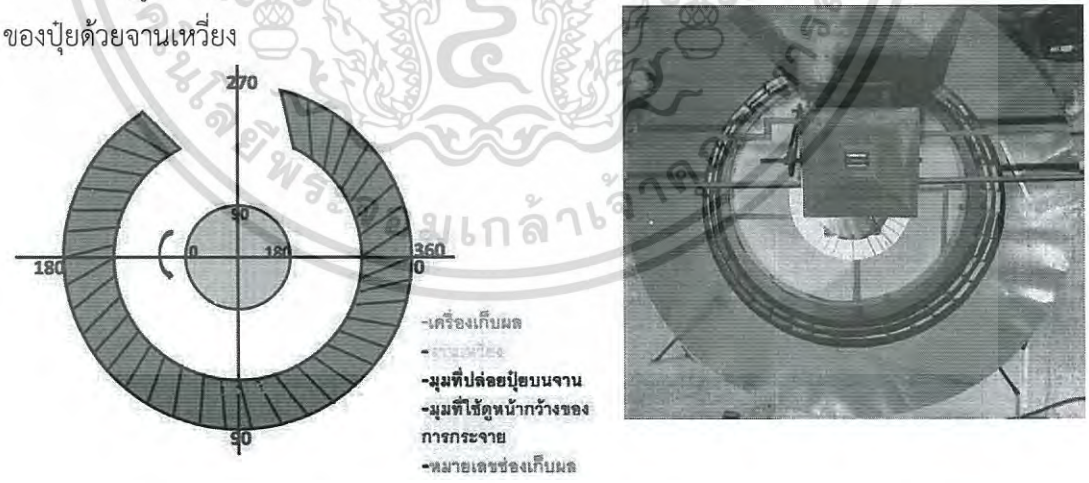
1. อัตราการจ่ายปุ๋ยมี 3 ระดับ คือ 19.31 9.19 และ 4.25 กิโลกรัมต่อนาที
2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ยมี 8 ระดับ คือ 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 องศา
3. ชนิดของปุ๋ยมี 3 ชนิด คือ Urea Kieserite และ DAP

- การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย”, “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย” ต่อ “ลักษณะการกระจายตัวของปุ๋ย” ในชุดทดสอบต้นแบบ
- การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย” ต่อ “พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยง” ในชุดทดสอบต้นแบบ
- การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย” ต่อ “ทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยไปยังเป้าหมาย” ในชุดทดสอบต้นแบบ

ต่อ “ทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยไปยังเป้าหมาย” ในชุดทดสอบต้นแบบ

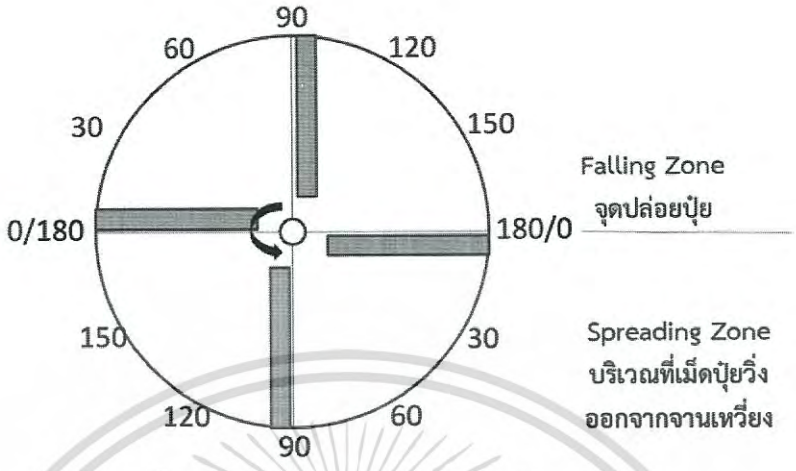
4.2.1 รูปแบบการเก็บผลการกระจายตัวของปุ๋ยเมื่อทดสอบด้วยเครื่องวัดความสม่ำเสมอในการหว่านปุ๋ยแบบ Cylindrical Distribution Apparatus

4.2.1 รูปอธิบายของเครื่องเก็บผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยง



รูปที่ 4.1 มุมและองศาของเครื่องเก็บผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 มุมและบริเวณที่ใช้ปล่อยปุ๋ยลงบนจานเหวี่ยง

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงช่องเก็บผลหมายเลข 1 ถึง 30 และ ตำแหน่งของช่องเก็บผล(องศา)

ช่องที่	องศา
1	310
2	320
3	330
4	340
5	350
6	0
7	10
8	20
9	30
10	40
11	50
12	60
13	70
14	80
15	90
16	100
17	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18	120
19	130
20	140
21	150
22	160
23	170
24	180
25	190
26	200
27	210
28	220
29	230
30	240

4.3 การทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ยยูเรีย ในเครื่องทดสอบต้นแบบที่ 2

4.3.1 อัตราการจ่ายปุ๋ย 19.31 กิโลกรัมต่อนาที

4.3.2 ช่องรับปุ๋ย มีความสูง 3 ระดับ A B C

A = 116-96 cm above the ground

B = 96-76 cm above the ground

C = 76-56 cm above the ground

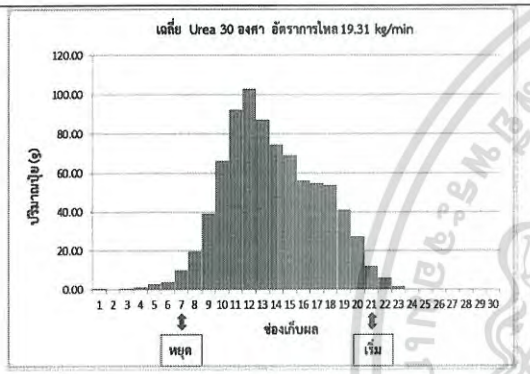
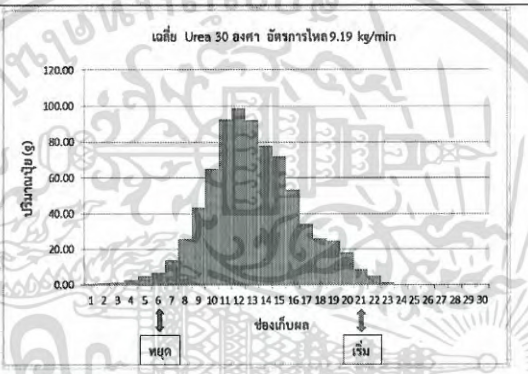
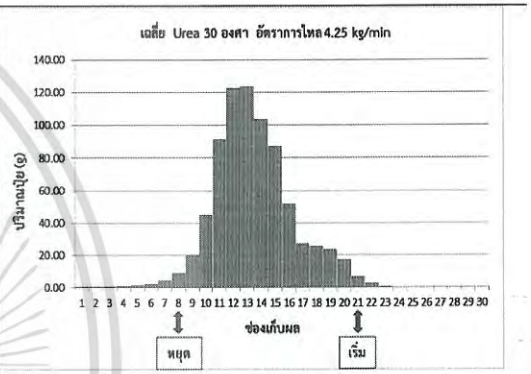
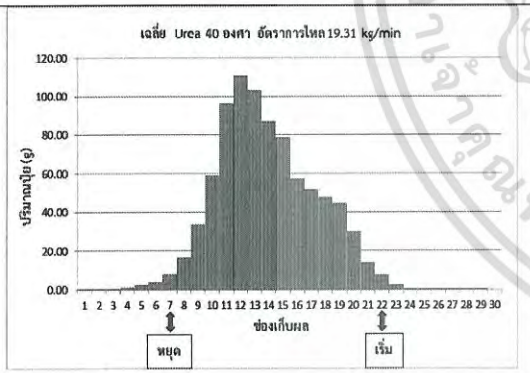
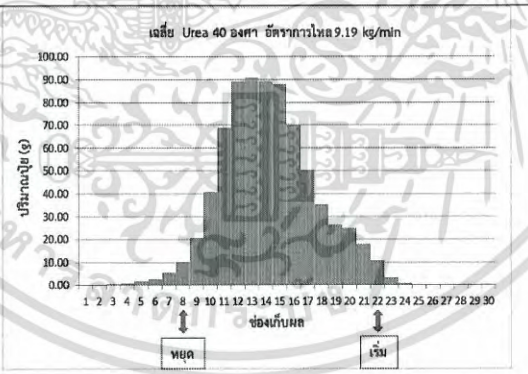
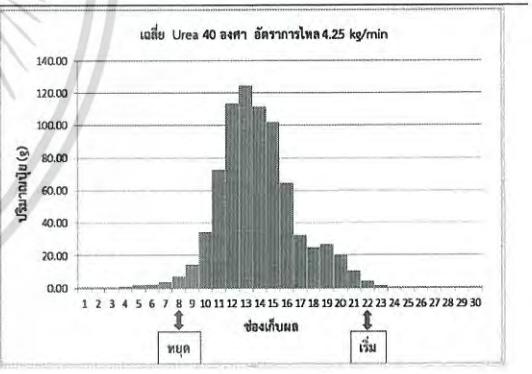
4.3.3 จานเหวี่ยงมีจุดปล่อย 2 จุด โดยกำหนดให้

จุดปล่อยที่ 1 มีตำแหน่ง 10, 30, 50, และ 70 องศา

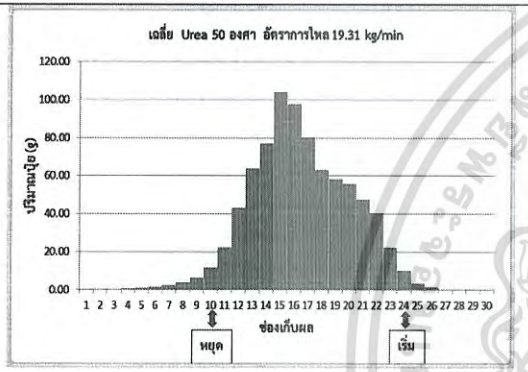
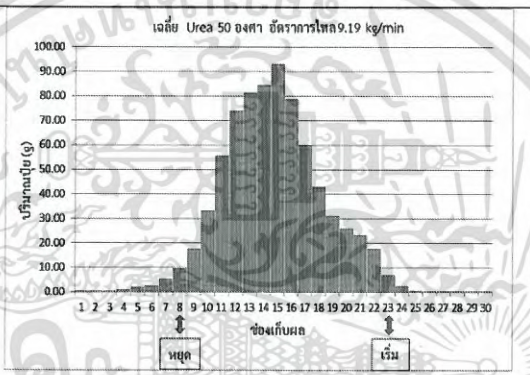
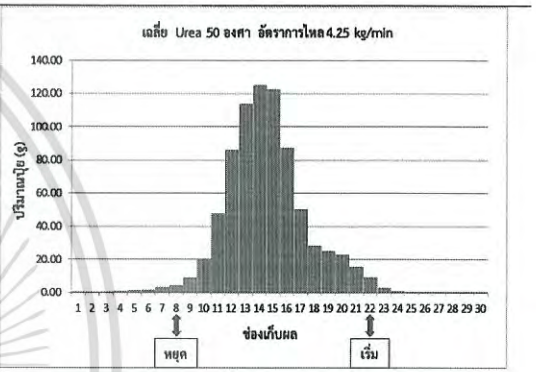
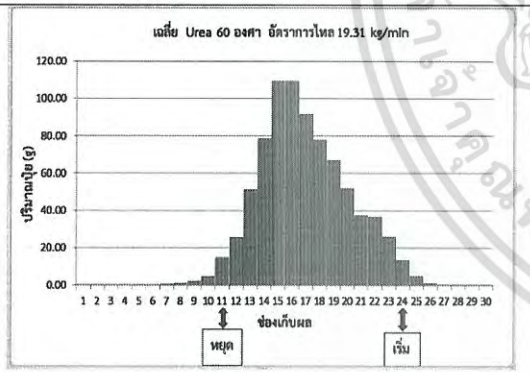
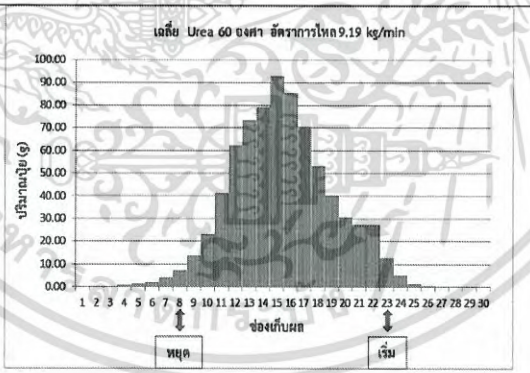
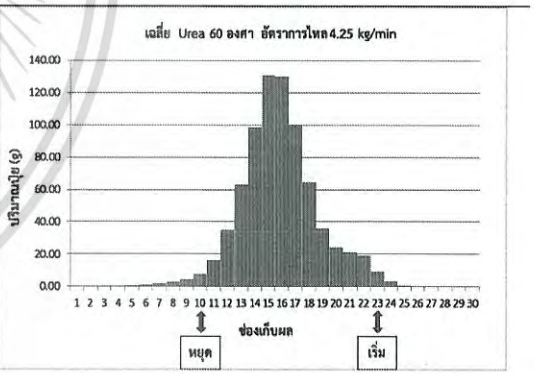
จุดปล่อยที่ 2 วางห่างจากจุดปล่อยที่ 1 ด้วยระยะทางเชิงมุม 70, 80, 90, และ100 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

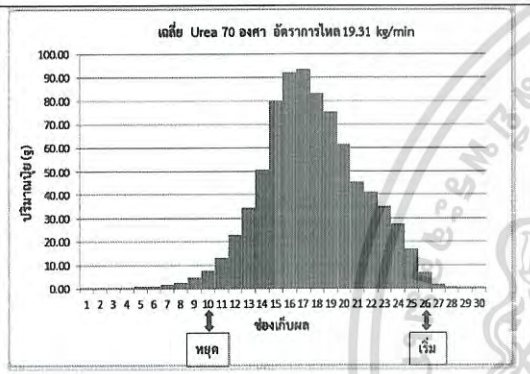
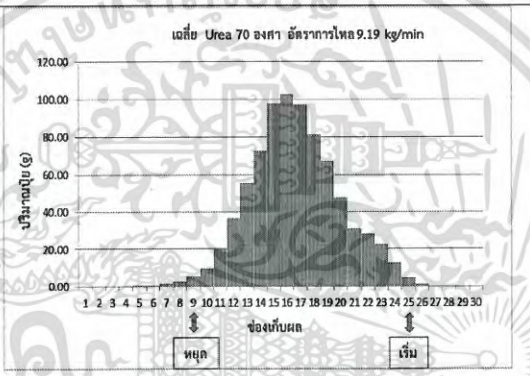
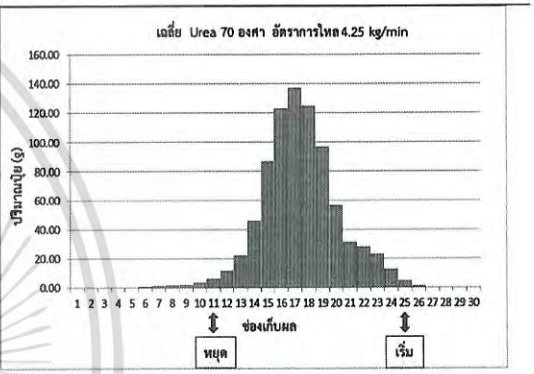
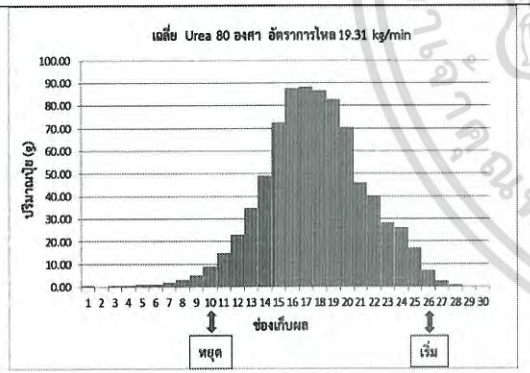
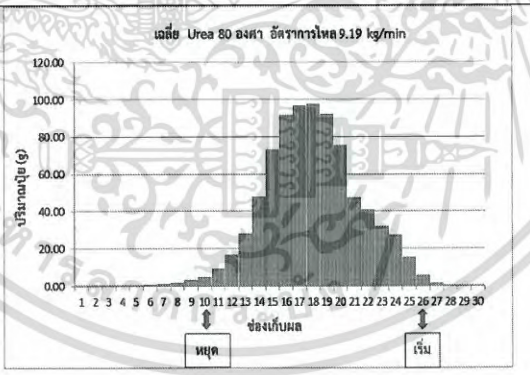
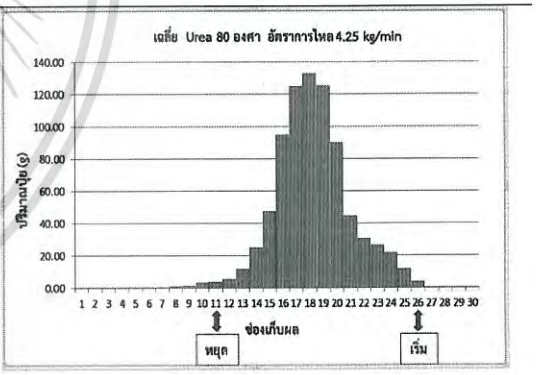
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
30			
40			

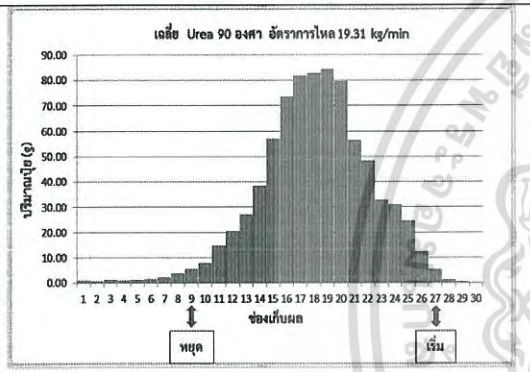
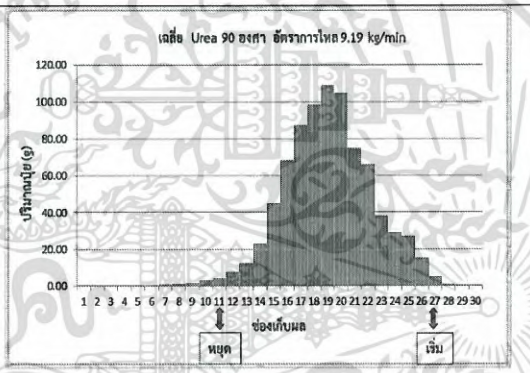
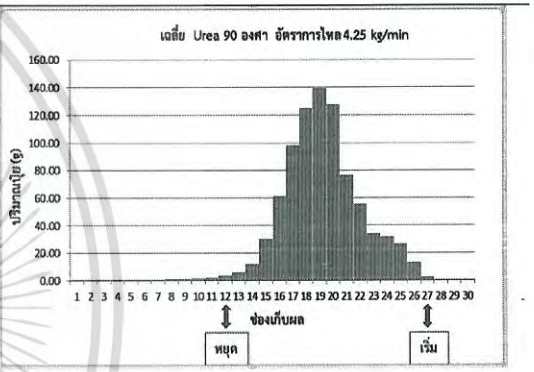
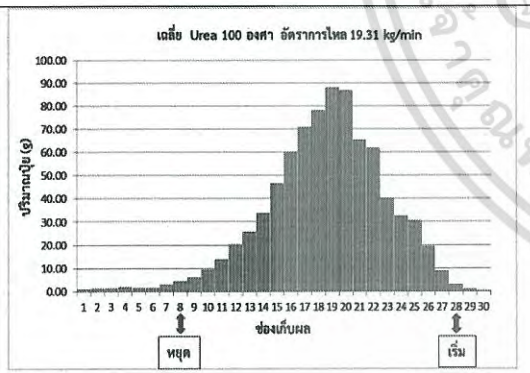
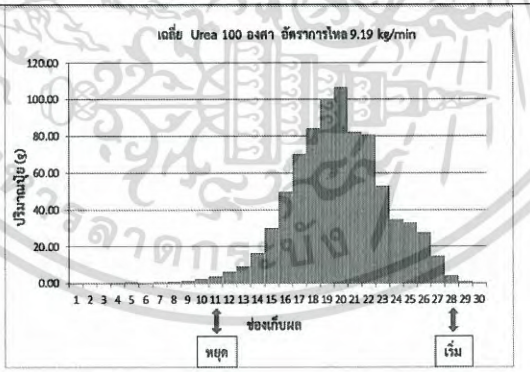
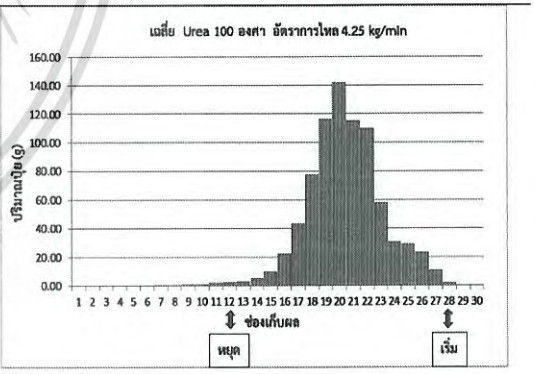
ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
50			
60			

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
70			
80			

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea

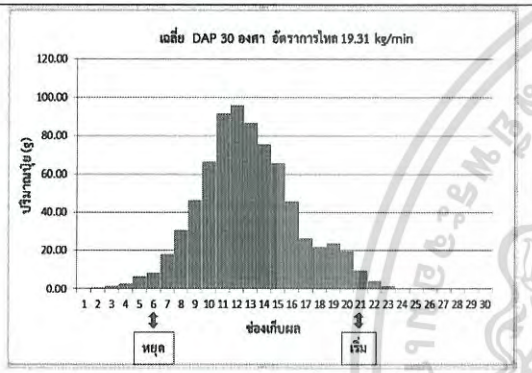
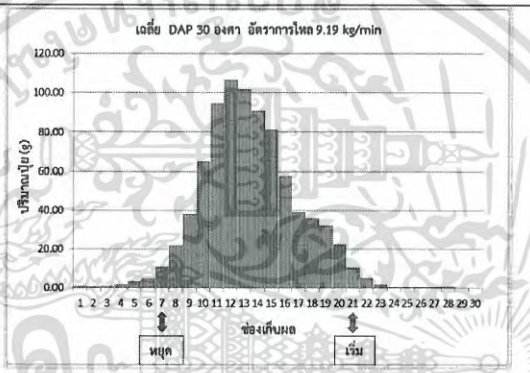
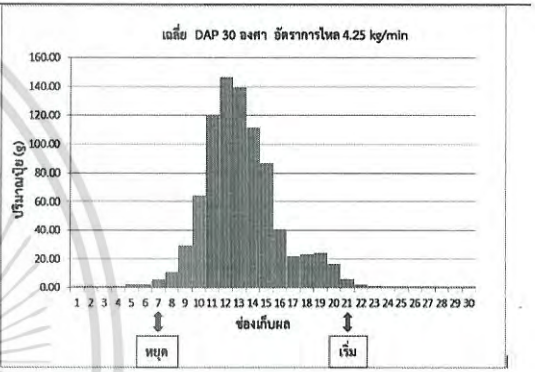
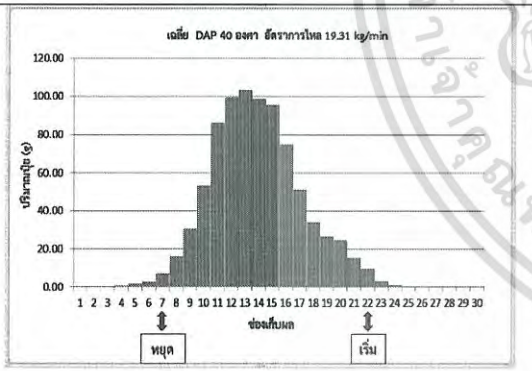
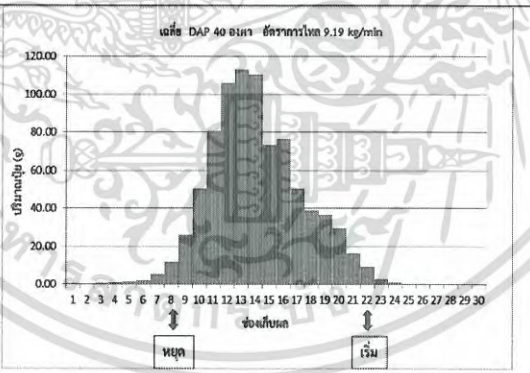
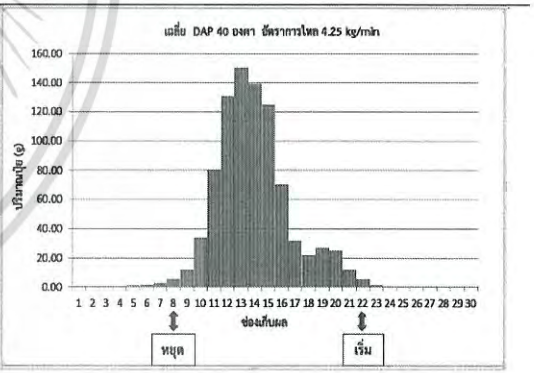
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
90			
100			

จากตารางที่ 4.2 จะสามารถสรุปได้ว่า อัตราการไหลมีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของปุ๋ย Urea บนเครื่องมือทดสอบ คือ เมื่อลดอัตราการไหลของปุ๋ยลงจะทำให้หน้ากว้างของการกระจายตัวบนเครื่องมือทดสอบนั้นแคบลงเช่นกันจึงทำให้สรุปได้ว่าอัตราการไหล 19.31 กิโลกรัมต่อนาที เป็นอัตราการไหลที่ทำให้หว่านปุ๋ยได้หน้ากว้างมากที่สุดสำหรับปุ๋ย Urea

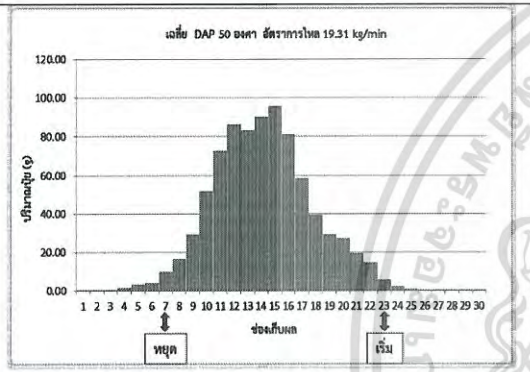
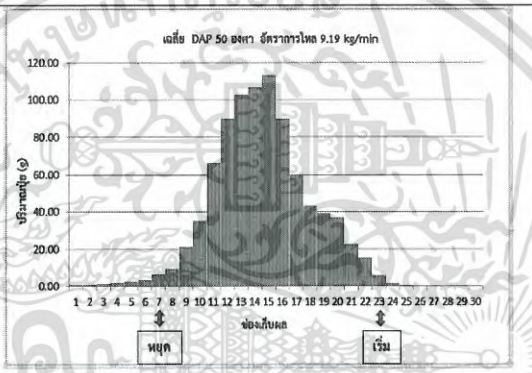
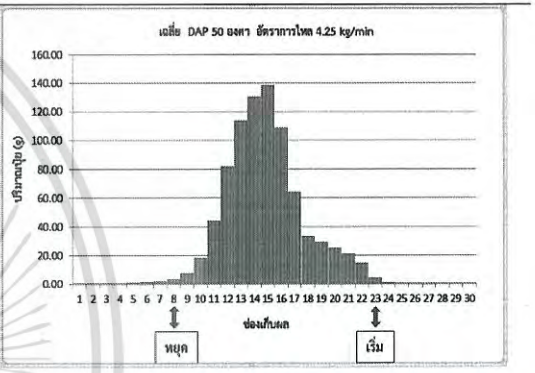
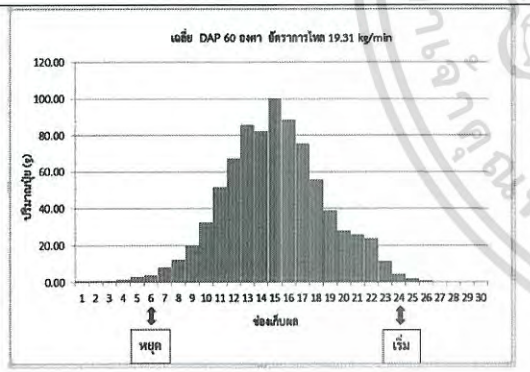
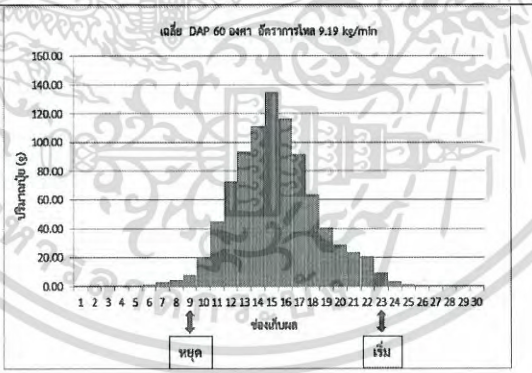
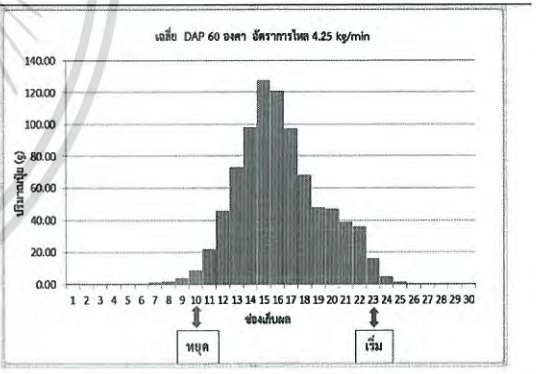
อิทธิพลจากตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย ที่มีต่อหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ย Urea บนเครื่องมือทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มองศาของมุมปล่อยปุ๋ย หน้ากว้างของการกระจายไม่ค่อยเปลี่ยนมากนัก เพียงแต่เปลี่ยนตำแหน่งของการกระจายไป คือเมื่อเพิ่มองศาของมุมปล่อยปุ๋ย ปริมาณของปุ๋ยที่มากที่สุดในช่องเก็บผลบนเครื่องทดสอบก็จะเปลี่ยนไปในช่องถัดๆ ไปจากน้อยไปมากเช่นกัน ซึ่งผลที่ได้รับในส่วนนี้จะทำให้เราสามารถระบุตำแหน่งที่ต้องการให้ปุ๋ยไปตกได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

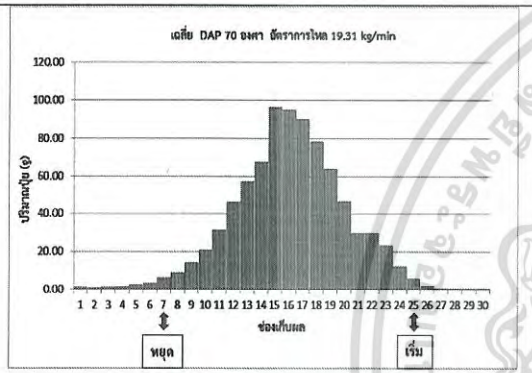
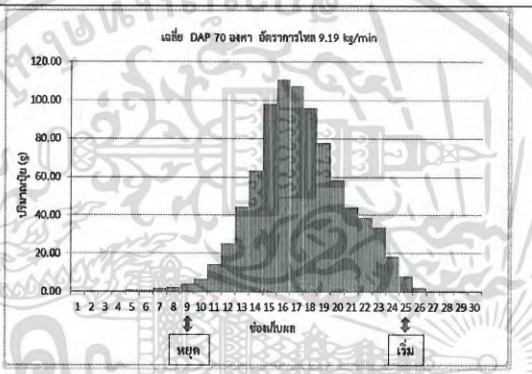
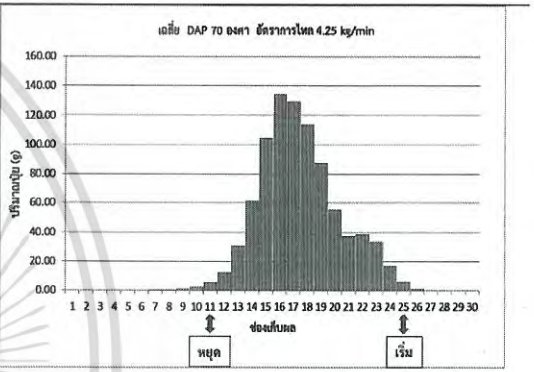
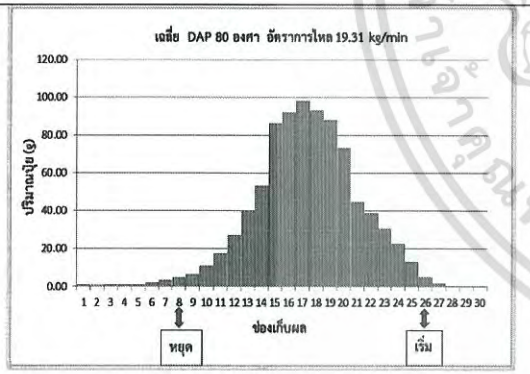
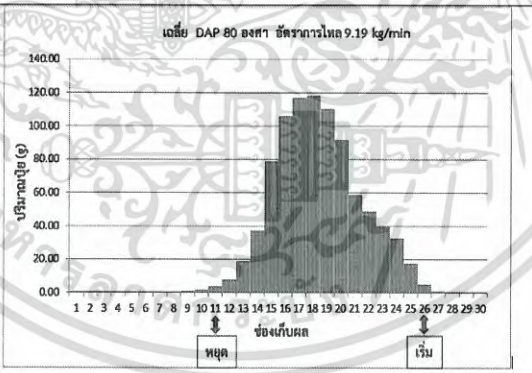
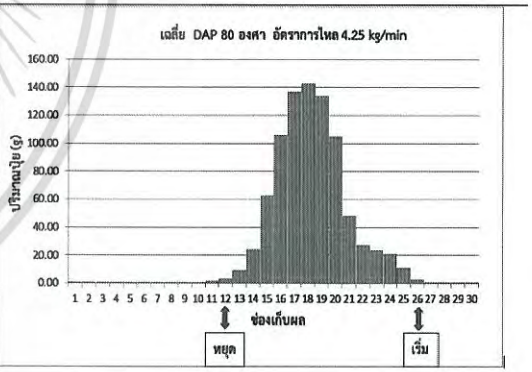
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Di-ammonium phosphate

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
30			
40			

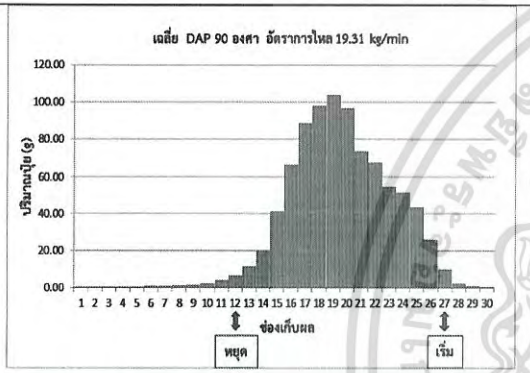
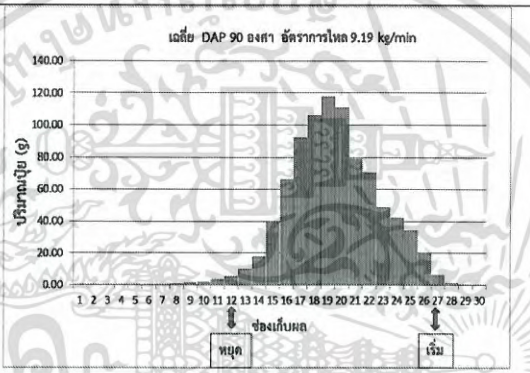
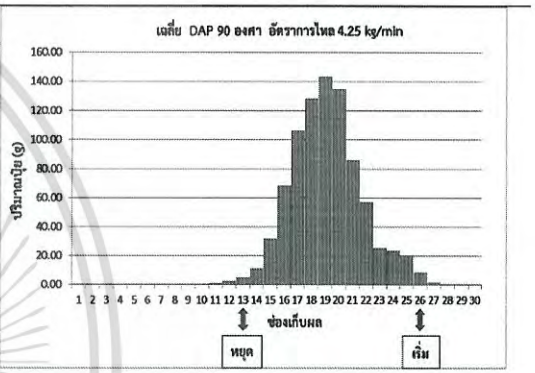
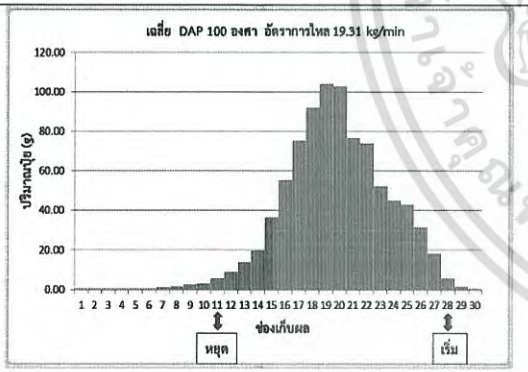
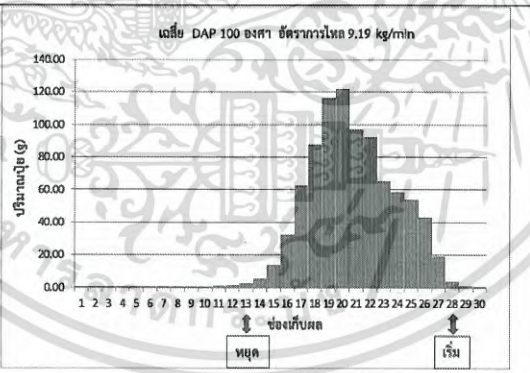
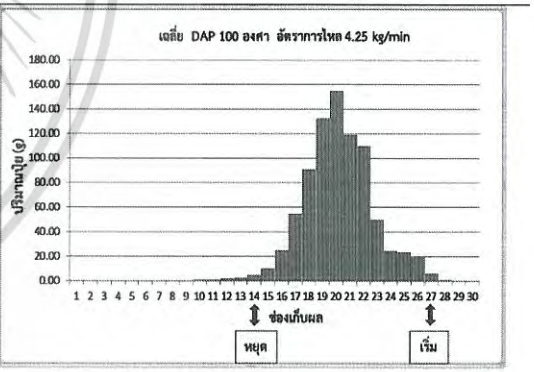
ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Di-ammonium phosphate

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
50			
60			

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Di-ammonium phosphate

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
70			
80			

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Di-ammonium phosphate

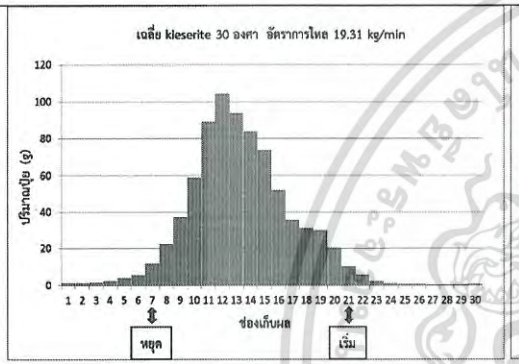
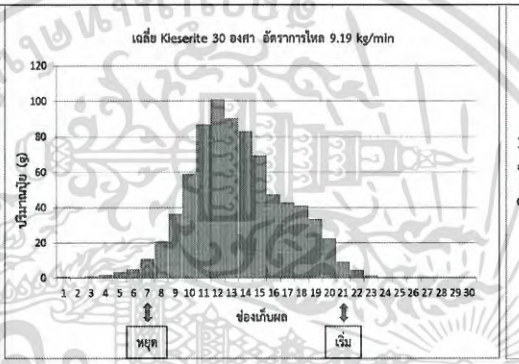
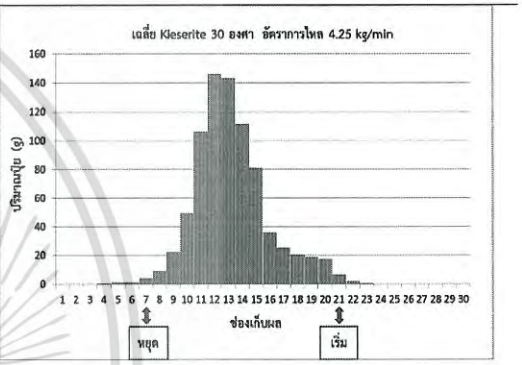
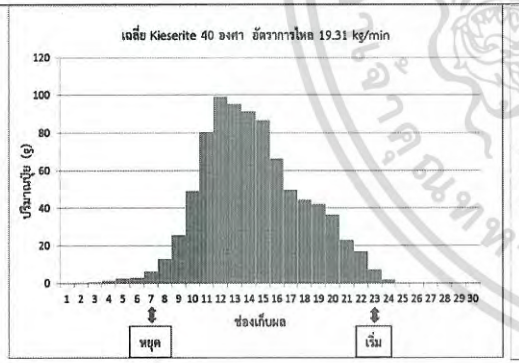
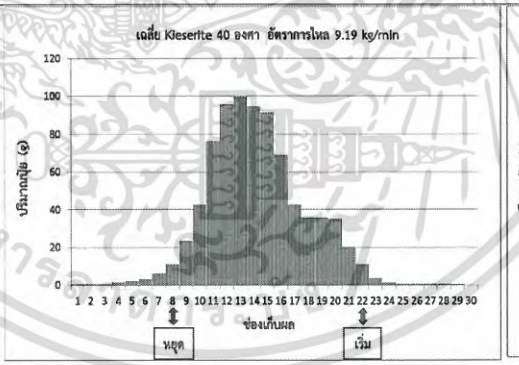
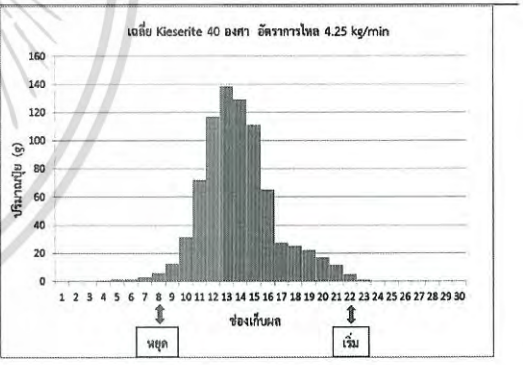
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
90			
100			

จากตารางที่ 4.3 จะสามารถสรุปได้ว่า อัตราการไหลมีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate บนเครื่องมือทดสอบ คือ เมื่อลดอัตราการไหลของปุ๋ยลงจะทำให้หน้ากว้างของการกระจายตัวบนเครื่องมือทดสอบนั้นแคบลงเช่นกันจึงทำให้สรุปได้ว่าอัตราการไหล 19.31 กิโลกรัมต่อนาที เป็นอัตราการไหลที่ทำให้หว่านปุ๋ยได้หน้ากว้างมากที่สุดสำหรับปุ๋ย Di-ammonium phosphate เช่นเดียวกับปุ๋ย Urea

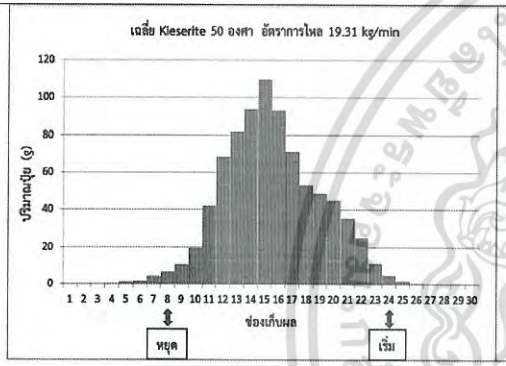
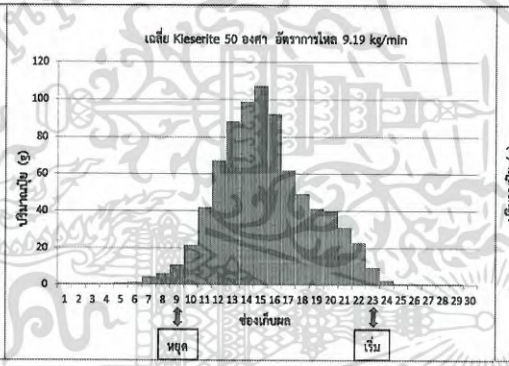
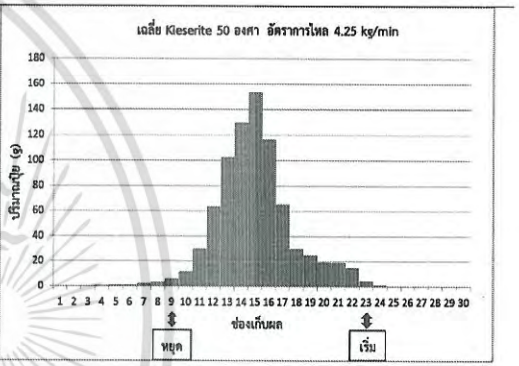
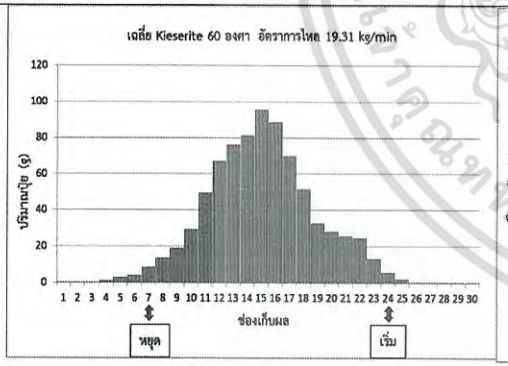
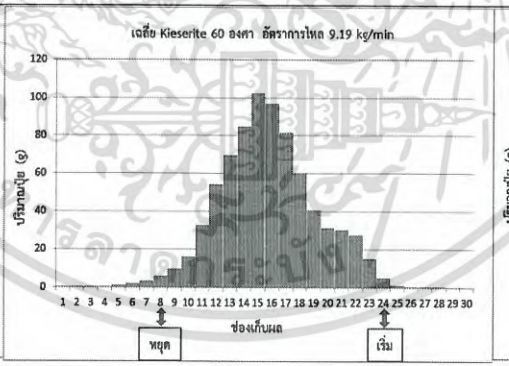
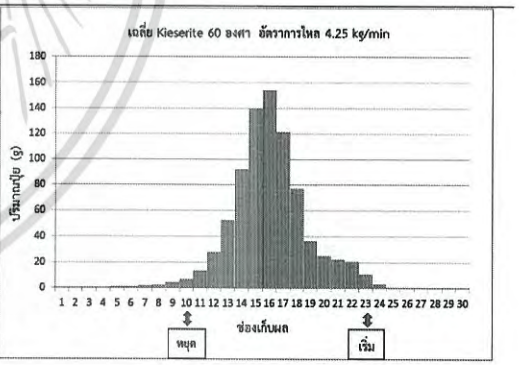
อิทธิพลจากตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย ที่มีต่อหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate บนเครื่องมือทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มองศาของมุมปล่อยปุ๋ย หน้ากว้างของการกระจายไม่ค่อยเปลี่ยนมากนัก เพียงแต่เปลี่ยนตำแหน่งของการกระจายไป คือเมื่อเพิ่มองศาของมุมปล่อยปุ๋ย ปริมาณของปุ๋ยที่มากที่สุดในช่องเก็บผลบนเครื่องทดสอบก็จะเปลี่ยนไปในช่องถัดๆไปจากน้อยไปมากเช่นกัน ซึ่งผลที่ได้รับในส่วนนี้จะทำให้เราสามารถระบุตำแหน่งที่ต้องการให้ปุ๋ยไปตกได้อย่างแม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

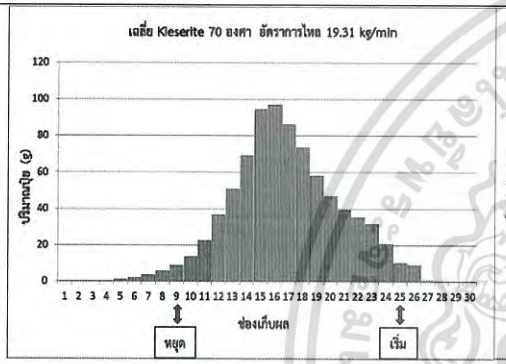
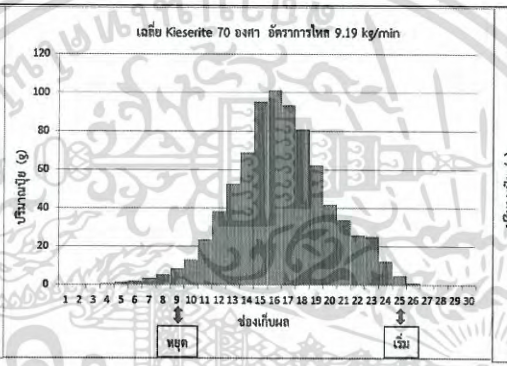
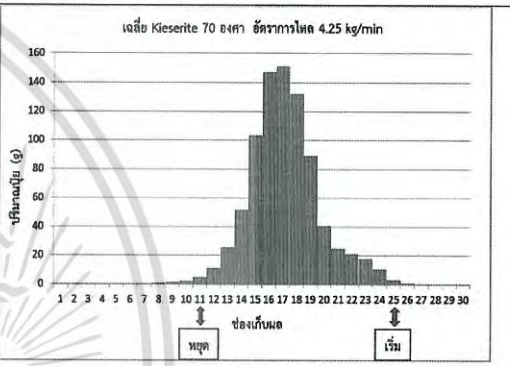
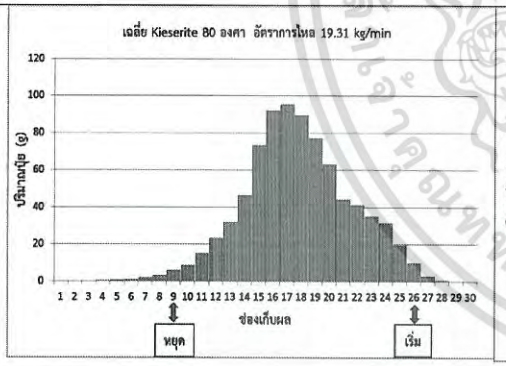
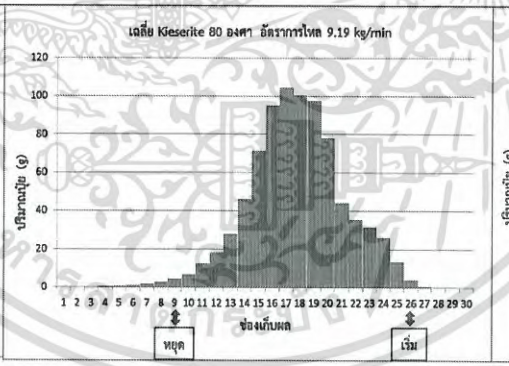
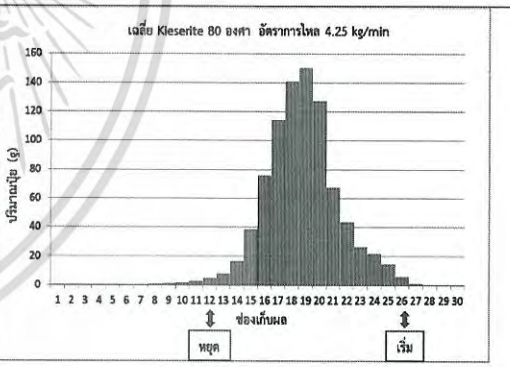
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Kieserite

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
30			
40			

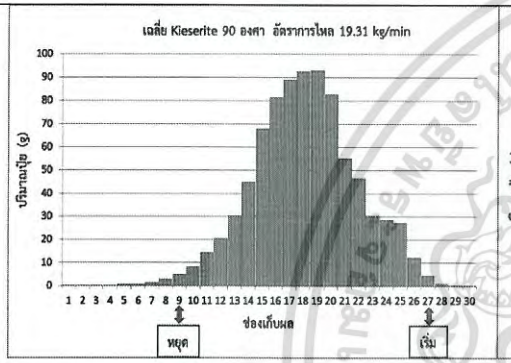
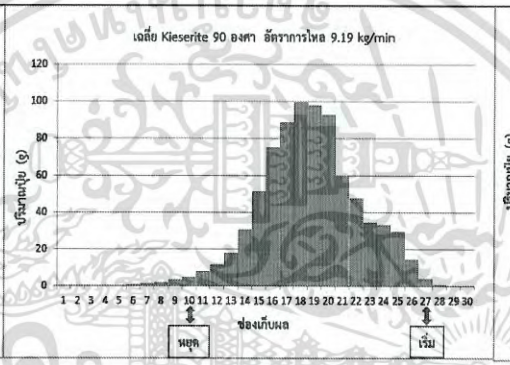
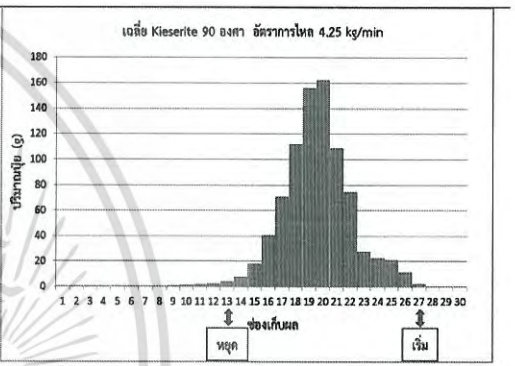
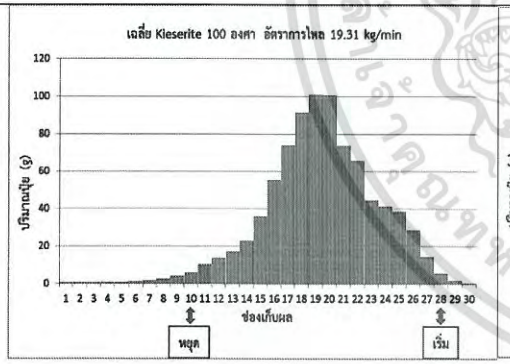
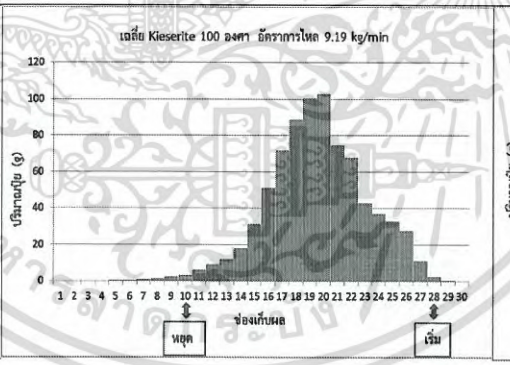
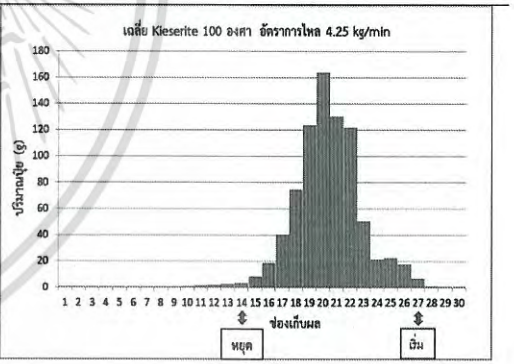
ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Kieserite

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
50			
60			

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Kieserite

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
70			
80			

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Kieserite

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
90			
100			

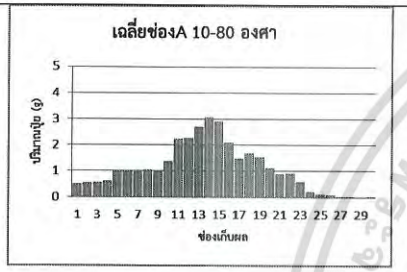
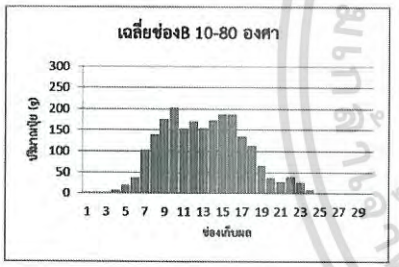
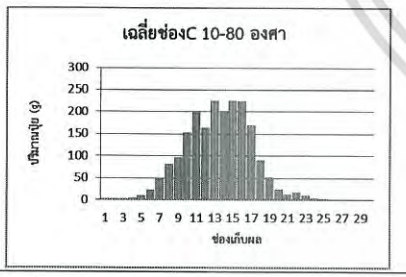
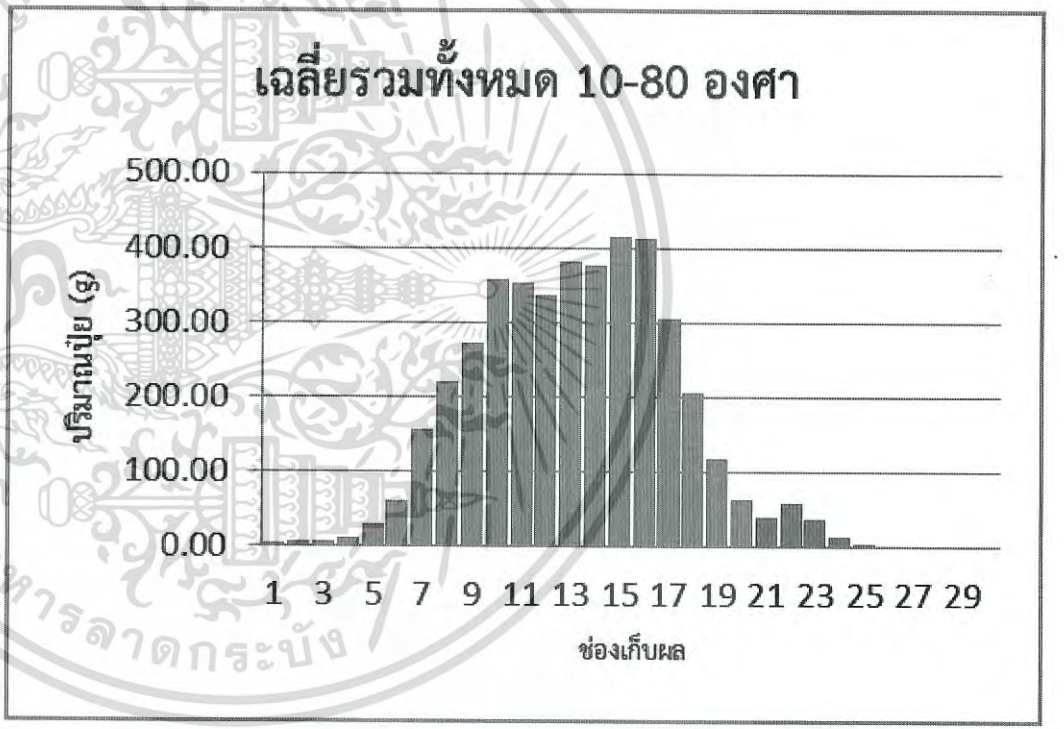
จากตารางที่ 4.4 จะสามารถสรุปได้ว่า อัตราการไหลมีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของปุ๋ย **Kieserite** บนเครื่องมือทดสอบ คือ เมื่อลดอัตราการไหลของปุ๋ยลงจะทำให้หน้ากว้างของการกระจายตัวบนเครื่องมือทดสอบนั้นแคบลงเช่นกันจึงทำให้สรุปได้ว่าอัตราการไหล 19.31 กิโลกรัมต่อนาที เป็นอัตราการไหลที่ทำให้หว่านปุ๋ยได้หน้ากว้างมากที่สุดสำหรับปุ๋ย **Kieserite** เช่นเดียวกับปุ๋ย Di-ammonium phosphate Urea

อิทธิพลจากตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย ที่มีต่อหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate บนเครื่องมือทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มองศาของมุมปล่อยปุ๋ย หน้ากว้างของการกระจายไม่ค่อยเปลี่ยนมากนัก เพียงแต่เปลี่ยนตำแหน่งของการกระจายไป คือเมื่อเพิ่มองศาของมุมปล่อยปุ๋ย ปริมาณของปุ๋ยที่มากที่สุดในช่องเก็บผลบนเครื่องทดสอบก็จะเปลี่ยนไปในช่องถัดๆไปจากน้อยไปมากเช่นกัน ซึ่งผลที่ได้รับในส่วนนี้จะทำให้เราสามารถระบุตำแหน่งที่ต้องการให้ปุ๋ยไปตกได้อย่างแม่นยำ

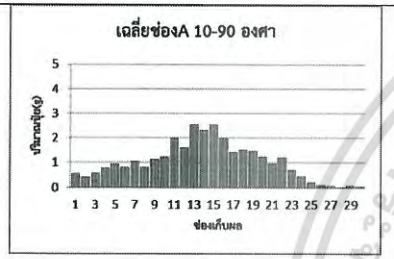
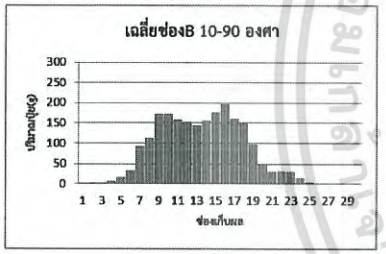
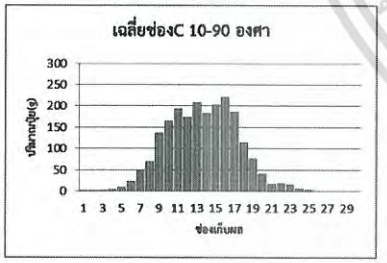
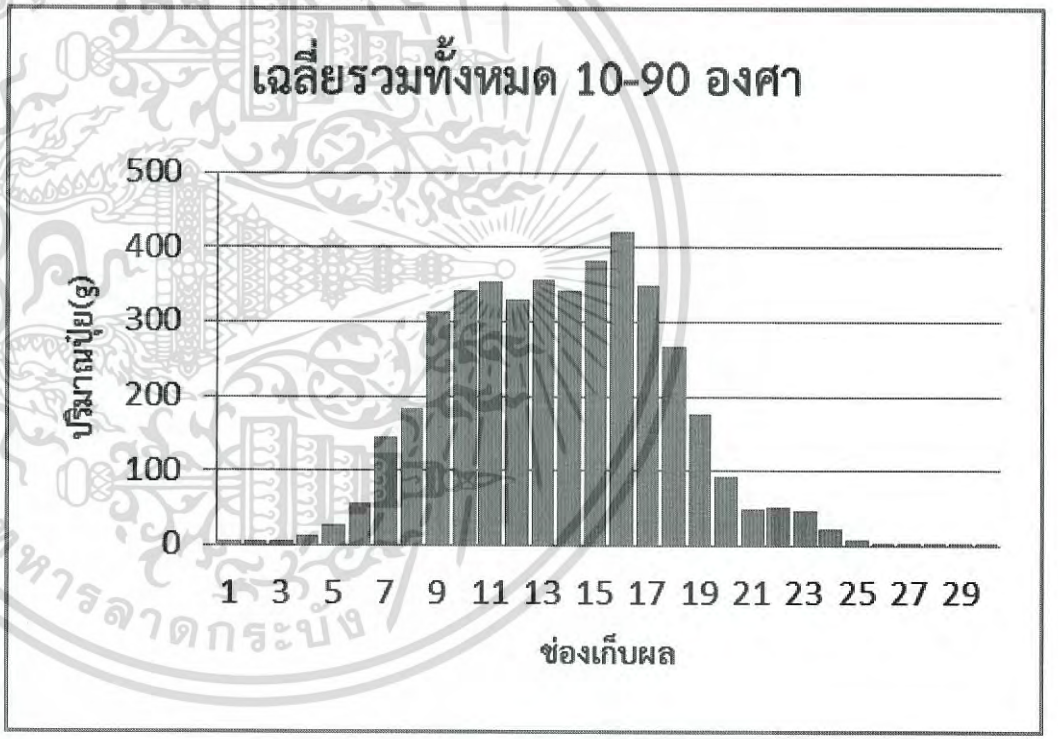
4.3 การเปรียบเทียบผลของตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย ต่อลักษณะการกระจายตัวของปุ๋ยในชุดทดลองต้นแบบที่2 เมื่อปล่อยปุ๋ย 2 จุด บนจานเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

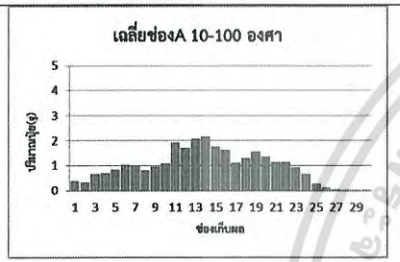
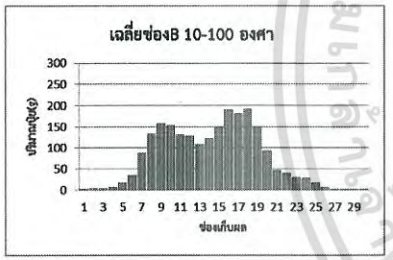
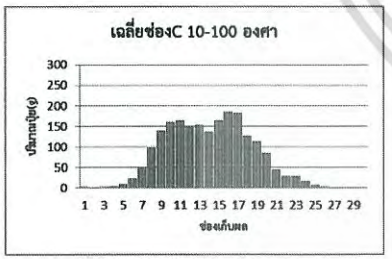
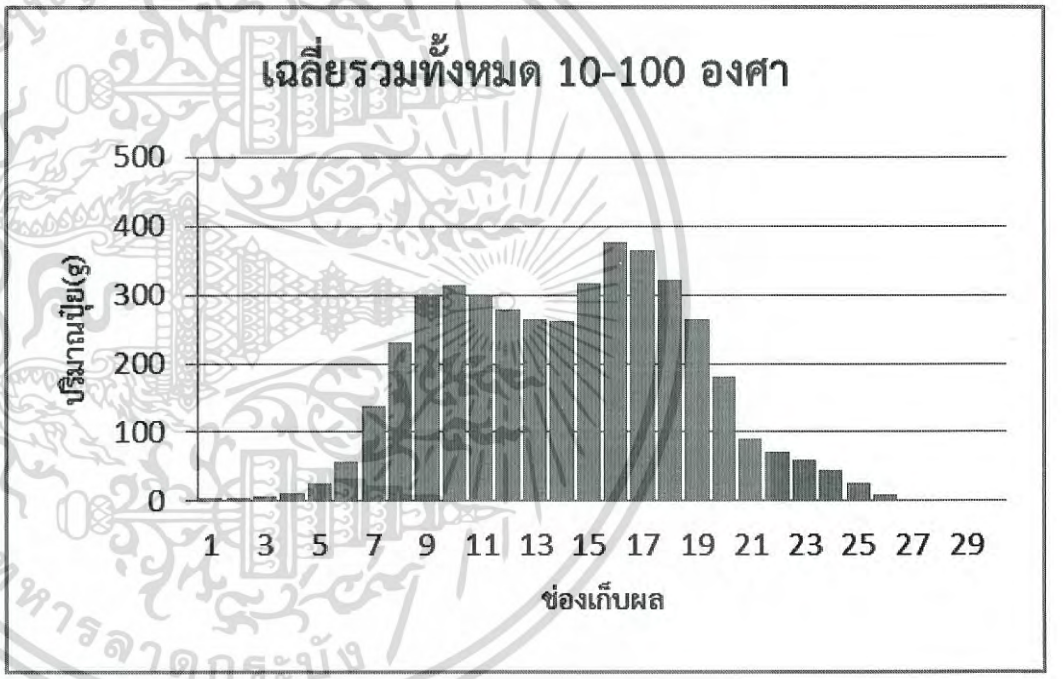
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 10-80 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
10-80	   

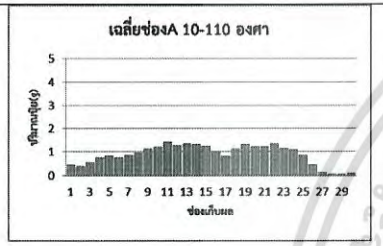
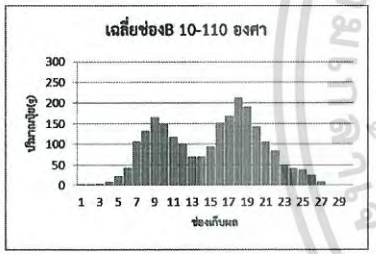
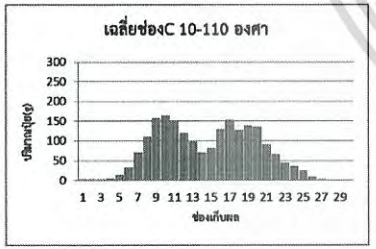
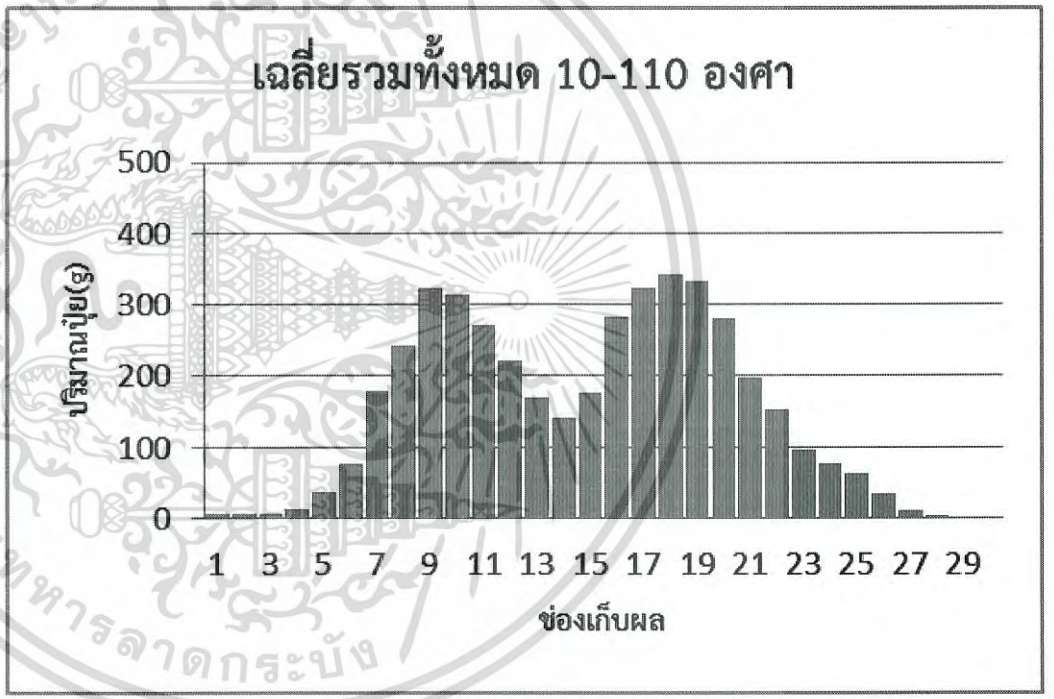
ตารางที่ 4.5(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 10-90 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
10-90	   

ตารางที่ 4.5(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 10-100 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31
10-100	   

ตารางที่ 4.5(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 10-110 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
10-110	   

4.3.1 อิทธิพลของตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย มีผลต่อหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ย Urea บนเครื่องมือทดสอบ เมื่อจุดปล่อยแรกเริ่มที่ 10 องศา และจุดปล่อยที่สองห่างจากจุดแรก 70 องศา , 80 องศา , 90 องศา และ 100 องศา ตามเงื่อนไขที่กำหนด พบว่า เมื่อระยะห่างของจุดปล่อยทั้งสองจุดมีระยะห่างกันมากขึ้นก็จะทำให้หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ยเพิ่มมากขึ้น

4.3.1.1 จุดปล่อยแรกที่ 10 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 80 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 12 ช่อง

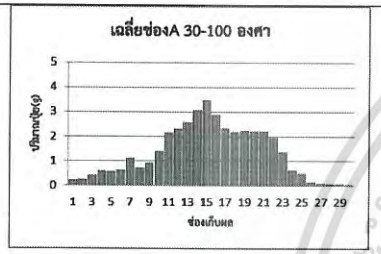
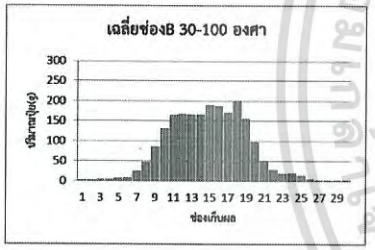
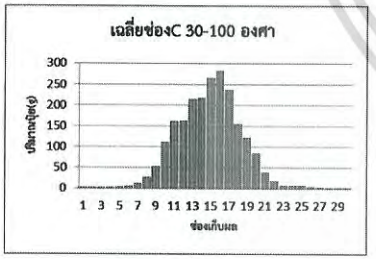
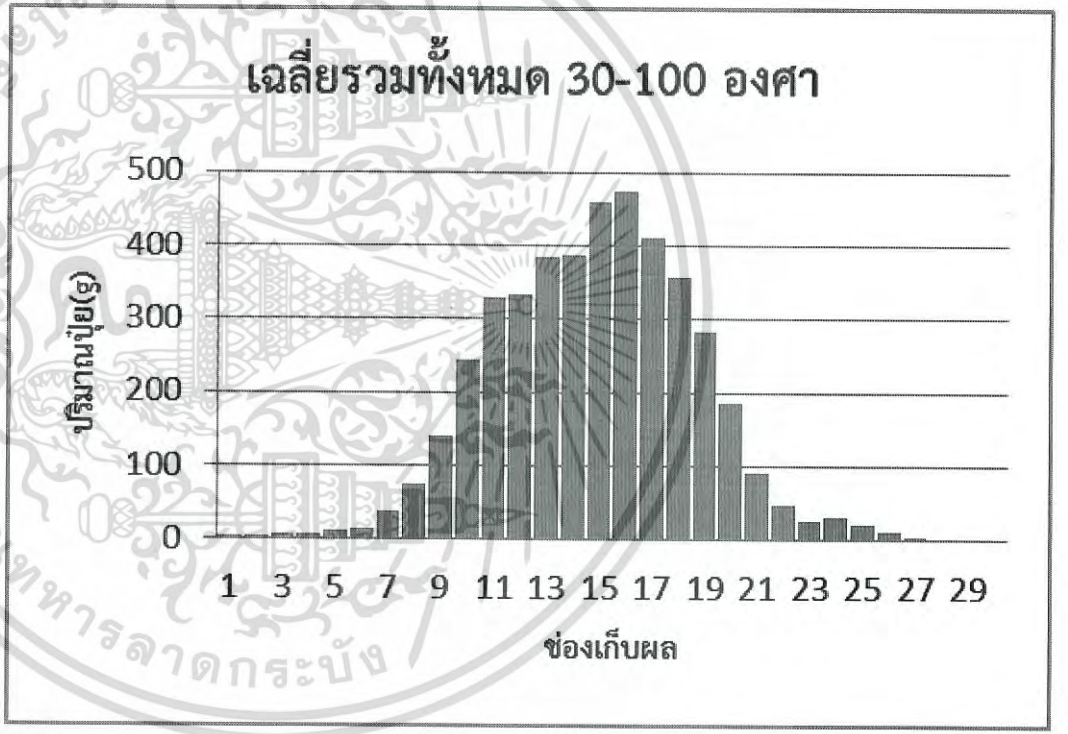
4.3.1.2 จุดปล่อยแรกที่ 10 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 90 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 12 ช่อง

4.3.1.3 จุดปล่อยแรกที่ 10 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 100 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 13 ช่อง

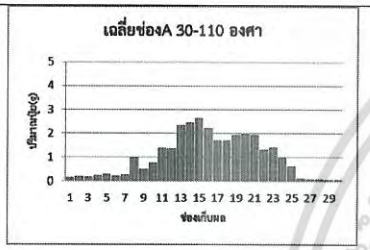
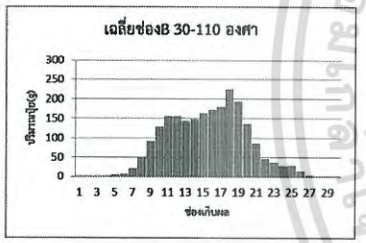
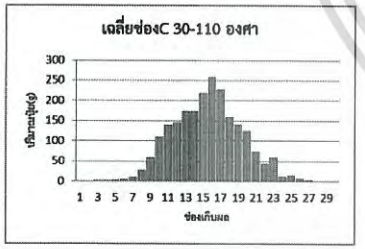
4.3.1.4 จุดปล่อยแรกที่ 10 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 110 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 16 ช่อง

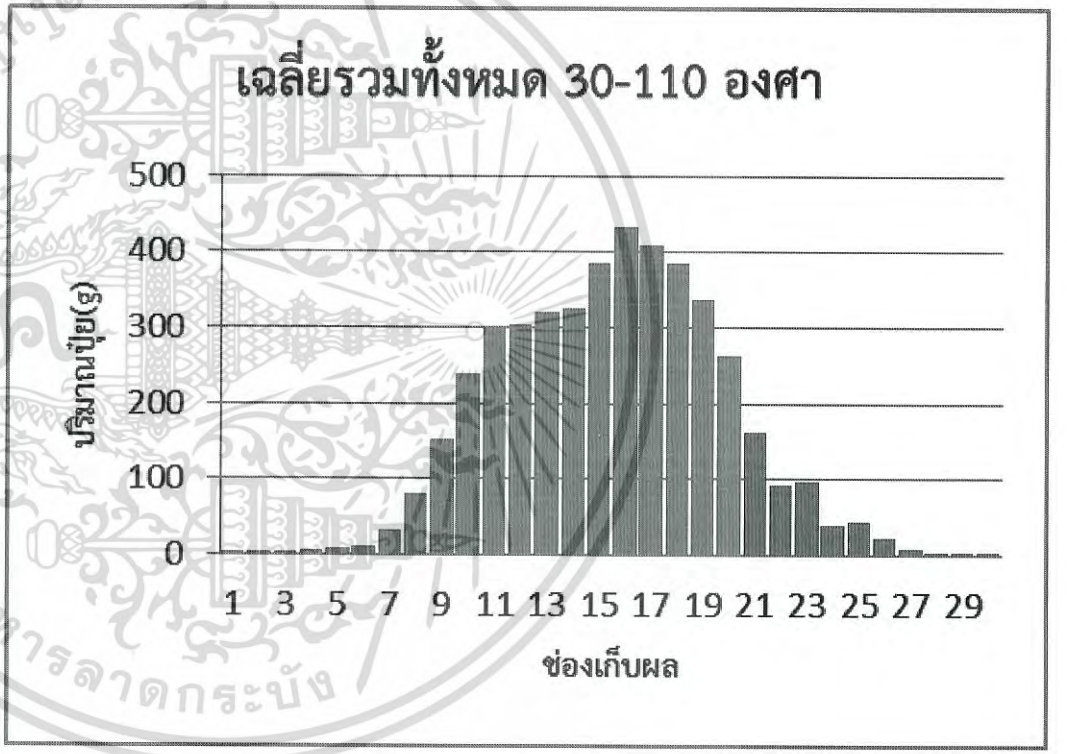
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 30-100 องศา

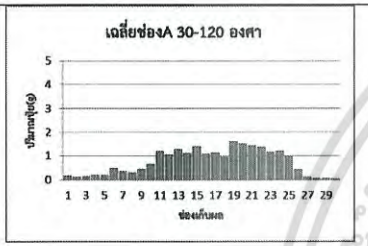
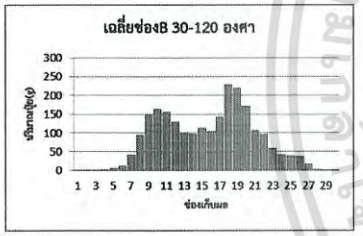
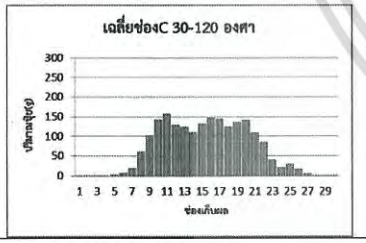
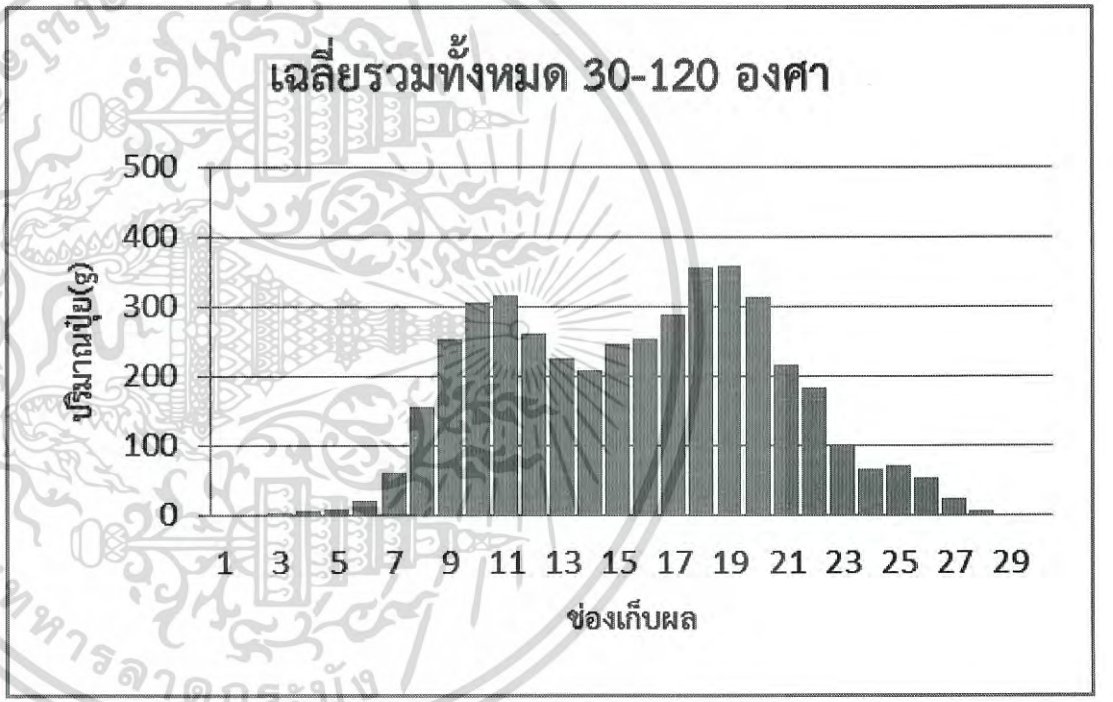
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
30-100	   

ตารางที่ 4.6(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 30-110 องศา

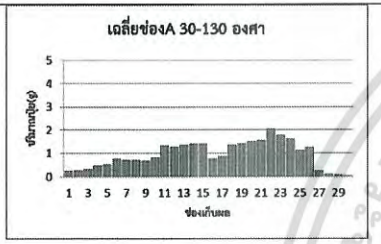
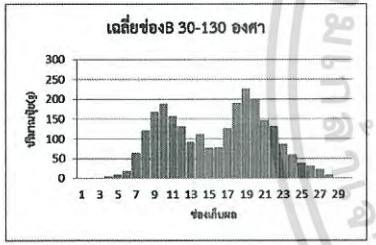
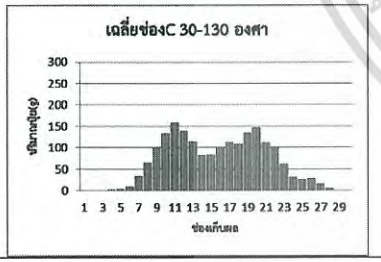
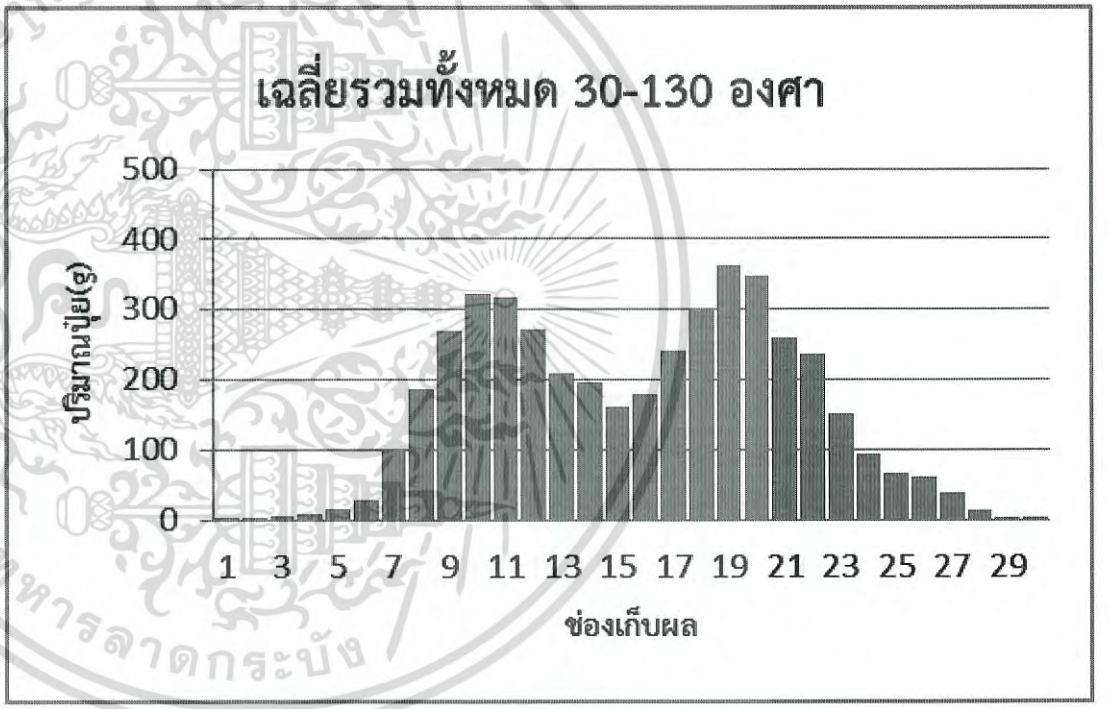
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
30-110	  



ตารางที่ 4.6(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 30-120 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
30-120	   

ตารางที่ 4.6(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 30-130 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31
30-130	   

4.3.2 อิทธิพลของตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย มีผลต่อหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ย Urea บนเครื่องมือทดสอบ เมื่อจุดปล่อยแรกเริ่มที่ 30 องศา และจุดปล่อยที่สองห่างจากจุดแรก 70 องศา , 80 องศา , 90 องศา และ 100 องศา ตามเงื่อนไขที่กำหนด พบว่า เมื่อระยะห่างของจุดปล่อยทั้งสองจุดมีระยะห่างกันมากขึ้นก็จะทำให้หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ยเพิ่มมากขึ้น

4.3.2.1 จุดปล่อยแรกที่ 30 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 100 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 11 ช่อง

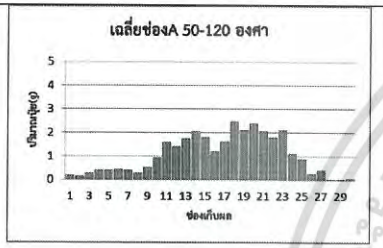
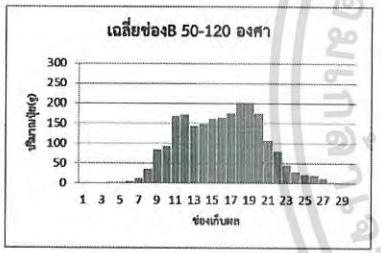
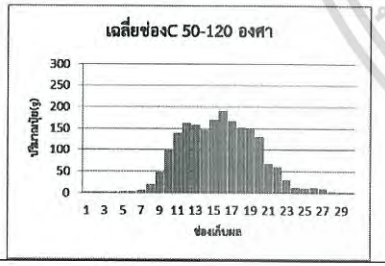
4.3.2.2 จุดปล่อยแรกที่ 30 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 110 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 12 ช่อง

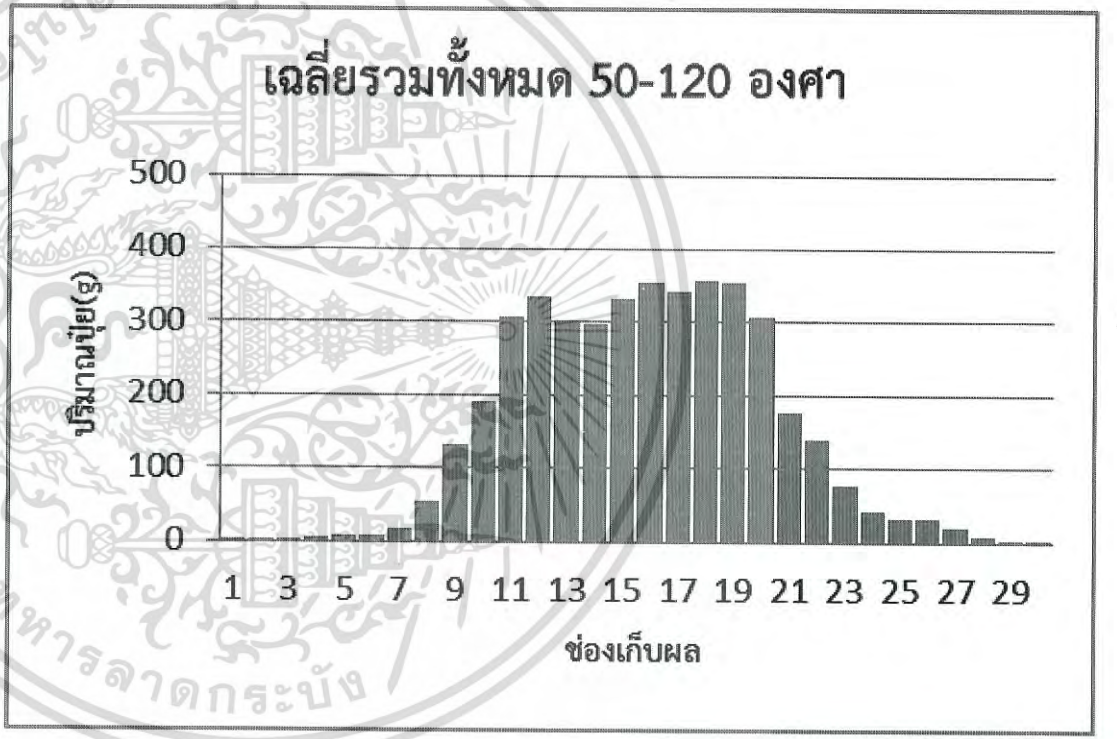
4.3.2.3 จุดปล่อยแรกที่ 30 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 120 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 14 ช่อง

4.3.2.4 จุดปล่อยแรกที่ 30 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 130 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 15.5 ช่อง

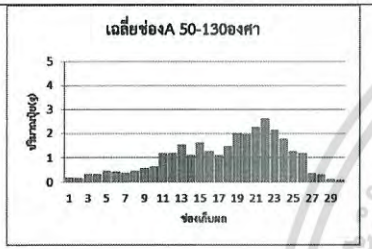
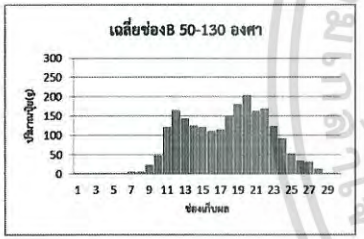
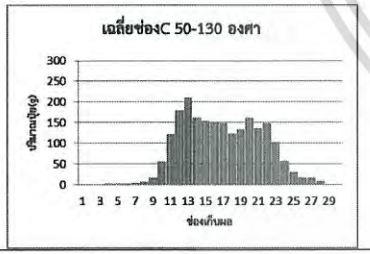
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

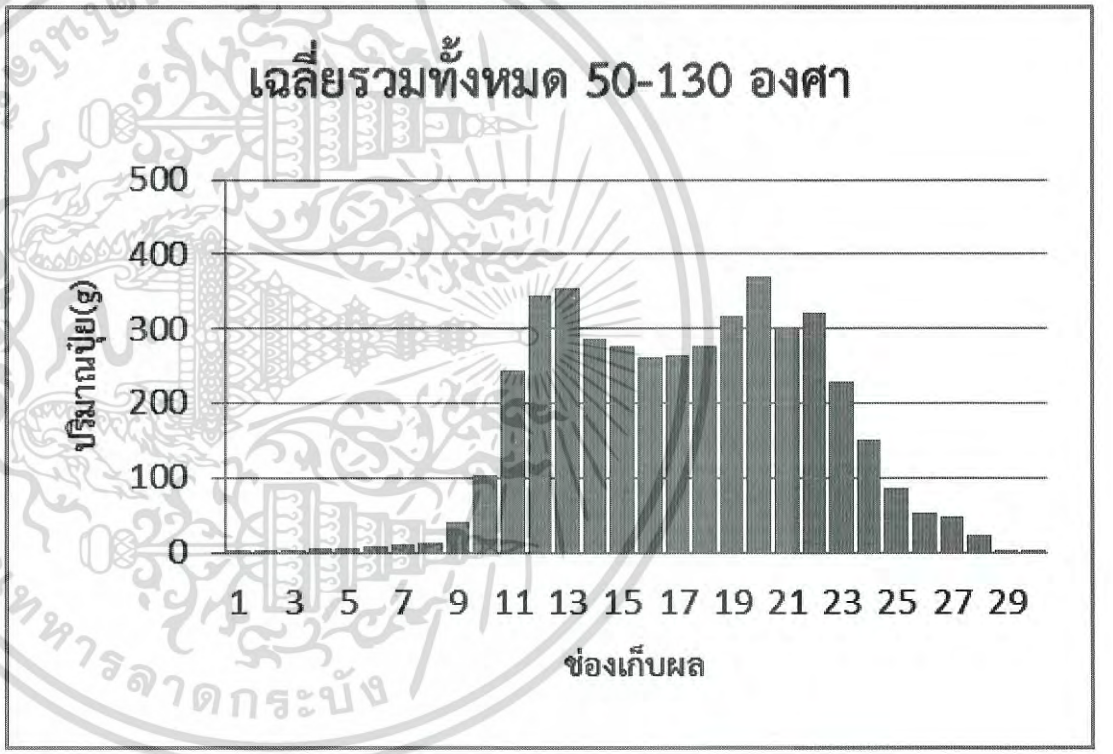
ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 50-120 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
50-120	  

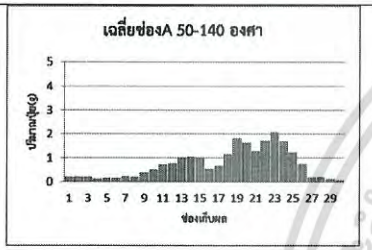
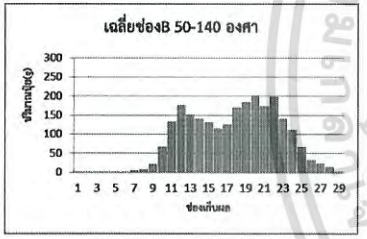
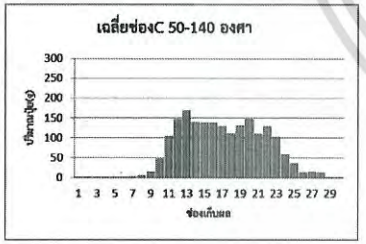


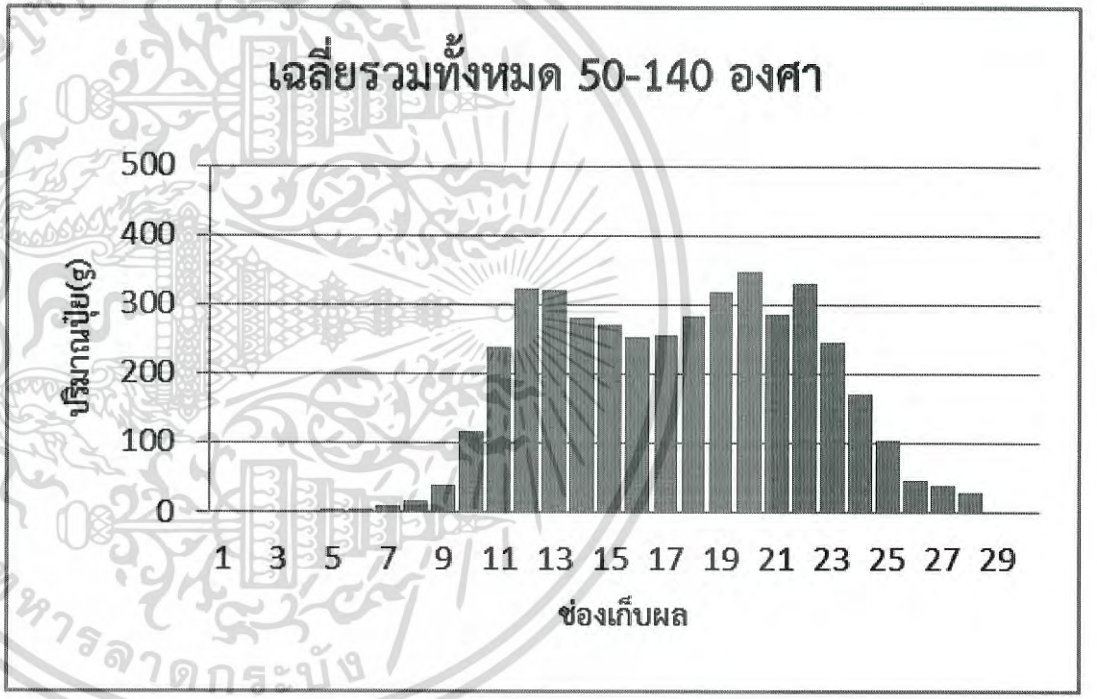
ตารางที่ 4.7(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 50-130 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31
50-130	  

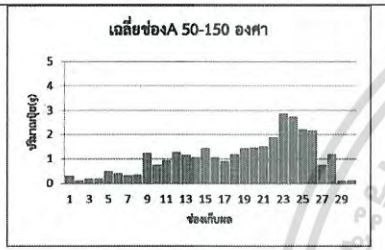
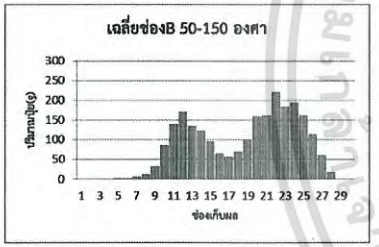
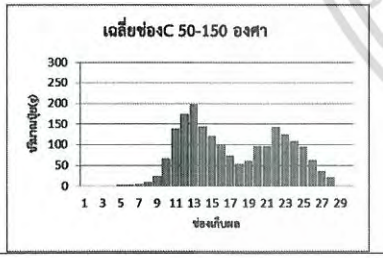


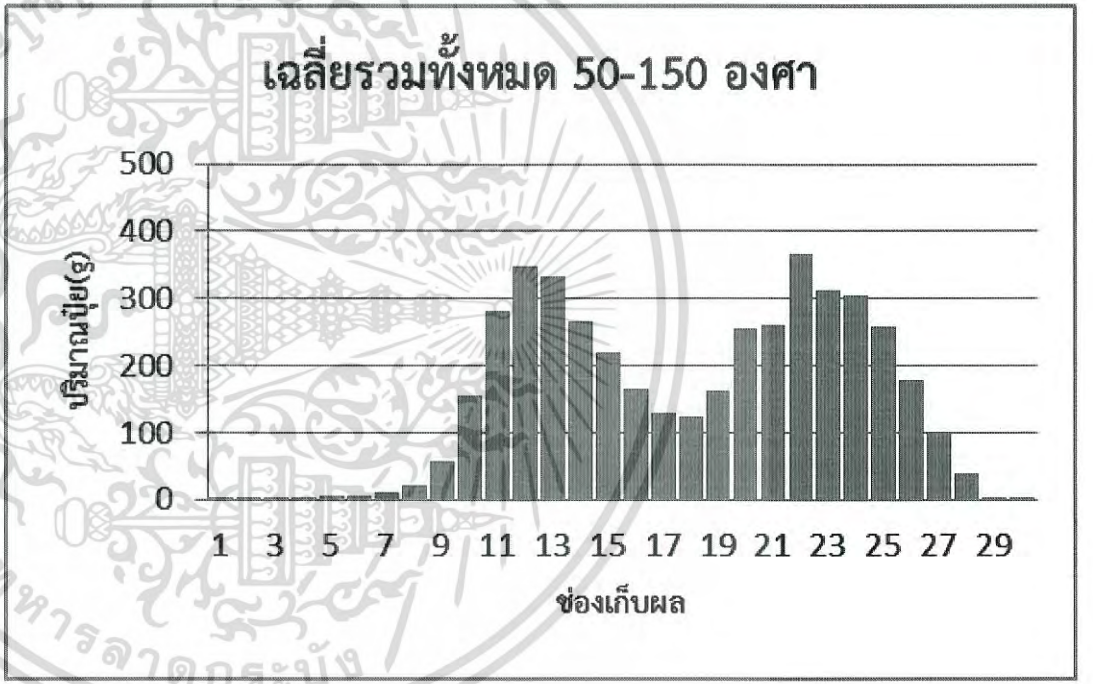
ตารางที่ 4.7(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 50-140 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
50-140	  



ตารางที่ 4.7(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 50-150 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
50-150	  



4.3.3 อิทธิพลของตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย มีผลต่อหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ย Urea บนเครื่องมือทดสอบ เมื่อจุดปล่อยแรกเริ่มที่ 50 องศา และจุดปล่อยที่สองห่างจากจุดแรก 70 องศา , 80 องศา , 90 องศา และ 100 องศา ตามเงื่อนไขที่กำหนด พบว่า เมื่อระยะห่างของจุดปล่อยทั้งสองจุดมีระยะห่างกันมากขึ้นก็จะทำให้หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ยเพิ่มมากขึ้น

4.3.3.1 จุดปล่อยแรกที่ 50 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 120 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 13 ช่อง

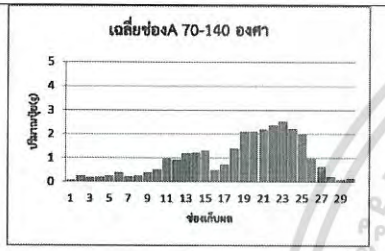
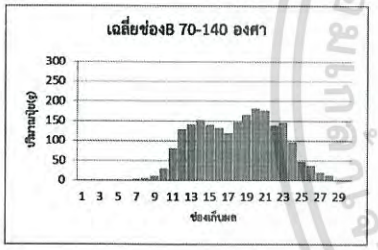
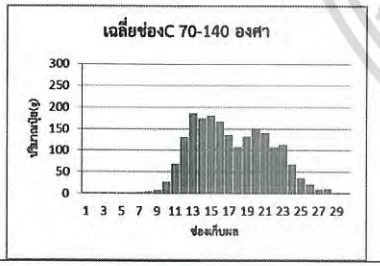
4.3.3.2 จุดปล่อยแรกที่ 50 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 130 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 13.5 ช่อง

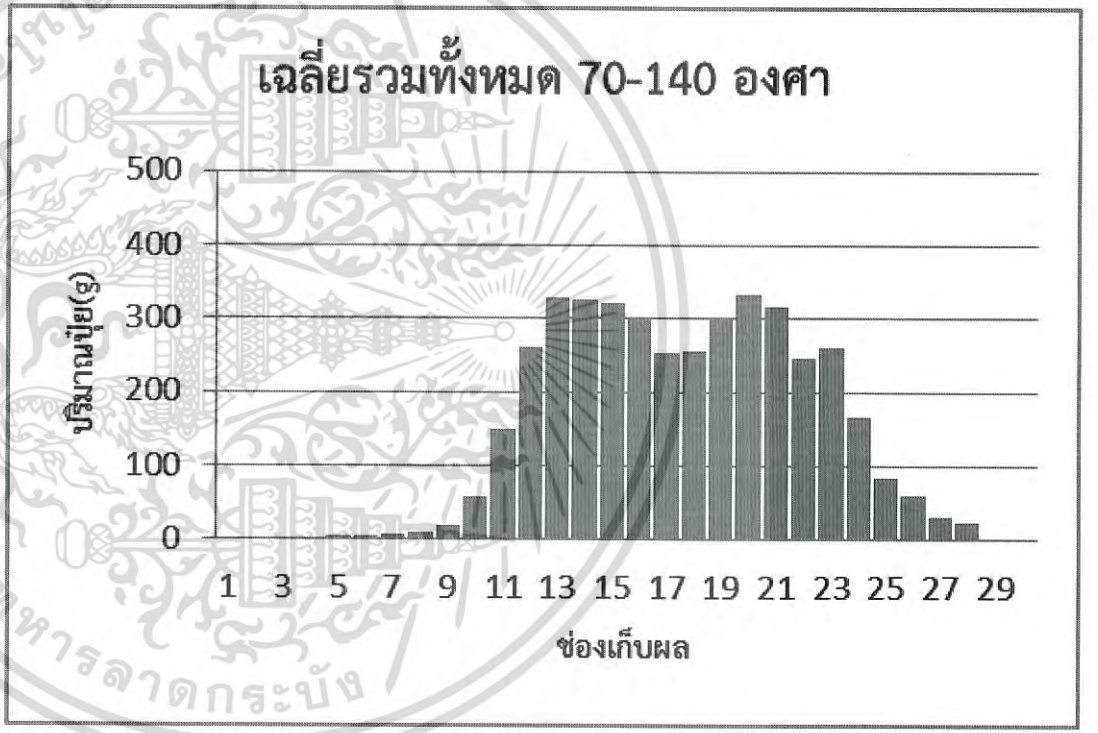
4.3.3.3 จุดปล่อยแรกที่ 50 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 140 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 14 ช่อง

4.3.3.4 จุดปล่อยแรกที่ 50 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 150 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 16 ช่อง

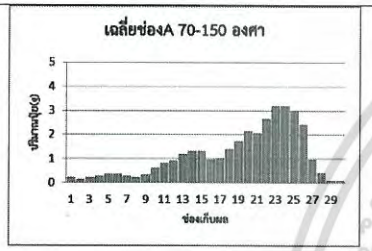
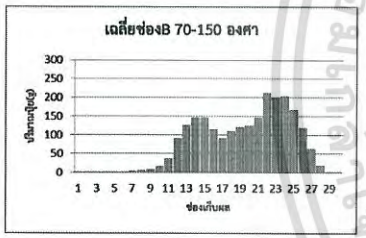
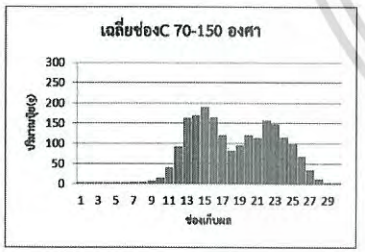
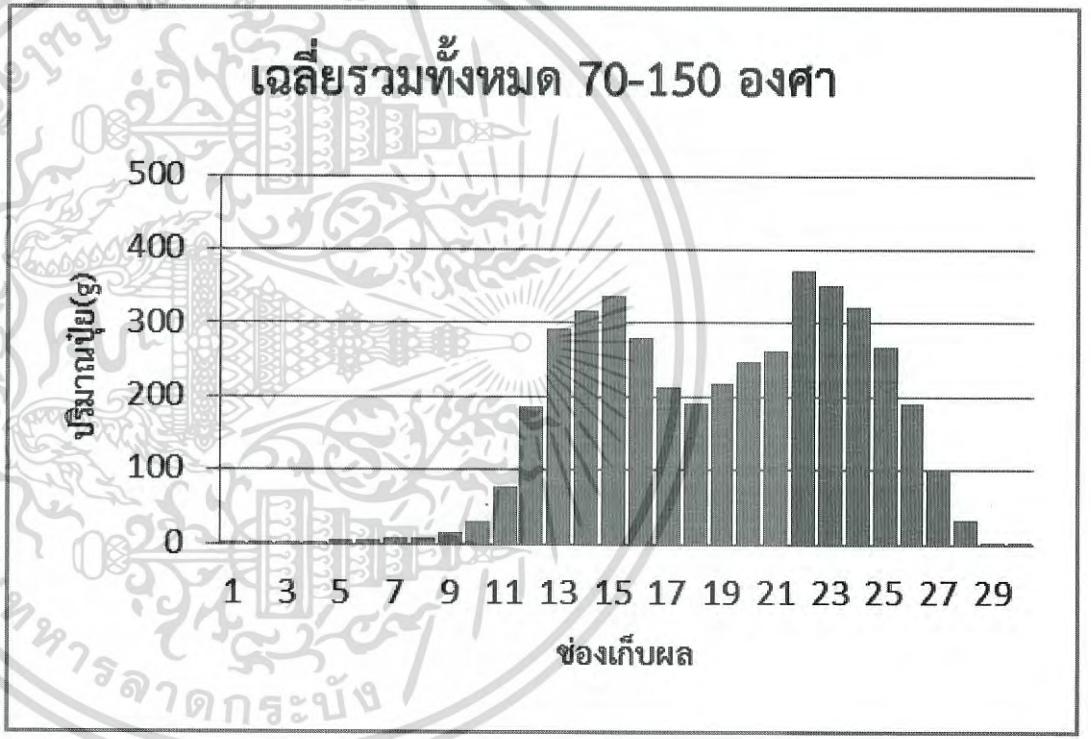
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 70-140 องศา

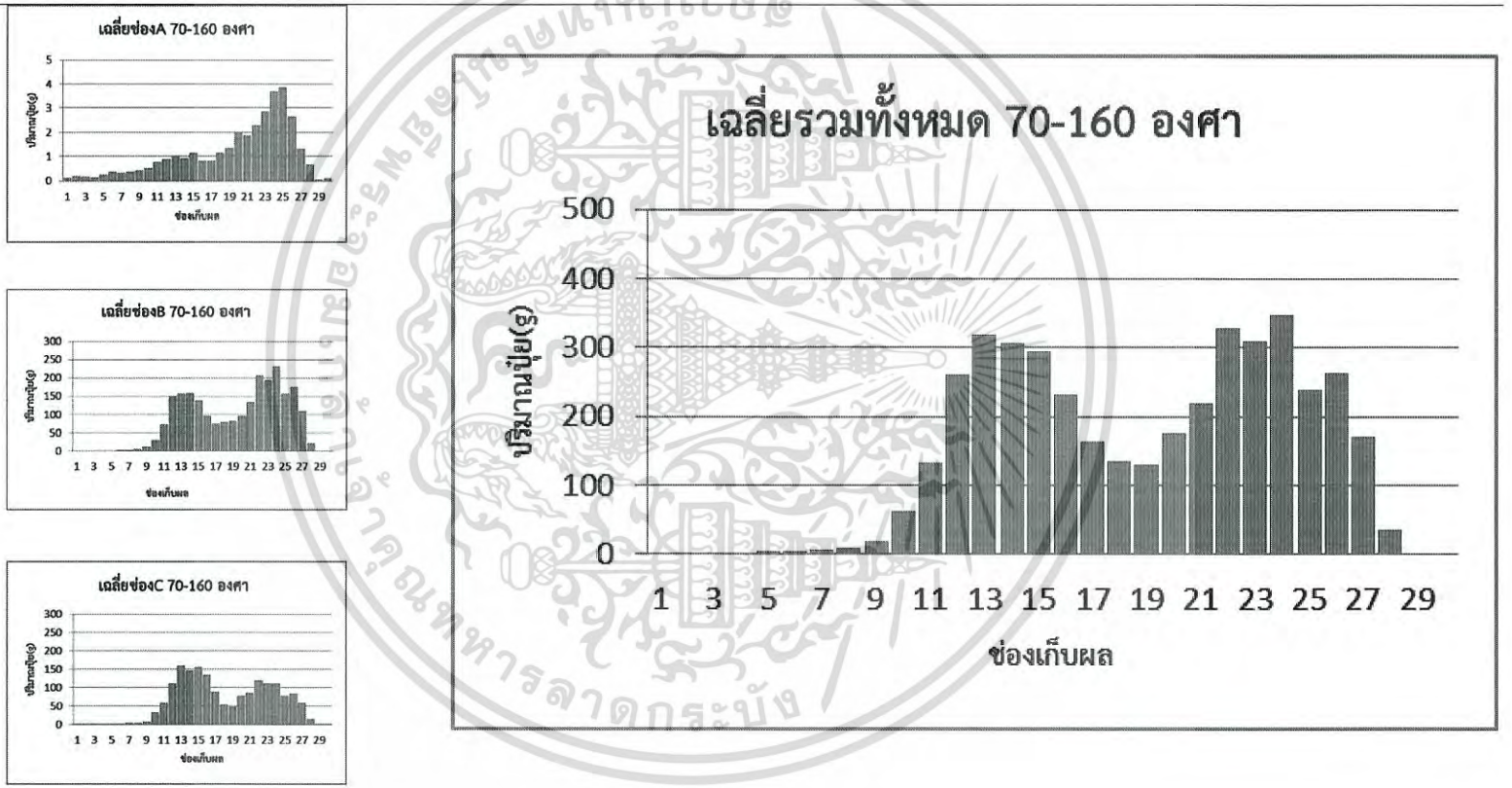
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
70-140	  



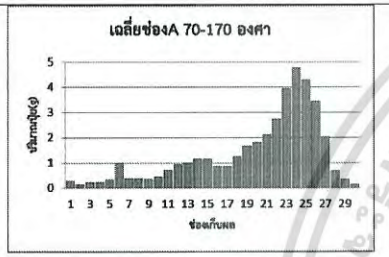
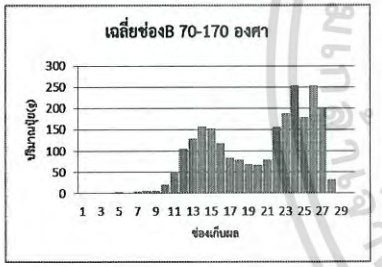
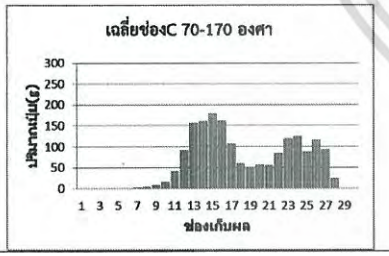
ตารางที่ 4.8(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 70-150 องศา

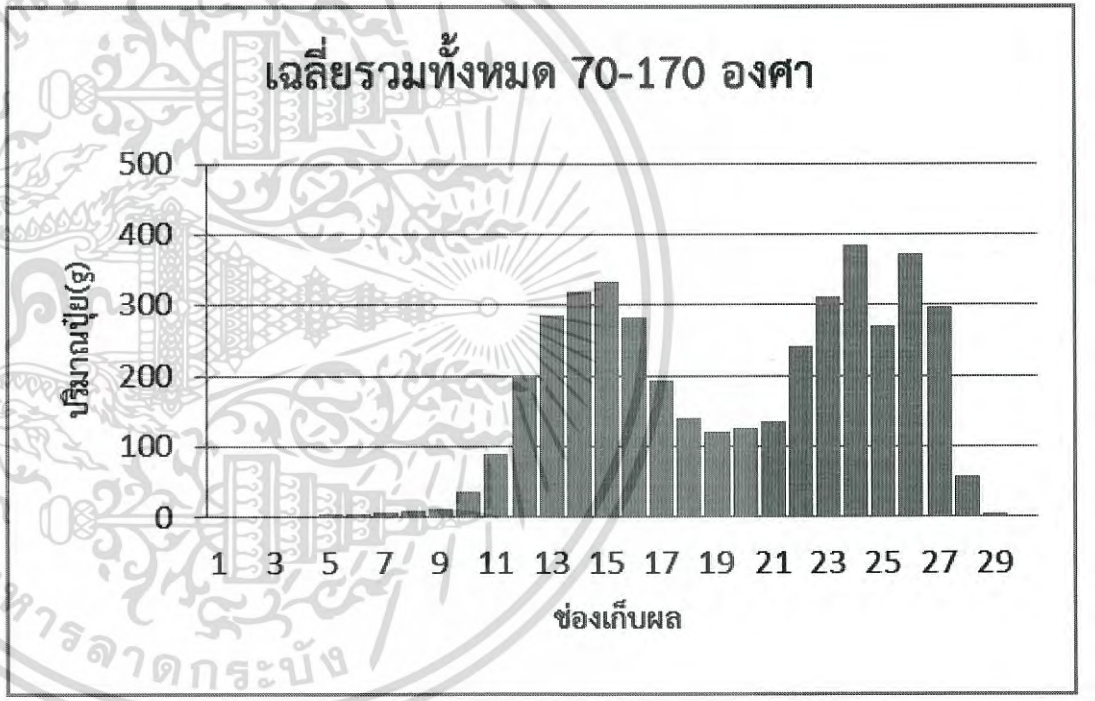
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
70-150	   

ตารางที่ 4.8(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 70-160 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)
	19.31
70-160	

ตารางที่ 4.8(ต่อ) ผลการทดสอบด้วยปุ๋ย Urea 70-170 องศา

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31
70-170	  



4.3.4 อิทธิพลของตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย มีผลต่อหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ย Urea บนเครื่องมือทดสอบ เมื่อจุดปล่อยแรกเริ่มที่ 70 องศา และจุดปล่อยที่สองห่างจากจุดแรก 70 องศา , 80 องศา , 90 องศา และ 100 องศา ตามเงื่อนไขที่กำหนด พบว่า เมื่อระยะห่างของจุดปล่อยทั้งสองจุดมีระยะห่างกันมากขึ้นก็จะทำให้หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ยเพิ่มมากขึ้น

4.3.4.1 จุดปล่อยแรกที่ 70 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 140 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 13 ช่อง

4.3.4.2 จุดปล่อยแรกที่ 70 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 150 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 14 ช่อง

4.3.4.3 จุดปล่อยแรกที่ 70 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 160 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 16 ช่อง

4.3.4.4 จุดปล่อยแรกที่ 70 องศา , จุดปล่อยที่สองที่ 170 องศา
หน้ากว้างในการกระจายของปุ๋ย 16 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การแปลงผลการทดลองในห้องปฏิบัติการให้เป็นแบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ยบนพื้น(Distribution Pattern)

การทดสอบโดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

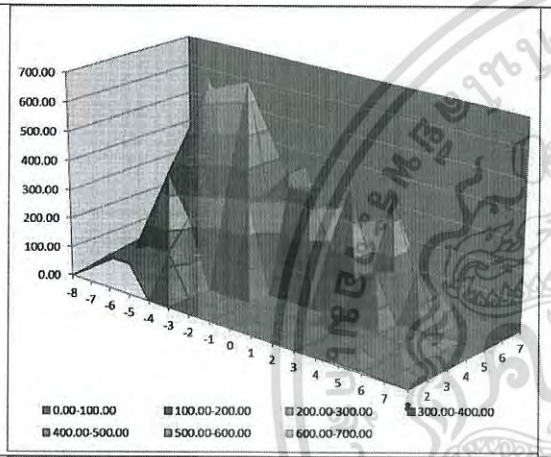
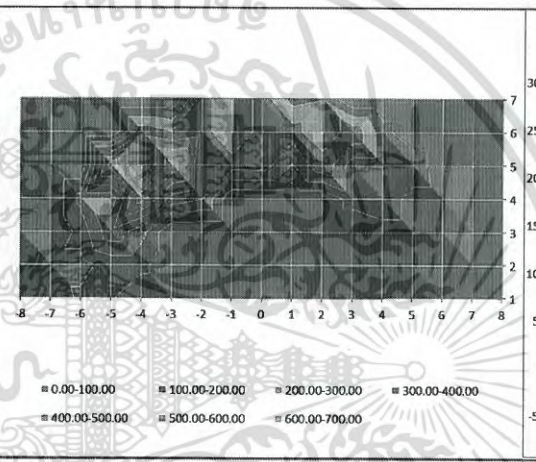
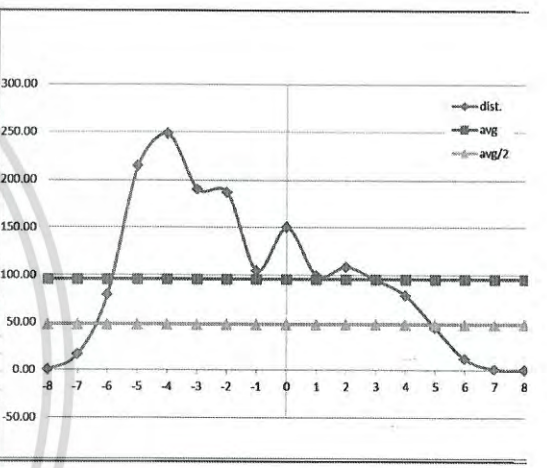
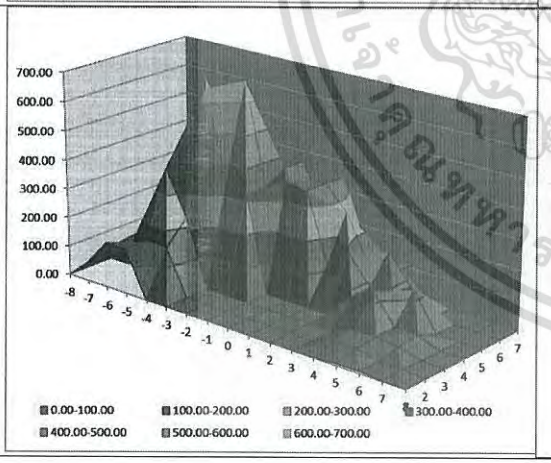
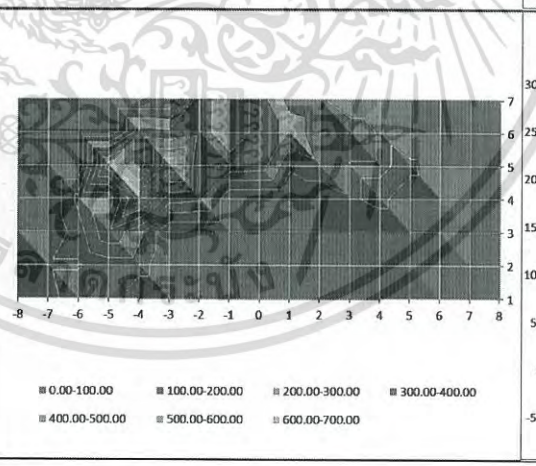
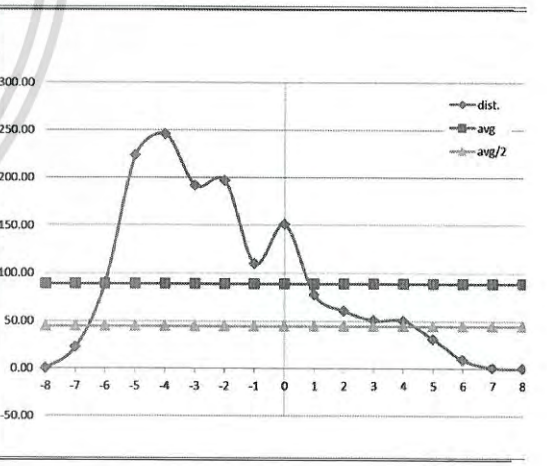
1. อัตราการจ่ายปุ๋ยมี 3 ระดับ คือ 19.31 9.19 และ 4.25 กิโลกรัมต่อนาที
2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ยมี 8 ระดับ คือ 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 องศา
3. ชนิดของปุ๋ยมี 3 ชนิด คือ Urea Kieserite และ DAP

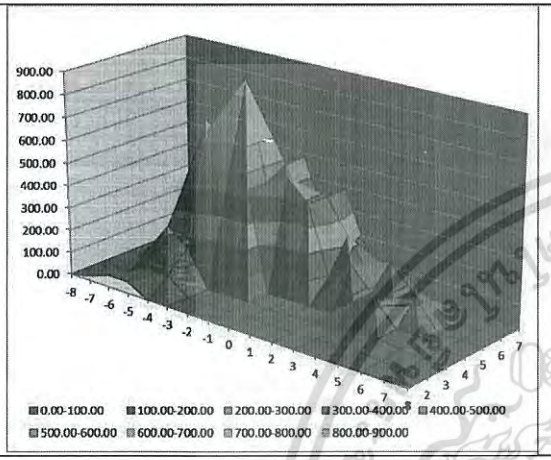
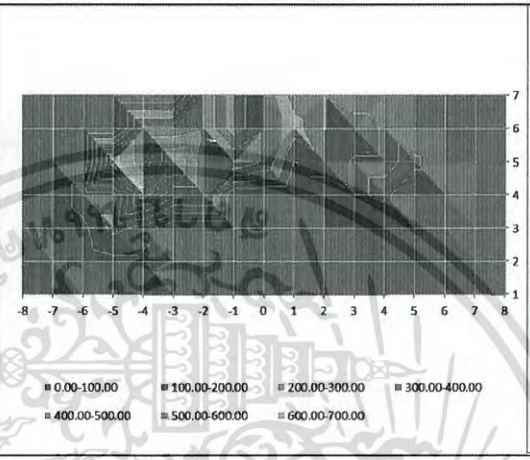
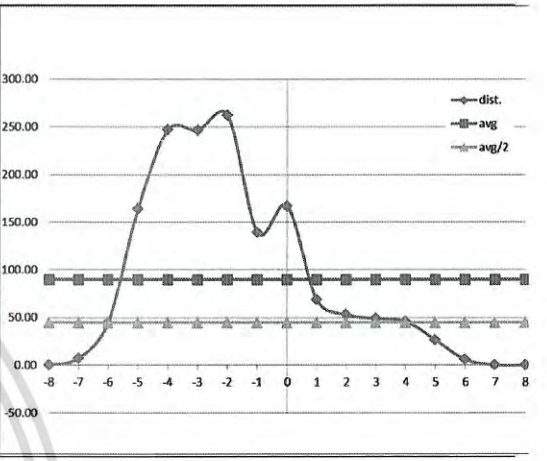
จากการทำการทดลองบนเครื่องมือเก็บผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงที่ได้สร้างขึ้น สามารถนำมาสร้างเป็นกราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณของปุ๋ย(g)กับหมายเลขของช่องเก็บผล (ตำแหน่งการหว่านปุ๋ย)บนเครื่องมือซึ่งไม่สามารถจะสรุปออกมาเป็นรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยได้ จึงได้ทำการทดลองหว่านปุ๋ยด้วยวิธีการมาตรฐานบนเงื่อนไขการทดลองเดียวกันกับที่ทดลองบนเครื่องมือเก็บผลการกระจายตัวของปุ๋ยที่สร้าง เพื่อให้เห็นถึงรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยที่เป็นจริง จากนั้นจึงทำการคิดวิธีที่จะสามารถนำผลการทดลองที่ได้จากเครื่องมือที่สร้างมาเทียบกับผลการการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน เพื่อที่จะหาข้อสรุปให้ได้ว่าเครื่องมือวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงที่สร้างขึ้นมานั้น สามารถใช้ทดแทนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานได้หรือไม่ โดยวิธีการดังกล่าวคือการนำเอาข้อมูลผลการทดลองที่ได้บนเครื่องมือที่สร้างขึ้น มาสร้างเป็นรูปแบบการกระจายตัวจำลอง เพื่อจะเทียบกับรูปแบบการกระจายตัวที่แท้จริง

และเพื่อที่จะหาข้อสรุปให้ชัดเจนมากขึ้นได้ทำการแปลงผลย้อนกลับโดยนำข้อมูลผลการทดลองบนวิธีการมาตรฐานมาเป็นข้อมูลของเครื่องมือทดสอบที่สร้างขึ้น เพื่อสร้างเป็นความสัมพันธ์ของน้ำหนักปุ๋ยกับหมายเลขของช่องเก็บผล ซึ่งข้อมูลที่แปลงย้อนกลับมานั้นจะให้ผลออกมาเป็น หน้ากว้างของการหว่านเปอร์เซ็นต์ของปริมาณปุ๋ยในแต่ละช่องเก็บผล และ จุดที่มีปุ๋ยไปตกอยู่มากที่สุด(peak) ซึ่งข้อมูลผลการทดลองทั้งหมดจะแสดงให้เห็นในลักษณะของการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการทดลองบนเครื่องมือทดสอบที่สร้างขึ้น และ การทดลองบนวิธีการมาตรฐาน

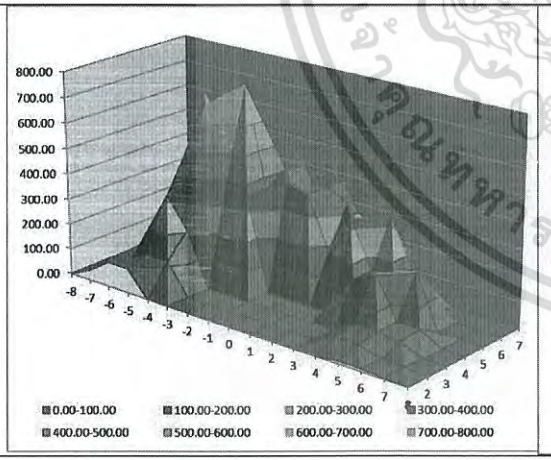
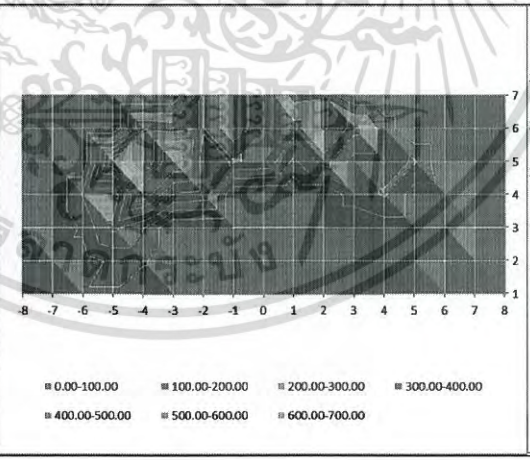
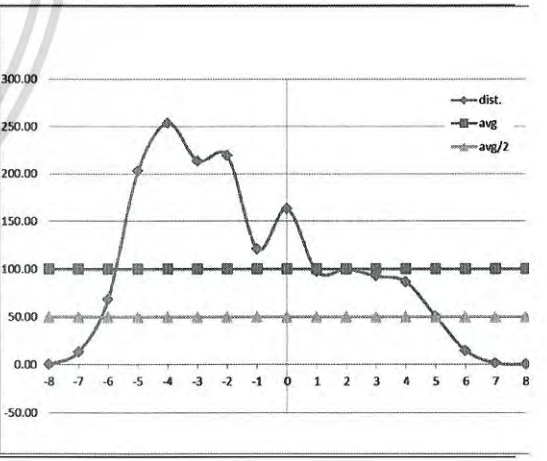
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรียด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

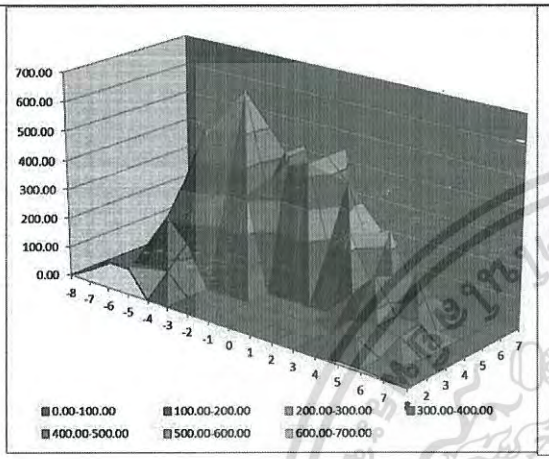
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (30 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

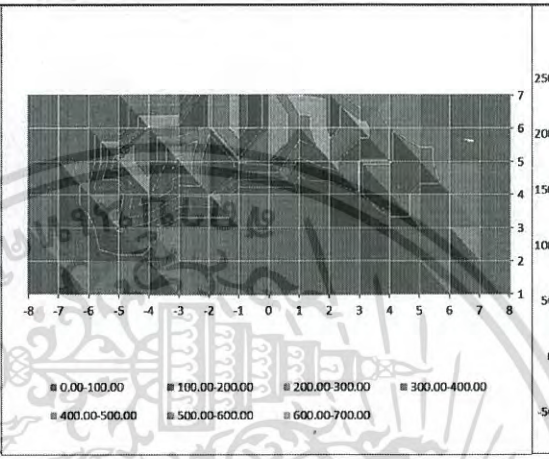
4.25 kg/min			

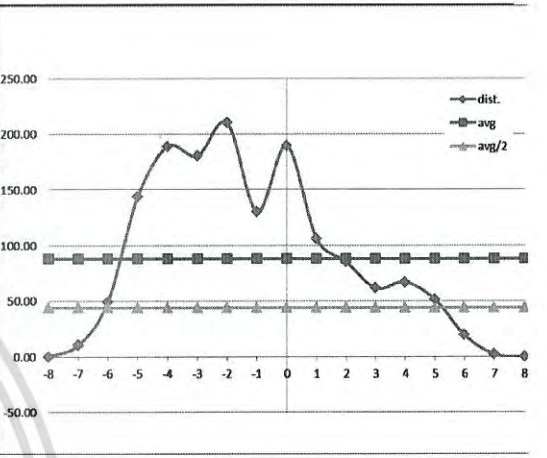
ตารางที่ 4.9 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรียด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (40 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

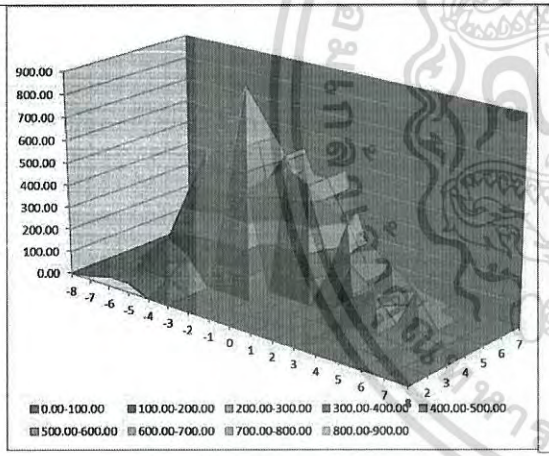
9.19 kg/min

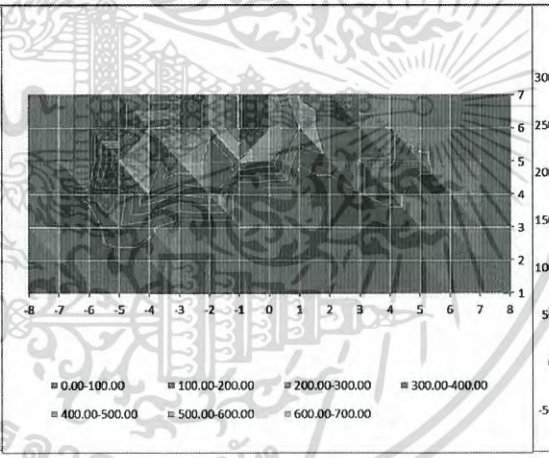


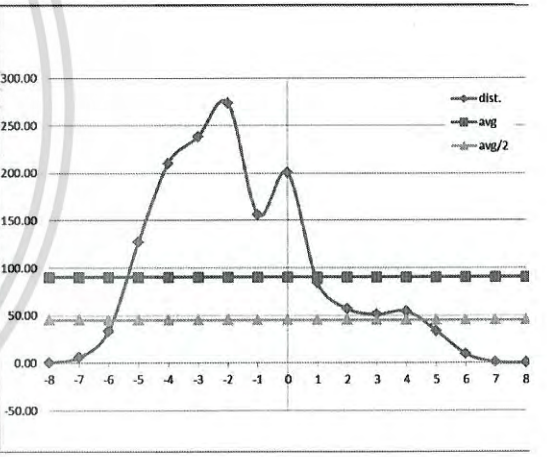




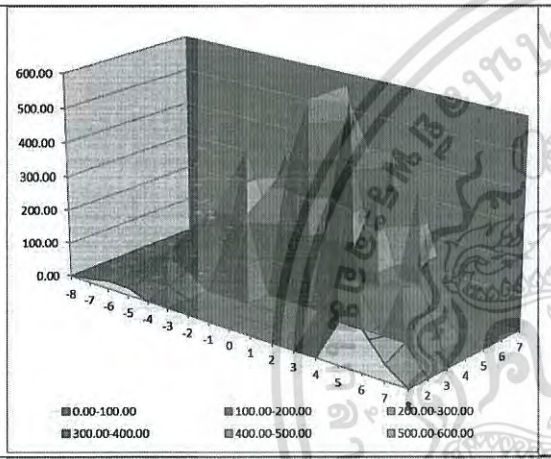
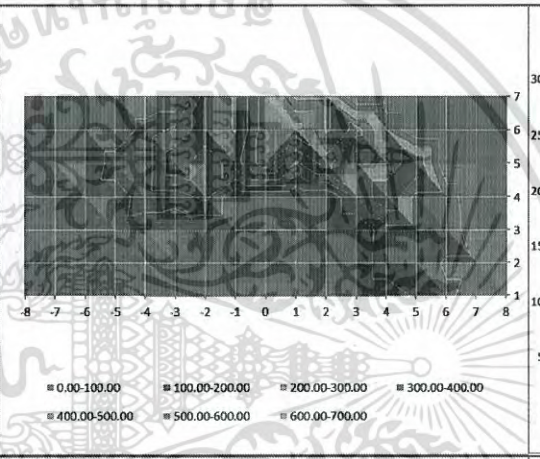
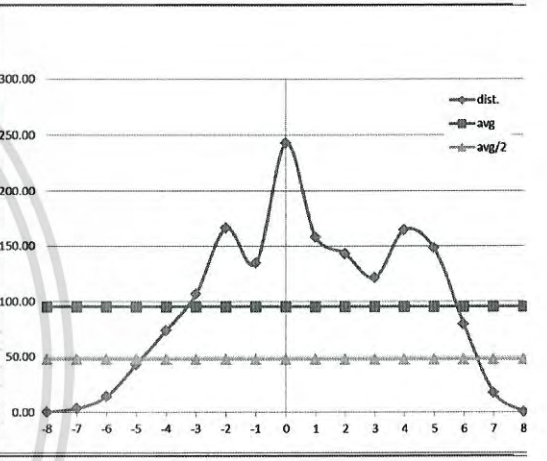
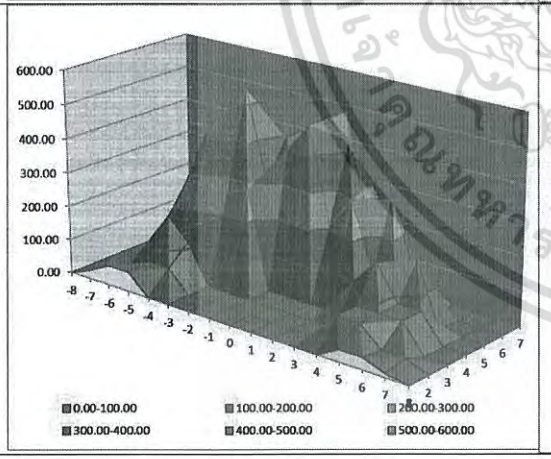
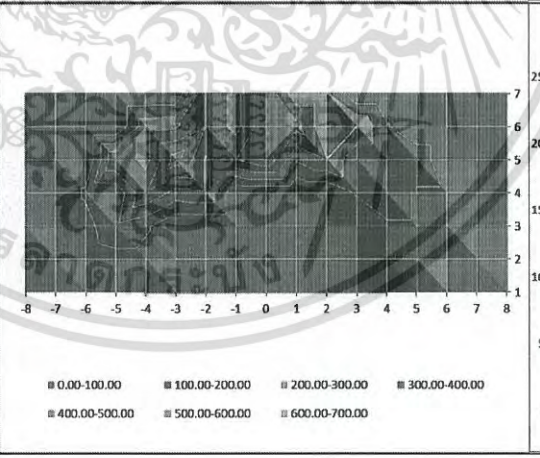
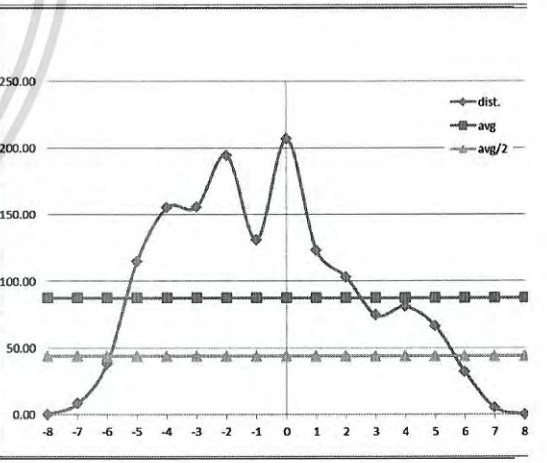
4.25 kg/min

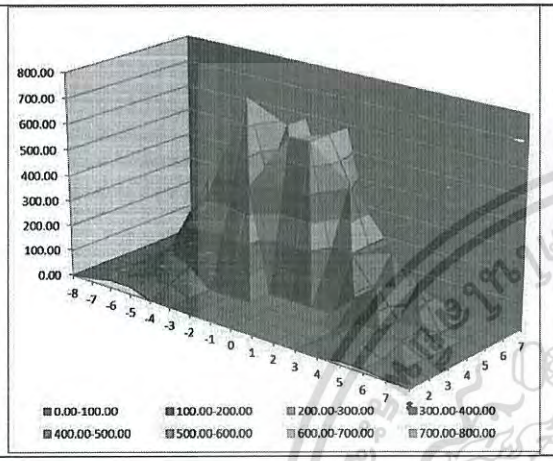
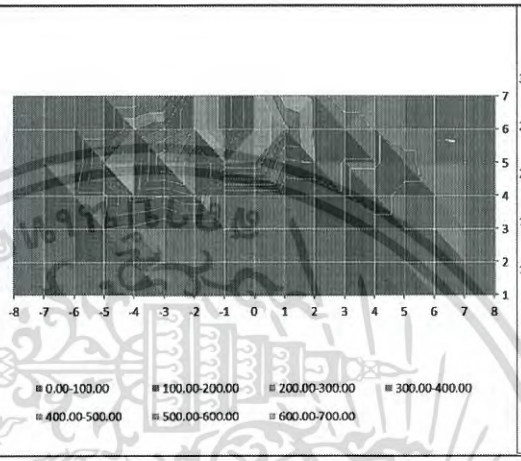
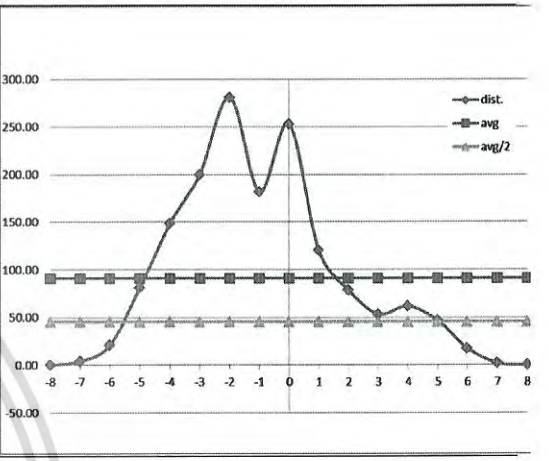




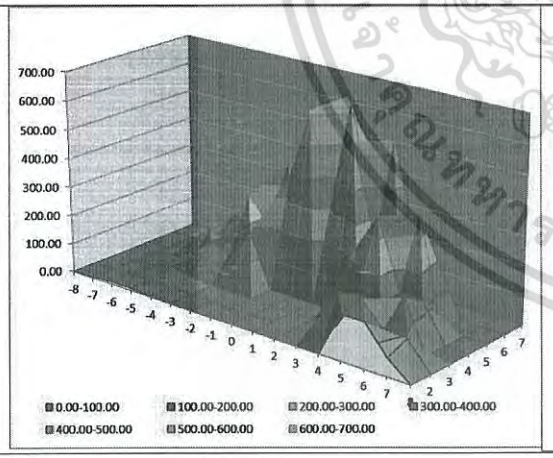
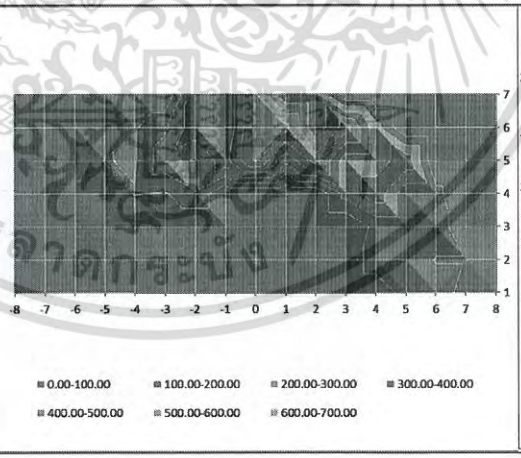
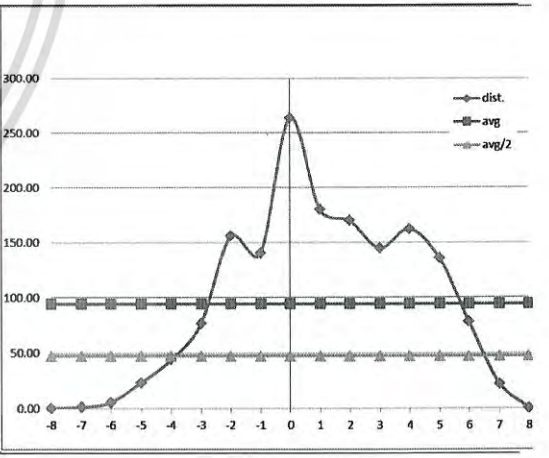


ตารางที่ 4.9 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรียด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

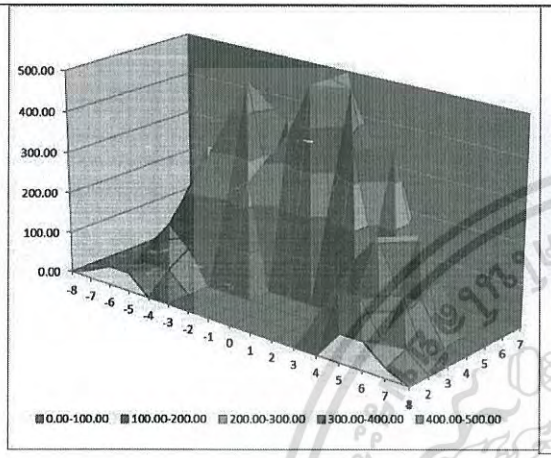
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (50 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

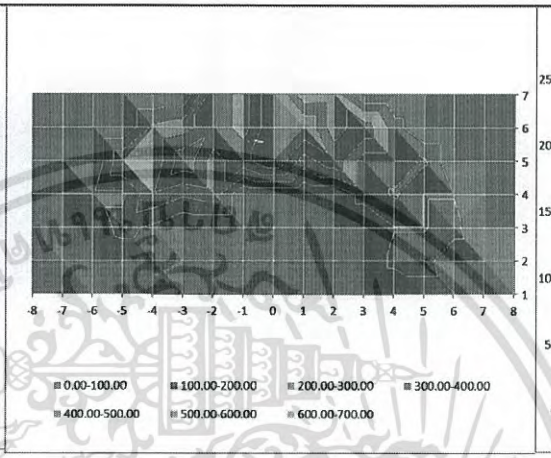
4.25 kg/min			

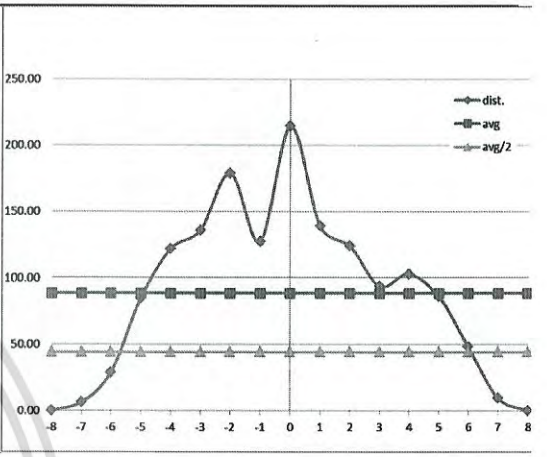
ตารางที่ 4.9 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรียด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (60 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

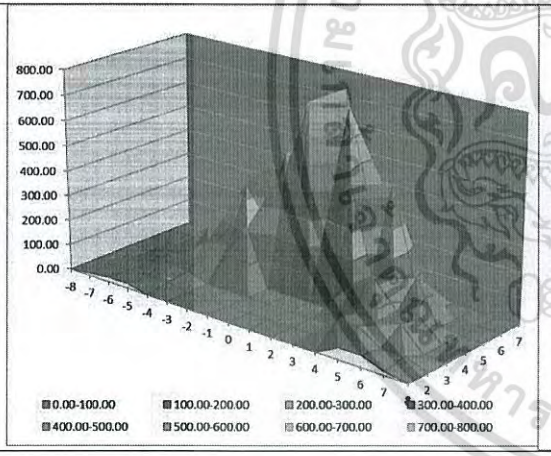
9.19 kg/min

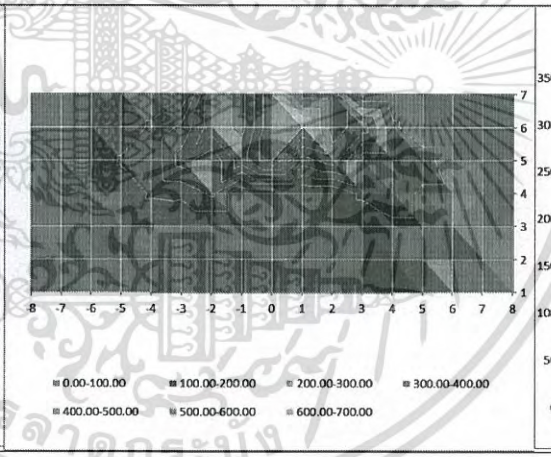


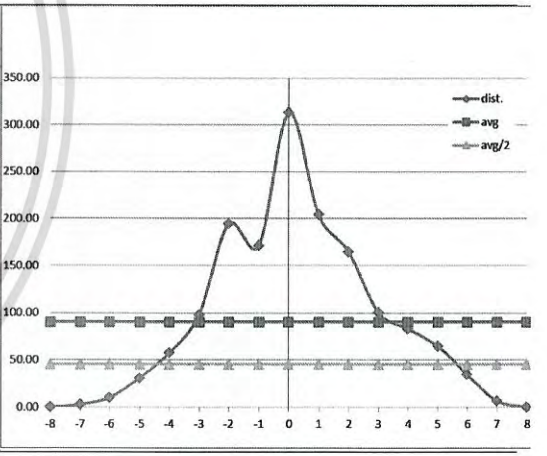




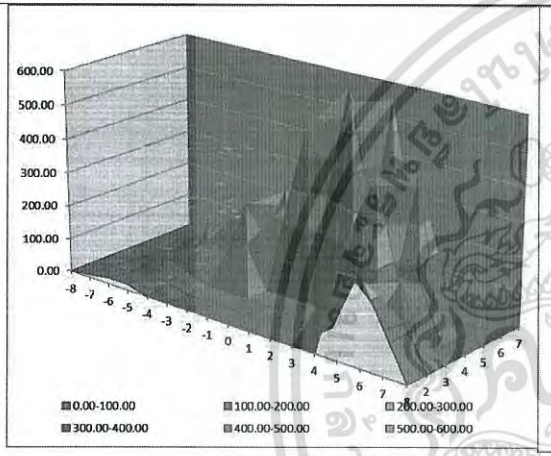
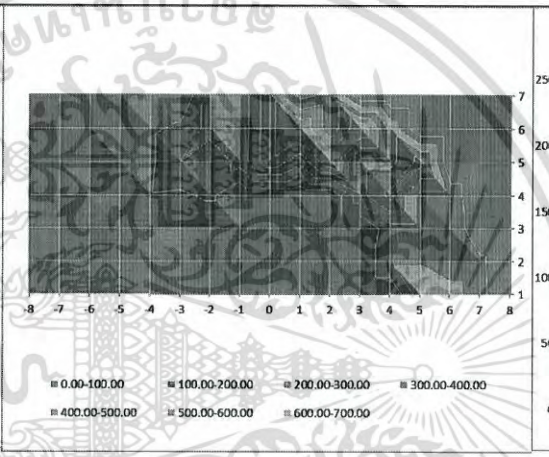
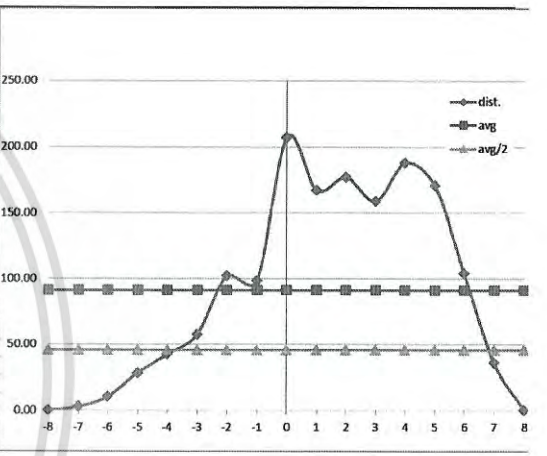
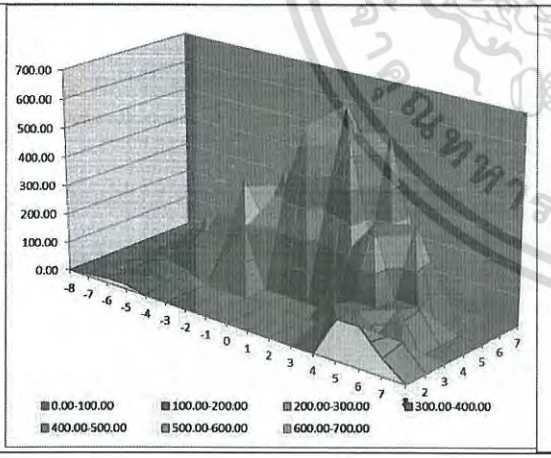
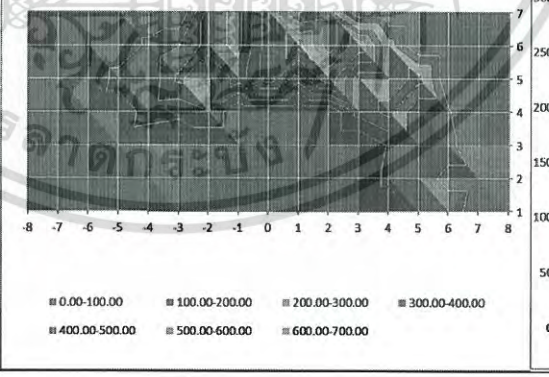
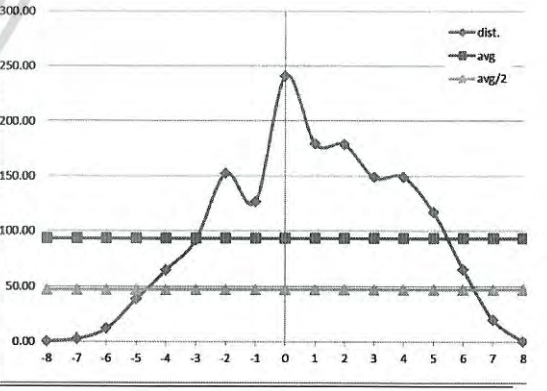
4.25 kg/min

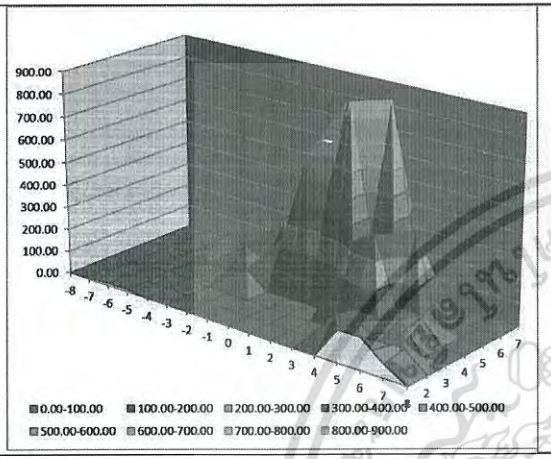
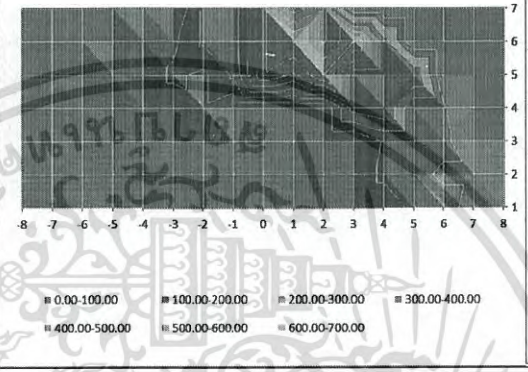
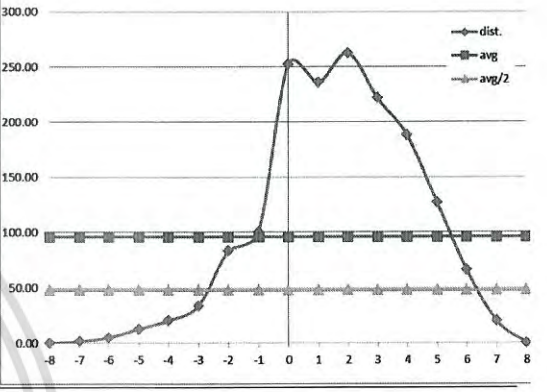




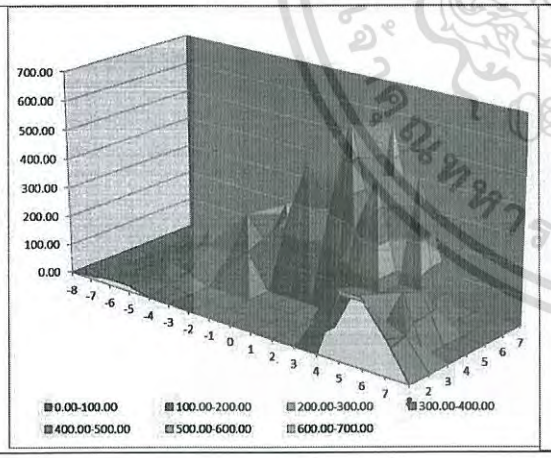
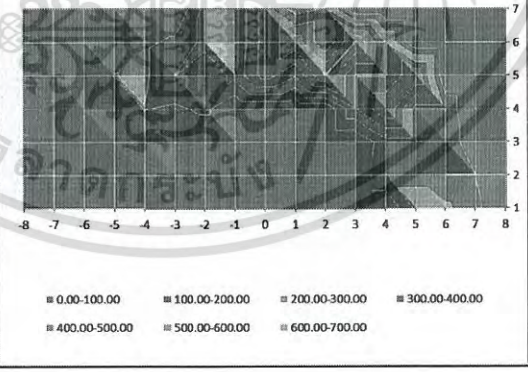
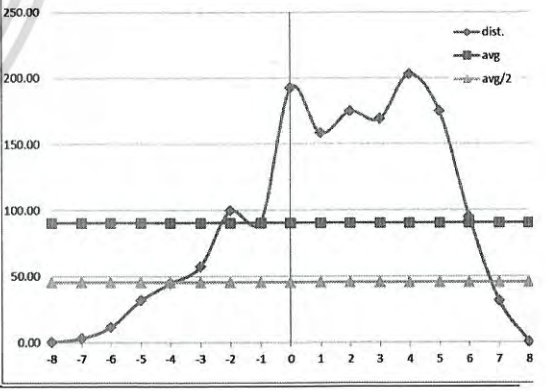


ตารางที่ 4.9 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรียด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

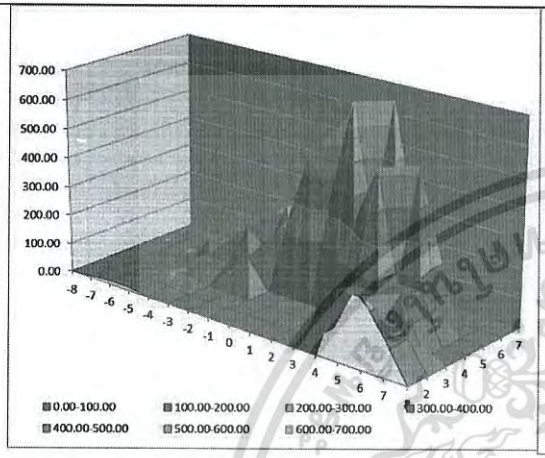
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (70 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

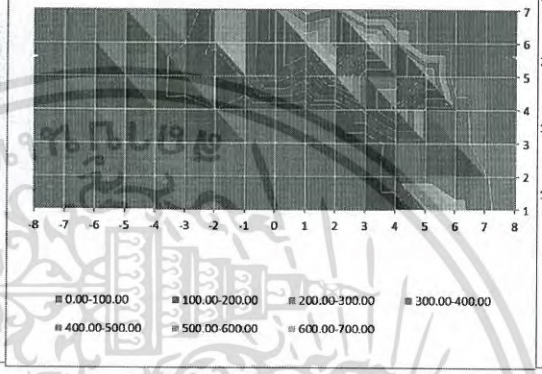
4.25 kg/min			

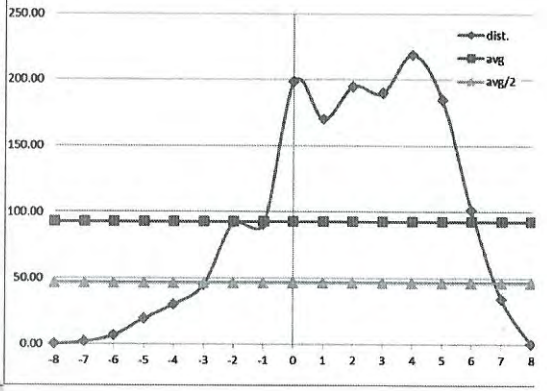
ตารางที่ 4.9 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรียด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (80 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

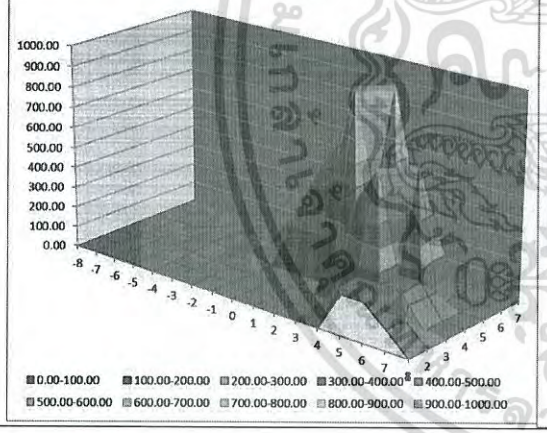
9.19 kg/min

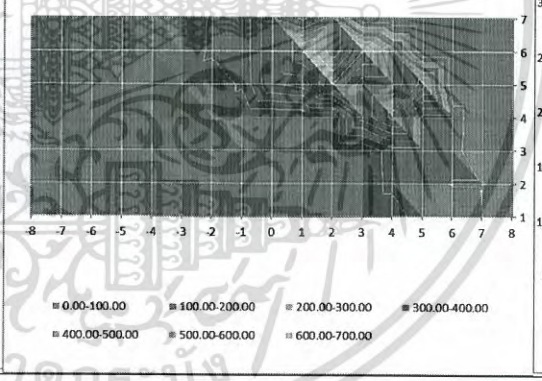


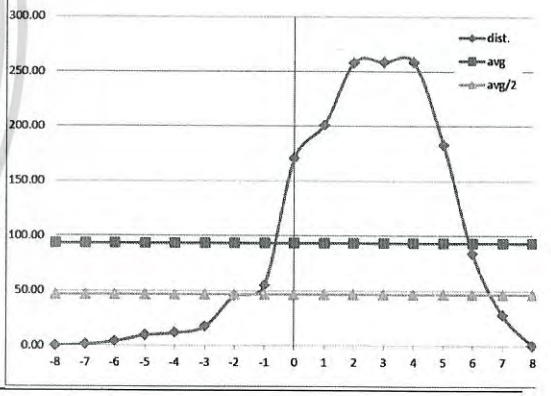




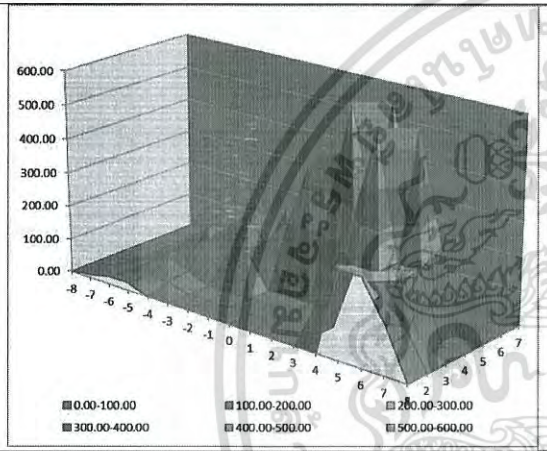
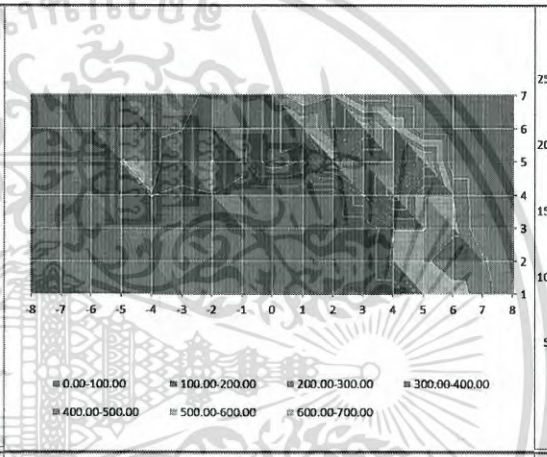
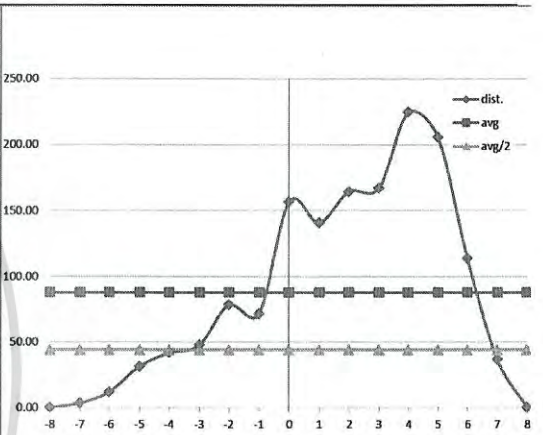
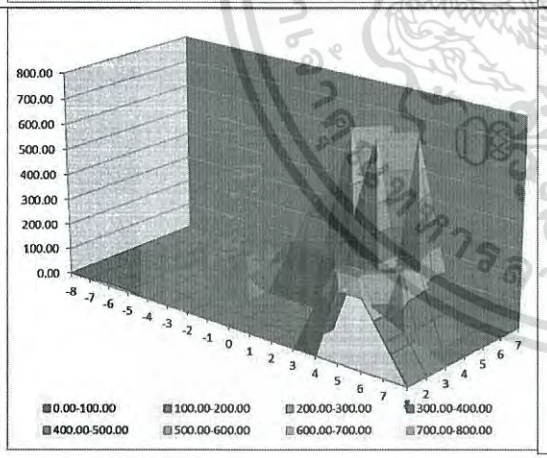
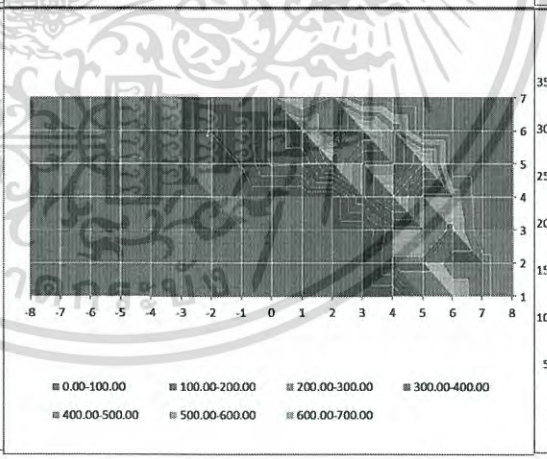
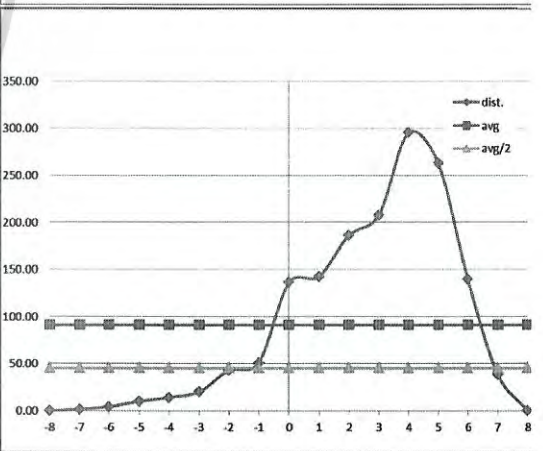
4.25 kg/min

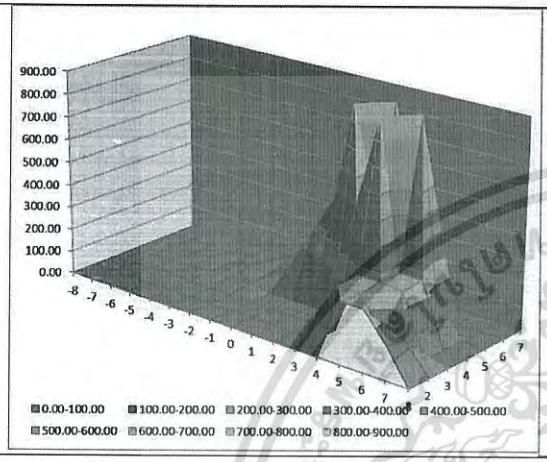
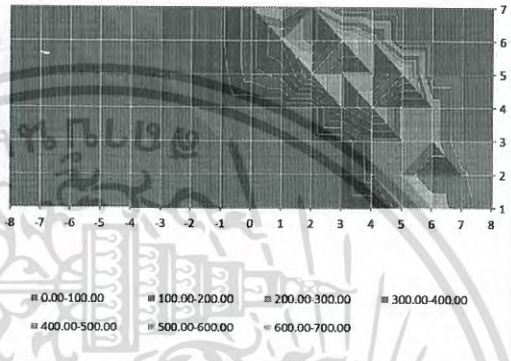
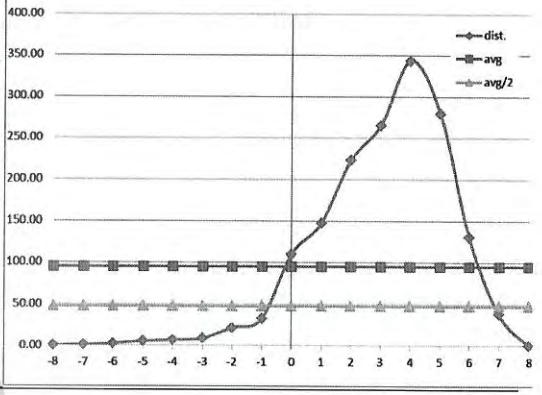




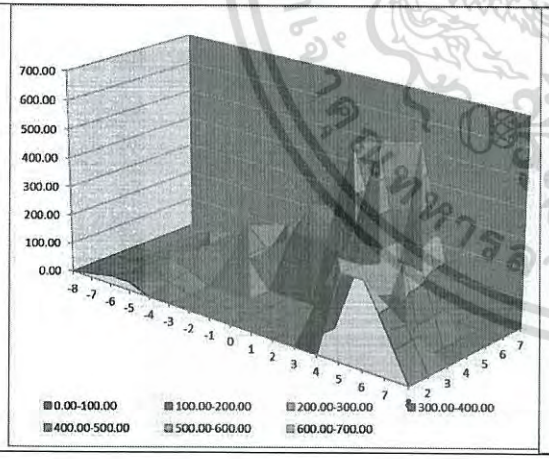
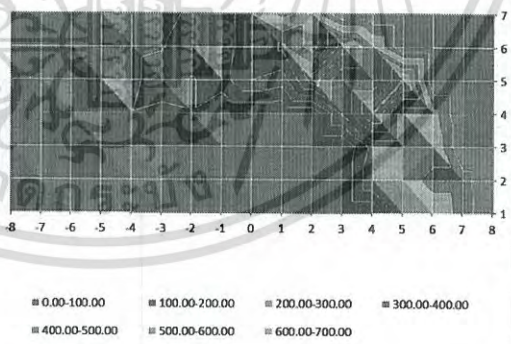
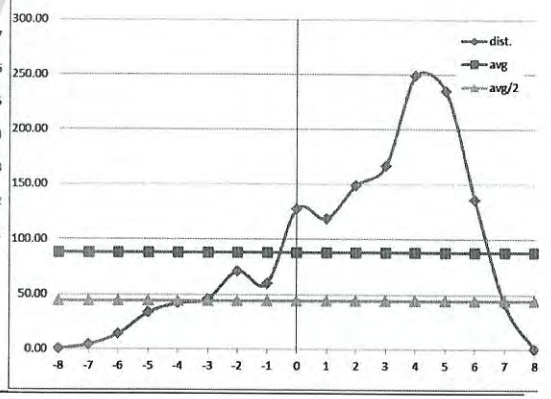


ตารางที่ 4.9 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรียด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

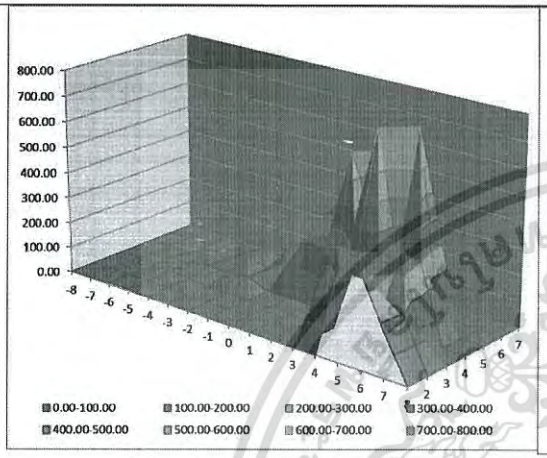
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (90 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

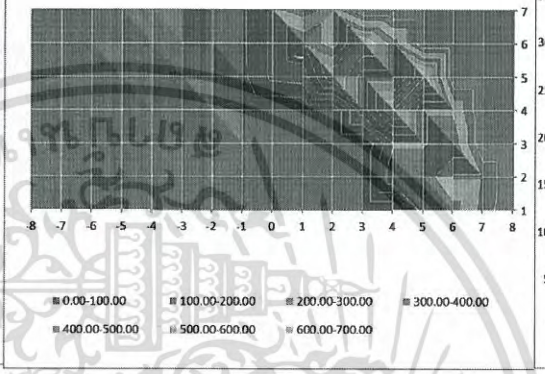
4.25 kg/min			

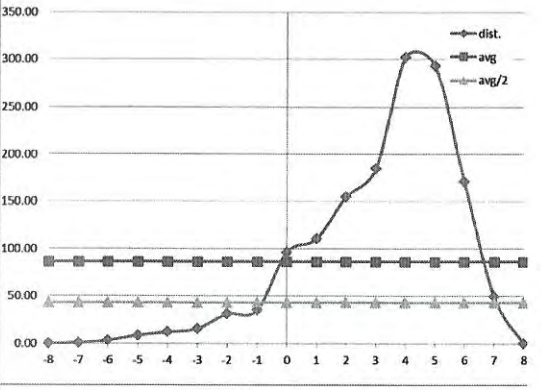
ตารางที่ 4.9 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรียด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (100 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

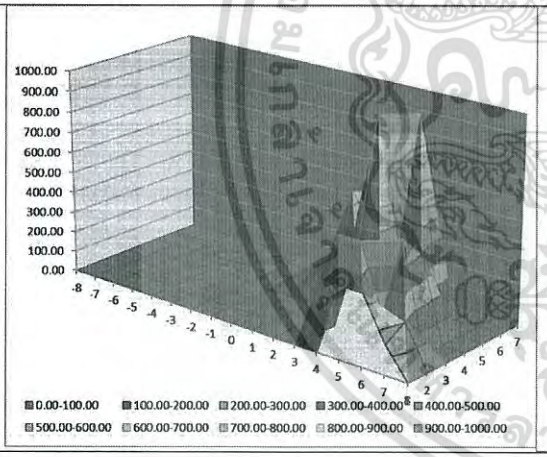
9.19 kg/min

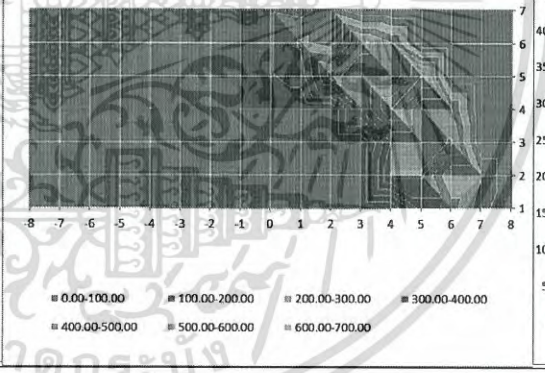


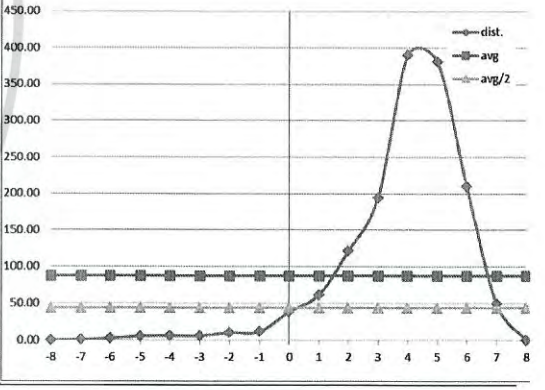




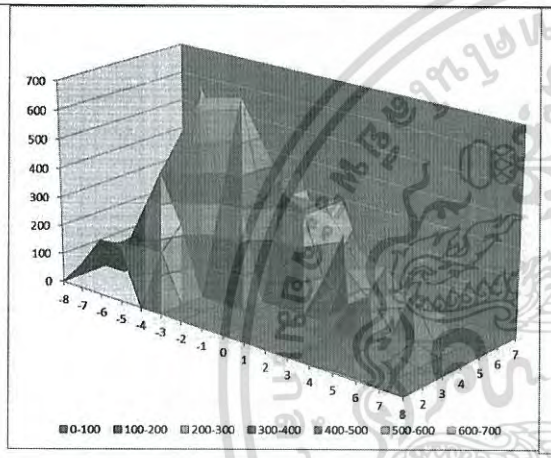
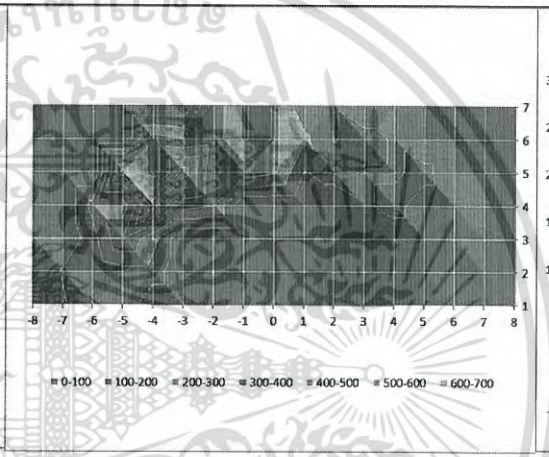
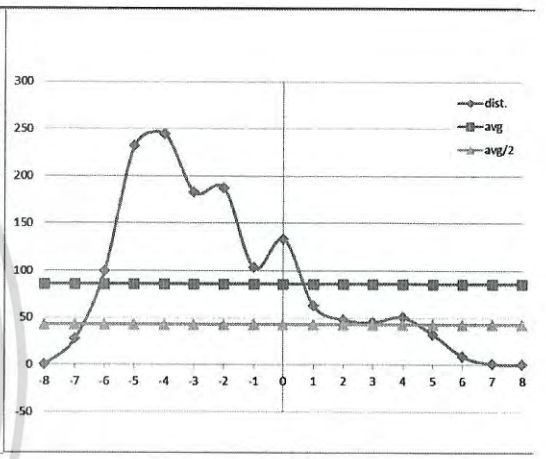
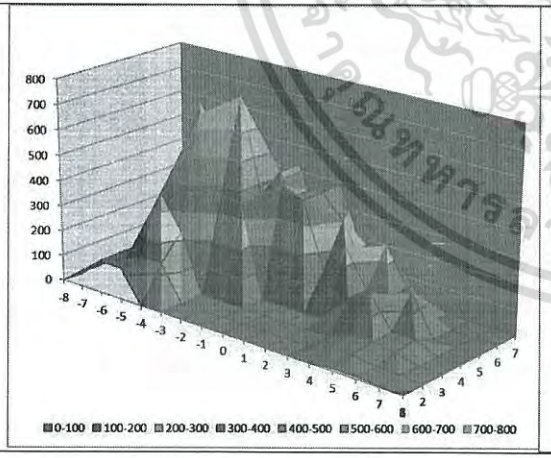
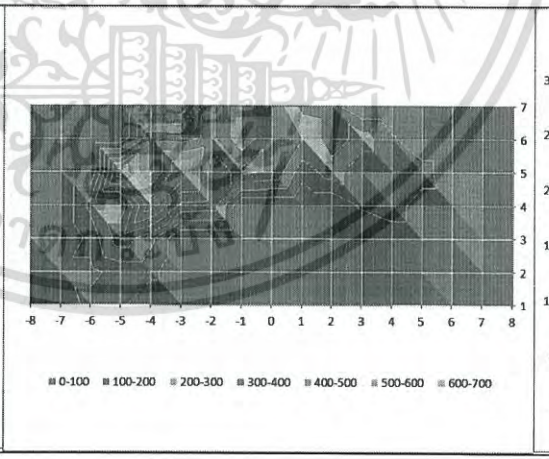
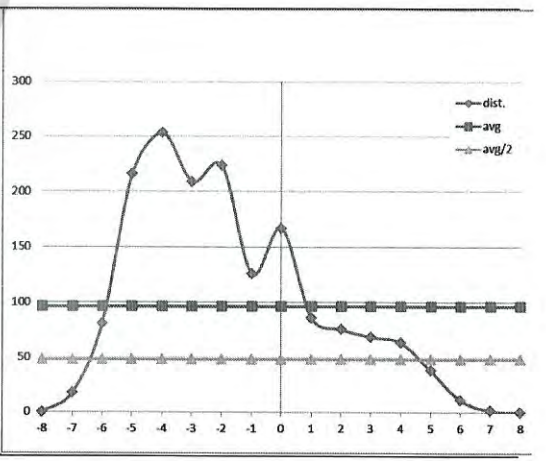
4.25 kg/min

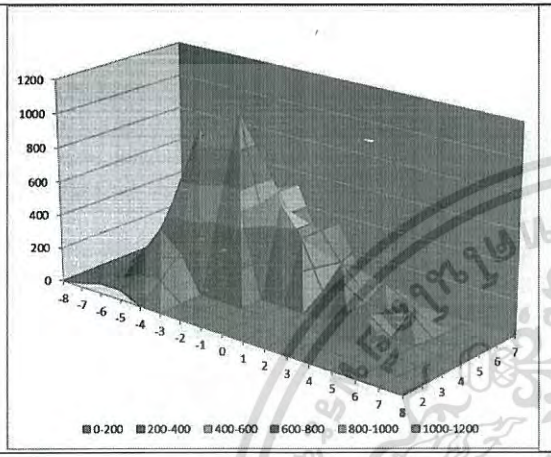
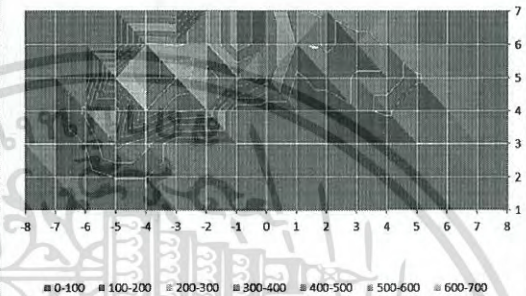
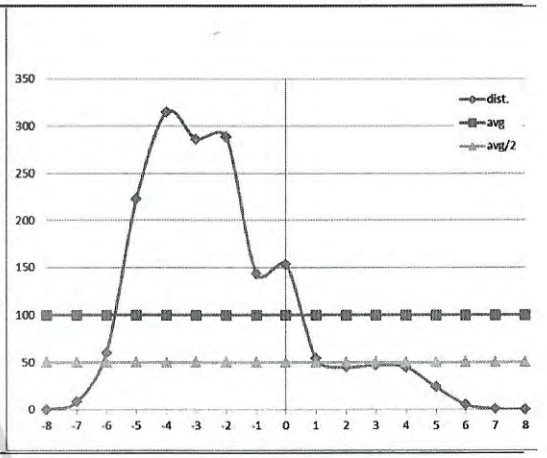




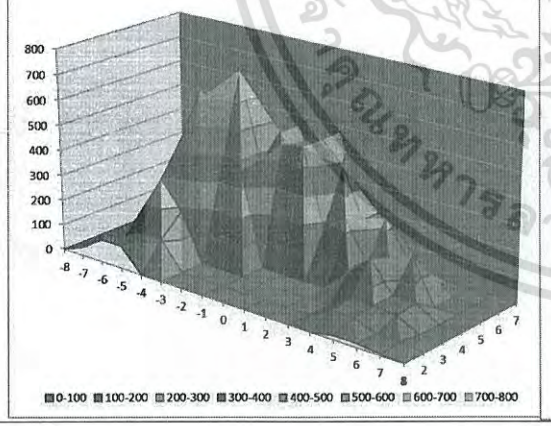
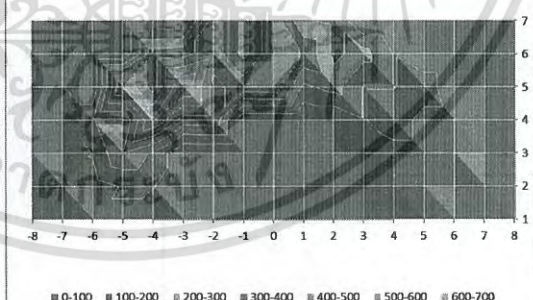
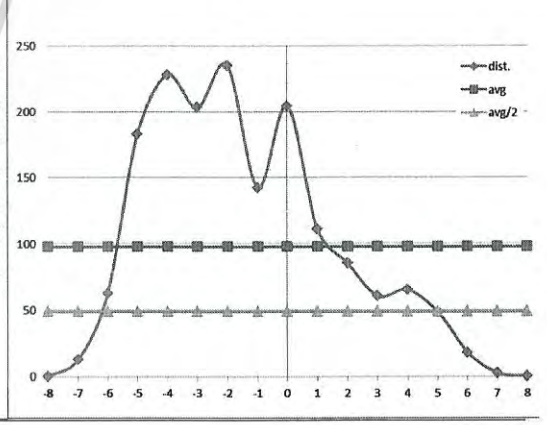


ตารางที่ 4.10 การทดลองหว่านปุ๋ยไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟตด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

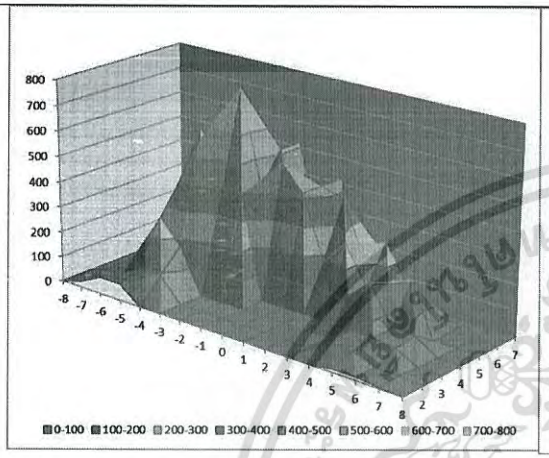
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (30 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

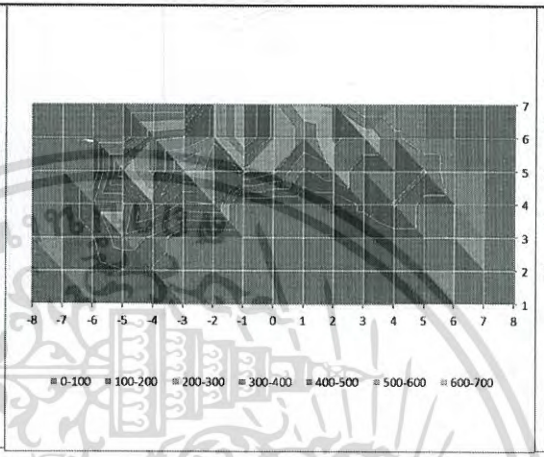
4.25 kg/min			

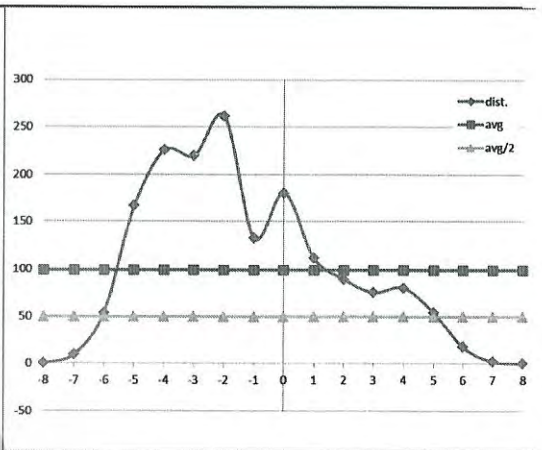
ตารางที่ 4.10 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟตด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (40 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate		
	3-D view	Top view	Swath width
9.31 kg/min			

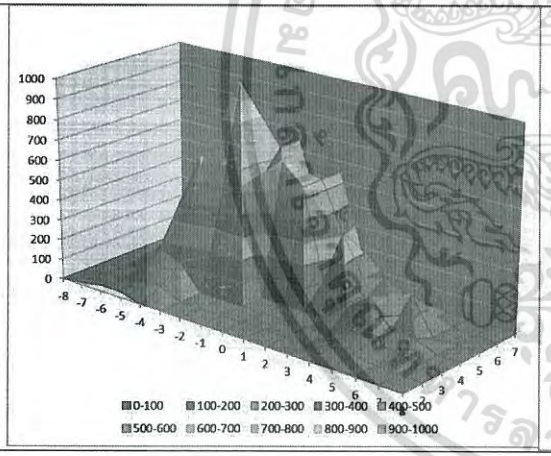
9.19 kg/min

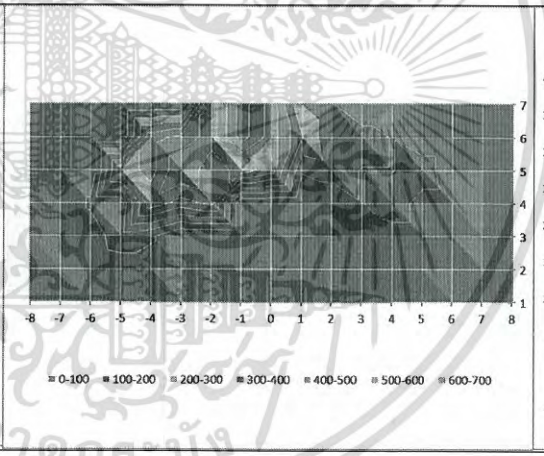


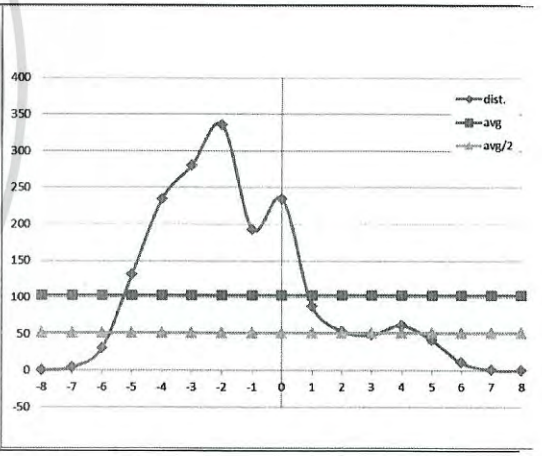




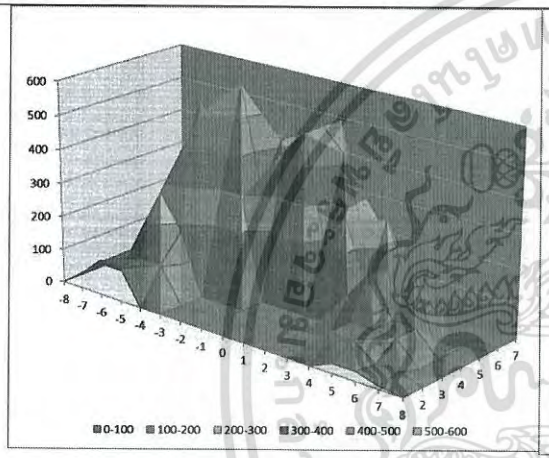
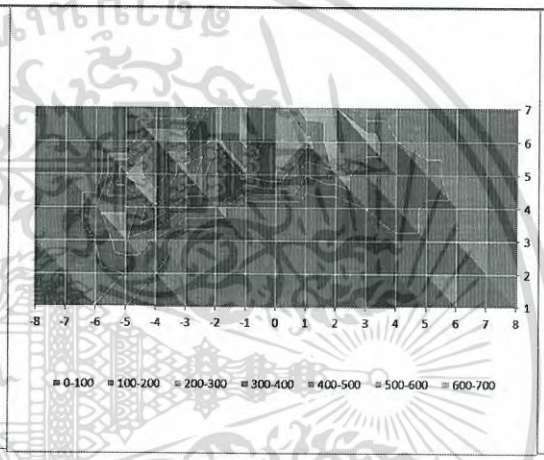
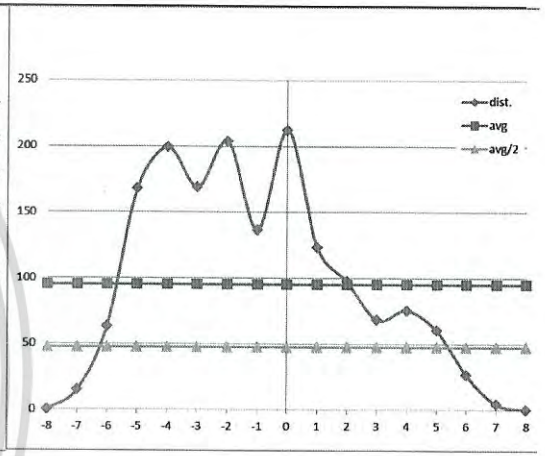
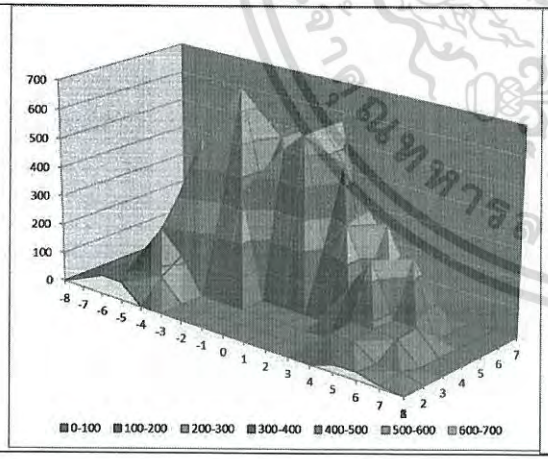
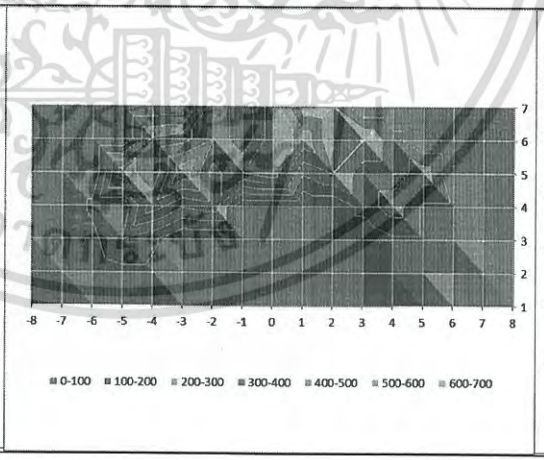
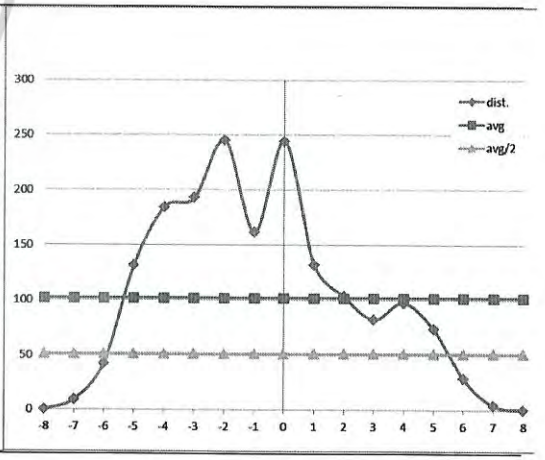
4.25 kg/min

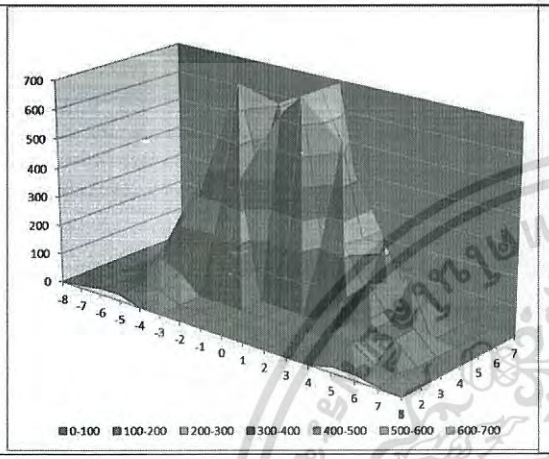
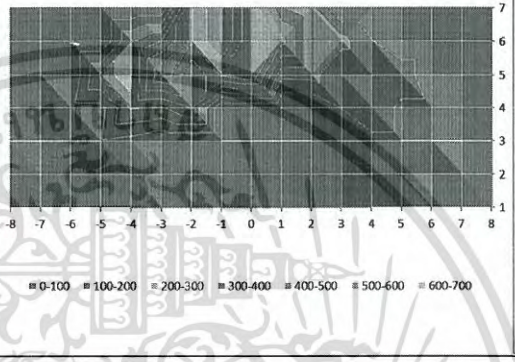
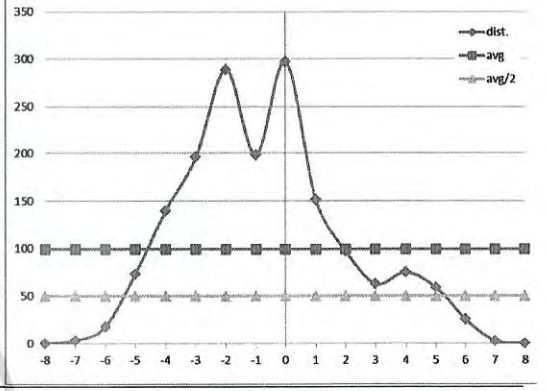




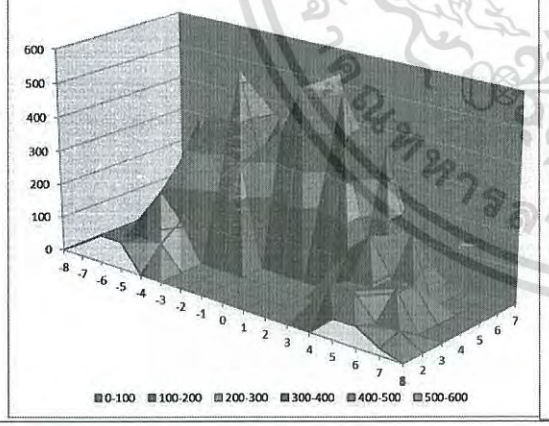
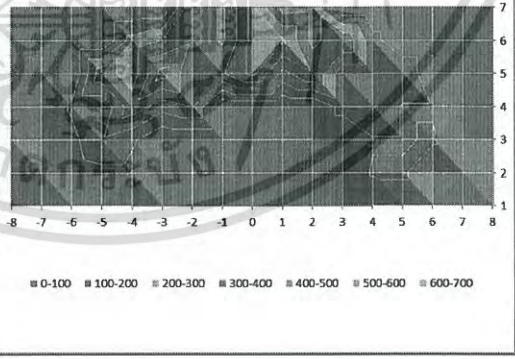
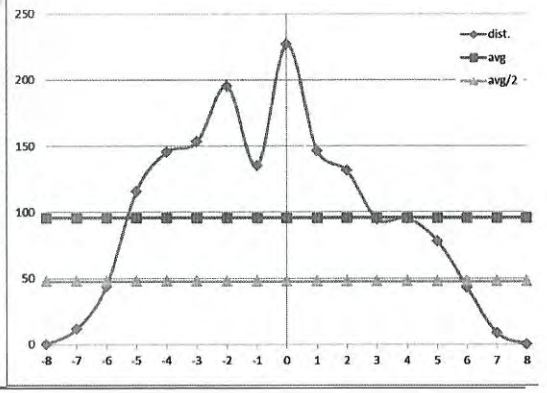


ตารางที่ 4.10 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟตด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

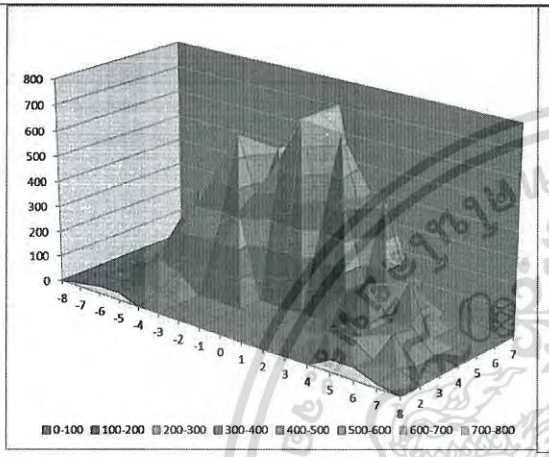
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (50 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

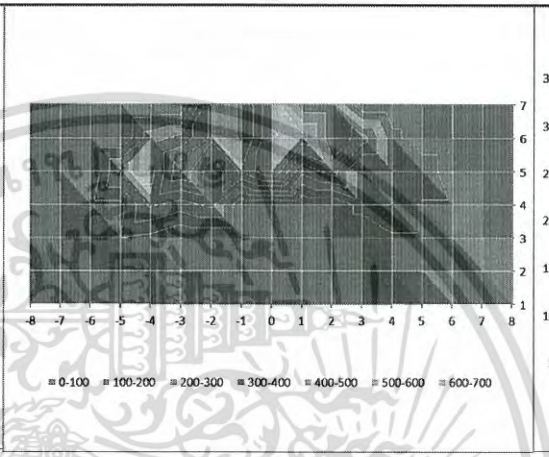
4.25 kg/min			

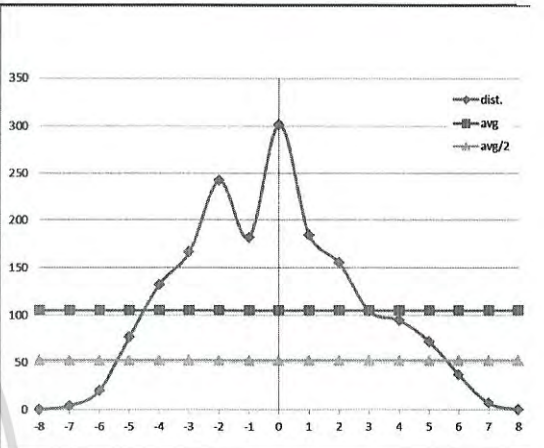
ตารางที่ 4.10 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟตด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (60 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

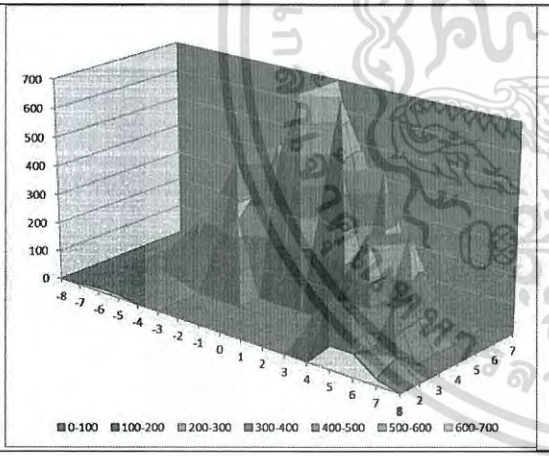
9.19 kg/min

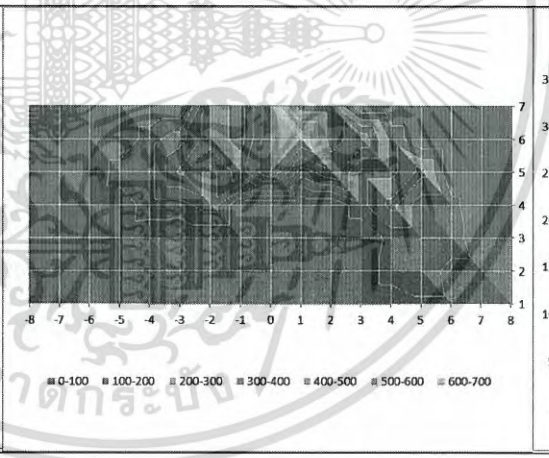


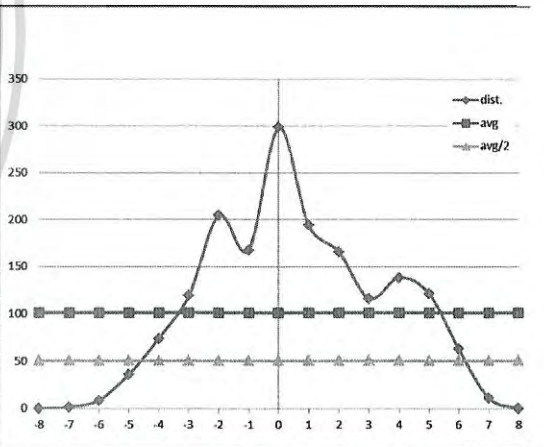




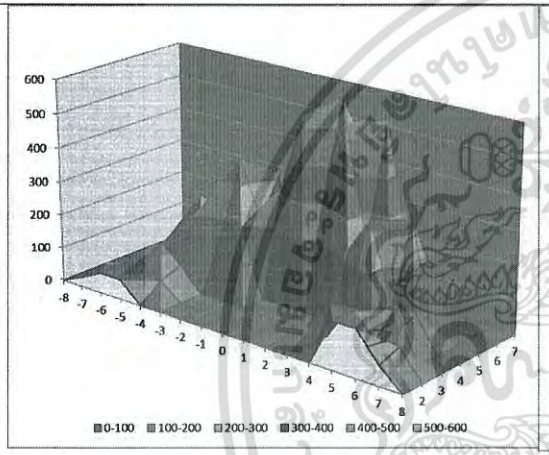
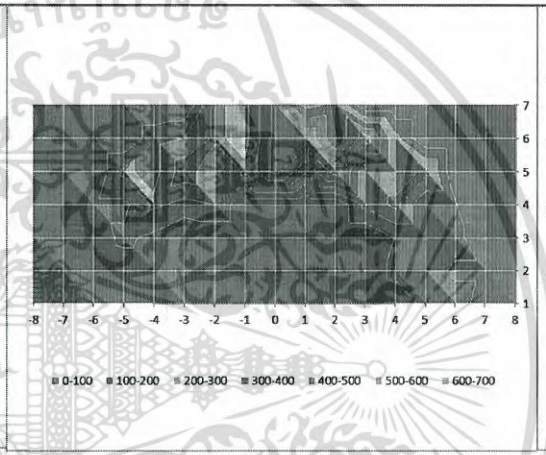
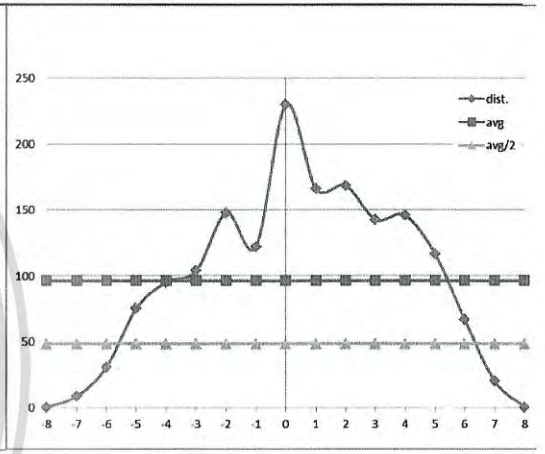
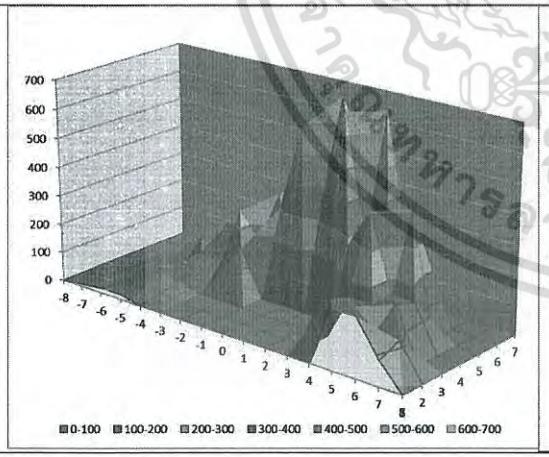
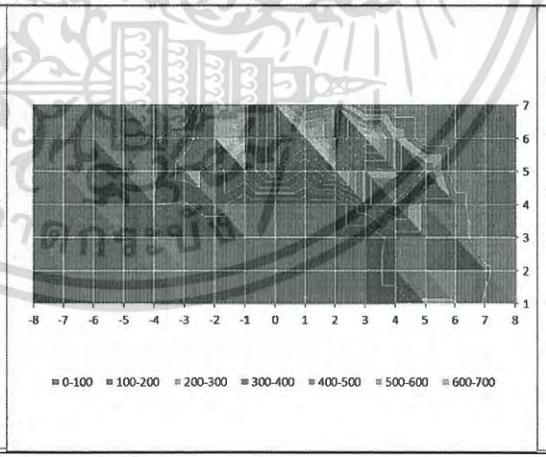
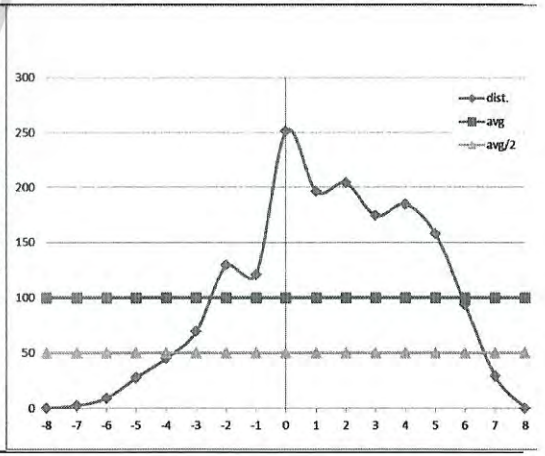
4.25 kg/min

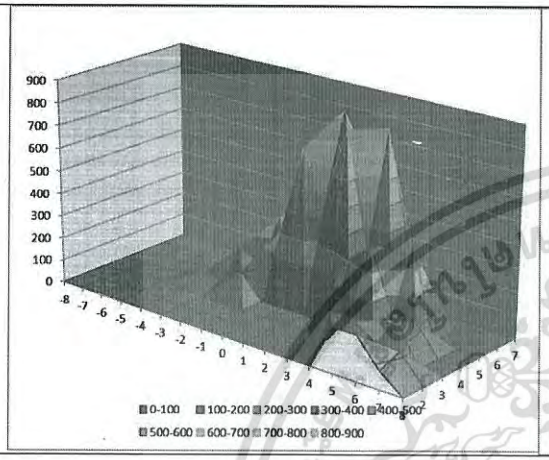
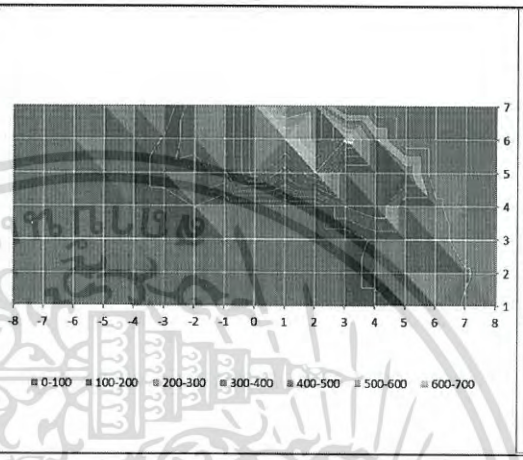
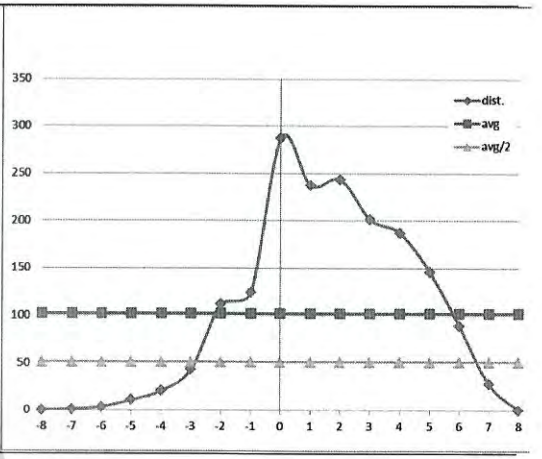




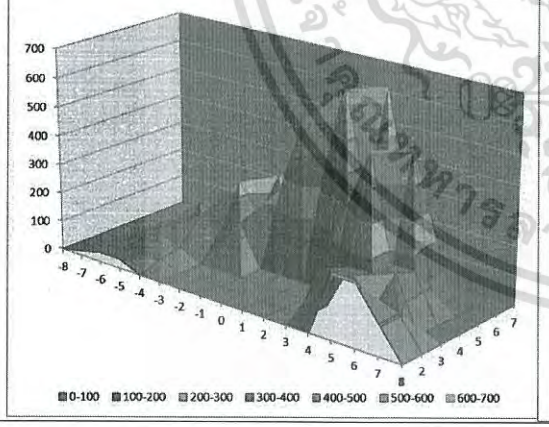
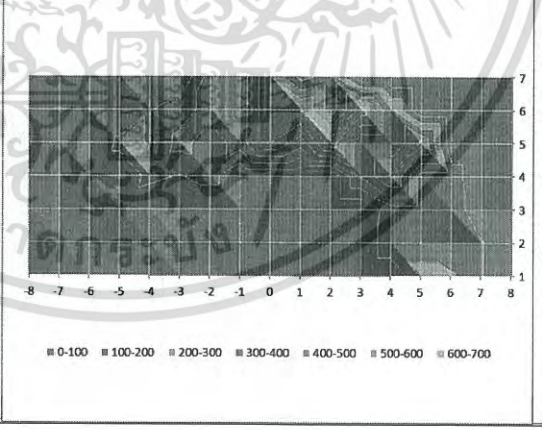
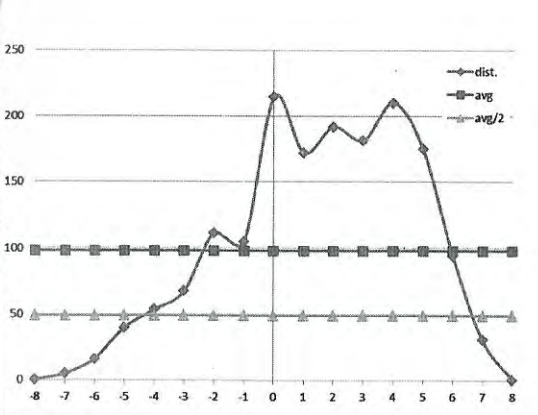


ตารางที่ 4.10 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟตด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

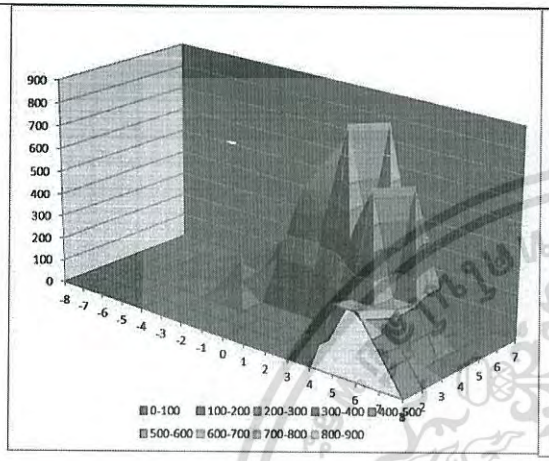
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (70 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

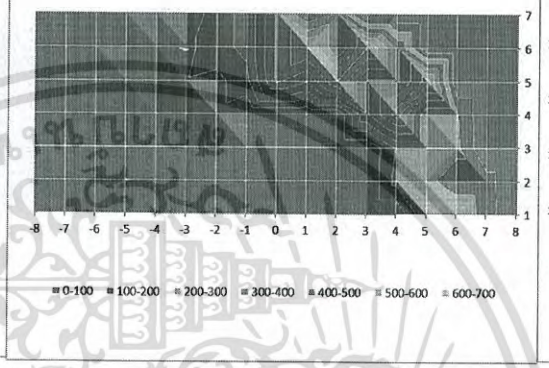
4.25 kg/min			

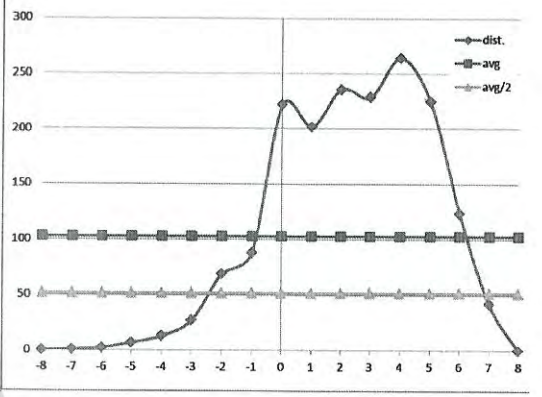
ตารางที่ 4.10 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟตด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (80 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

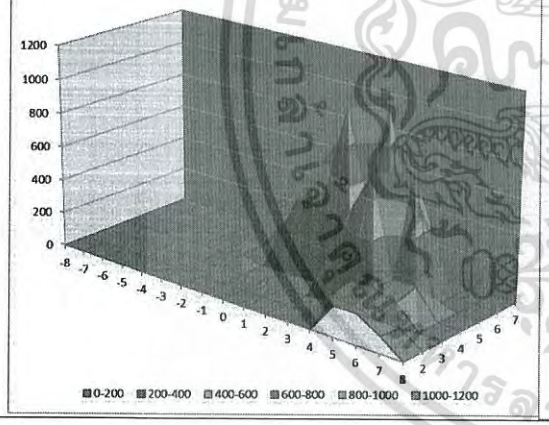
9.19 kg/min

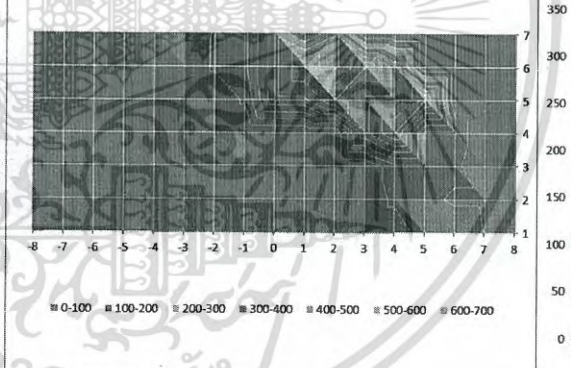


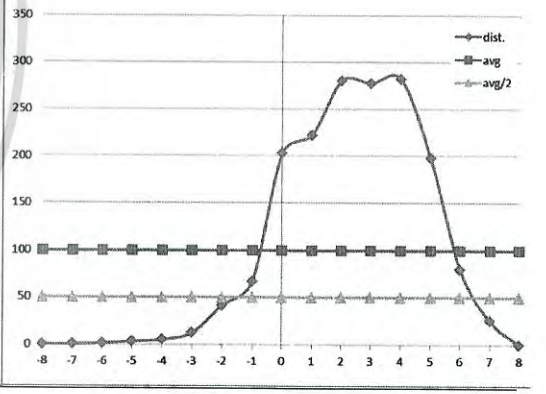




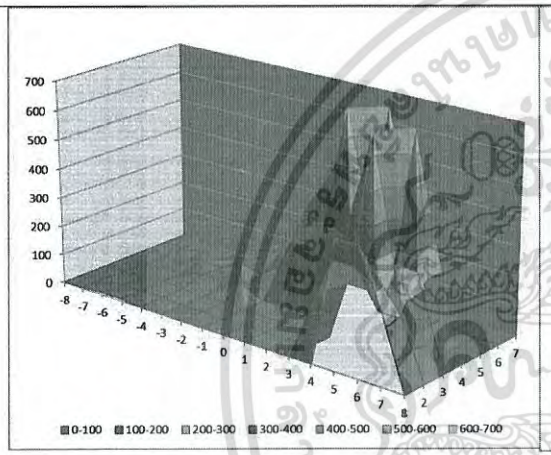
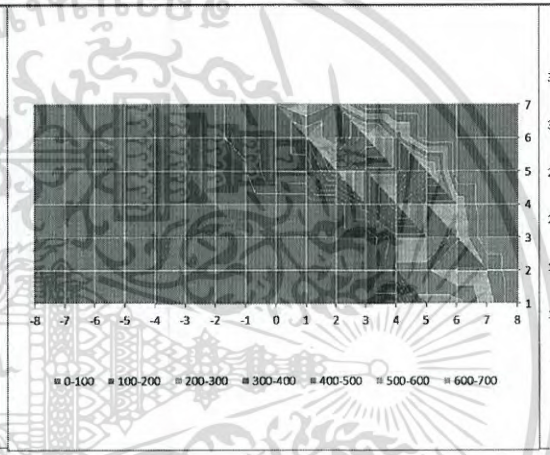
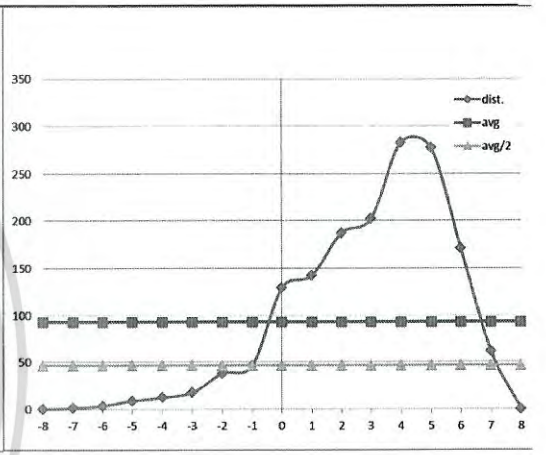
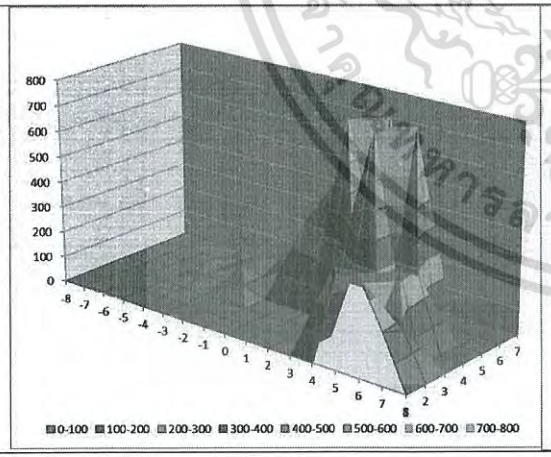
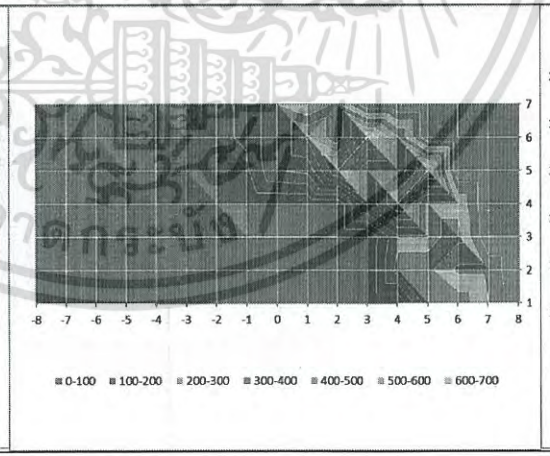
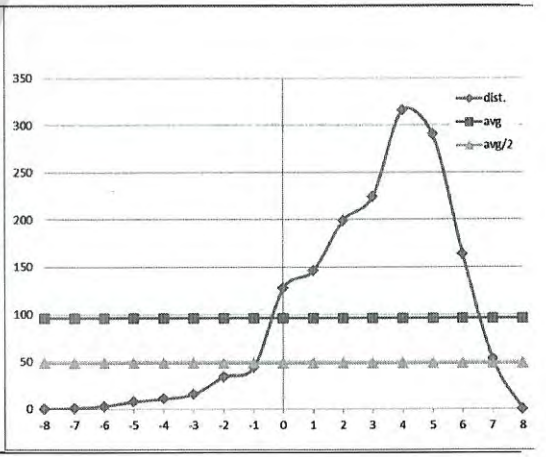
4.25 kg/min

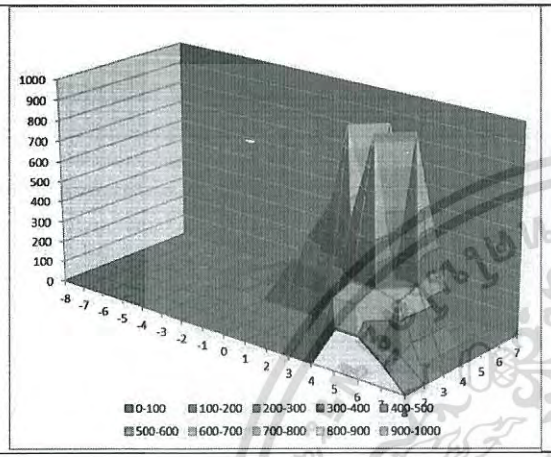
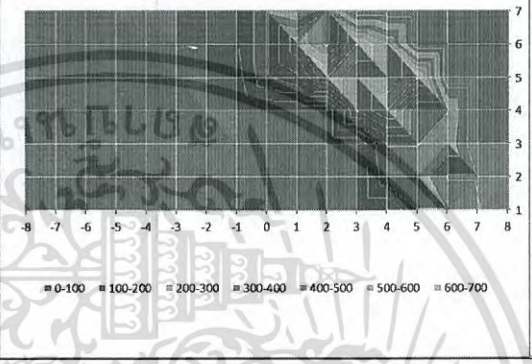
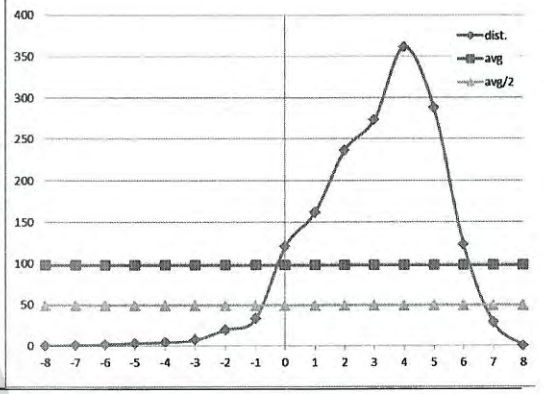




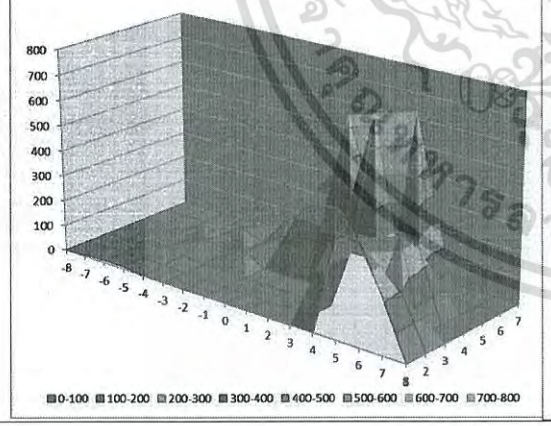
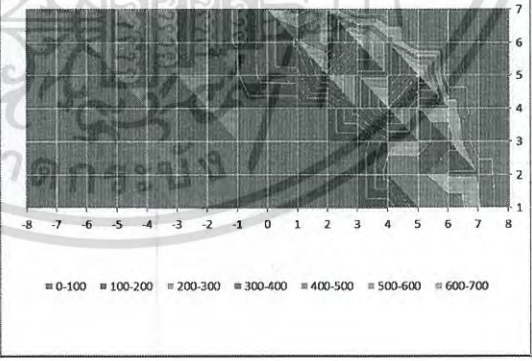
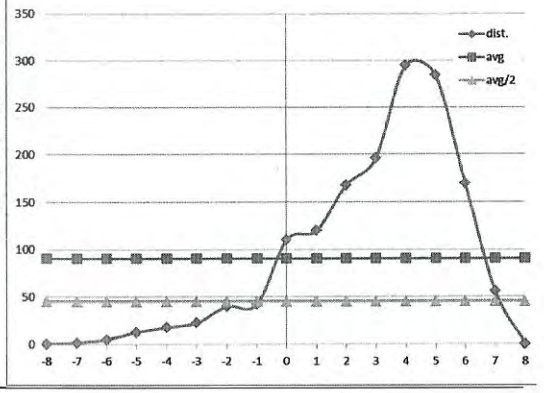


ตารางที่ 4.10 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟตด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

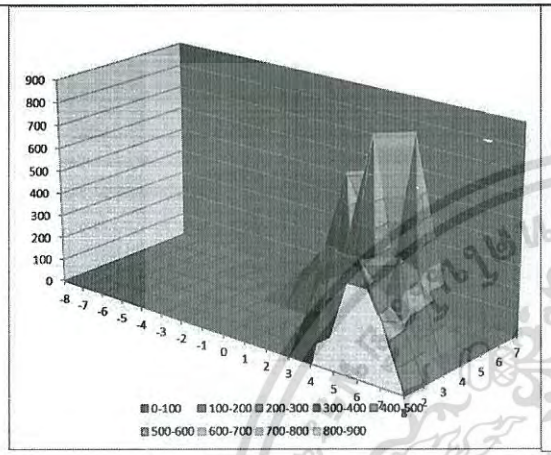
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (90 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

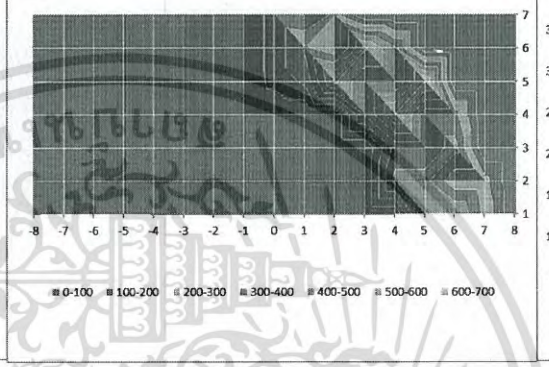
4.25 kg/min			

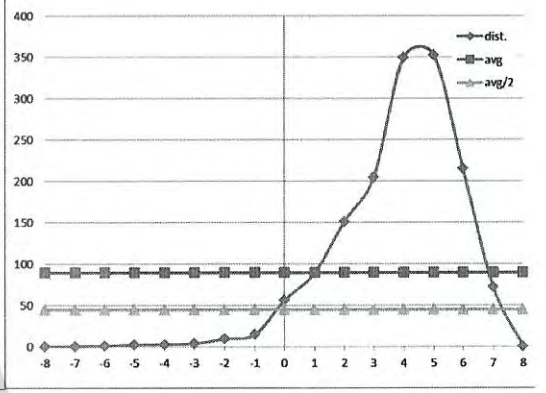
ตารางที่ 4.10 (ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยไดแอมโมเนี่ยมฟอสเฟตด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (100 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Di-ammonium phosphate		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

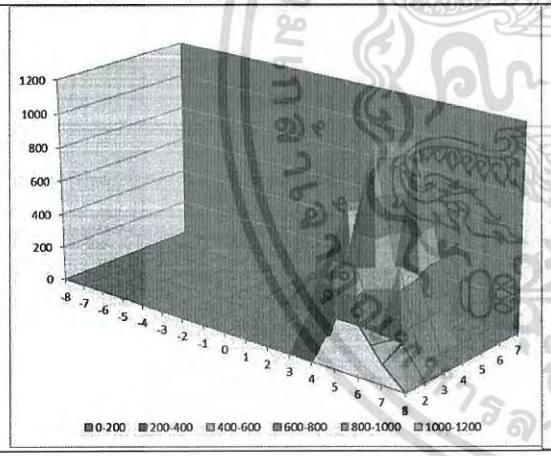
9.19 kg/min

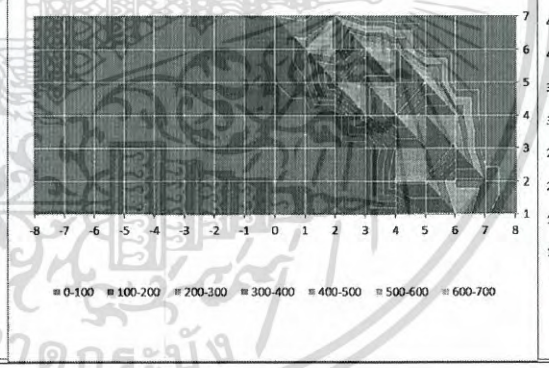


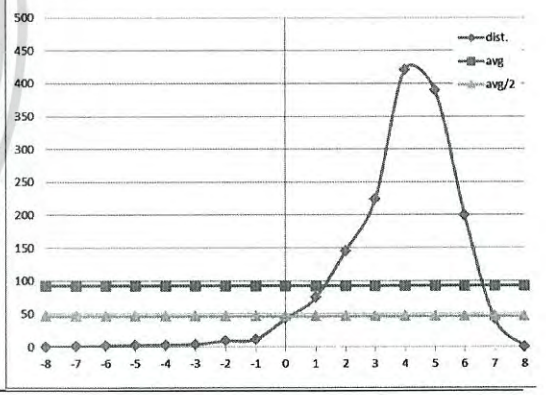




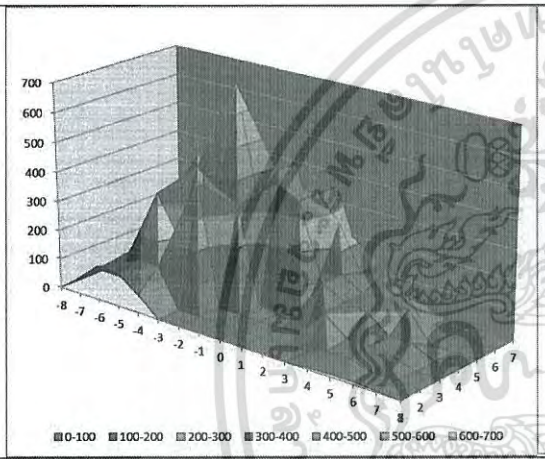
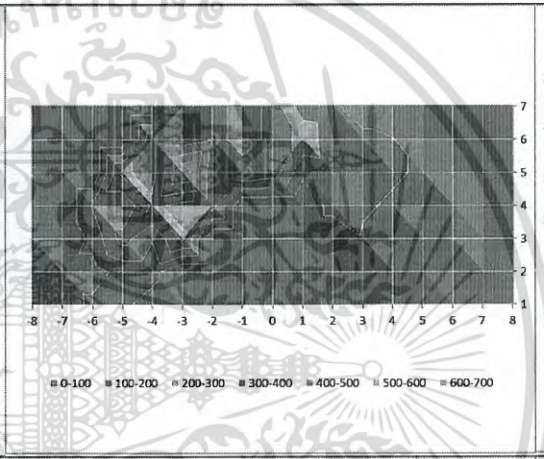
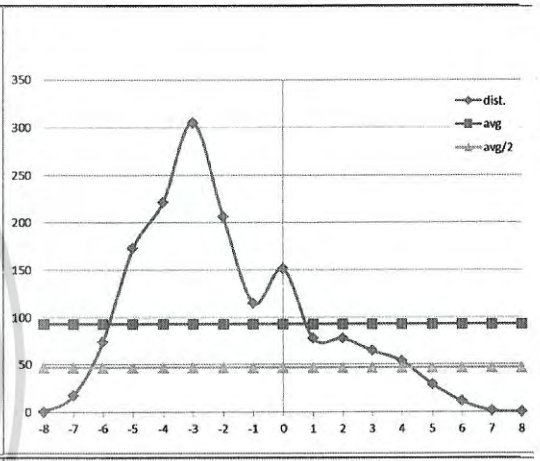
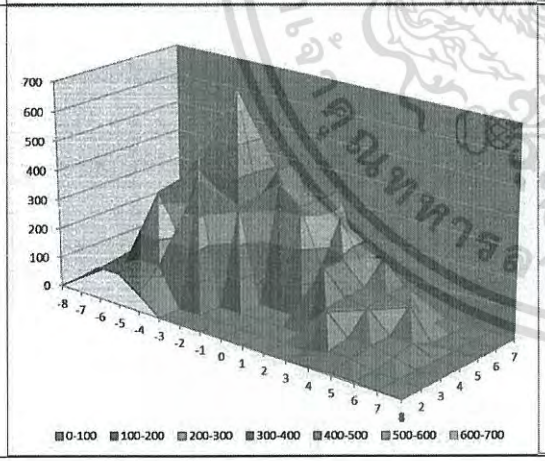
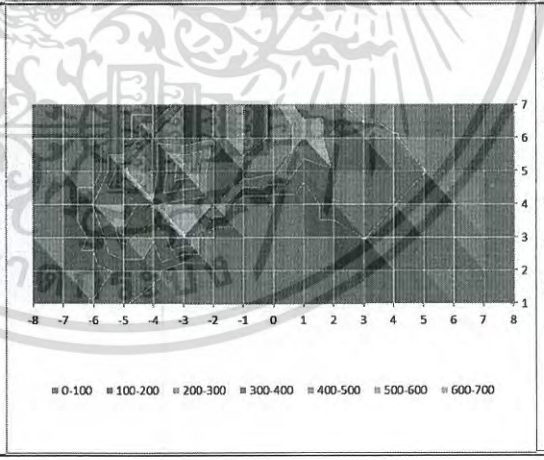
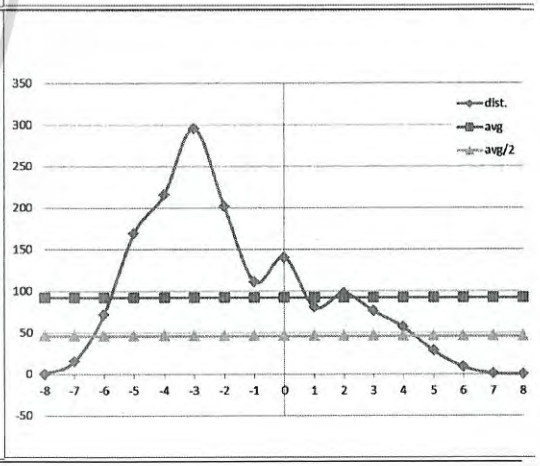
4.25 kg/min

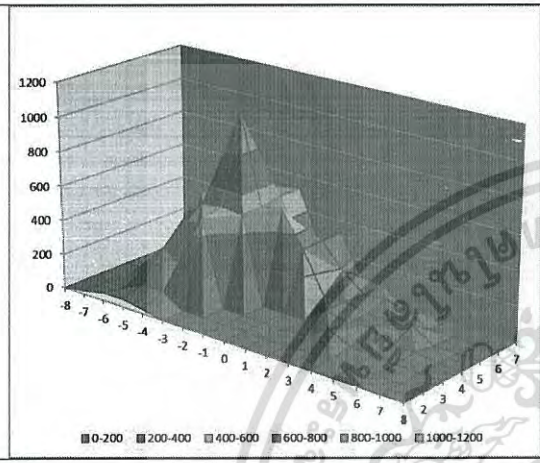
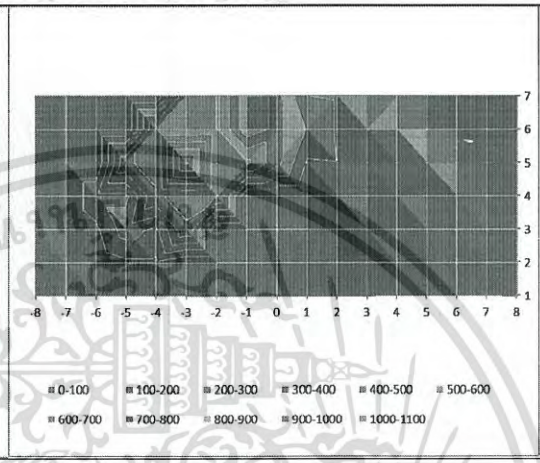
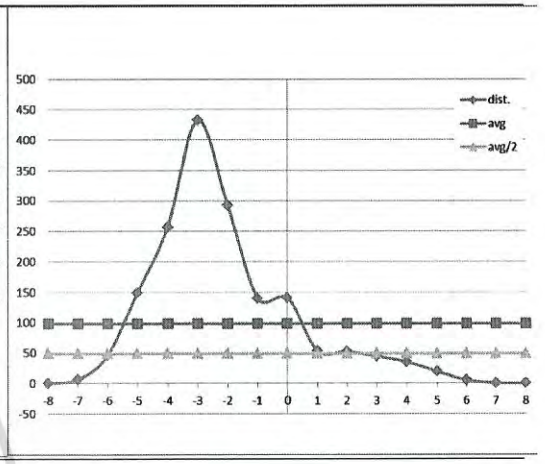




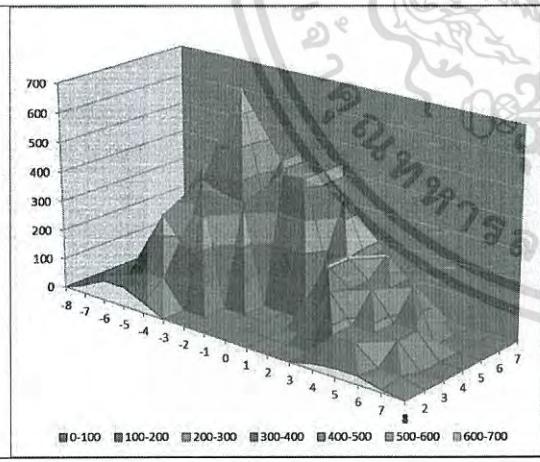
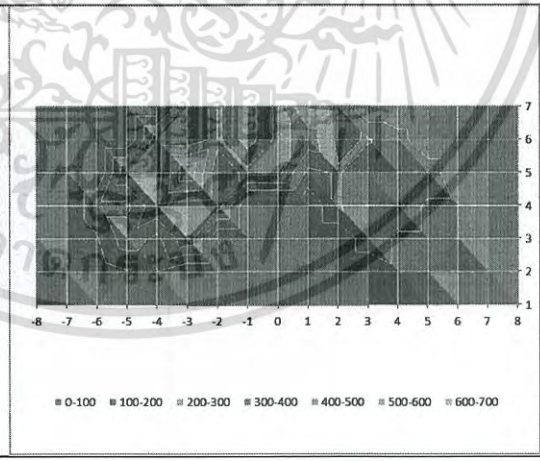
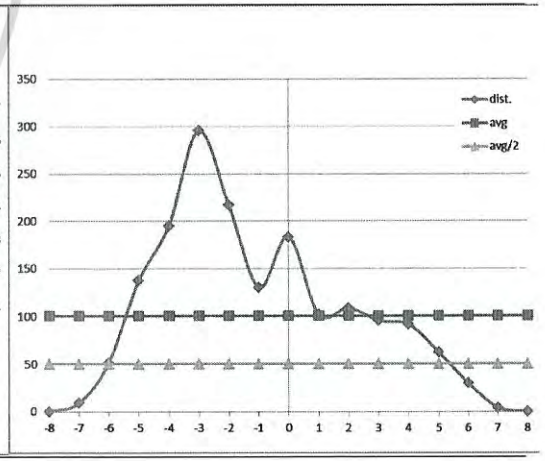


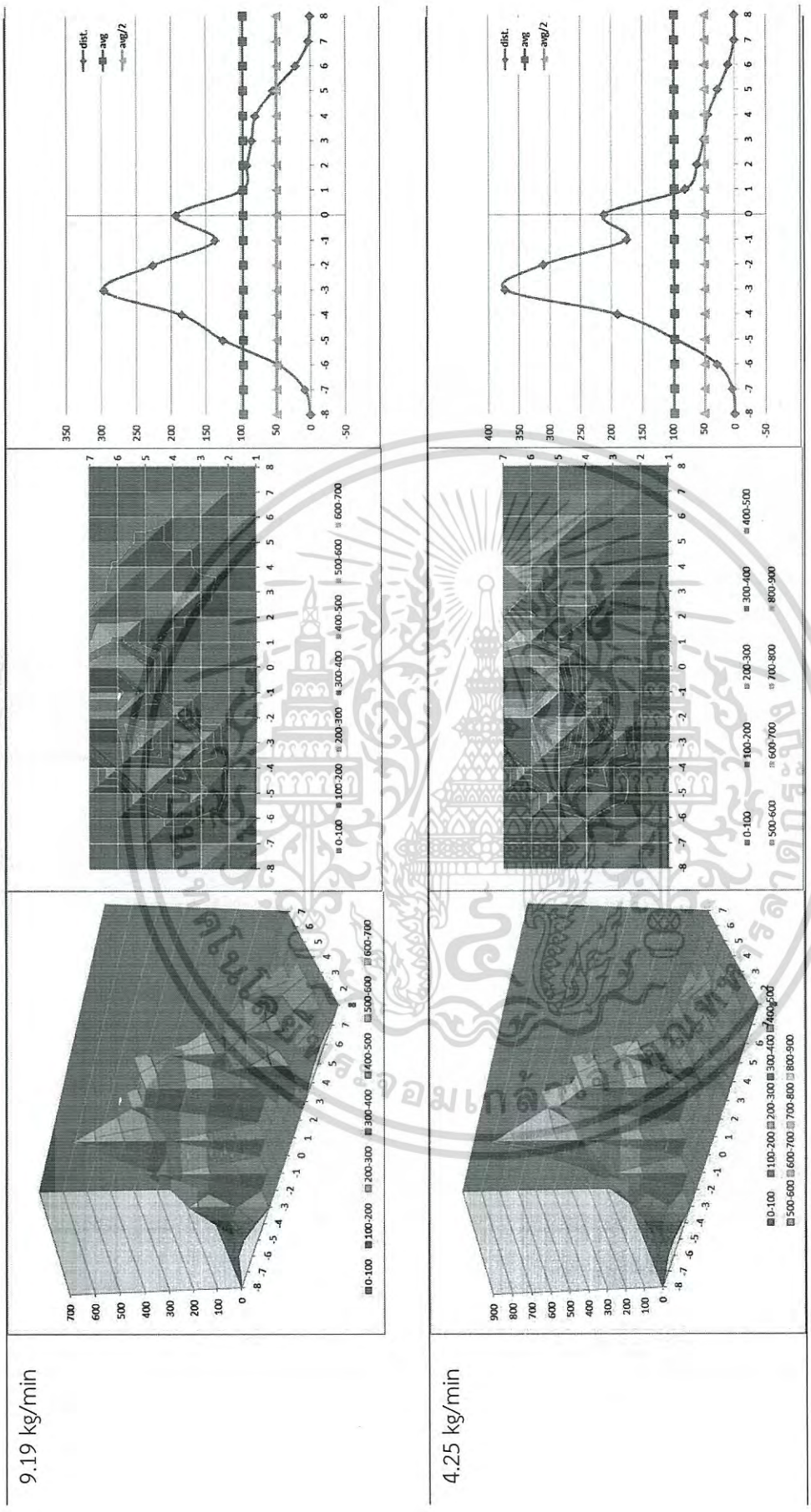
ตารางที่ 4.11 การทดลองหว่านปุ๋ยคีเซอไรต์ ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (30 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Kieserite (MgO)		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

4.25 kg/min			

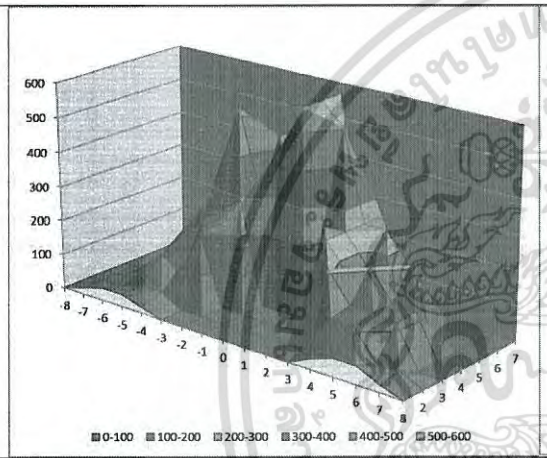
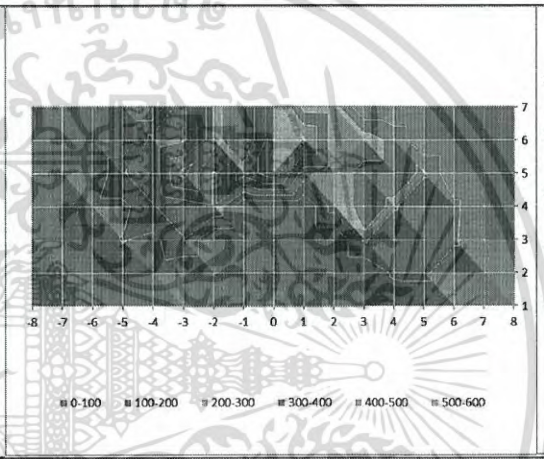
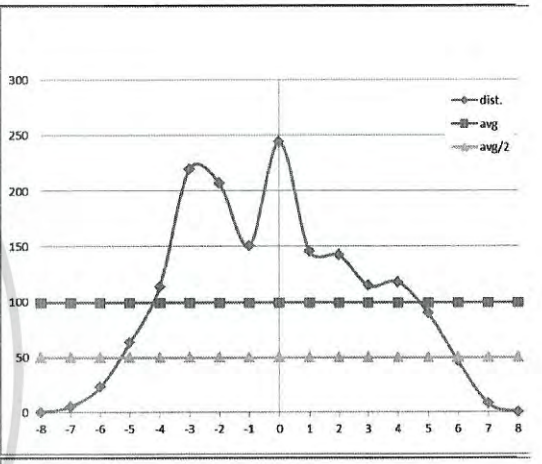
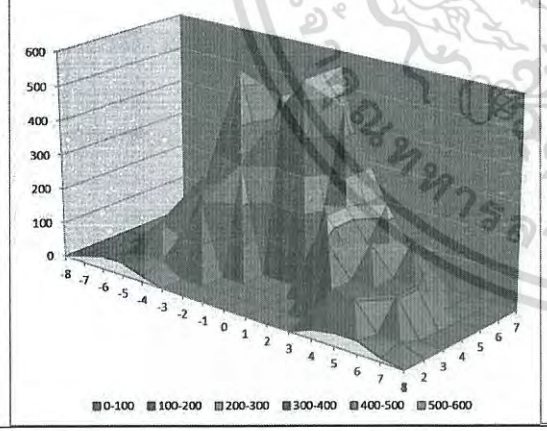
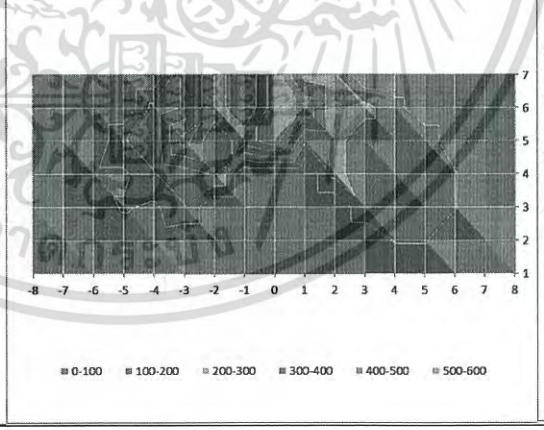
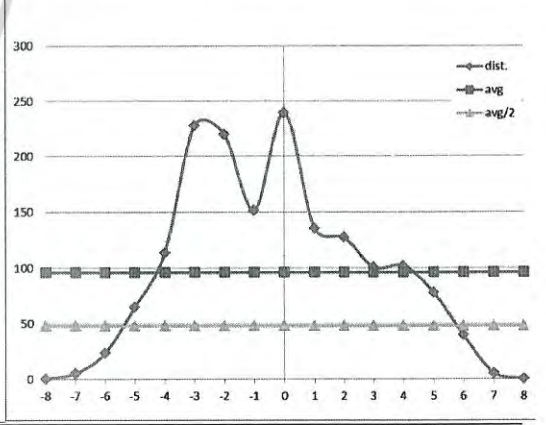
ตารางที่ 4.11(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยคีเซอไรด์ ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

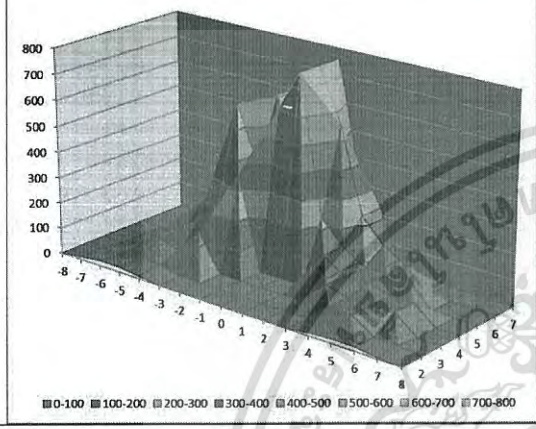
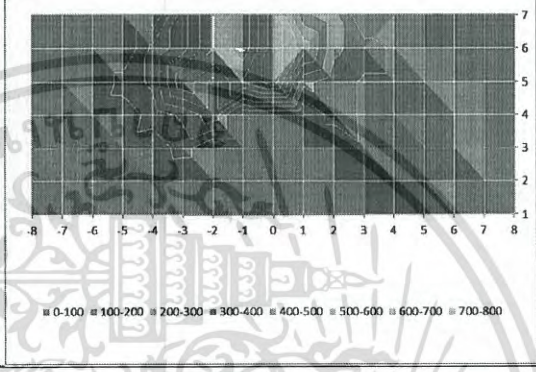
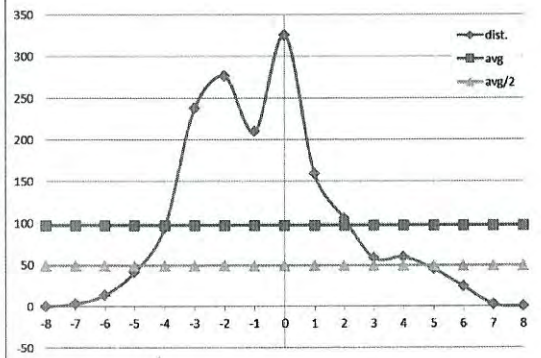
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (40 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Kieserite (MgO)		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			



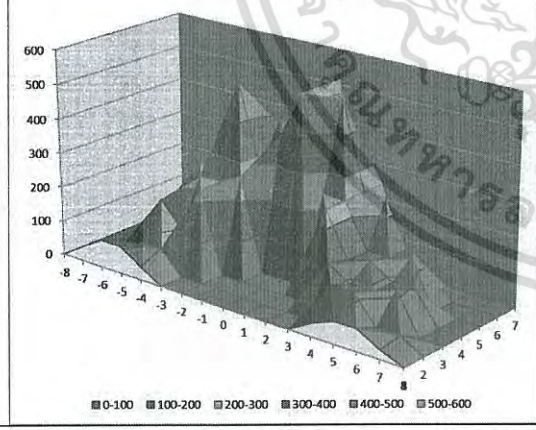
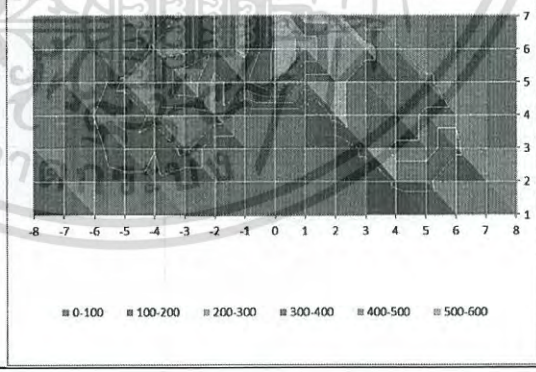
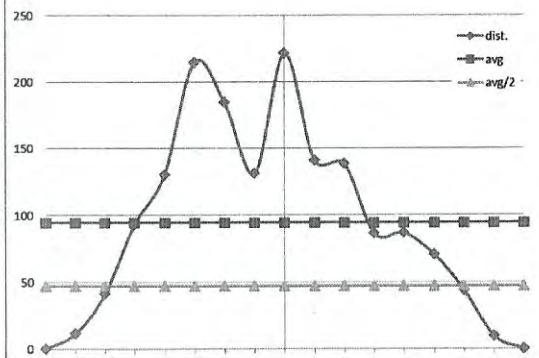
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยคีเซอไรด์ ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

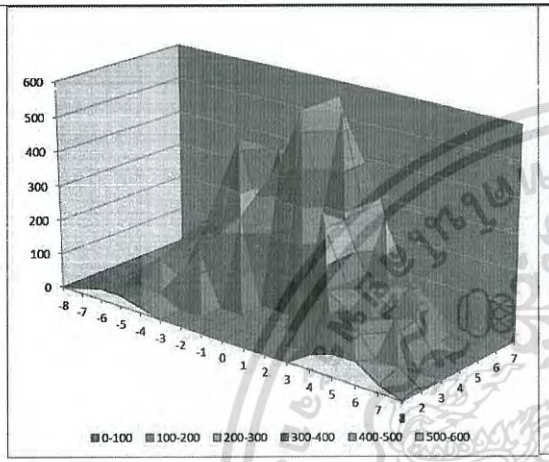
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (50 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Kieserite (MgO)		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

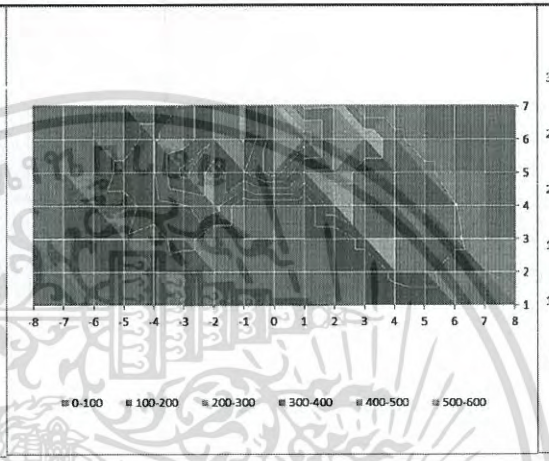
4.25 kg/min			

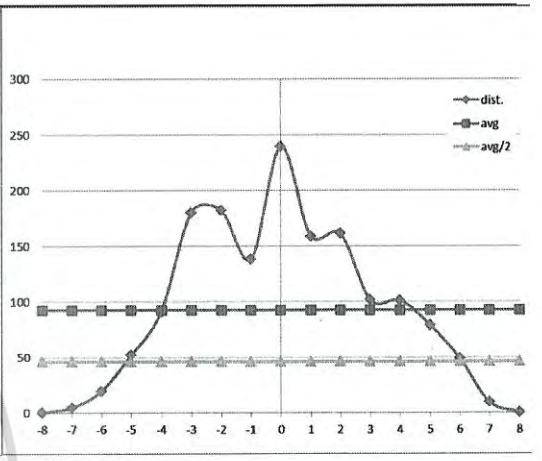
ตารางที่ 4.11(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยคีเซอไรด์ ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (60 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Kieserite (MgO)		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

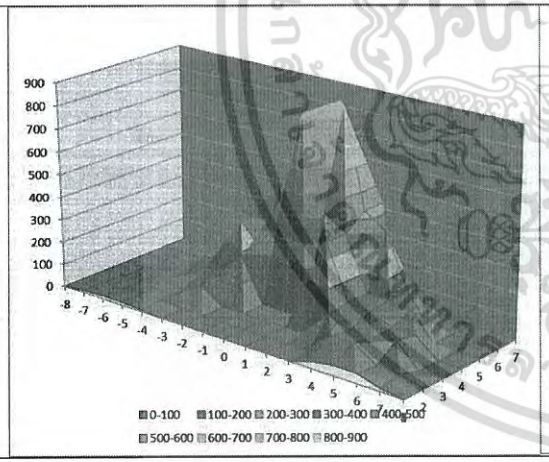
9.19 kg/min

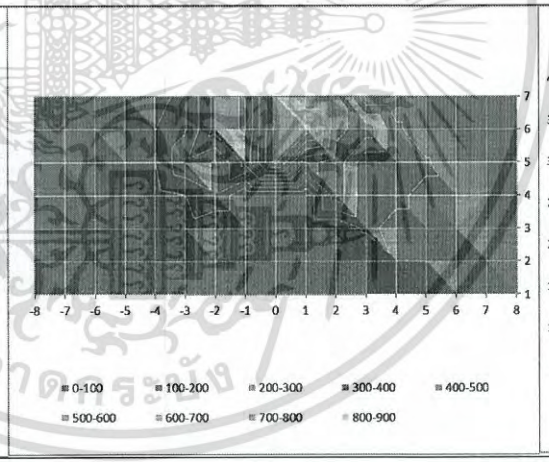


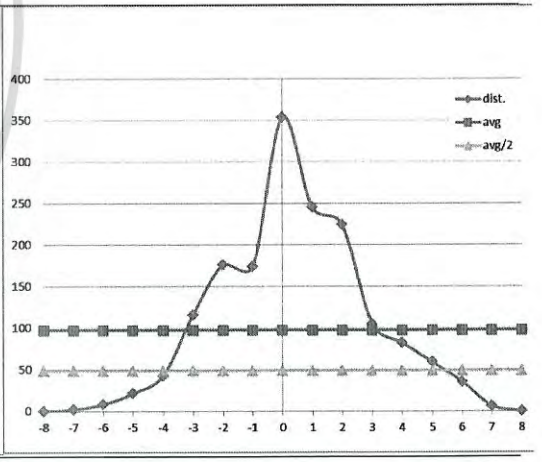




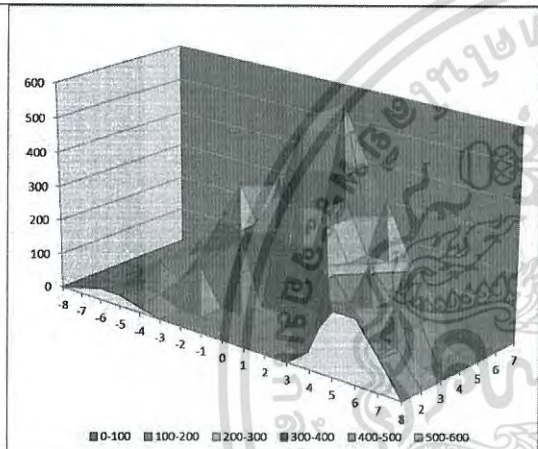
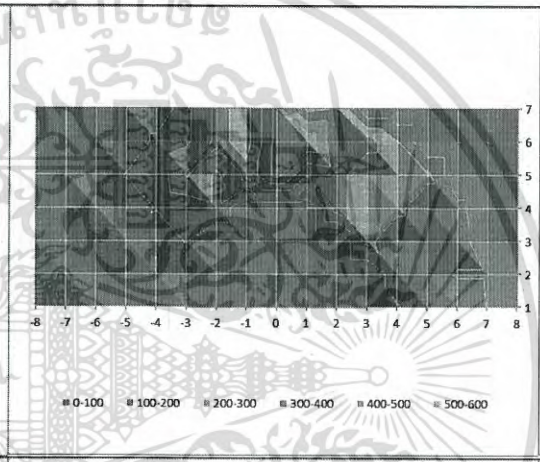
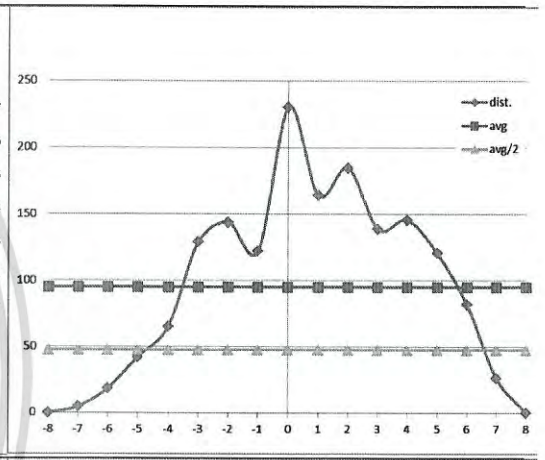
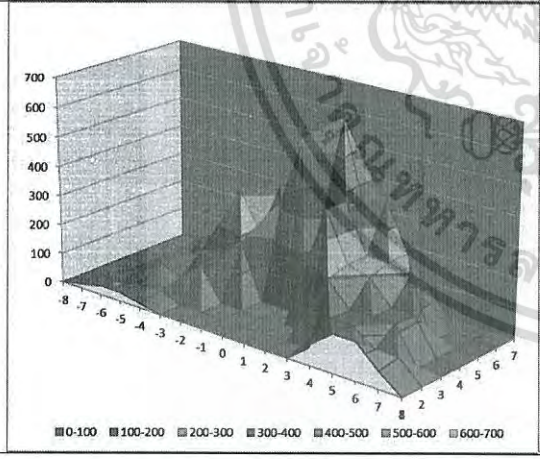
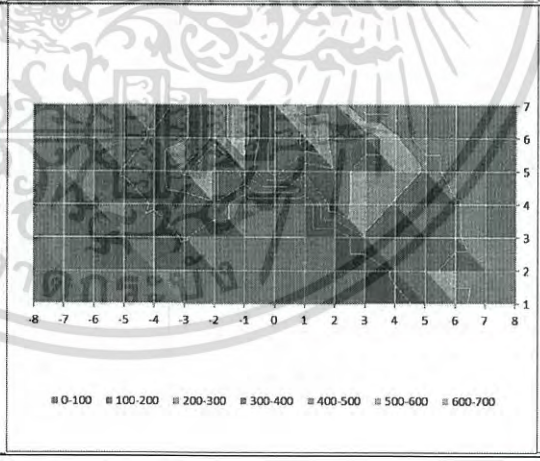
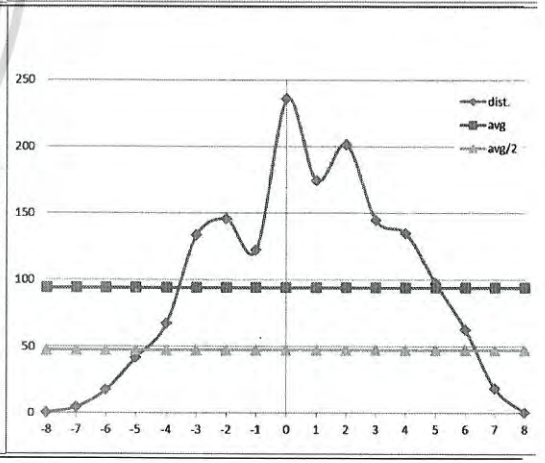
4.25 kg/min

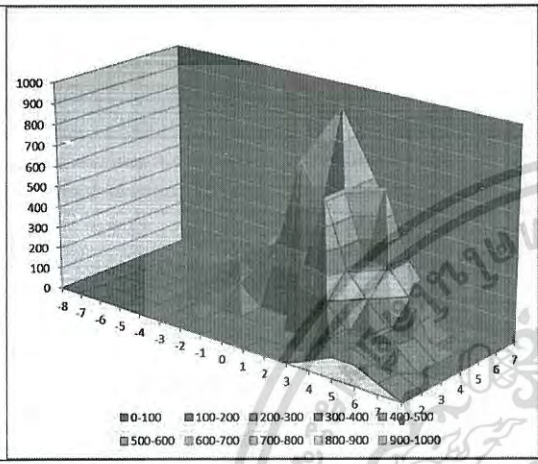
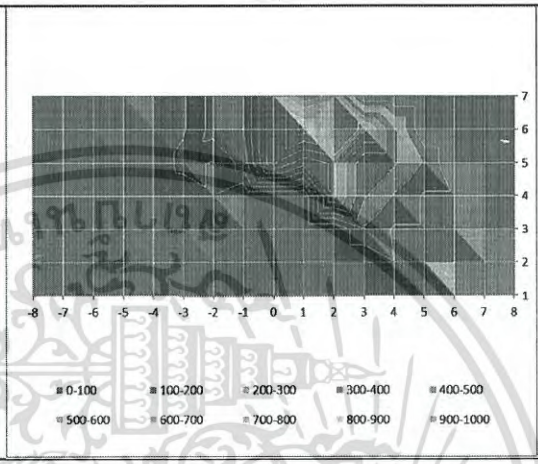
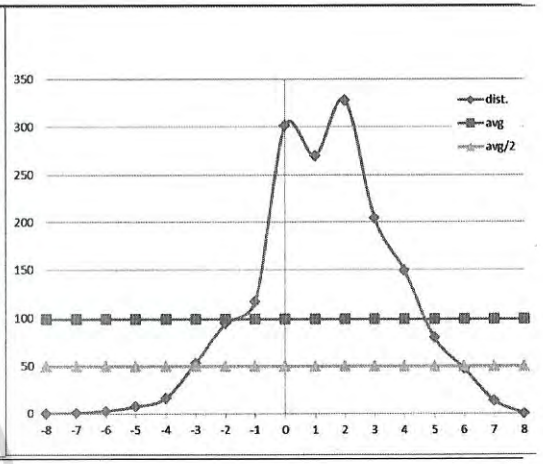




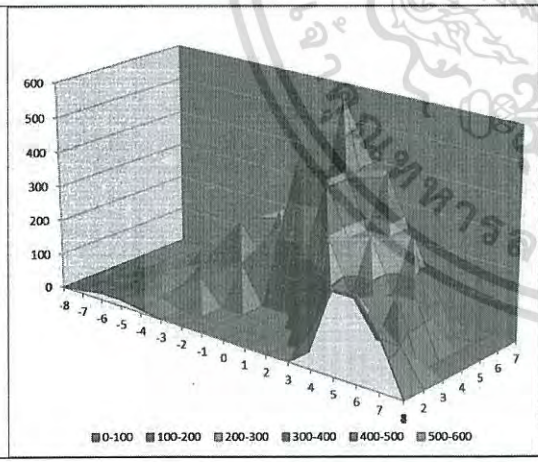
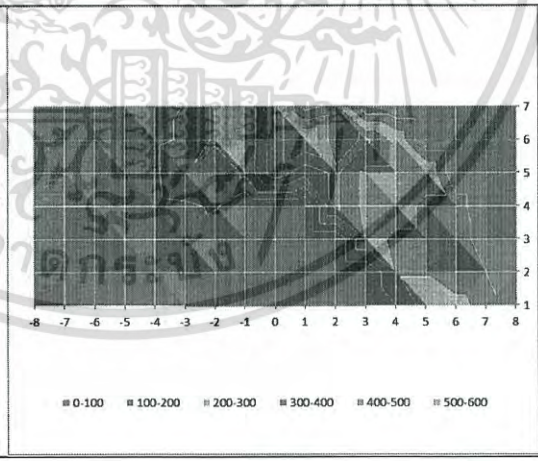
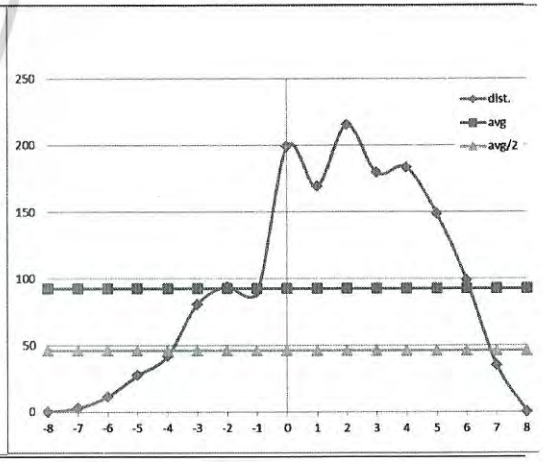


ตารางที่ 4.11(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยคีเซอไรด์ ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

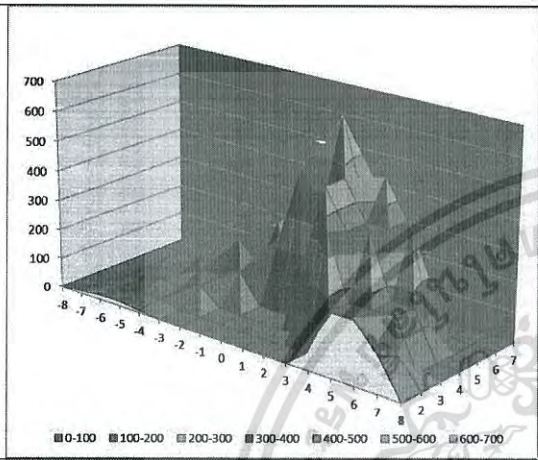
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (70 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Kieserite (MgO)		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

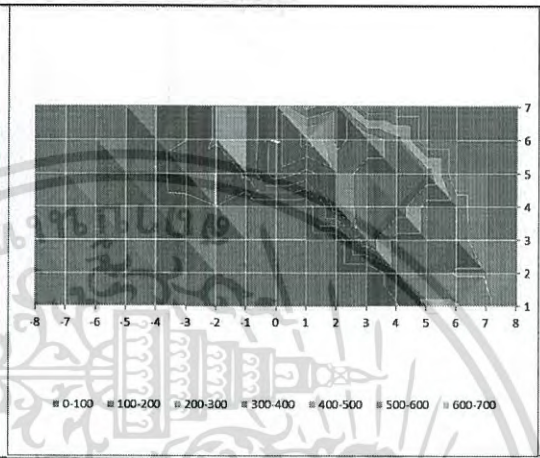
4.25 kg/min			

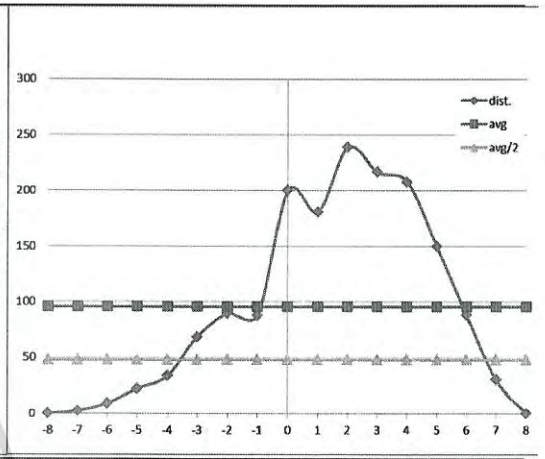
ตารางที่ 4.11(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยคีเซอไรด์ ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (80 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Kieserite (MgO)		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

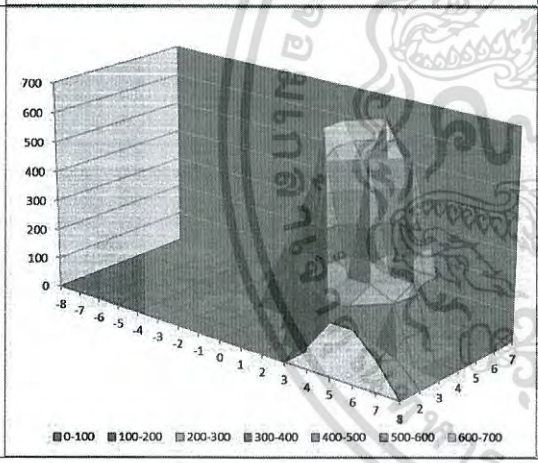
9.19 kg/min

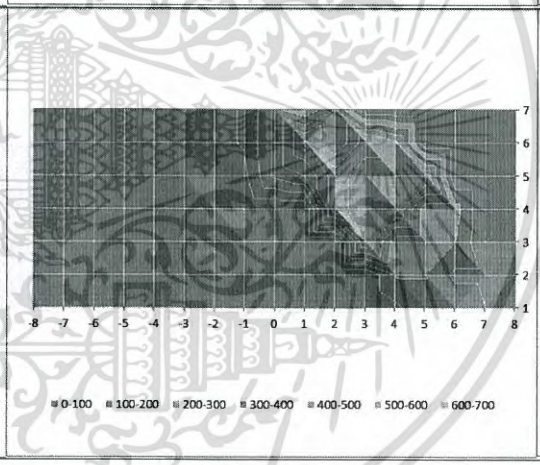


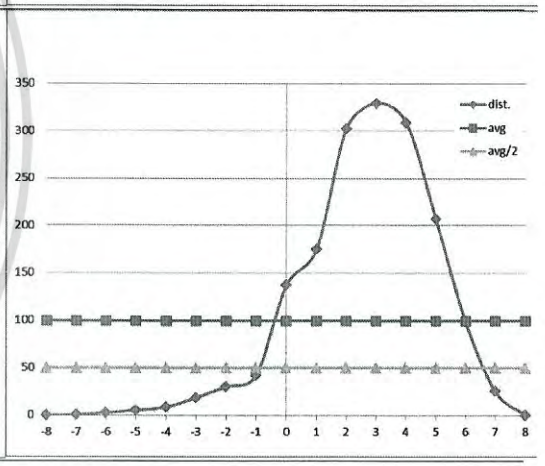




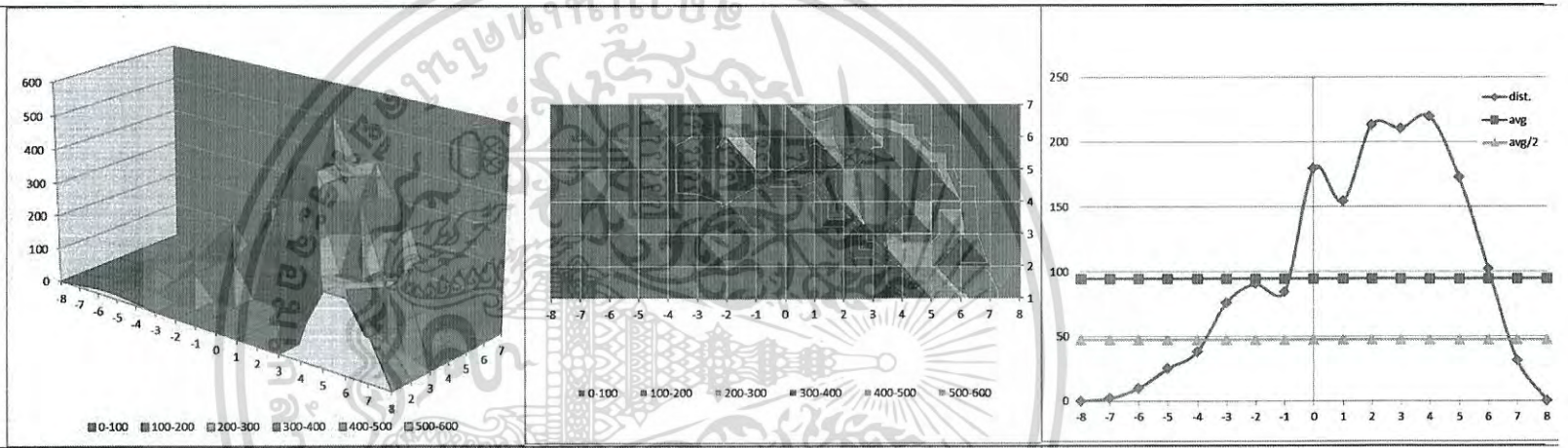
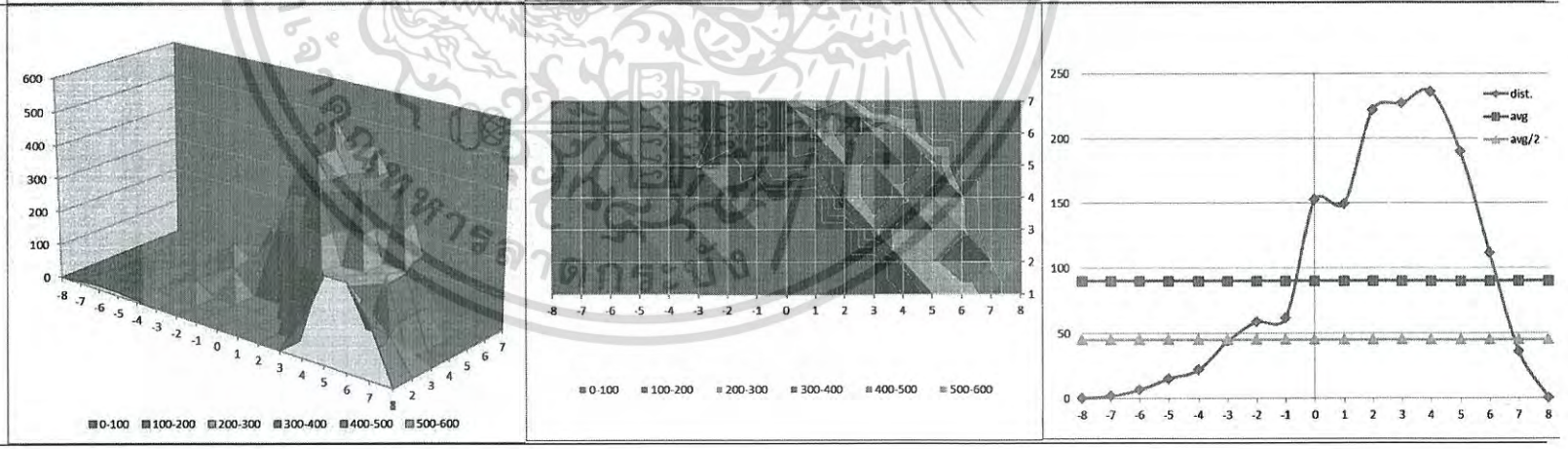
4.25 kg/min

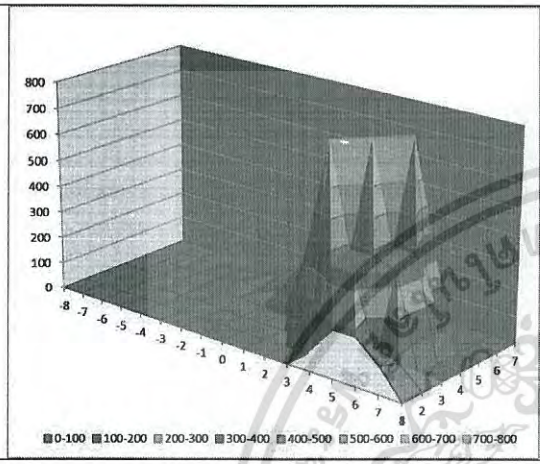
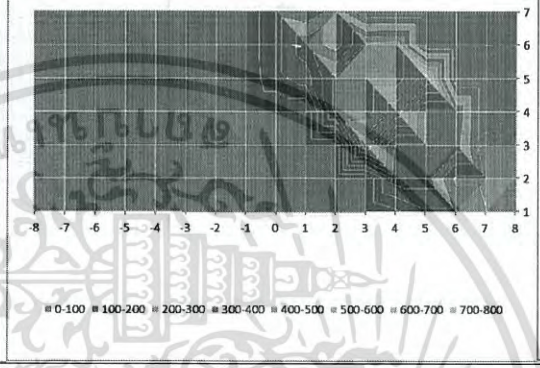
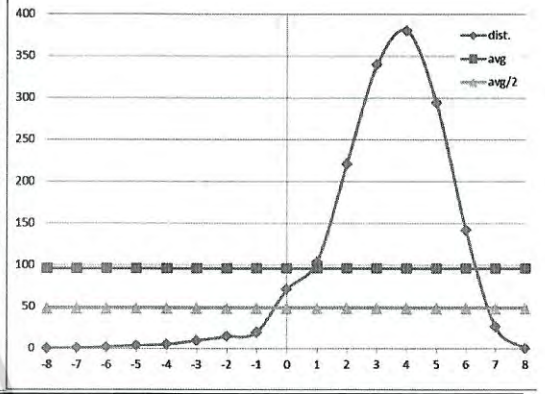




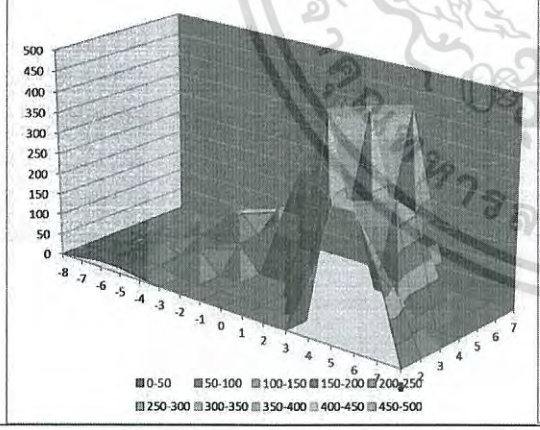
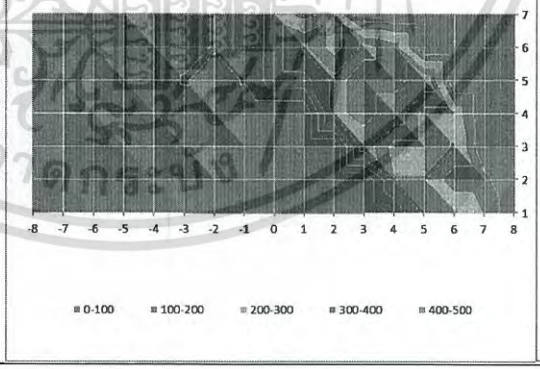
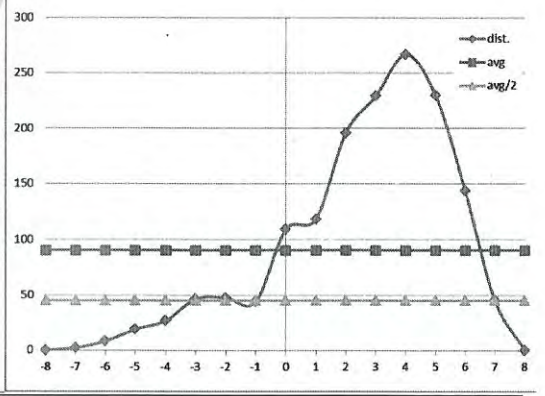


ตารางที่ 4.11(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยคีเซอไรด์ ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

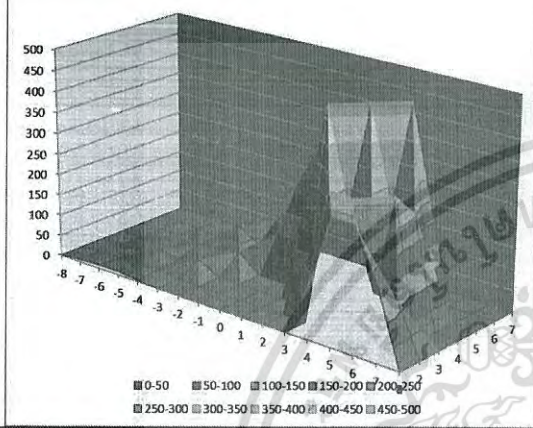
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (90 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Kieserite (MgO)		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			
9.19 kg/min			

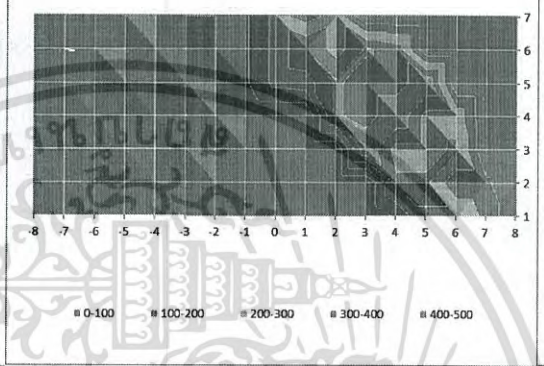
4.25 kg/min			

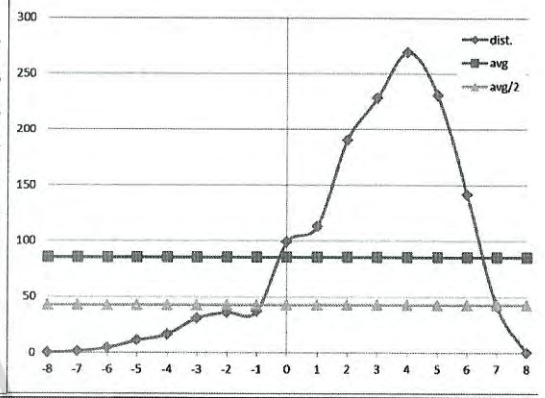
ตารางที่ 4.11(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยคีเซอไรด์ ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 1 จุดปล่อย ที่ตำแหน่งต่างๆ 8 ตำแหน่ง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (100 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ย Kieserite (MgO)		
	3-D view	Top view	Swath width
19.31 kg/min			

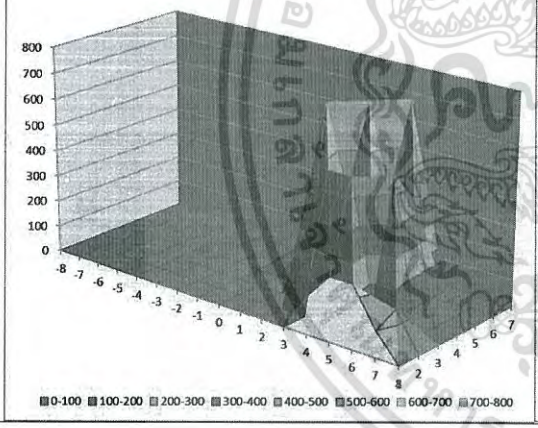
9.19 kg/min

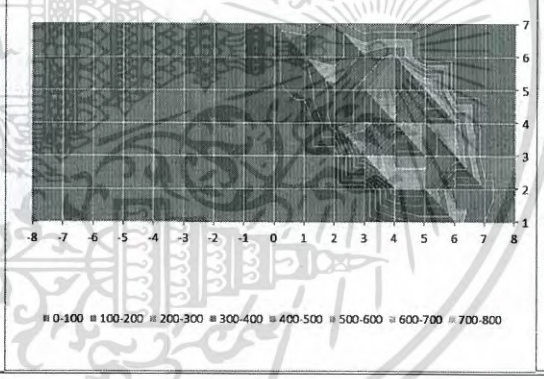


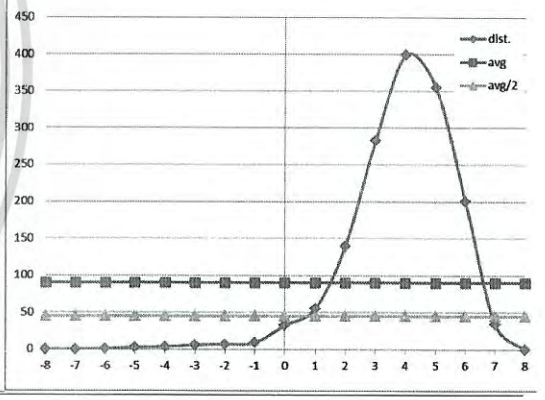




4.25 kg/min







4.4 การแปลงผลการทดลองในห้องปฏิบัติการให้เป็นแบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ยบนพื้น (Distribution Pattern)

การทดสอบโดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

1. อัตราการจ่ายปุ๋ยคงที่ 19.31 กิโลกรัมต่อนาที

2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ยเมื่อมีจุดปล่อย 2 จุด จุดปล่อยแรก 4 ระดับที่ 10 30 50 และ 70 องศา และจุดปล่อยที่สองมีระยะห่างเชิงมุมห่างจากจุดแรก 4 ระดับที่ 70 80 90 และ 100 องศา

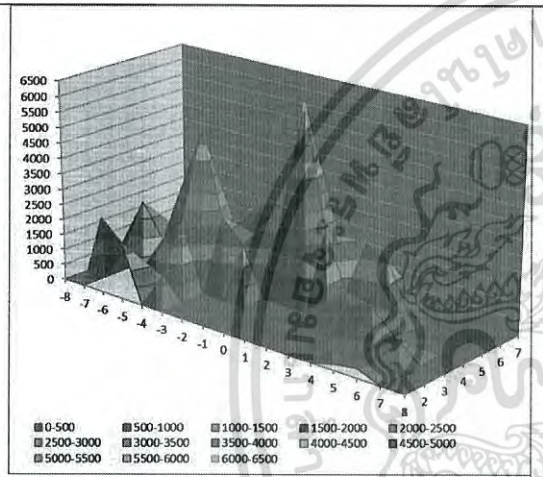
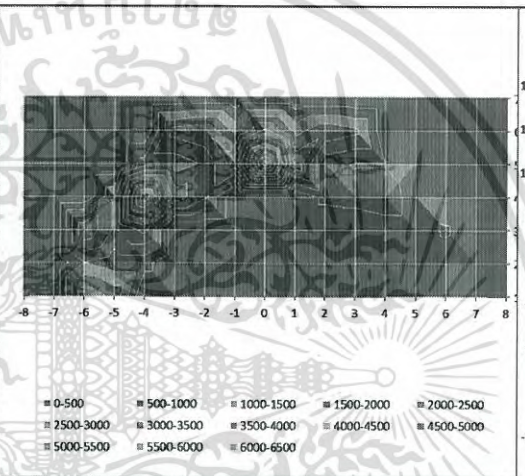
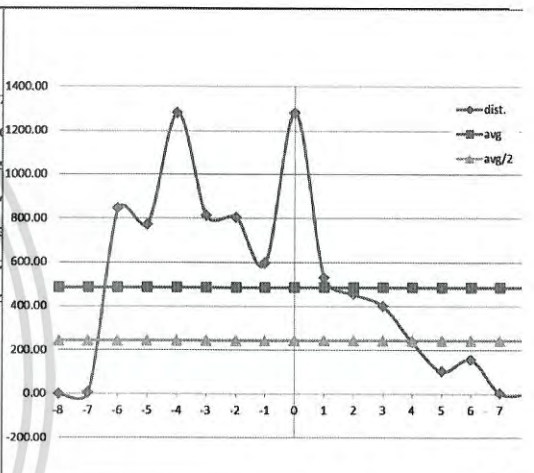
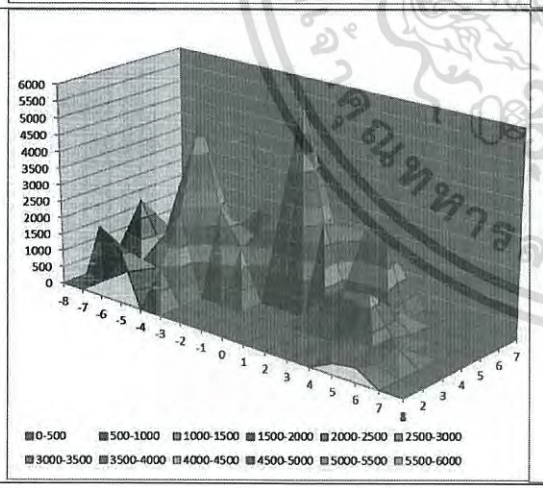
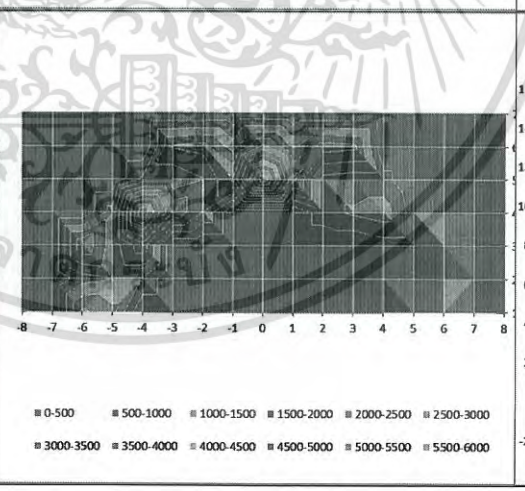
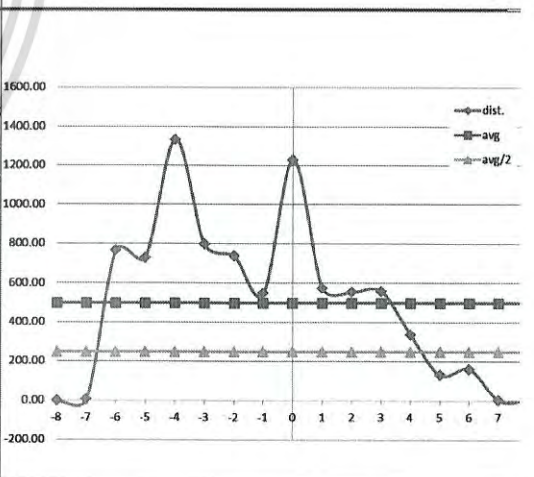
3. ชนิดของปุ๋ยคือ Urea

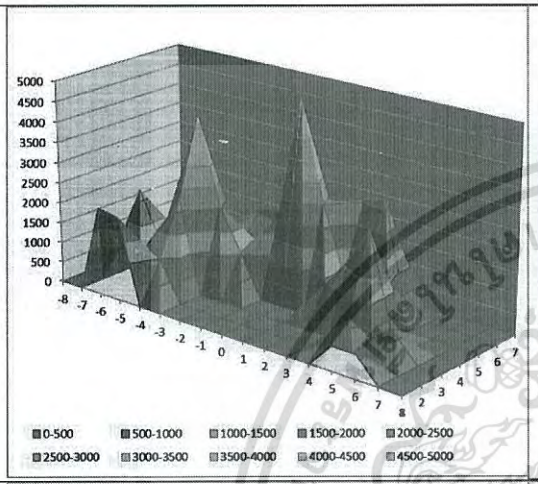
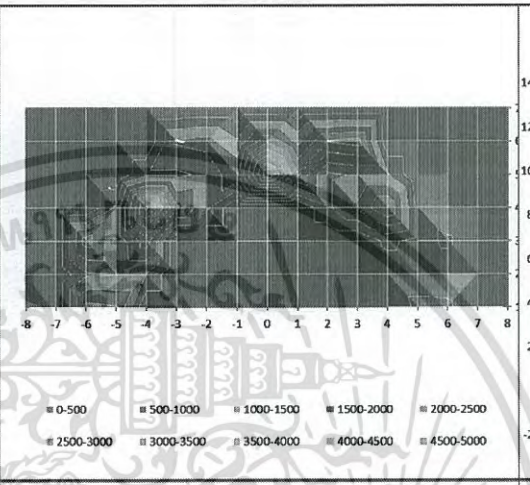
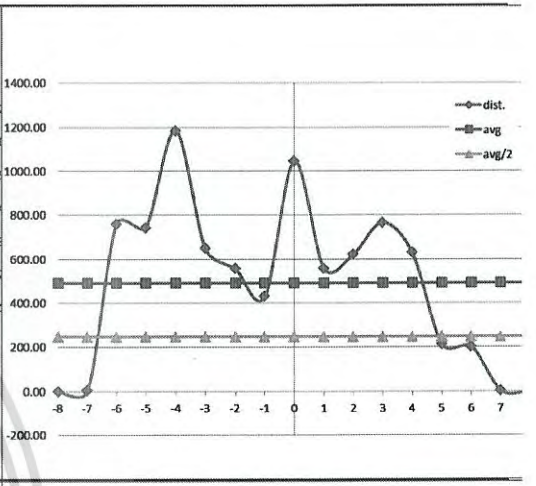
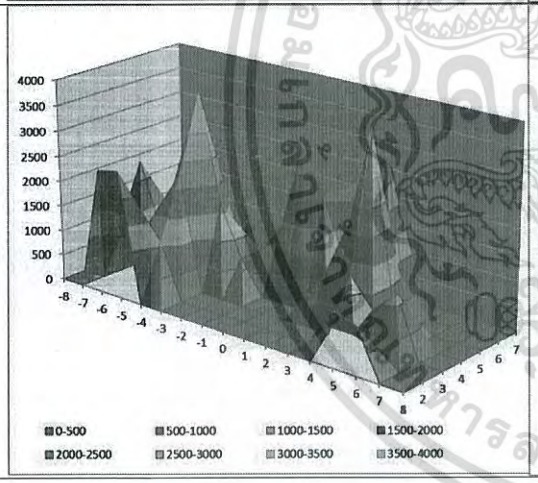
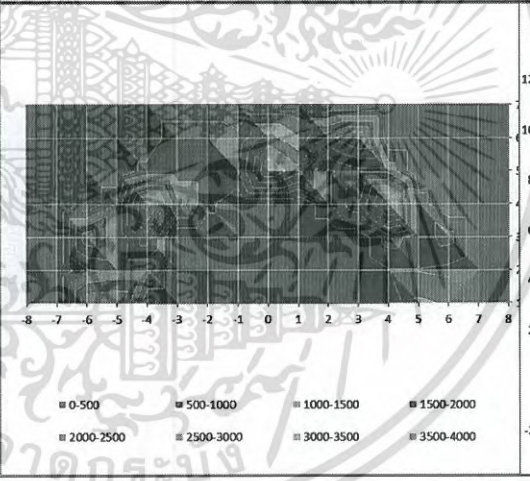
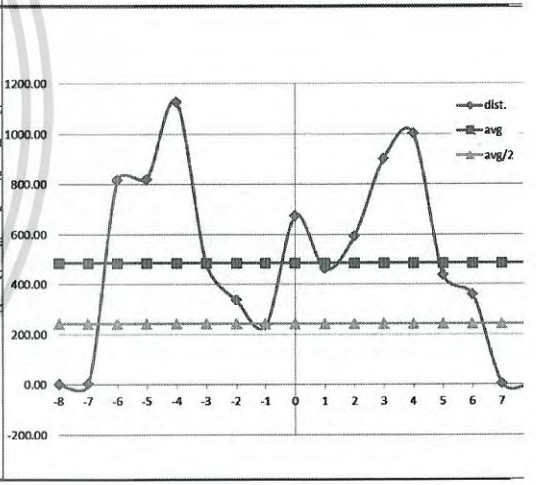
ตารางแสดงตำแหน่งของจุดปล่อยปุ๋ย 2 จุดปล่อย

ตำแหน่งของจุดปล่อย 1	ตำแหน่งของจุดปล่อย 2 เมื่อเพิ่มระยะเชิงมุม			
	70°	80°	90°	100°
10°	80°	90°	100°	110°
30°	100°	110°	120°	130°
50°	120°	130°	140°	150°
70°	140°	150°	160°	170°

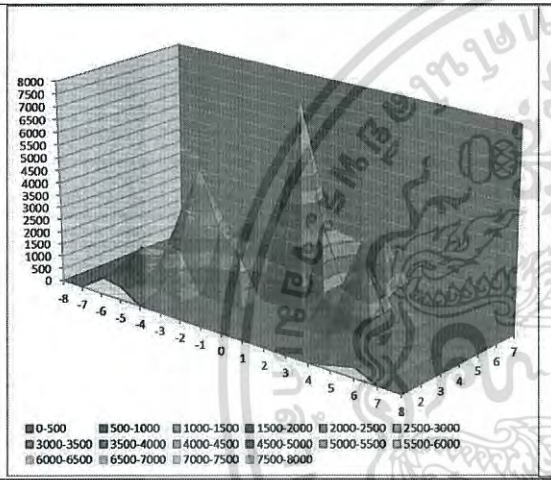
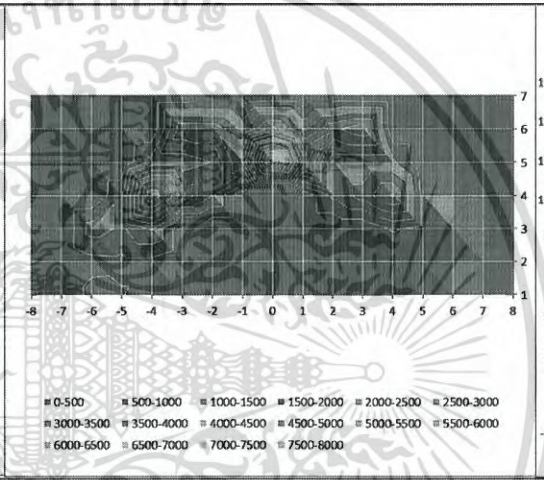
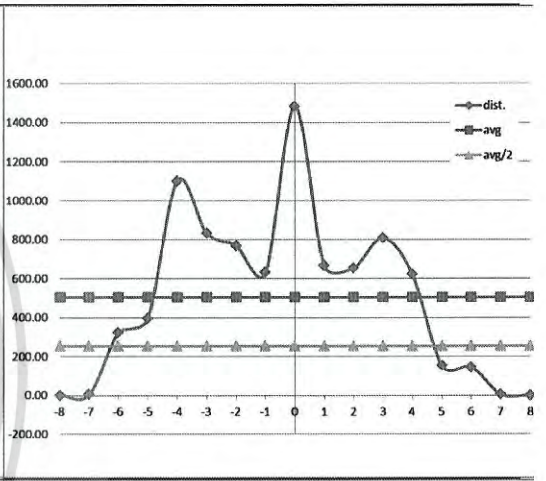
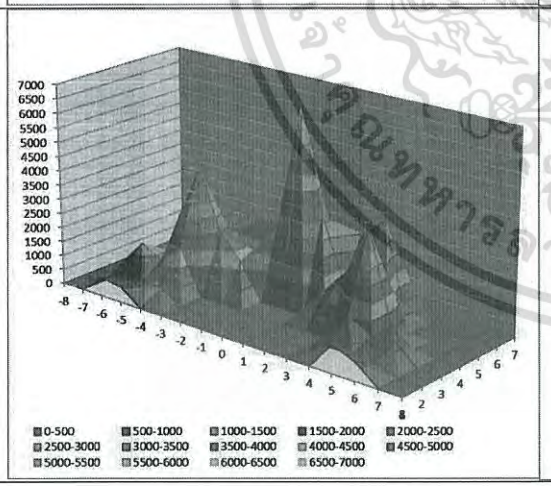
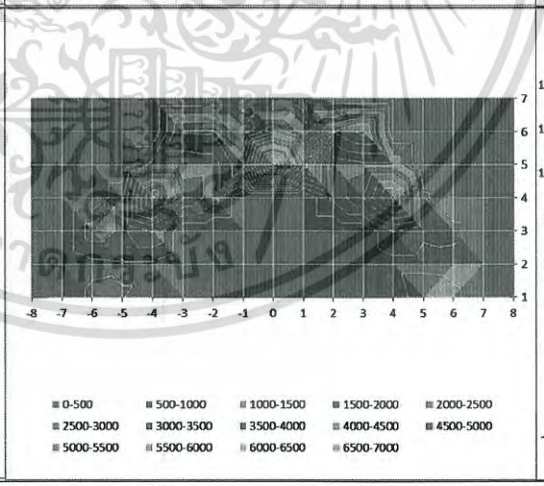
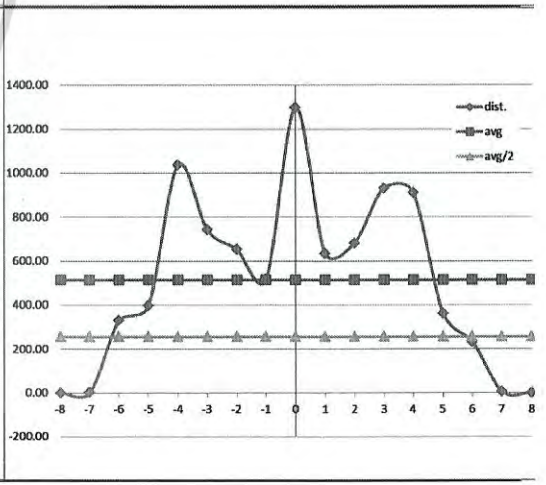
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

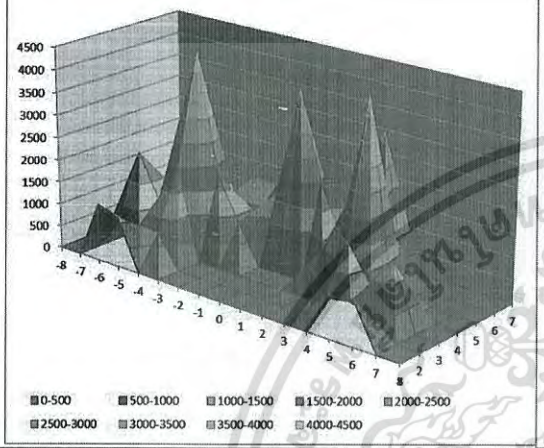
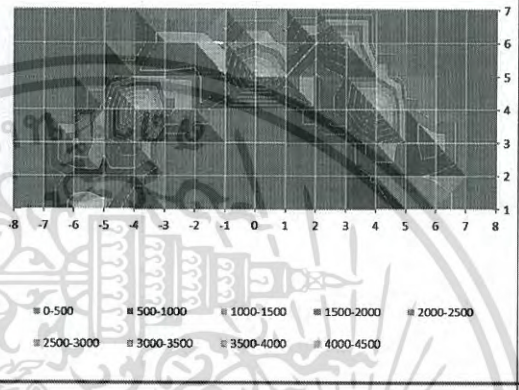
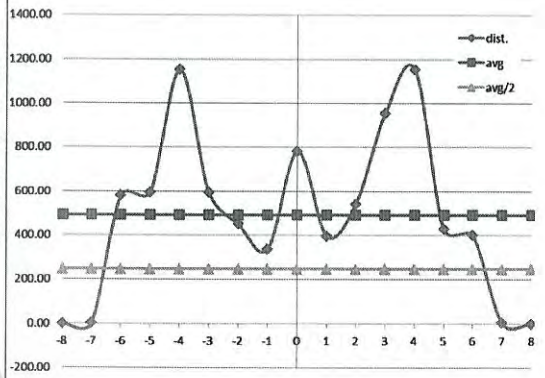
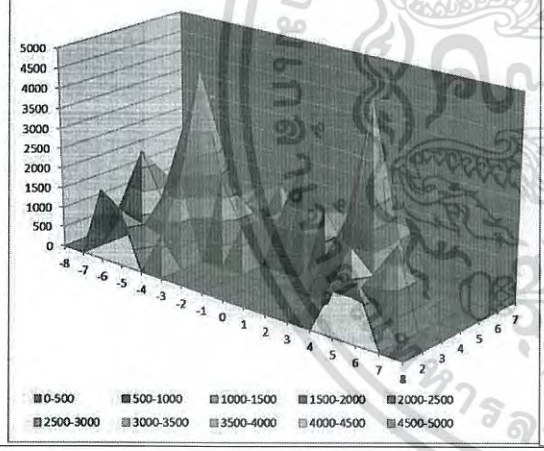
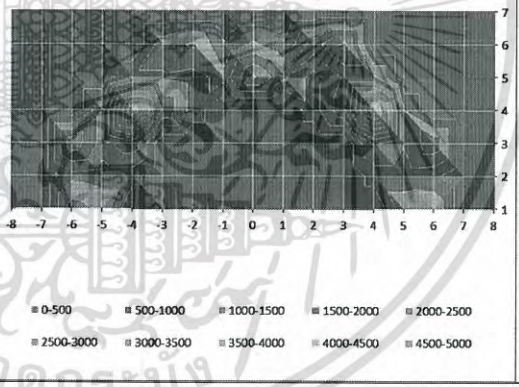
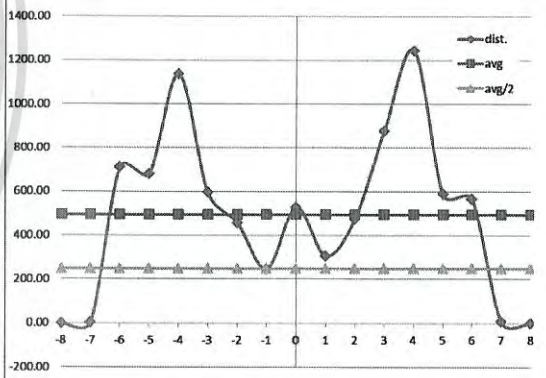
ตารางที่ 4.12 การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรีย ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 2 จุดปล่อย

ตำแหน่งปล่อยปุ๋ยจุดแรก (10 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ยยูเรีย เมื่อมีจุดปล่อยปุ๋ย 2 จุด		
	3-D view	Top view	Swath width
ระยะห่างเชิงมุม 70 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 80)			
ระยะห่างเชิงมุม 80 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 90)			

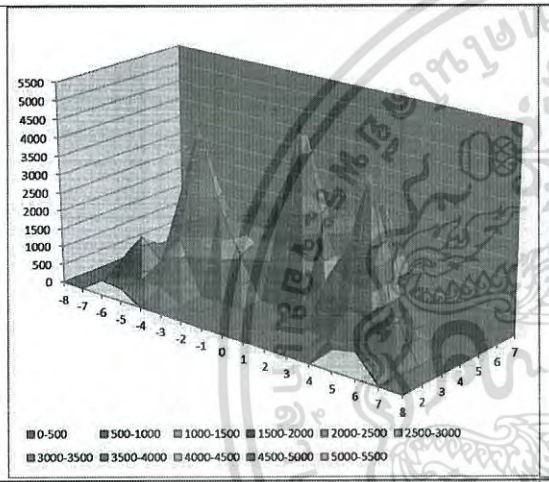
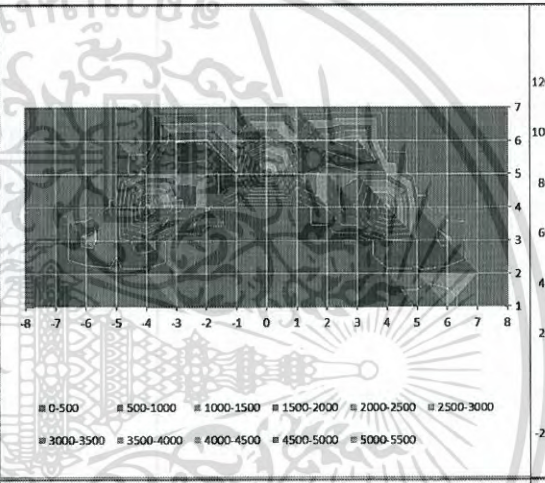
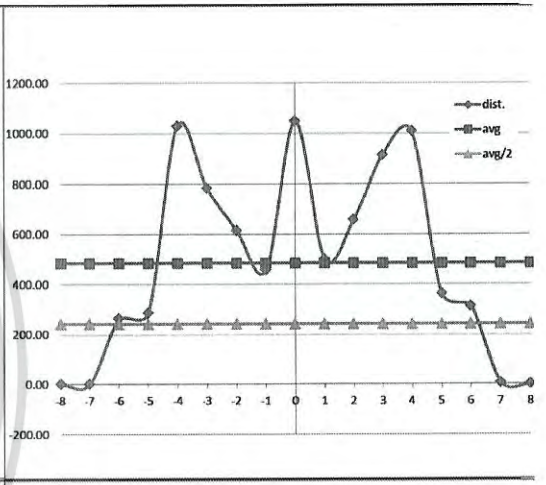
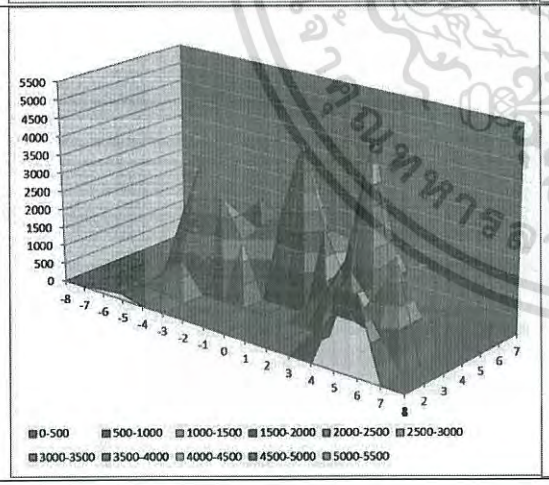
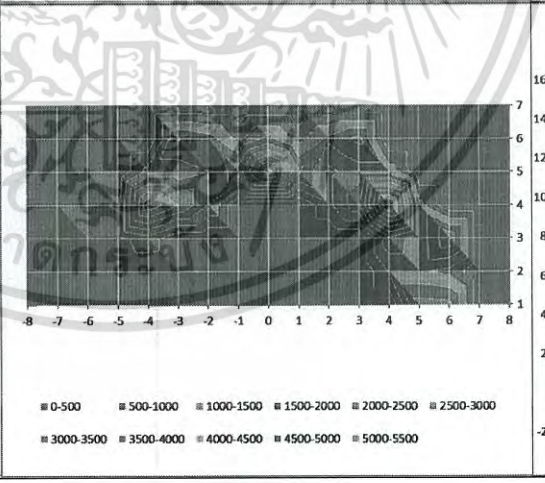
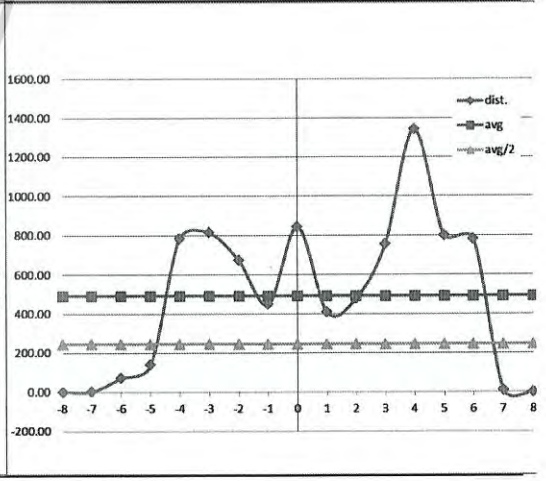
ระยะห่างเชิงมุม 90 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 100)			
ระยะห่างเชิงมุม 100 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 110)			

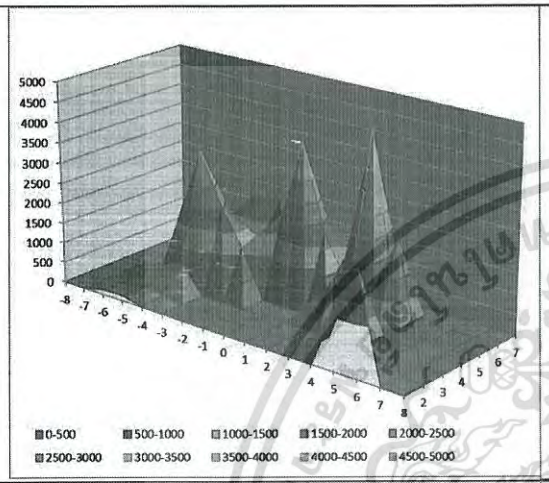
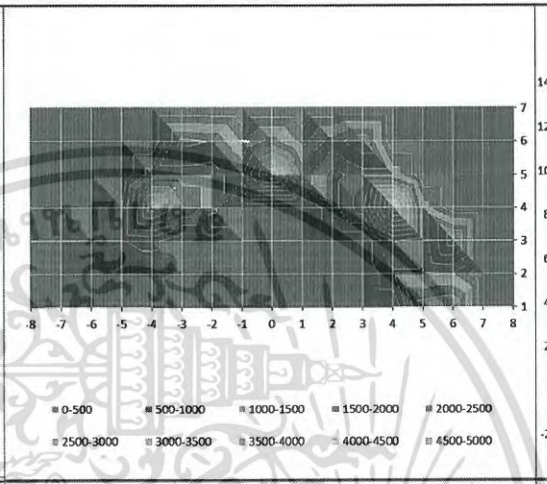
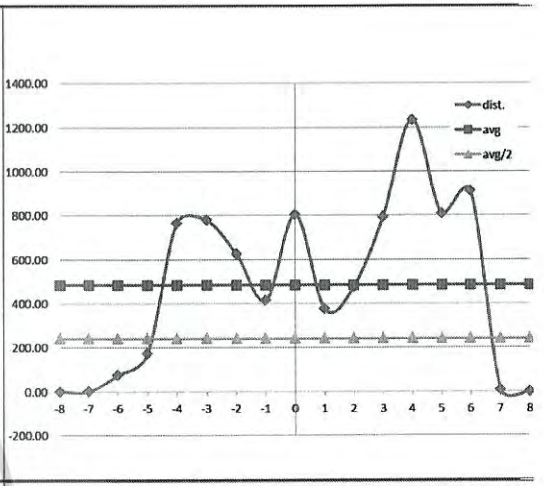
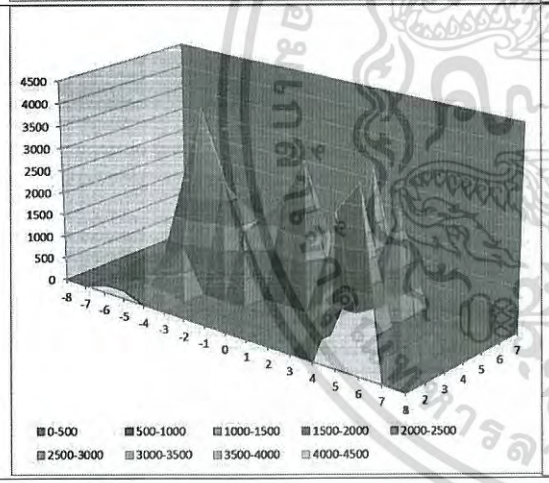
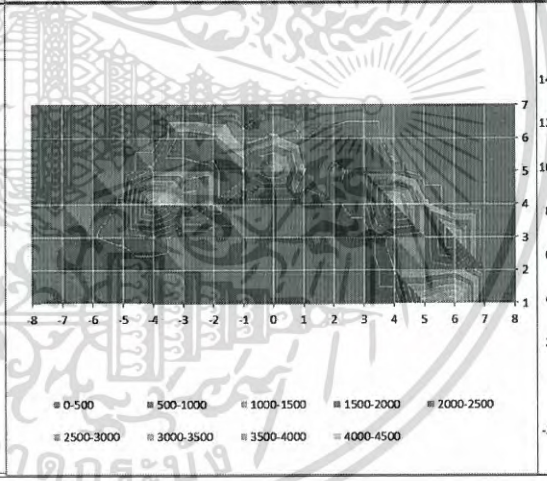
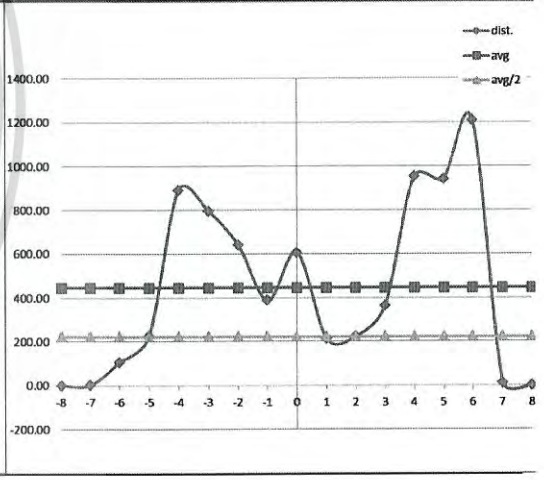
ตารางที่ 4.12(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรีย ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 2 จุดปล่อย

ตำแหน่งปล่อยปุ๋ยจุดแรก (30 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ยยูเรีย เมื่อมีจุดปล่อยปุ๋ย 2 จุด		
	3-D view	Top view	Swath width
ระยะห่างเชิงมุม 70 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 100)			
ระยะห่างเชิงมุม 80 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 110)			

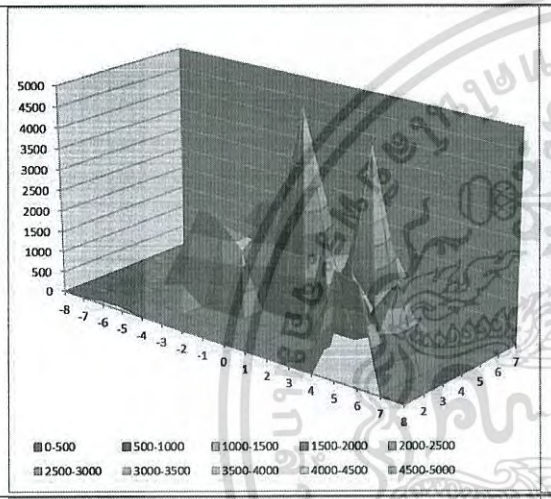
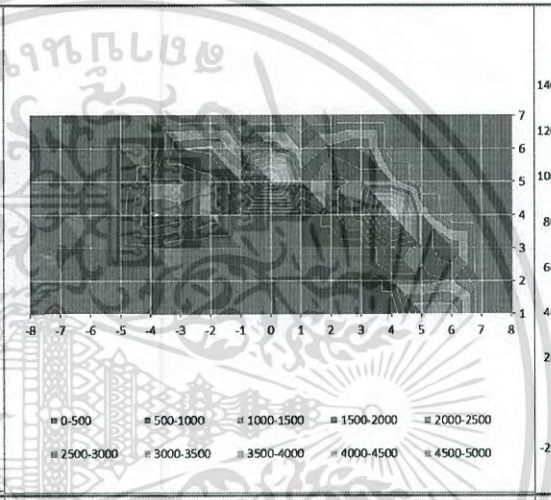
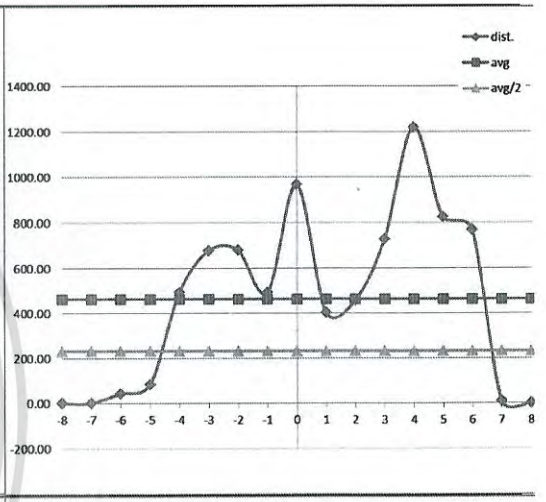
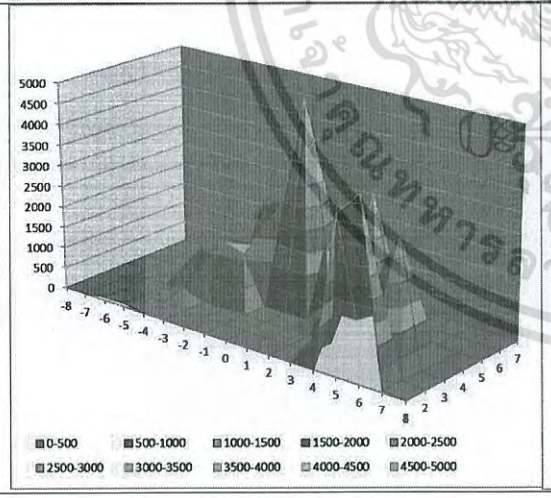
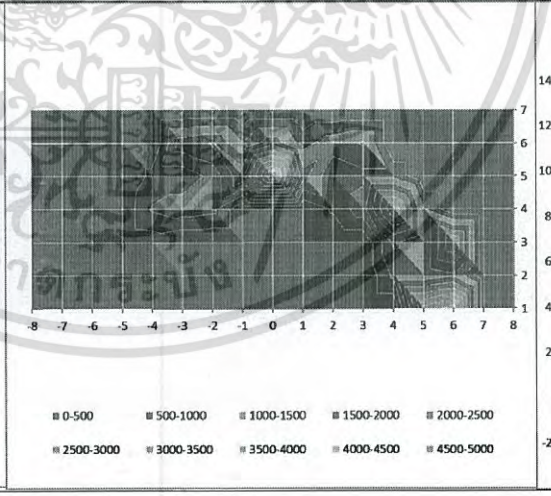
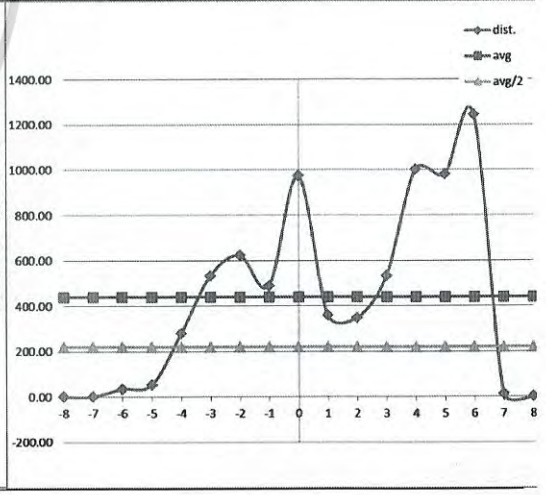
ระยะห่างเชิงมุม 90 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 120)			
ระยะห่างเชิงมุม 100 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 130)			

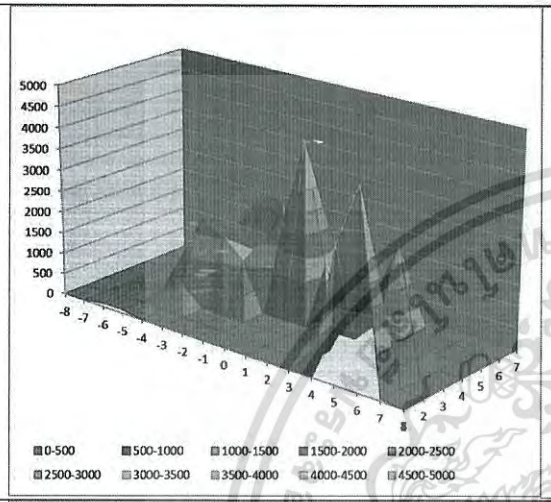
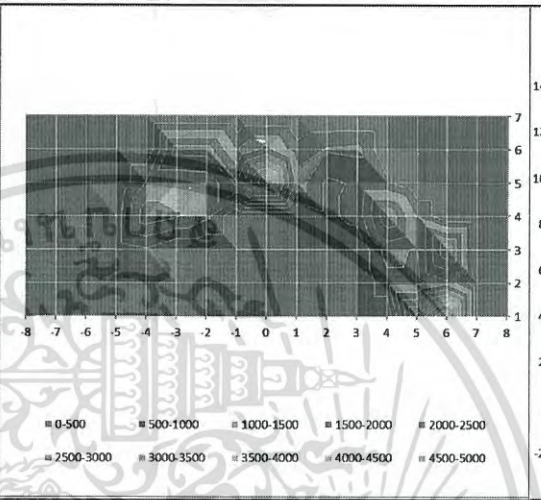
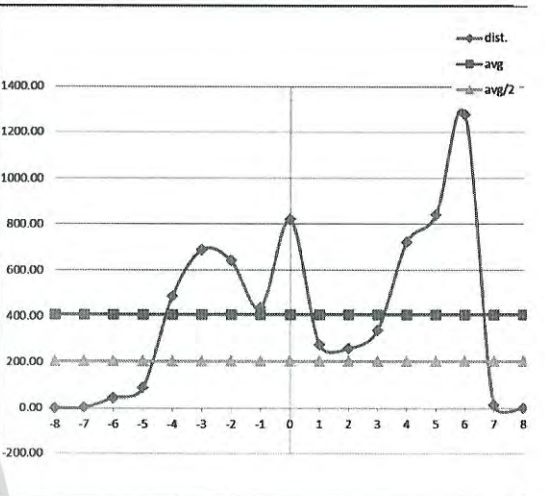
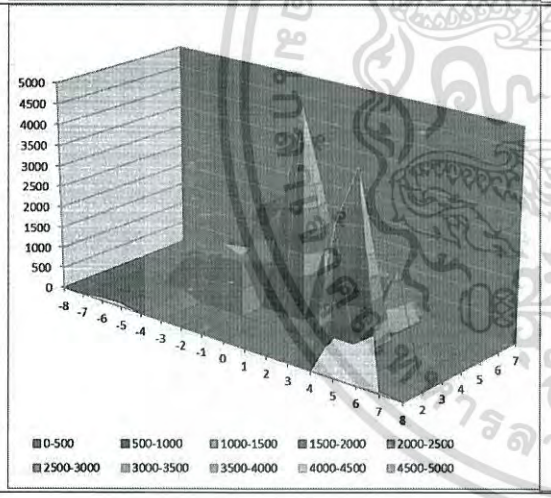
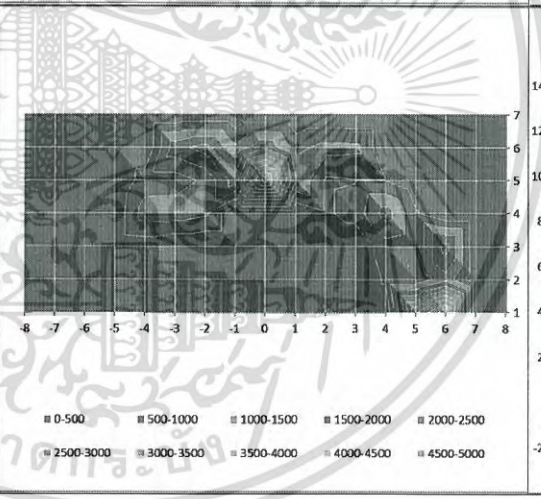
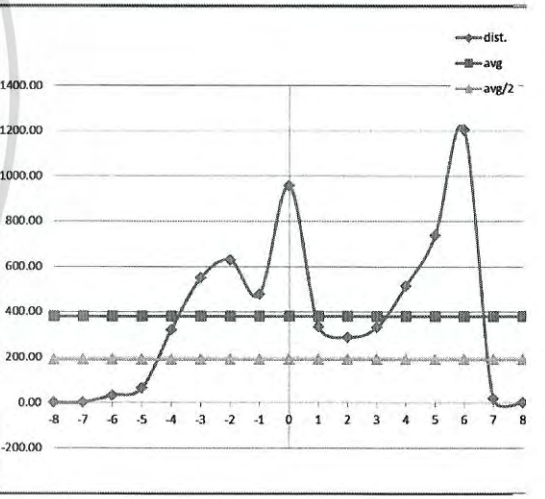
ตารางที่ 4.12(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรีย ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 2 จุดปล่อย

ตำแหน่งปล่อยปุ๋ยจุดแรก (50 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ยยูเรีย เมื่อมีจุดปล่อยปุ๋ย 2 จุด		
	3-D view	Top view	Swath width
ระยะห่างเชิงมุม 70 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 120)			
ระยะห่างเชิงมุม 80 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 130)			

ระยะห่าง เชิงมุม 90 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 140)			
ระยะห่าง เชิงมุม 100 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 150)			

ตารางที่ 4.12(ต่อ) การทดลองหว่านปุ๋ยยูเรีย ด้วยจานเหวี่ยงแบบ 2 จุดปล่อย

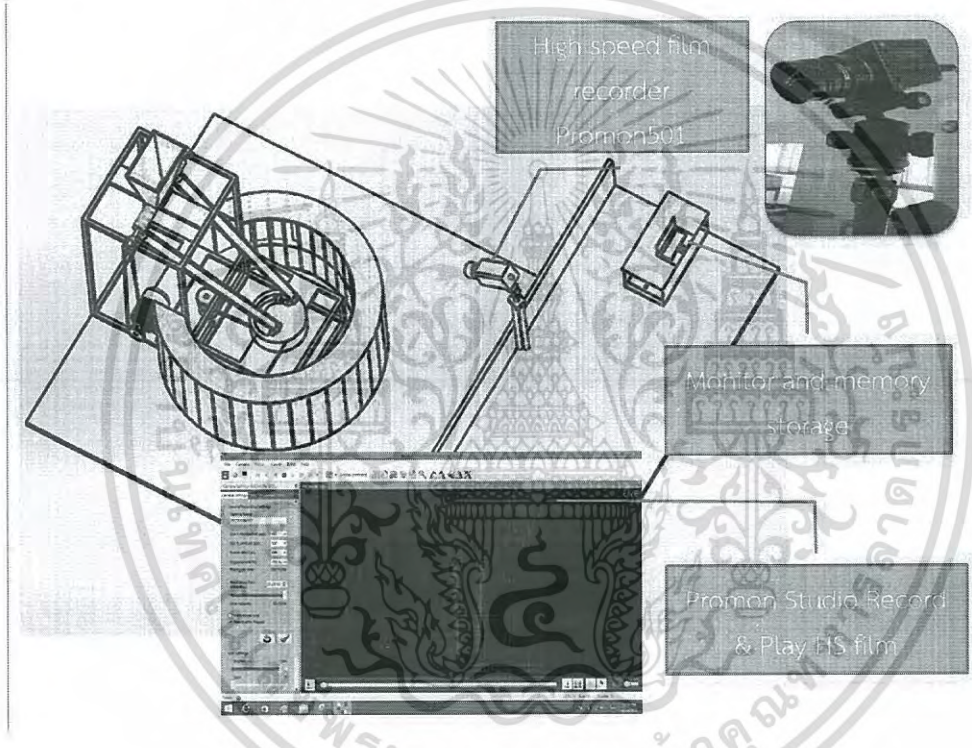
ตำแหน่งปล่อยปุ๋ยจุดแรก (70 องศา)	แบบจำลองการกระจายตัวของปุ๋ยยูเรีย เมื่อมีจุดปล่อยปุ๋ย 2 จุด		
	3-D view	Top view	Swath width
ระยะห่างเชิงมุม 70 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 140)			
ระยะห่างเชิงมุม 80 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 150)			

ระยะห่างเชิงมุม 90 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 160)			
ระยะห่างเชิงมุม 100 องศา (ตำแหน่งจุดปล่อยสองที่ 170)			

4.5 การศึกษาการเคลื่อนที่ของปุ๋ยบนจานเหวี่ยงด้วยกล้องความเร็วสูง

การทดสอบโดยการทดลองจะมีเงื่อนไขการทดลอง คือ

1. อัตราการจ่ายปุ๋ยมี 3 ระดับ คือ 19.31 9.19 และ 4.25 กิโลกรัมต่อนาที
2. ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ยมี 8 ระดับ คือ 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 องศา
3. ชนิดของปุ๋ยมี 3 ชนิด คือ Urea Kieserite และ DAP



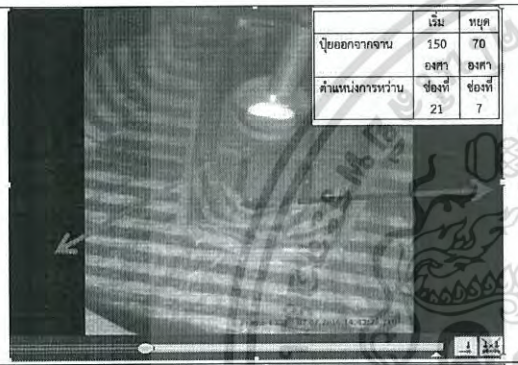
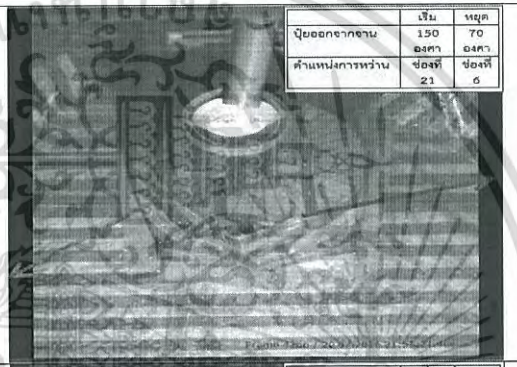
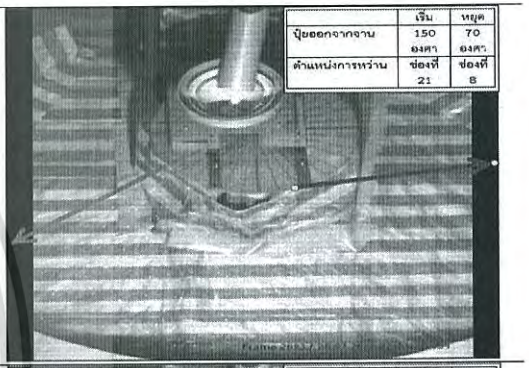
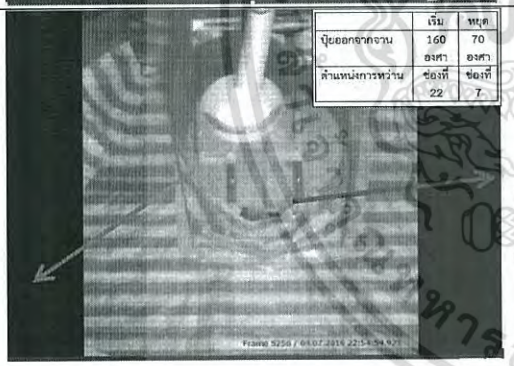
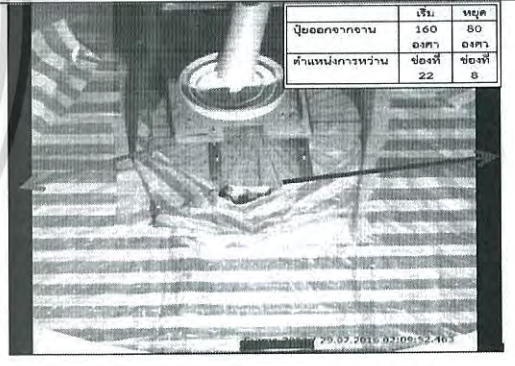
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย” ต่อ “พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยง” ในชุดทดสอบต้นแบบ

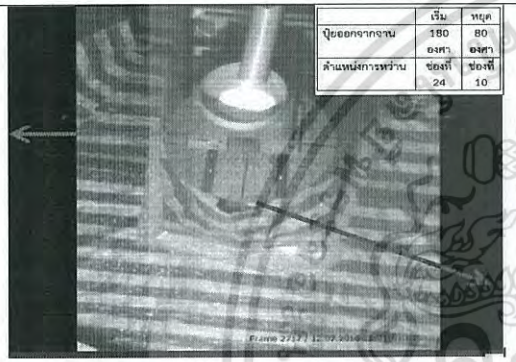
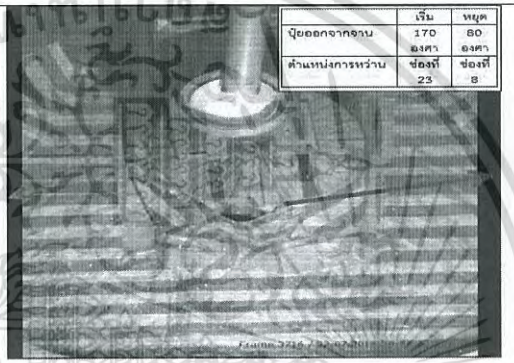
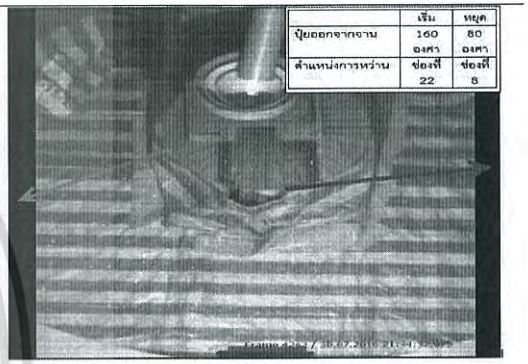
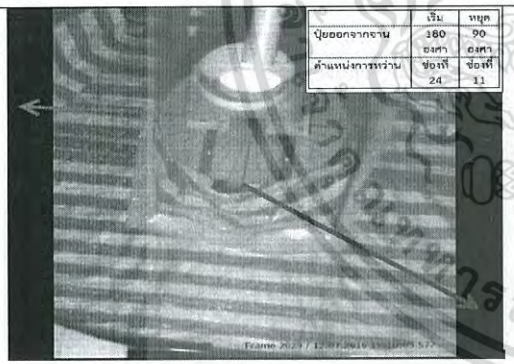
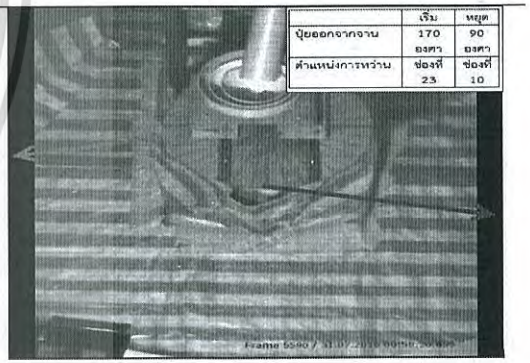
4.5.2 การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย” ต่อ “ทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยไปยังเป้าหมาย” ในชุดทดสอบต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

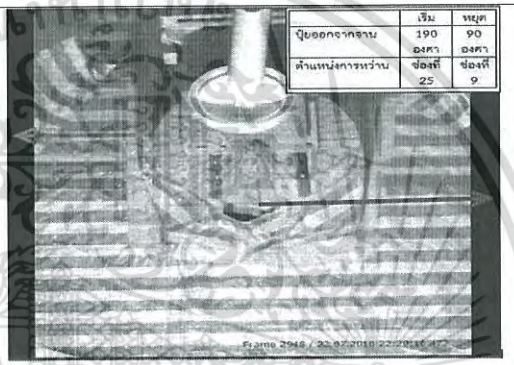
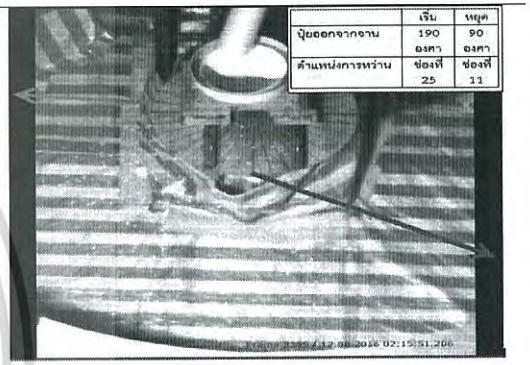
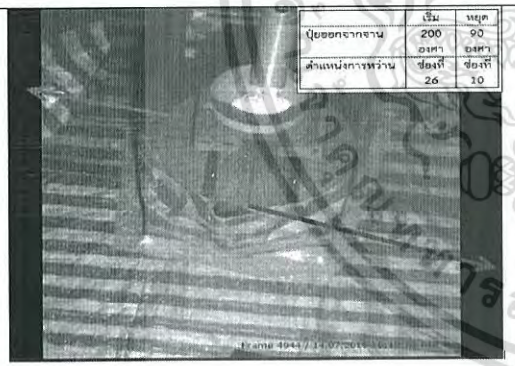
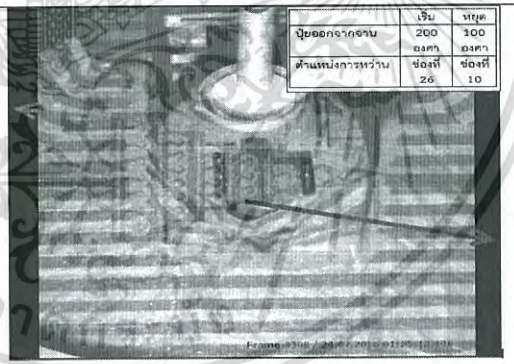
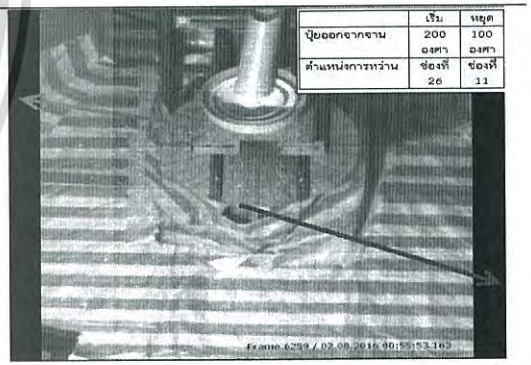
ตารางที่ 4.13 ผลการหว่านปุ๋ย Urea จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
30			
40			

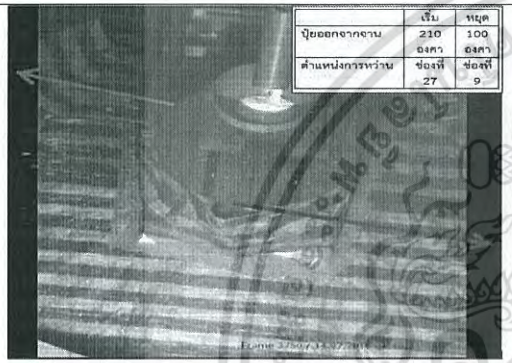
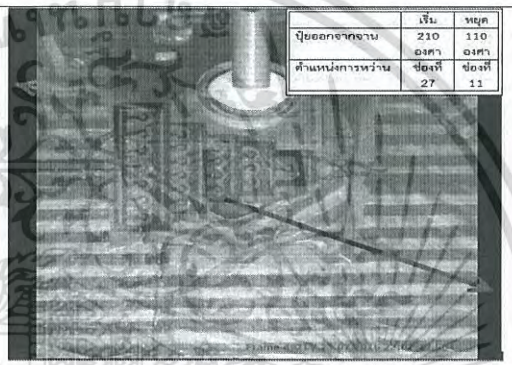
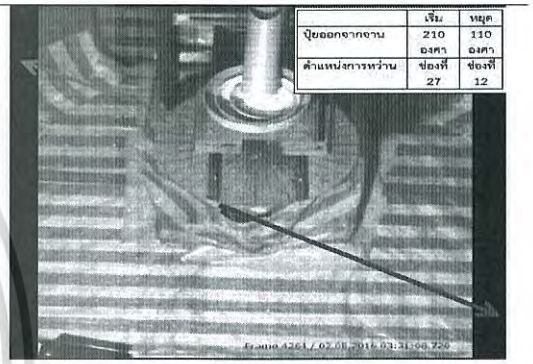
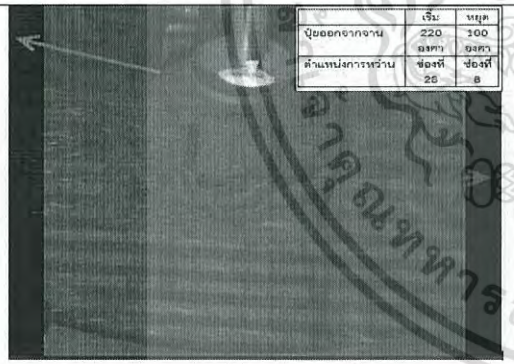
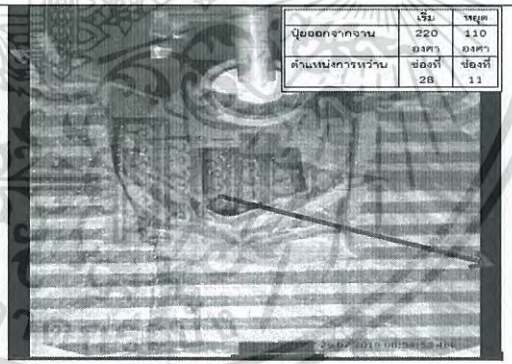
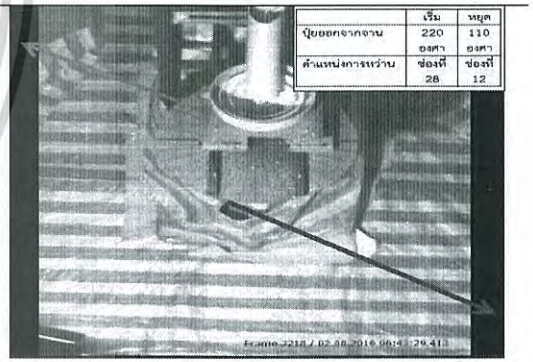
ตารางที่ 4.13(ต่อ) ผลการหว่านปุ๋ย Urea จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
50			
60			

ตารางที่ 4.13(ต่อ) ผลการหว่านปุ๋ย Urea จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
70			
80			

ตารางที่ 4.13(ต่อ) ผลการหว่านปุ๋ย Urea จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
90			
100			

การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย Urea” ต่อ “พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยง” ในชุดทดสอบต้นแบบ

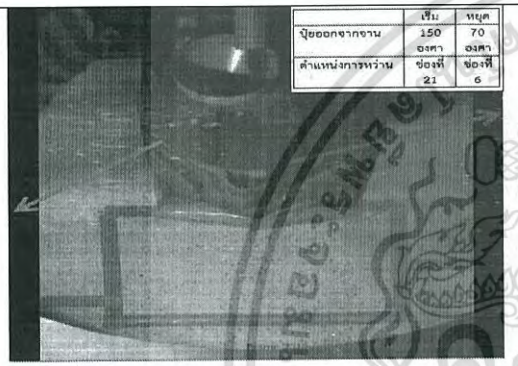
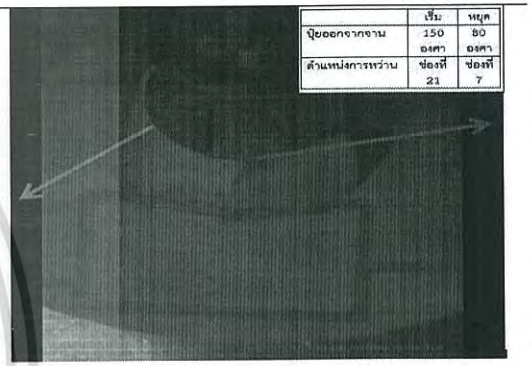
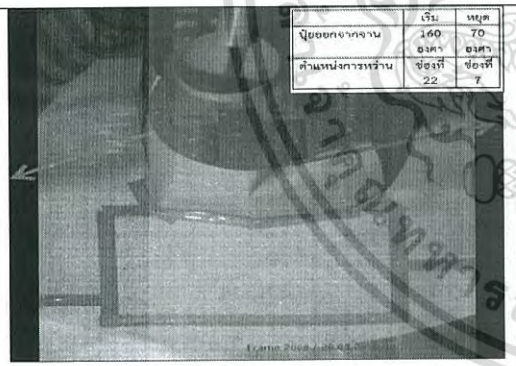
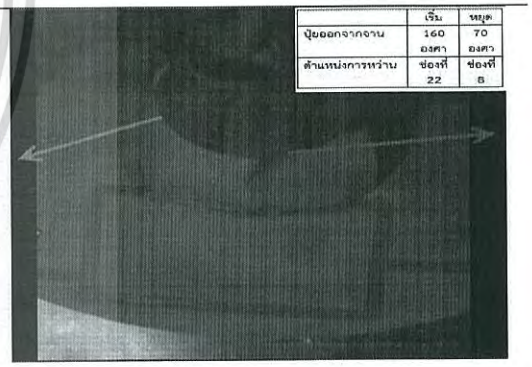
จากตารางที่ 4.13 พบว่าตำแหน่งของการปล่อยปุ๋ยมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจาน คือเมื่อเพิ่มองศาของตำแหน่งปล่อยปุ๋ยให้มากขึ้นมุมที่เม็ดปุ๋ยหลุดออกจากจานก็จะมากขึ้นเช่นกัน ทำให้หน้ากว้างของการกระจายมีการขยับตัว(ตามเข็มนาฬิกา) ส่วนอัตราการไหลนั้นไม่ค่อยมีอิทธิพลในส่วนนี้

การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย Urea” ต่อ “ทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยไปยังเป้าหมาย” ในชุดทดสอบต้นแบบ

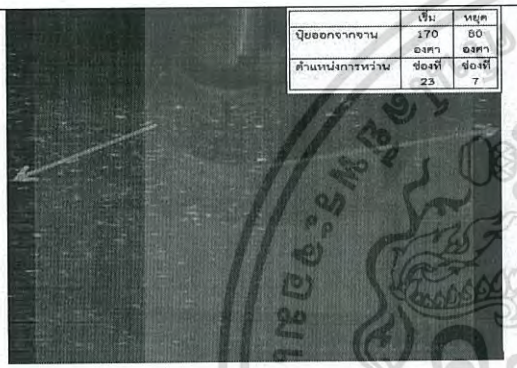
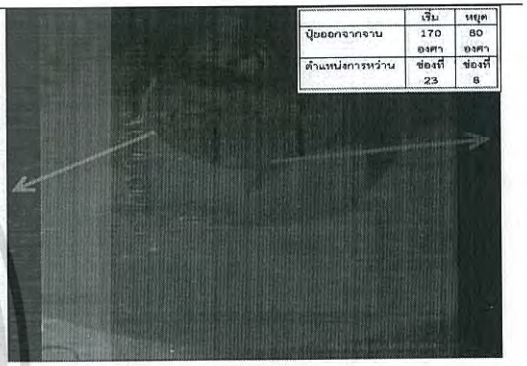
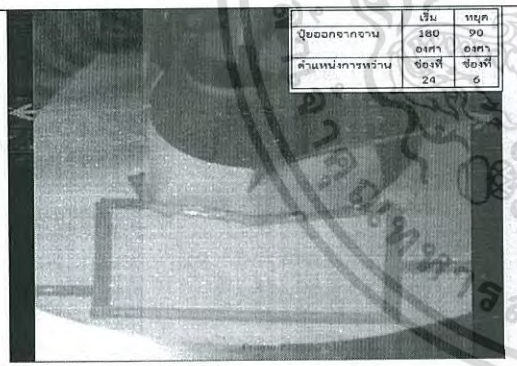
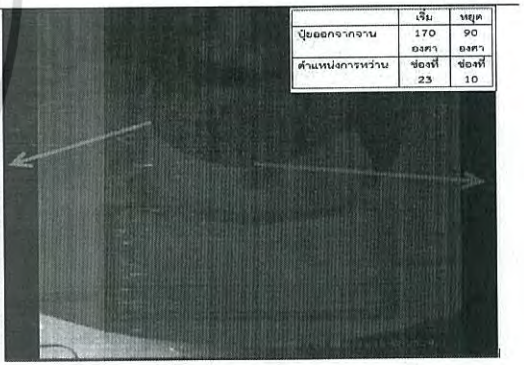
จากตารางที่ 4.13 พบว่าตำแหน่งของการปล่อยปุ๋ยนั้นมีอิทธิพลกับทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยไปยังเป้าหมาย คือเมื่อเพิ่มองศาของตำแหน่งปล่อยปุ๋ยให้มากขึ้นตำแหน่งของเป้าหมายที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ไปก็จะเป็นหมายเลขของที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่วนอัตราการไหลนั้นไม่ก็มีผลทำให้การเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายของเม็ดปุ๋ยเปลี่ยนแปลงคือถ้าอัตราการไหลน้อยลงการเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายของเม็ดปุ๋ยก็จะมีมุมที่แคบลงทำให้หน้ากว้างของการหว่านนั้นแคบลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

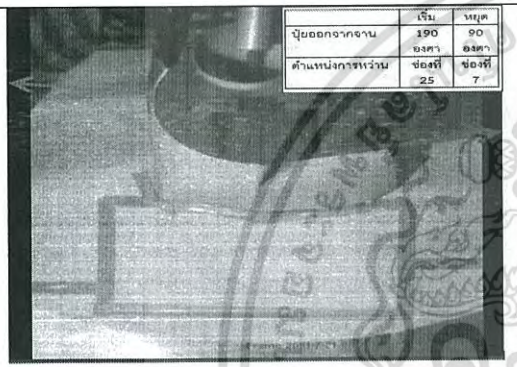
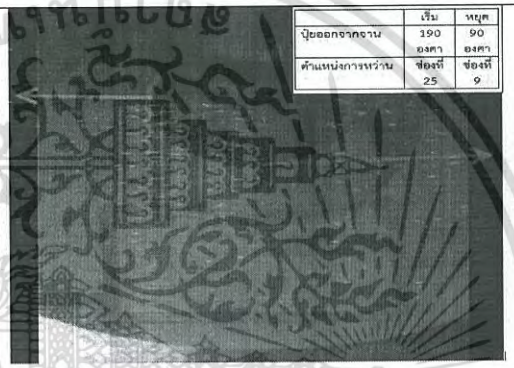
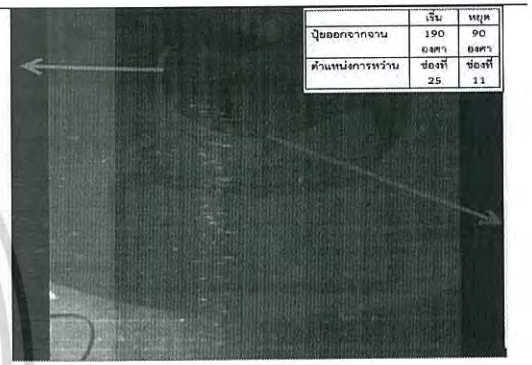
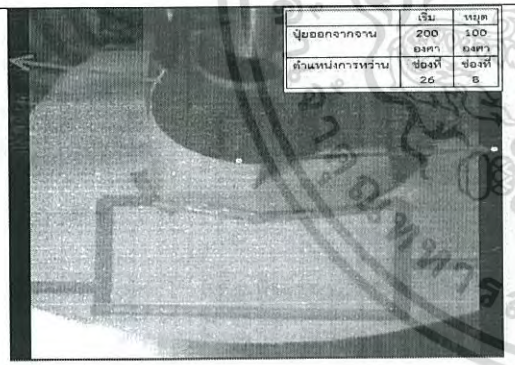
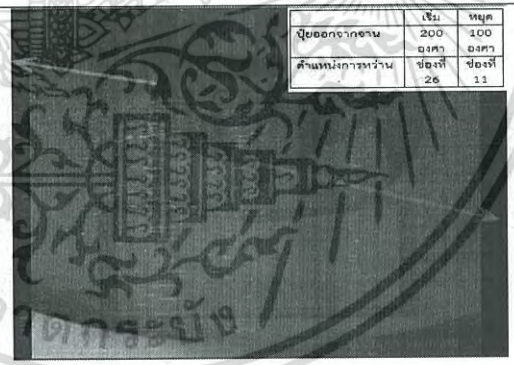
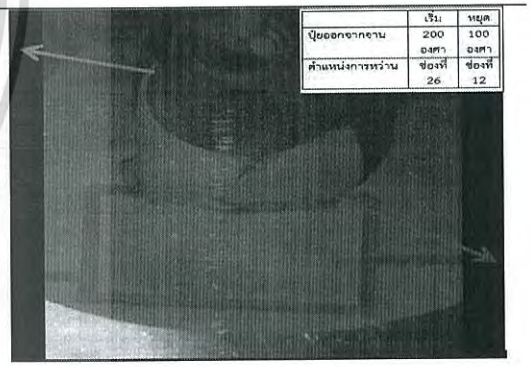
ตารางที่ 4.14 ผลการหว่านปุ๋ย Di-ammonium phosphate จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
30			
40			

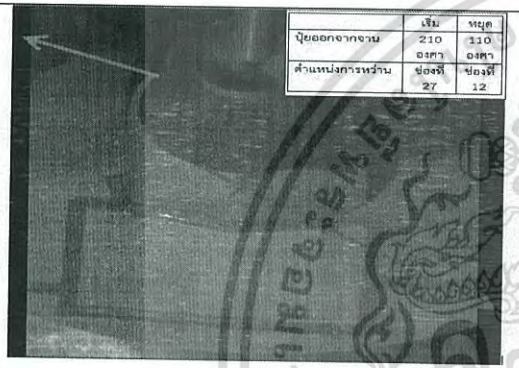
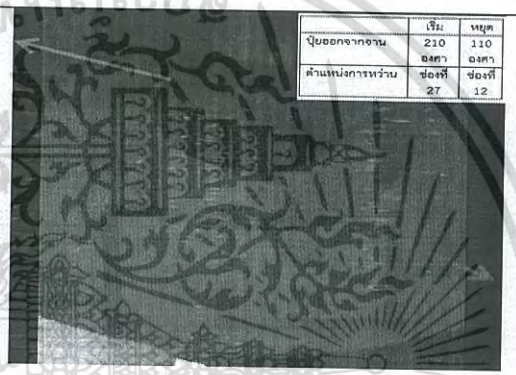
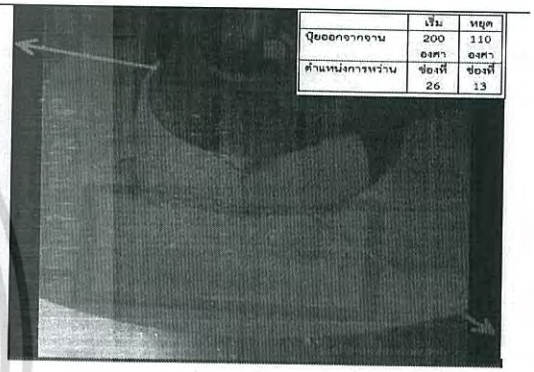
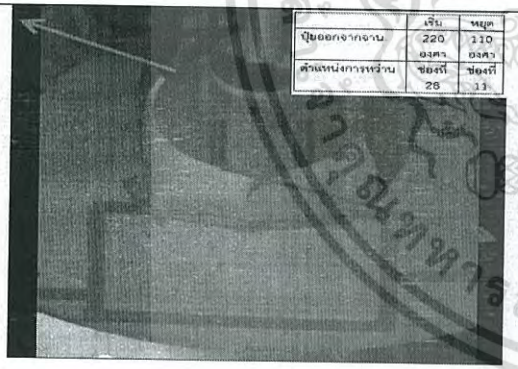
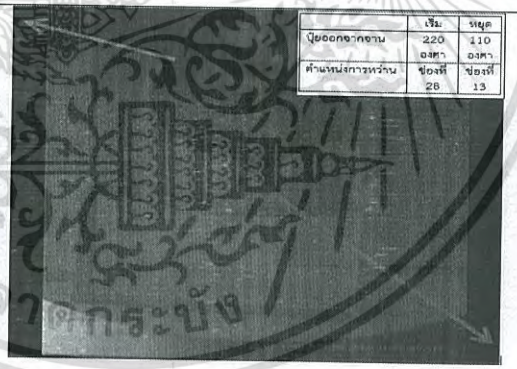
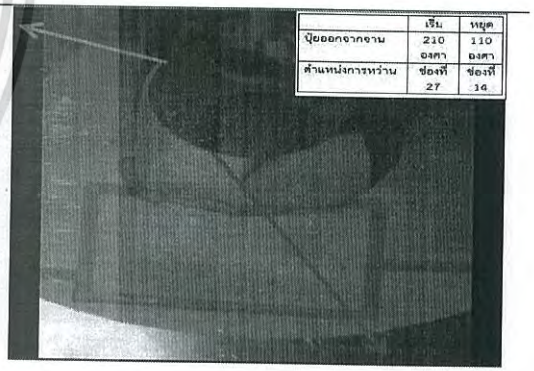
ตารางที่ 4.14(ต่อ) ผลการหว่านปุ๋ย Di-ammonium phosphate จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
50			
60			

ตารางที่ 4.14(ต่อ) ผลการหว่านปุ๋ย Di-ammonium phosphate จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
70			
80			

ตารางที่ 4.14(ต่อ) ผลการหว่านปุ๋ย Di-ammonium phosphate จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
90			
100			

การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย Di-ammonium phosphate” ต่อ “พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยง” ในชุดทดสอบต้นแบบ

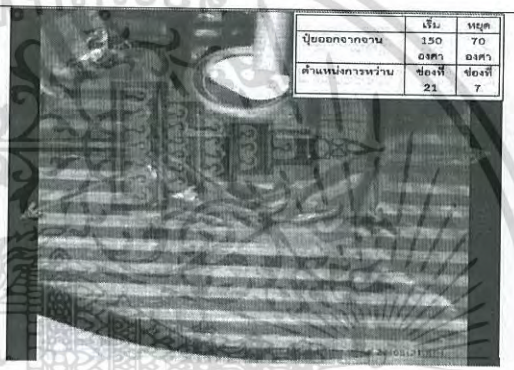
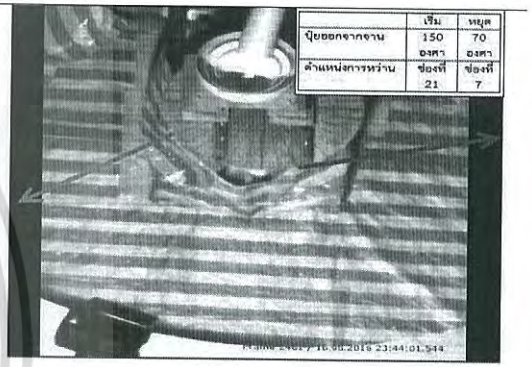
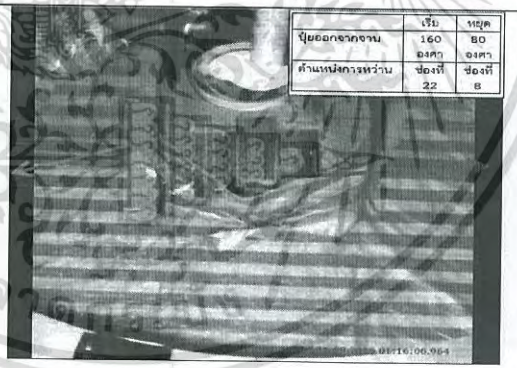
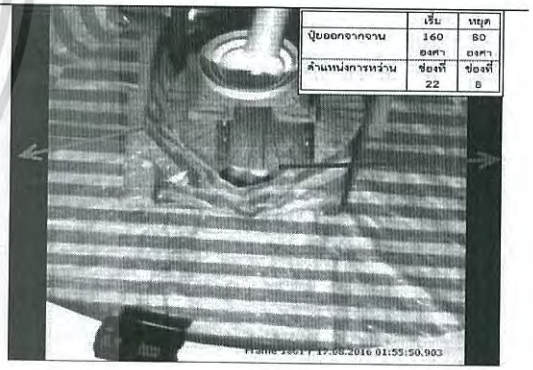
จากตารางที่ 4.14 พบว่าตำแหน่งของการปล่อยปุ๋ยมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจาน คือเมื่อเพิ่มองศาของตำแหน่งปล่อยปุ๋ยให้มากขึ้นมุมที่เม็ดปุ๋ยหลุดออกจากจานก็จะมากขึ้นเช่นกัน ทำให้หน้ากว้างของการกระจายมีการขยับตัว(ตามเข็มนาฬิกา) ส่วนอัตราการไหลนั้นไม่ค่อยมีอิทธิพลในส่วนนี้

การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย Di-ammonium phosphate” ต่อ “ทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยไปยังเป้าหมาย” ในชุดทดสอบต้นแบบ

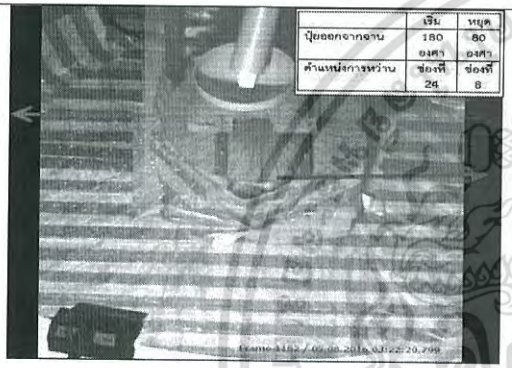
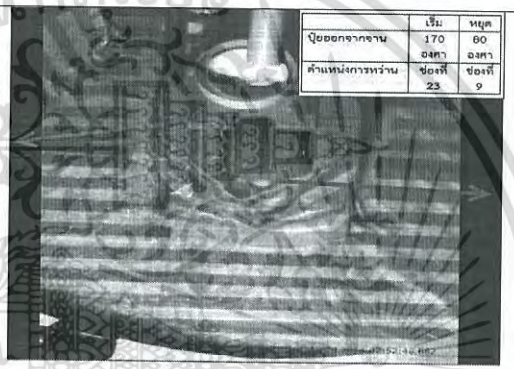
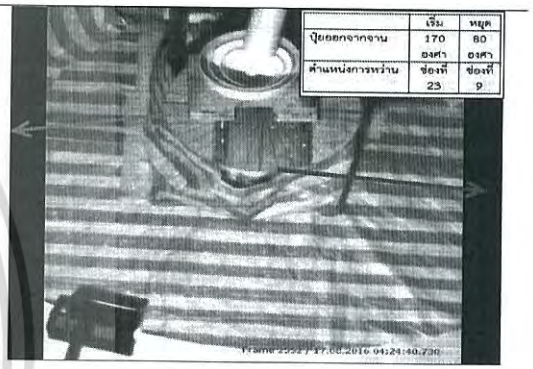
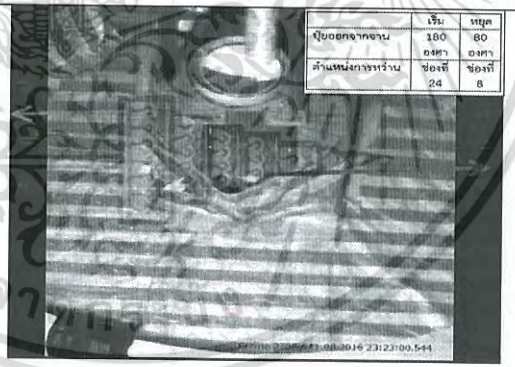
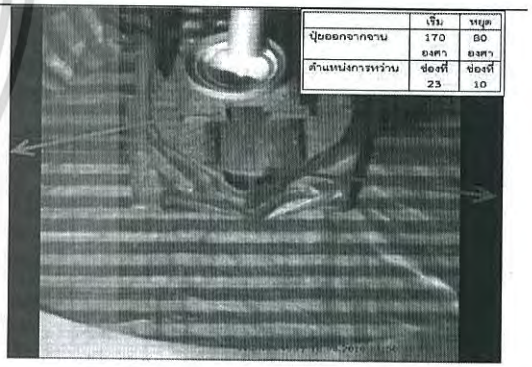
จากตารางที่ 4.14 พบว่าตำแหน่งของการปล่อยปุ๋ยนั้นมีอิทธิพลกับทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยไปยังเป้าหมาย คือเมื่อเพิ่มองศาของตำแหน่งปล่อยปุ๋ยให้มากขึ้นตำแหน่งของเป้าหมายที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ไปก็จะเป็นหมายเลขของที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่วนอัตราการไหลนั้นไม่ก็มีผลทำให้การเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายของเม็ดปุ๋ยเปลี่ยนแปลงคือถ้าอัตราการไหลน้อยลงการเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายของเม็ดปุ๋ยก็จะมีมุมที่แคบลงทำให้หน้ากว้างของการหว่านนั้นแคบลง เช่นเดียวกับปุ๋ย Urea

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

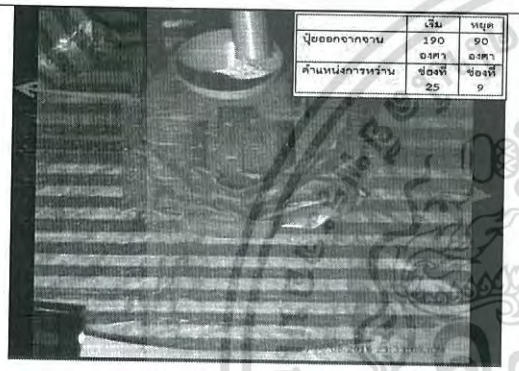
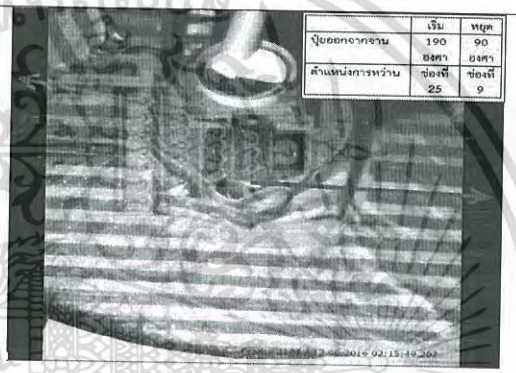
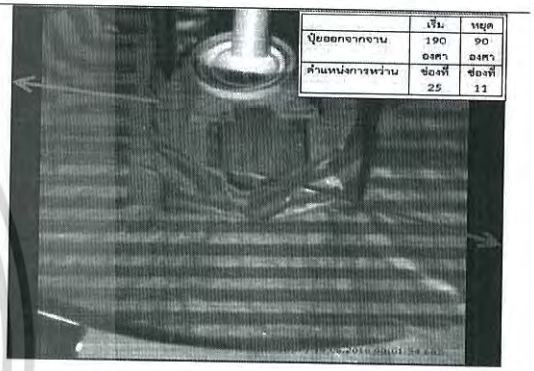
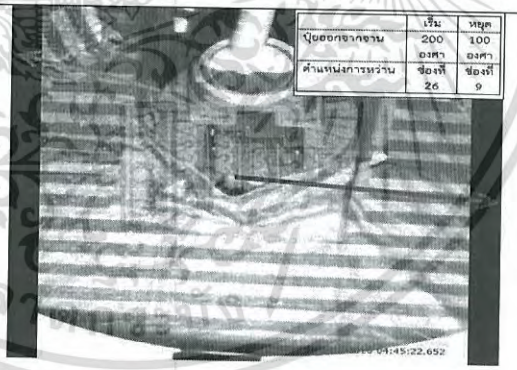
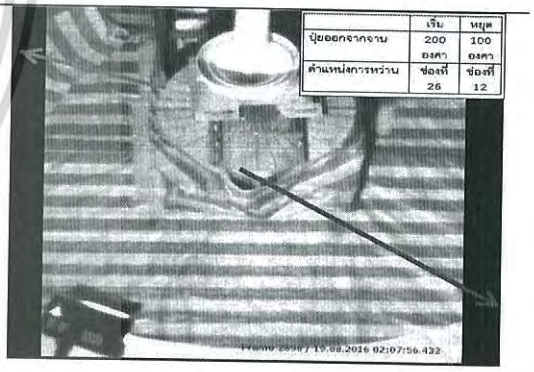
ตารางที่ 4.15 ผลการหว่านปุ๋ย Kieserite จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
30			
40			

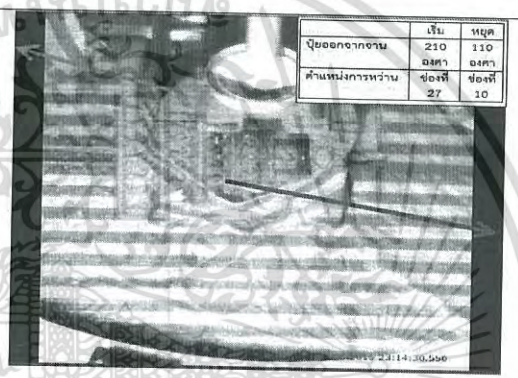
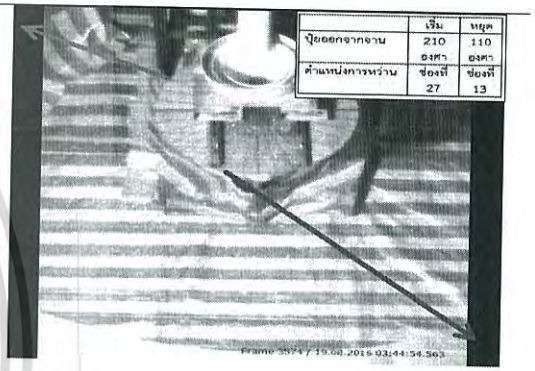
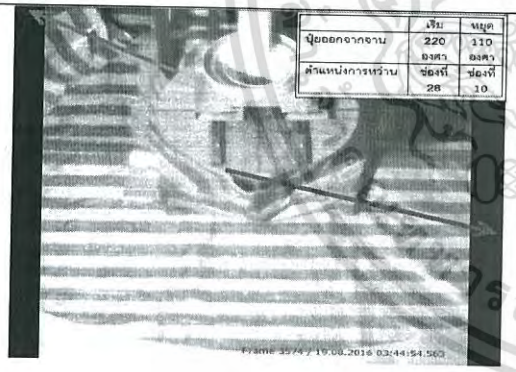
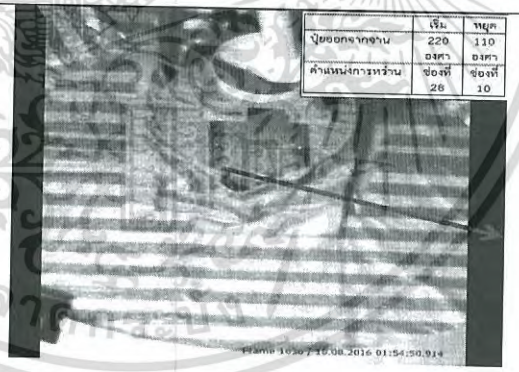
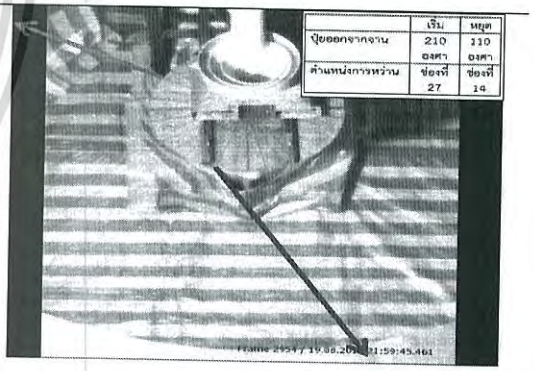
ตารางที่ 4.15(ต่อ) ผลการหว่านปุ๋ย Kieserite จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min)		
	19.31	9.19	4.25
50			
60			

ตารางที่ 4.15(ต่อ) ผลการหว่านปุ๋ย Kieserite จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
70			
80			

ตารางที่ 4.15(ต่อ) ผลการหว่านปุ๋ย Kieserite จับภาพด้วยกล้องความเร็วสูง

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (องศา)	อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31	9.19	4.25
90			
100			

การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย Kieserite” ต่อ “พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยง” ในชุดทดสอบต้นแบบ

จากตารางที่ 4.15 พบว่าตำแหน่งของการปล่อยปุ๋ยมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจาน คือเมื่อเพิ่มองศาของตำแหน่งปล่อยปุ๋ยให้มากขึ้นมุมที่เม็ดปุ๋ยหลุดออกจากจานก็จะมากขึ้นเช่นกันทำให้หน้ากว้างของการกระจายมีการขยับตัว(ตามเข็มนาฬิกา) ส่วนอัตราการไหลนั้นไม่ค่อยมีอิทธิพลในส่วนนี้

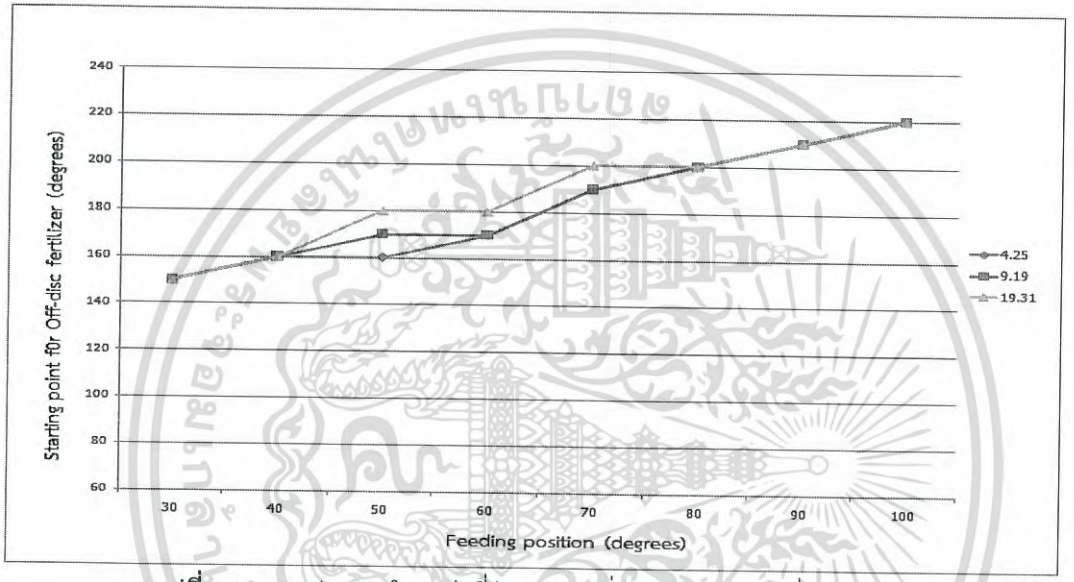
การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลของ “อัตราการจ่ายปุ๋ย” , “ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย”, และ “ชนิดของปุ๋ย Kieserite” ต่อ “ทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยไปยังเป้าหมาย” ในชุดทดสอบต้นแบบ

จากตารางที่ 4.15 พบว่าตำแหน่งของการปล่อยปุ๋ยนั้นมีอิทธิพลกับทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยไปยังเป้าหมาย คือเมื่อเพิ่มองศาของตำแหน่งปล่อยปุ๋ยให้มากขึ้นตำแหน่งของเป้าหมายที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ไปก็จะเป็นหมายเลขของที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่วนอัตราการไหลนั้นไม่ก็มีผลทำให้การเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายของเม็ดปุ๋ยเปลี่ยนแปลงคือถ้าอัตราการไหลน้อยลงการเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายของเม็ดปุ๋ยก็จะมีมุมที่แคบลงทำให้หน้ากว้างของการหว่านนั้นแคบลง เช่นเดียวกับปุ๋ย Urea และ Di-ammonium phosphate

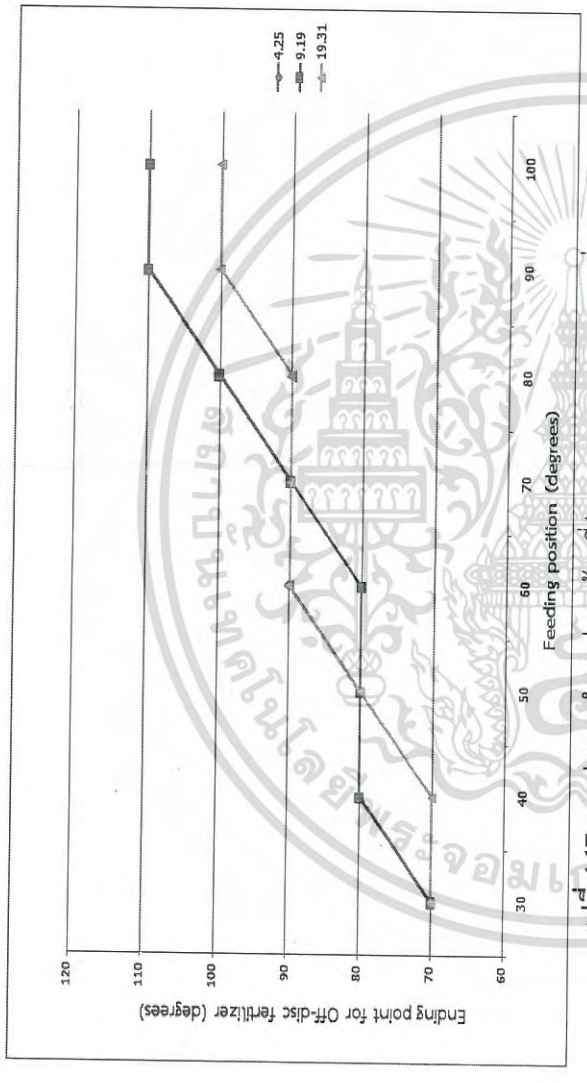
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 แนวโน้มการเคลื่อนที่ของปุ๋ย “ออกจากจานเหวี่ยง” เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งของจุดปล่อย

4.6.1 กราฟการเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงของปุ๋ย Urea

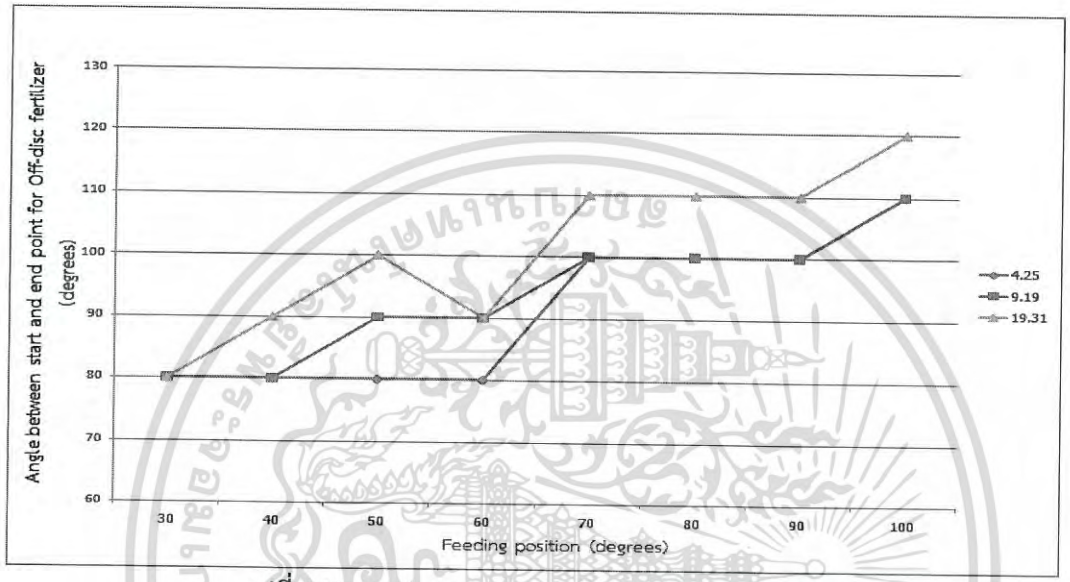


รูปที่ 146 กราฟแสดงตำแหน่งที่ปุ๋ย Urea เริ่มออกจากจานเหวี่ยง (องศา)



รูปที่ 147 กราฟแสดงตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ออกจากจานหว่านเหวี่ยง (องศา)

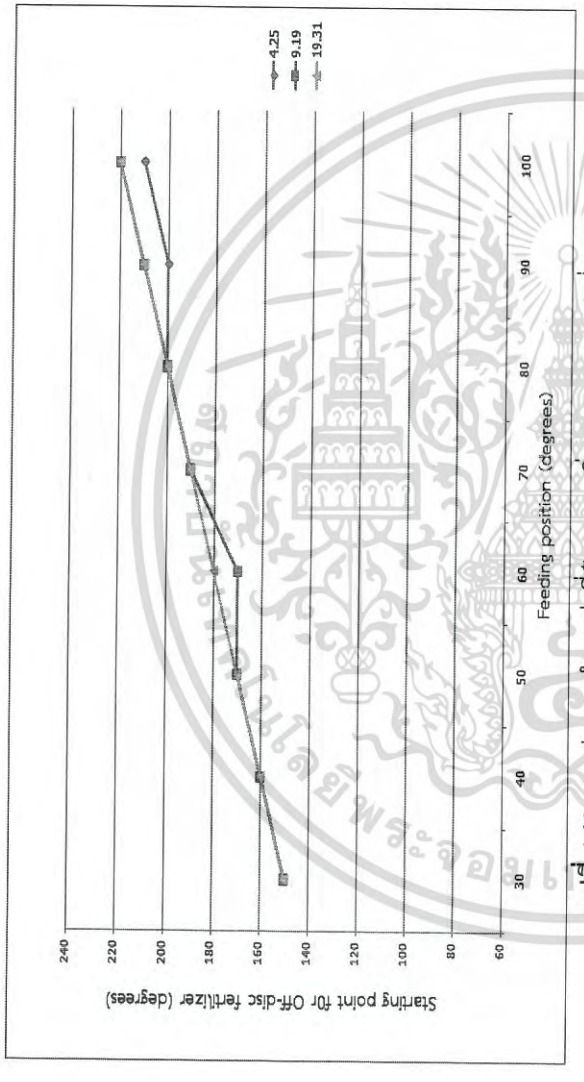
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 148 กราฟแสดงระยะทางเชิงมุมของ Urea (องศา)

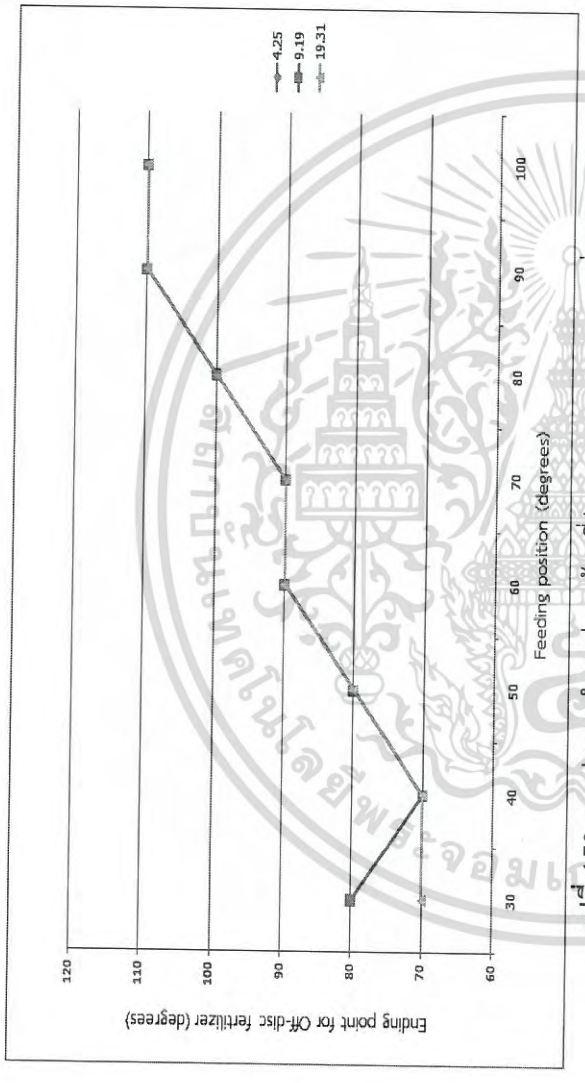
จากกราฟของปุ๋ย Urea ที่แสดงให้เห็นถึง ตำแหน่งที่ปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจาน , ตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ยเคลื่อนออกจากจาน และระยะทางเชิงมุม จะทำให้ได้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของมุมปล่อยปุ๋ยบนจานและอัตราการไหลที่มีต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ย Urea ก็คือ มุมปล่อยที่มากจะให้ระยะทางเชิงมุมที่มาก และอัตราการไหลที่มากก็จะให้ระยะทางเชิงมุมที่มาก เช่นกัน

4.6.2 กราฟการเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงของปุ๋ย DAP



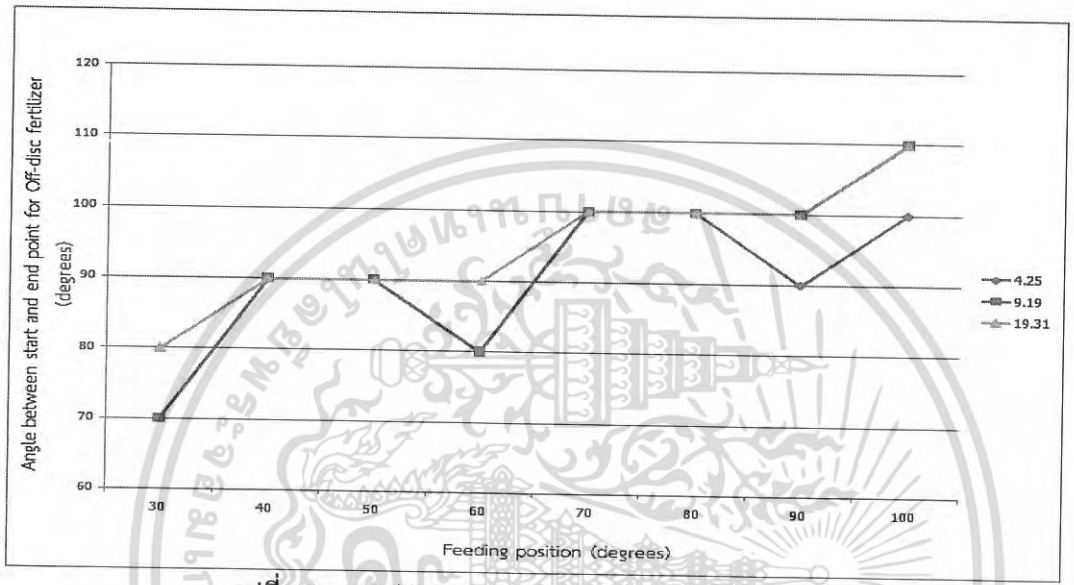
รูปที่ 149 กราฟแสดงตำแหน่งที่ปุ๋ย DAP เริ่มออกจากจานเหวี่ยง (องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 150 กราฟแสดงตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย DAP ออกจากจานเหวี่ยง (องศา)

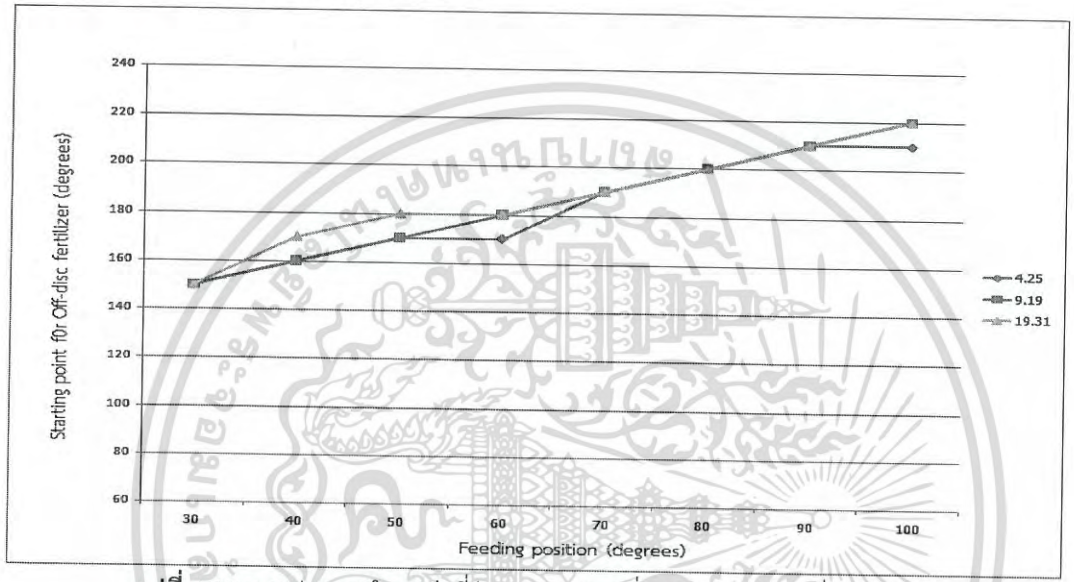
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



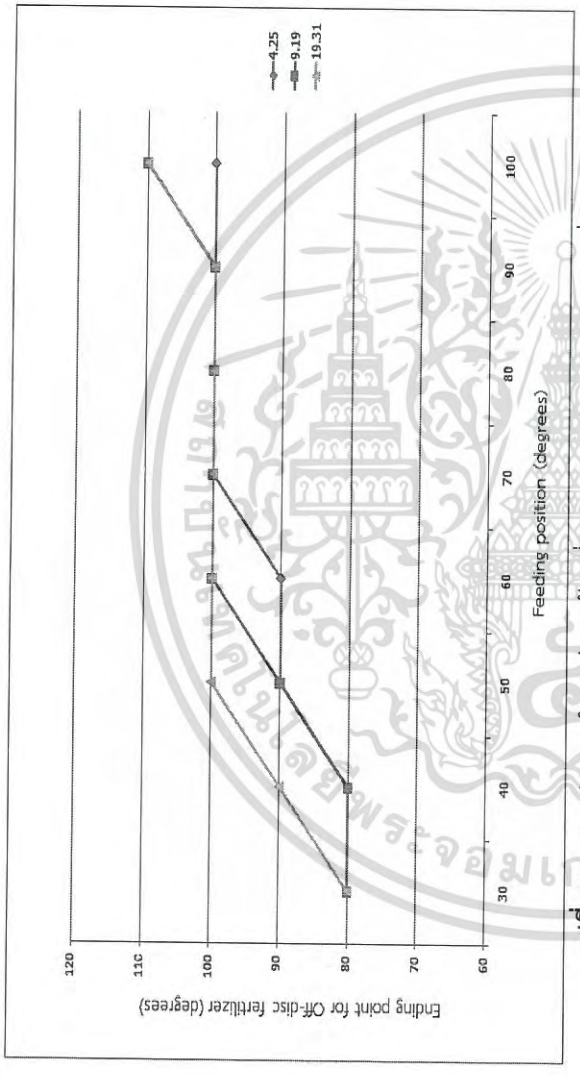
รูปที่ 151 กราฟแสดงระยะทางเชิงมุมของปุ๋ย DAP (องศา)

จากกราฟของปุ๋ย DAP ที่แสดงให้เห็นถึง ตำแหน่งที่ปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจาน , ตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ยเคลื่อนออกจากจาน และระยะทางเชิงมุม จะทำให้ได้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของมุมปล่อยปุ๋ยบนจานและอัตราการไหลที่มีต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ย DAP ก็คือ มุมปล่อยที่มากจะให้ระยะทางเชิงมุมที่มาก และอัตราการไหลที่มากก็จะให้ระยะทางเชิงมุมที่มาก เช่นกัน

4.6.3 กราฟการเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงของปุ๋ย Kieserite

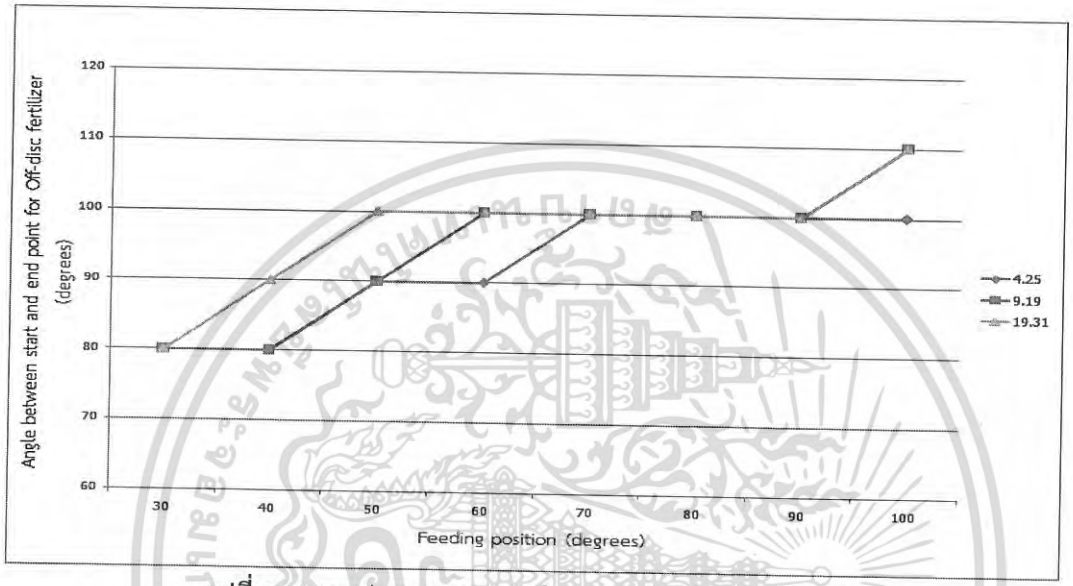


รูปที่ 152 กราฟแสดงตำแหน่งที่ปุ๋ย Kieserite เริ่มออกจากจานเหวี่ยง (องศา)



รูปที่ 153 กราฟแสดงตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Kieserite ออกจากจานเหวี่ยง (องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

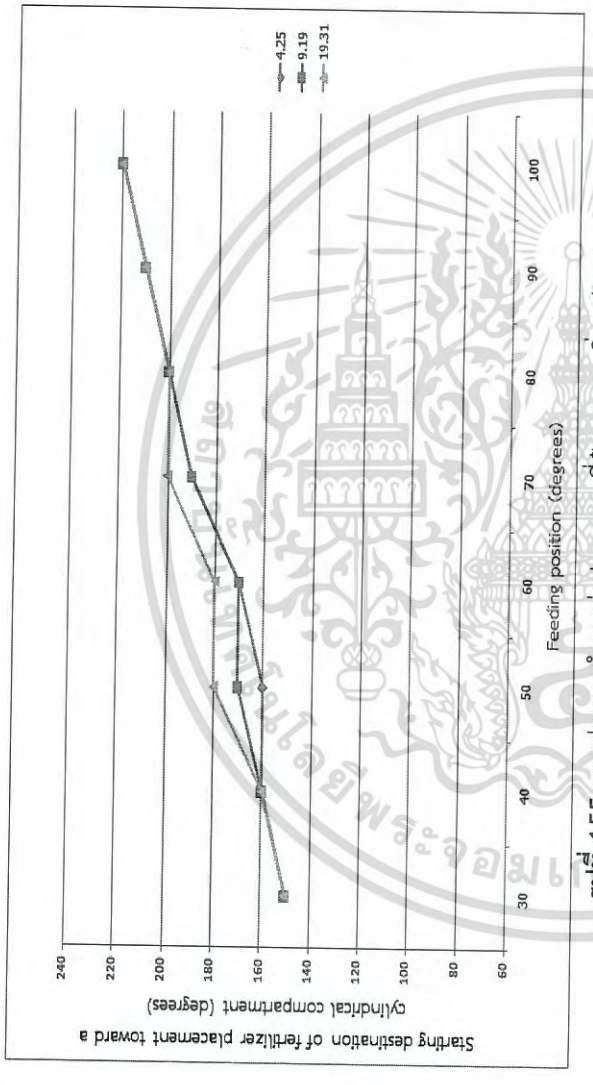


รูปที่ 154 กราฟแสดงระยะทางเชิงมุมของปุ๋ย Kieserite (องศา)

จากกราฟของปุ๋ย Kieserite ที่แสดงให้เห็นถึง ตำแหน่งที่ปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจาน , ตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ยเคลื่อนออกจากจาน และระยะทางเชิงมุม จะทำให้ได้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของมุมปล่อยปุ๋ยบนจานและอัตราการไหลที่มีต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ย Kieserite ก็คือ มุมปล่อยที่มากจะให้ระยะทางเชิงมุมที่มาก และอัตราการไหลที่มากก็ระยะทางเชิงมุมที่มากเช่นกัน

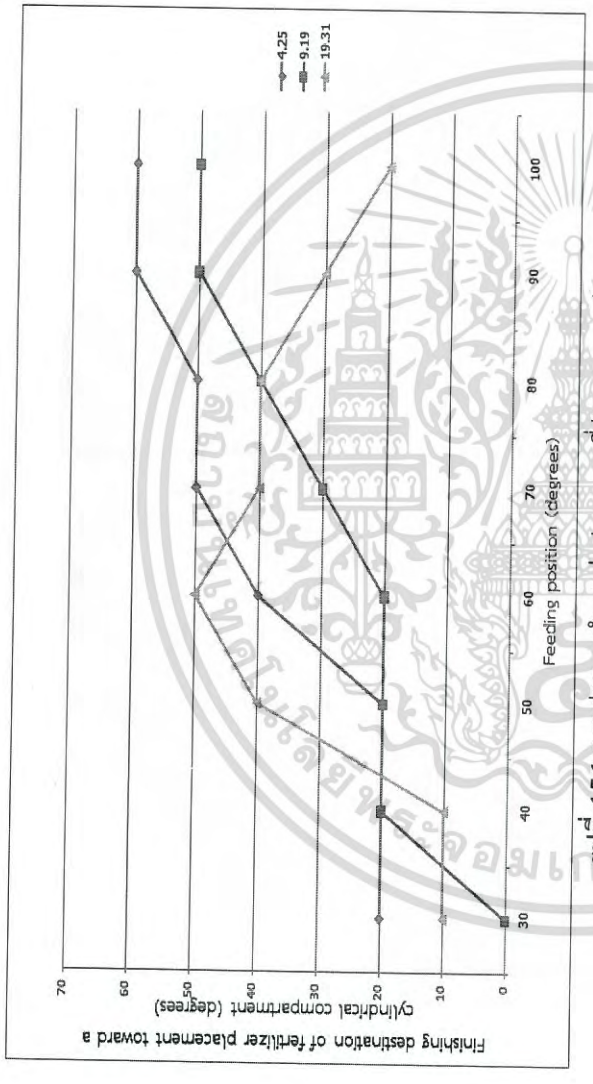
4.6.4 แนวโน้มการเคลื่อนที่ของปุ๋ยและการเลื่อนตำแหน่งการหล่นของปุ๋ย เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งจุดปล่อยปุ๋ยบนจานเหวี่ยง

4.6.4.1 การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งปลายทางของปุ๋ย Urea



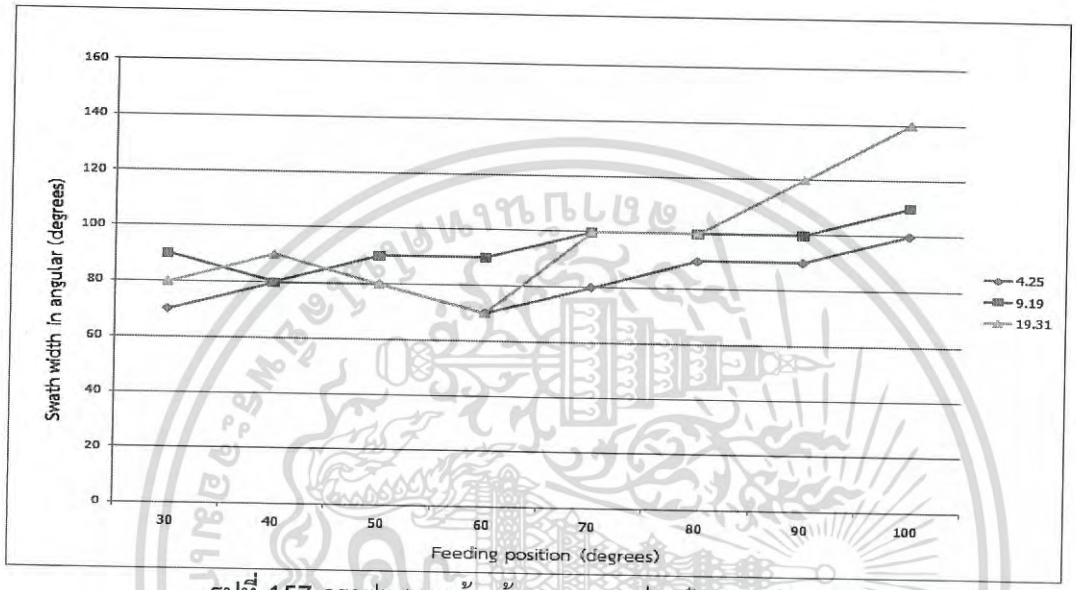
รูปที่ 155 กราฟแสดงตำแหน่งปลายทางที่ปุ๋ย Urea เริ่มหว่าน (องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 156 กราฟแสดงตำแหน่งปลายทางที่ปุ๋ย Urea หว่านหมด

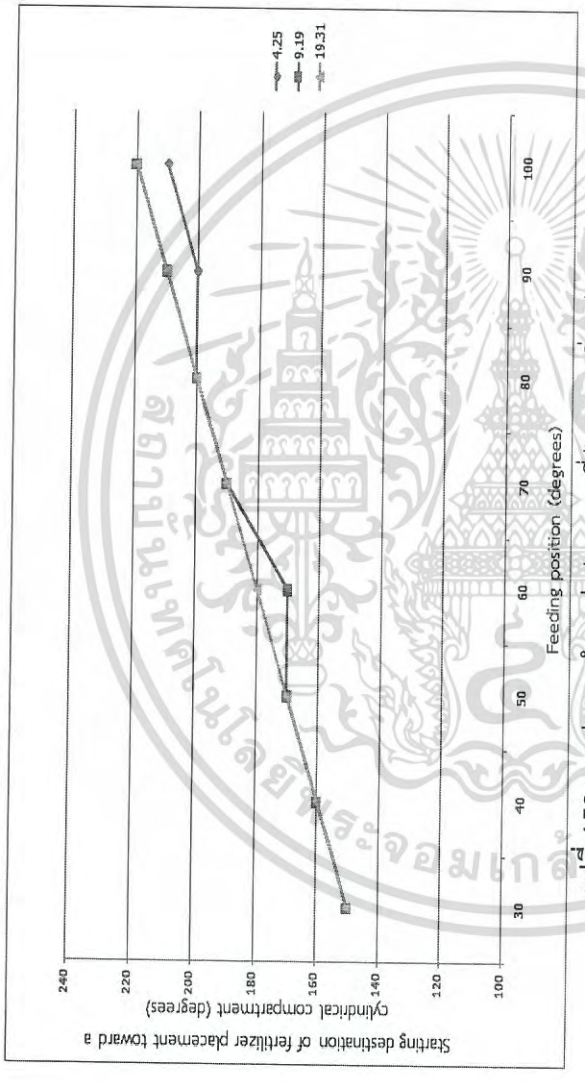
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 157 กราฟแสดงหน้ากว้างของการหว่านปุ๋ย Urea (องศา)

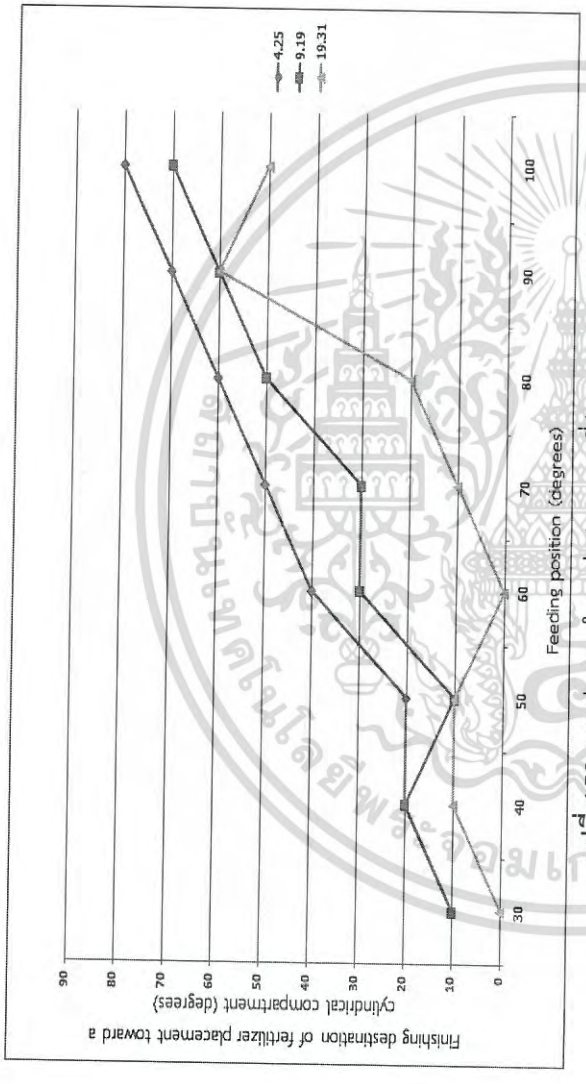
จากกราฟของปุ๋ย Urea ที่แสดงให้เห็นถึง ตำแหน่งที่ปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย , ตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย และหน้ากว้างของการกระจาย จะทำให้ได้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของมุมปล่อยปุ๋ยบนจานและอัตราการไหลที่มีต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ย Urea ก็คือ มุมปล่อยที่มากจะให้หน้ากว้างของการกระจาย ที่มาก และอัตราการไหลที่มากก็หน้ากว้างของการกระจาย ที่มากเช่นกัน

4.6.4.2 การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งปลายทางของปุ๋ย DAP



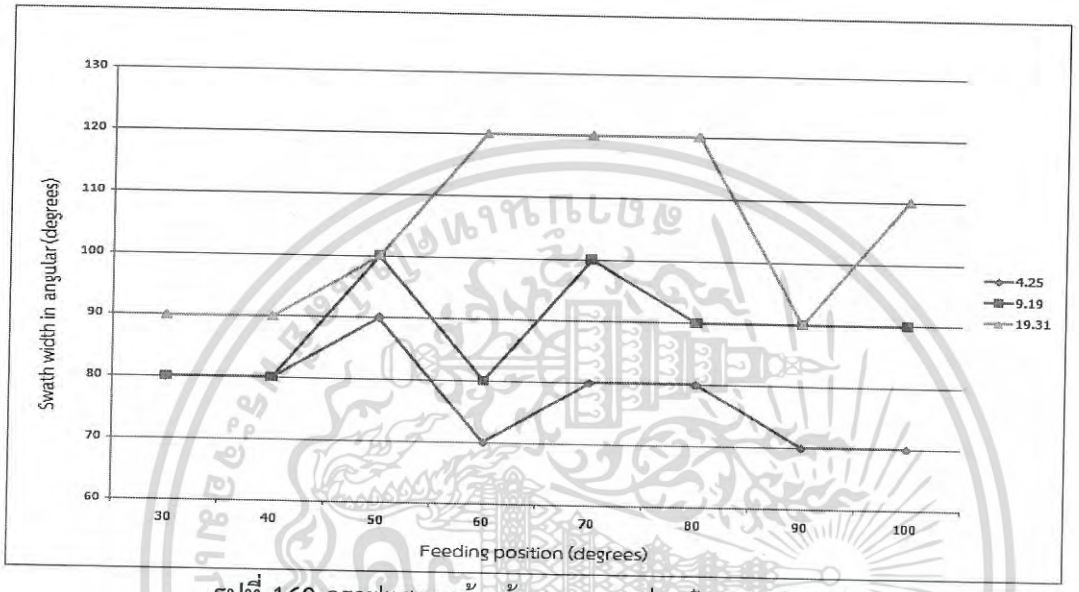
รูปที่ 158 กราฟแสดงตำแหน่งปลายทางที่ปุ๋ย DAP เริ่มหว่าน (องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 159 กราฟแสดงตำแหน่งปลายทางที่ปุ๋ย DAP หว่านหมด

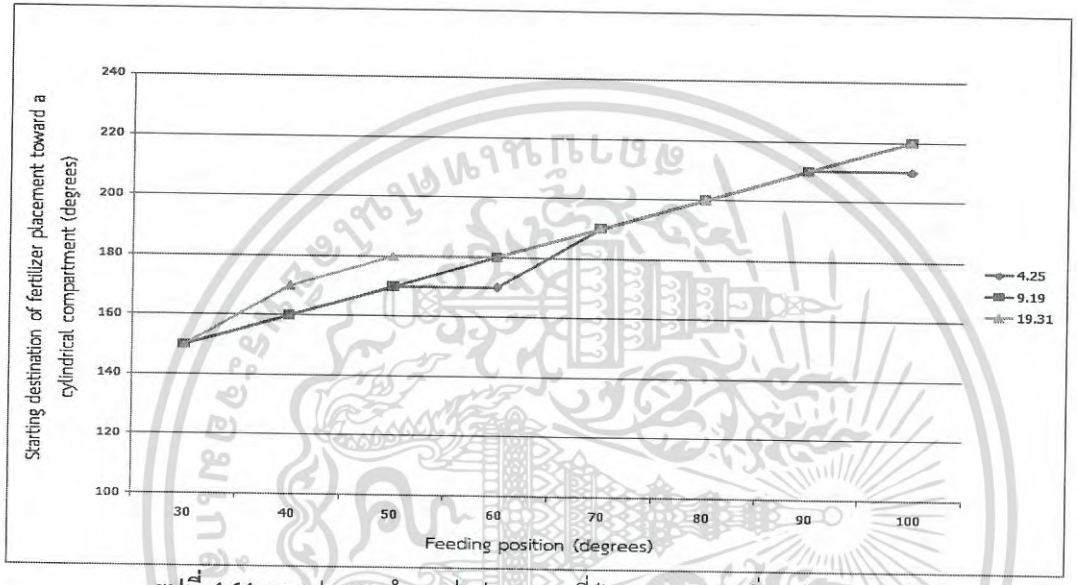
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



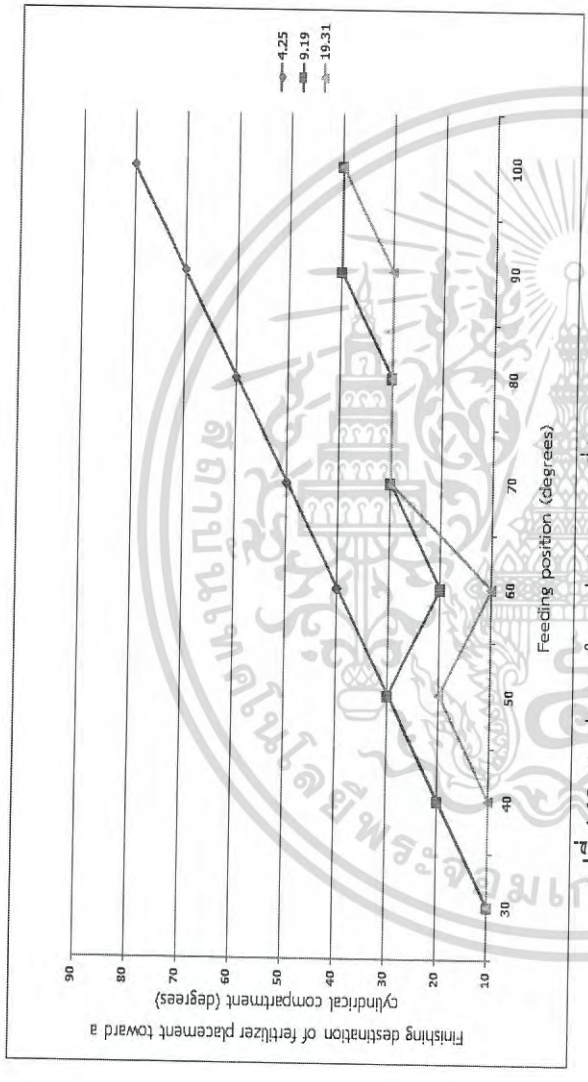
รูปที่ 160 กราฟแสดงหน้ากว้างของการหว่านปุ๋ย DAP (องศา)

จากกราฟของปุ๋ย DAP ที่แสดงให้เห็นถึง ตำแหน่งที่ปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย , ตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย และหน้ากว้างของการกระจาย จะทำให้ได้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของมุมปล่อยปุ๋ยบนจานและอัตราการไหลที่มีต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ย DAP ก็คือ มุมปล่อยที่มากจะให้หน้ากว้างของการกระจาย ที่มาก และอัตราการไหลที่มากก็หน้ากว้างของการกระจาย ที่มากเช่นกัน

4.6.4.3 การเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งปลายทางของปุ๋ย Kieserite

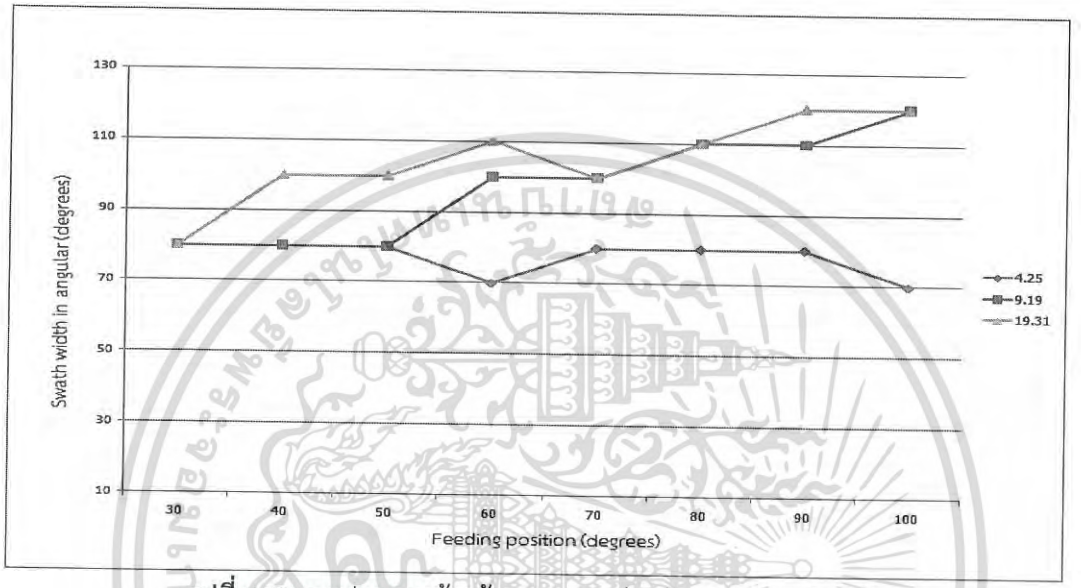


รูปที่ 161 กราฟแสดงตำแหน่งปลายทางที่ปุ๋ย Kieserite เริ่มหว่าน (องศา)



รูปที่ 162 กราฟแสดงตำแหน่งปลายทางที่ปุ๋ย Kieserite หว่านหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 163 กราฟแสดงหน้ากว้างของการหว่านปุ๋ย Kieserite (องศา)

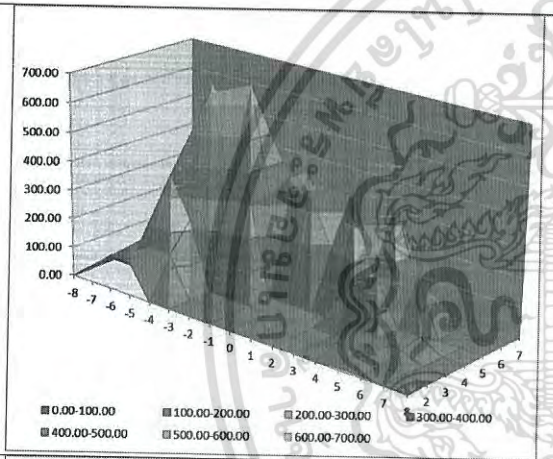
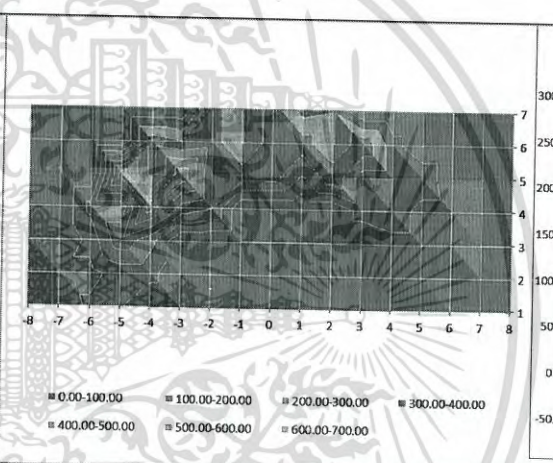
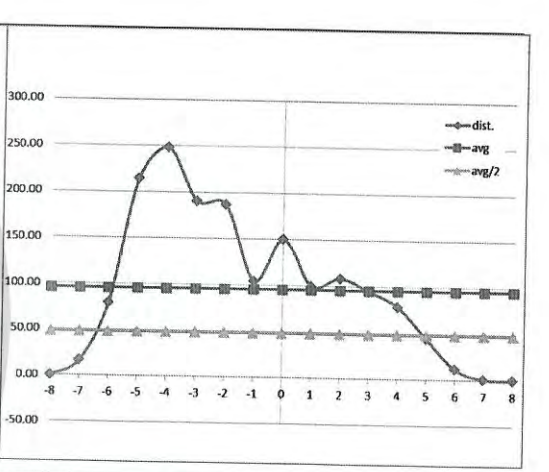
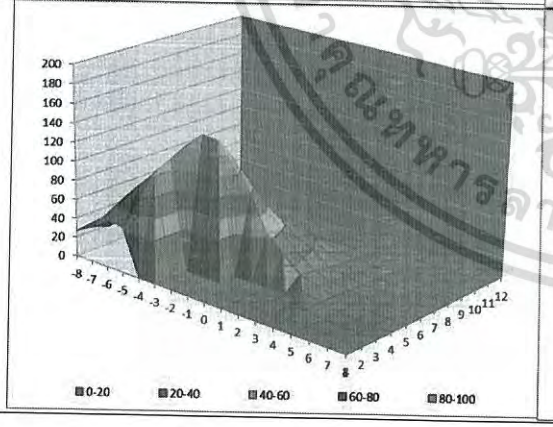
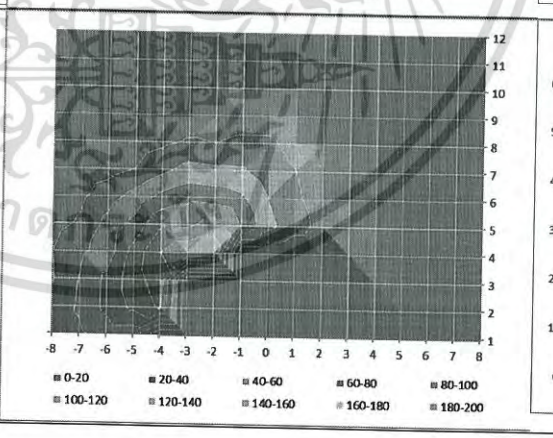
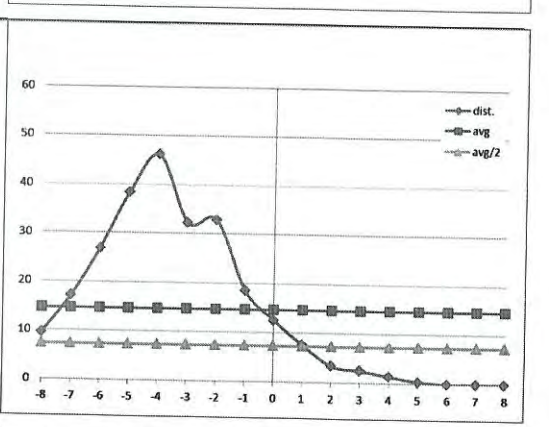
จากกราฟของปุ๋ย Kieserite ที่แสดงให้เห็นถึง ตำแหน่งที่ปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย , ตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย และหน้ากว้างของการกระจาย จะทำให้ได้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของมุมปล่อยปุ๋ยบนจานและอัตราการไหลที่มีต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปุ๋ย Kieserite ก็คือ มุมปล่อยที่มากจะให้หน้ากว้างของการกระจาย ที่มาก และอัตราการไหลที่มากก็หน้ากว้างของการกระจาย ที่มากเช่นกัน

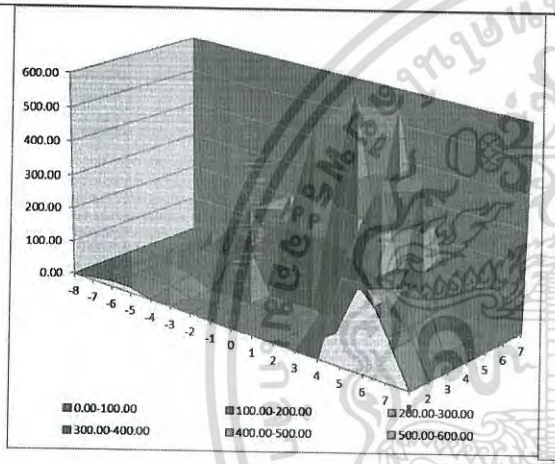
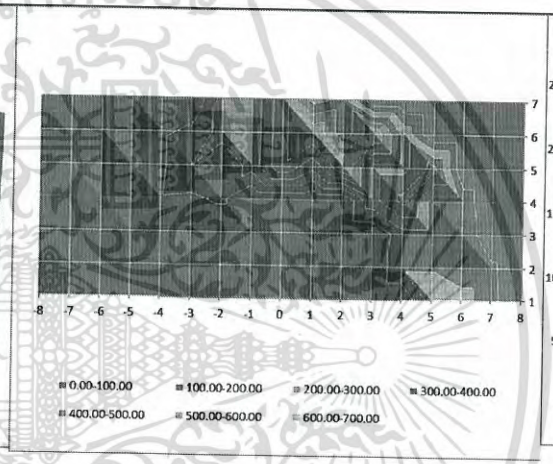
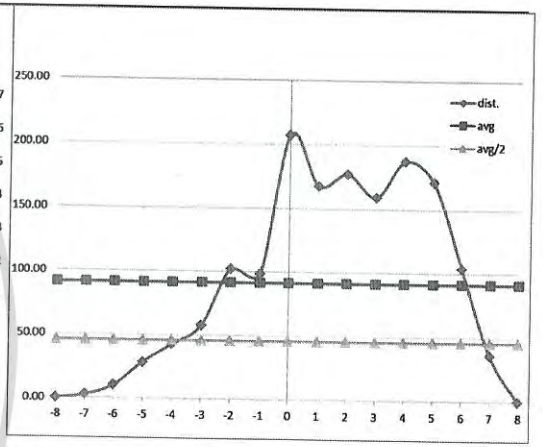
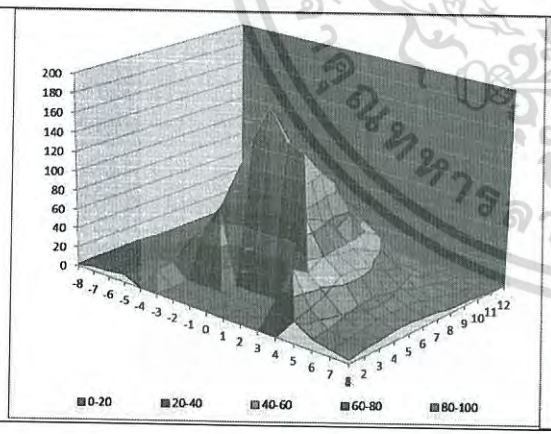
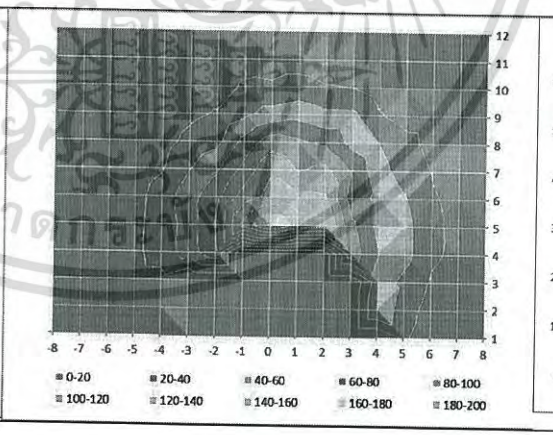
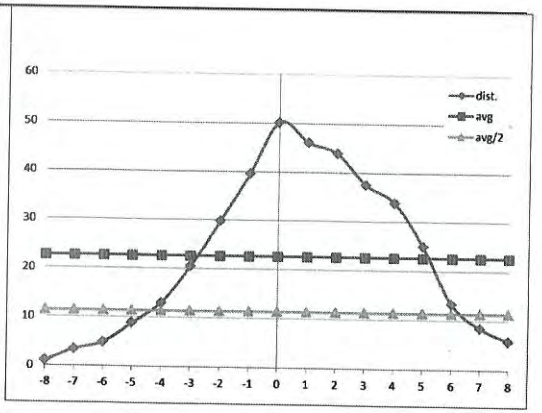
4.7 การทดสอบหาการกระจายปุ๋ยบนพื้นตามวิธีมาตรฐาน (ASABE test method)

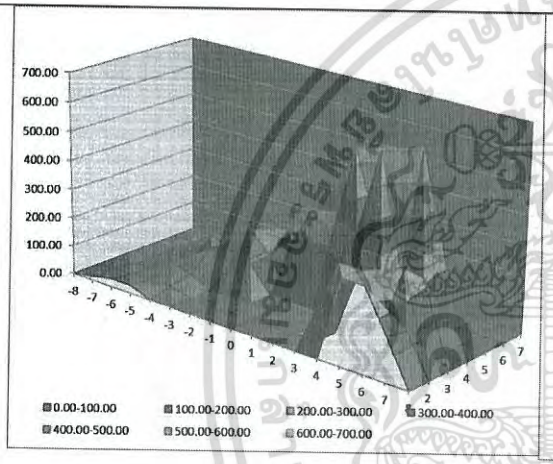
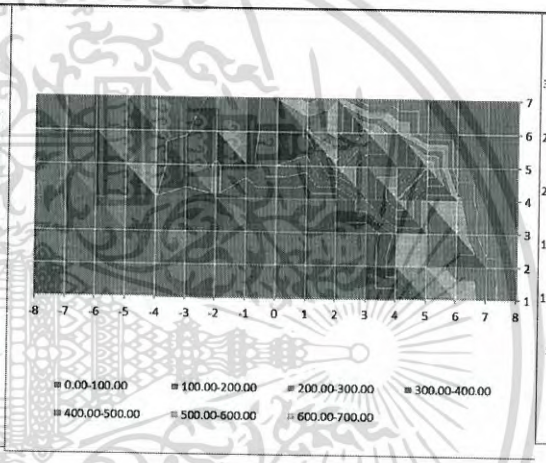
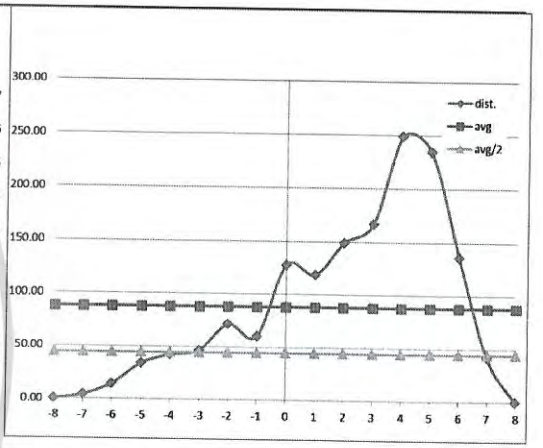
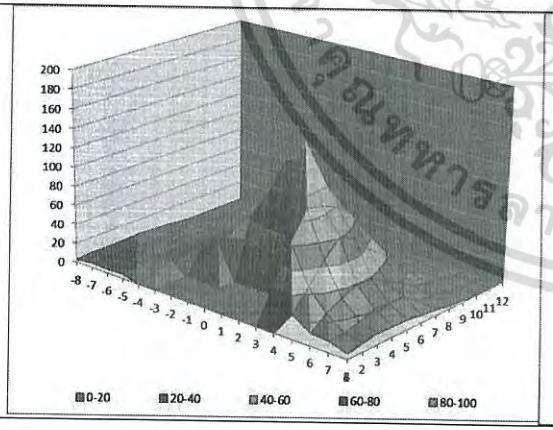
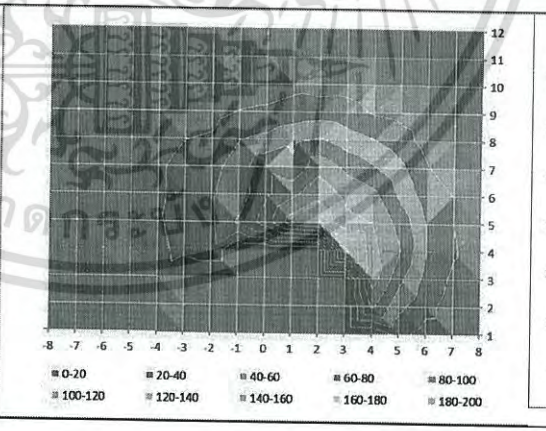
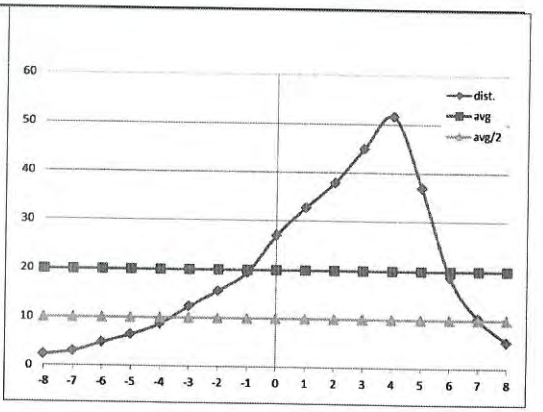
4.7.1 เปรียบเทียบ Distribution Pattern ที่ได้จาก วิธีมาตรฐาน และ การสร้างแบบจำลองด้วยผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

1. ทำการทดสอบโดยใช้ปุ๋ยยูเรีย ทดสอบการหว่านโดยจานเหวี่ยงแบบ 1 ช่องปล่อยโดยปรับตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย 3 ตำแหน่ง คือ 30 70 และ 100 องศา ด้วยอัตราการจ่ายปุ๋ยที่ 19.31 kg/min ทดสอบโดยการเติมปุ๋ย 5 กิโลกรัมลงในถังบรรจุ แล้วทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยเครื่องทดสอบต้นแบบเปรียบเทียบกับการทดสอบแบบกลางแจ้งด้วยวิธีตามมาตรฐานการทดสอบ

ตารางที่4.16 เปรียบเทียบ Distribution Pattern ที่ได้จาก วิธีมาตรฐาน และ การสร้างแบบจำลองด้วยผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

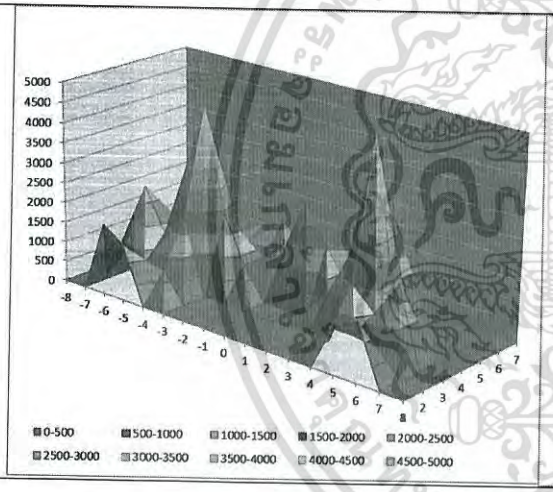
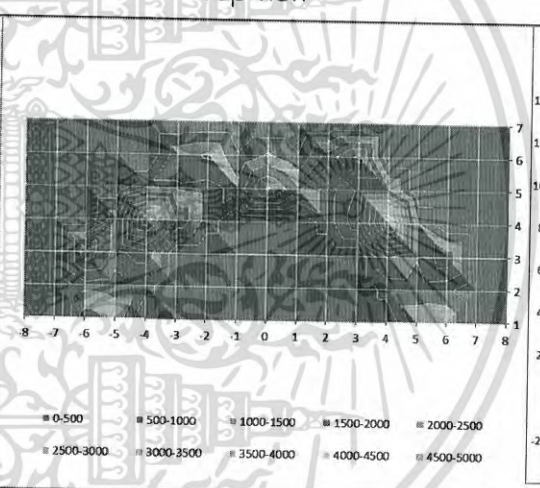
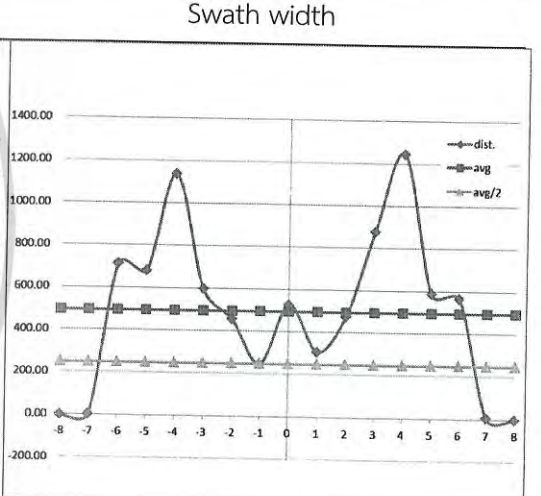
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (30 องศา)	การกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
ชุดทดสอบต้นแบบ			
ทดสอบกลางแจ้ง			

ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (70 องศา)	การกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
ชุดทดสอบต้นแบบ			
ทดสอบกลางแจ้ง			

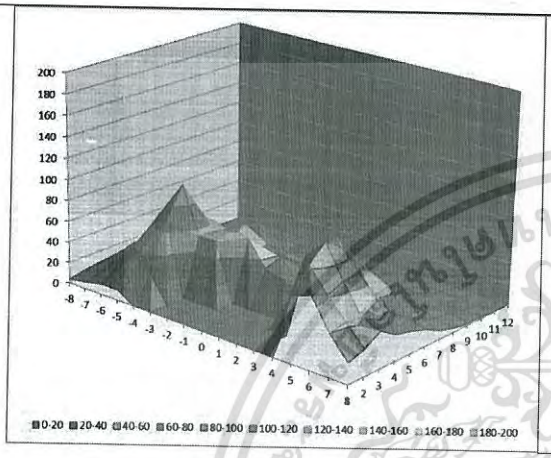
ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย (100 องศา)	การกระจายตัวของปุ๋ย Urea		
	3-D view	Top view	Swath width
ชุดทดสอบต้นแบบ			
ทดสอบกลางแจ้ง			

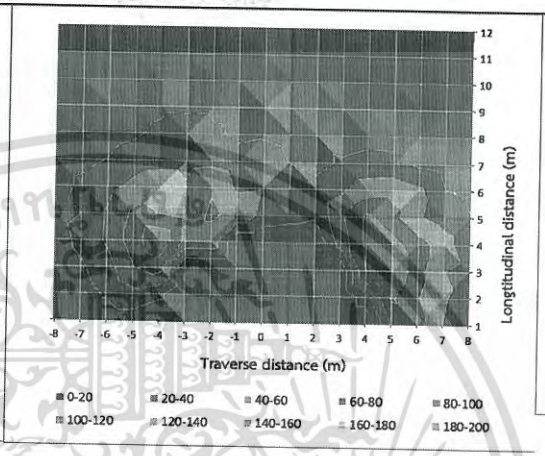
2. ทำการทดสอบโดยใช้ปุ๋ยยูเรีย ทดสอบการหว่านโดยจานเหวี่ยงแบบ 2 ช่องปล่อยโดยปรับตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย 1 ตำแหน่ง คือ ช่องปล่อยแรกที่ 30 องศา และช่องปล่อยที่สองที่ 100 องศา ด้วยอัตราการจ่ายปุ๋ยที่ 19.31, 9.19, และ 4.25 kg/min ทดสอบโดยการเติมปุ๋ย 5 กิโลกรัมลงในถังบรรจุ แล้วทดสอบการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยเครื่องทดสอบต้นแบบเปรียบเทียบกับการทดสอบแบบกลางแจ้งด้วยวิธีตามมาตรฐานการทดสอบ

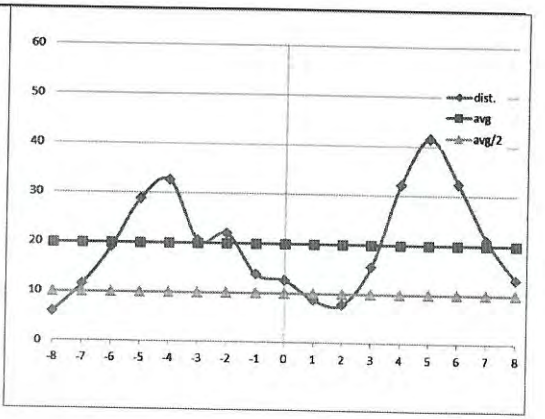
ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยเครื่องทดสอบต้นแบบกับการทดสอบแบบกลางแจ้งด้วยวิธีตามมาตรฐาน เมื่อปรับอัตราการจ่ายปุ๋ย

เงื่อนไข	การกระจายตัวของปุ๋ย Urea แบบ2จุดปล่อยที่ 30 องศา และ130 องศา		
	3-D view	Top view	Swath width
ชุดทดสอบต้นแบบ อัตราการจ่ายปุ๋ยที่ 19.31 kg/min			

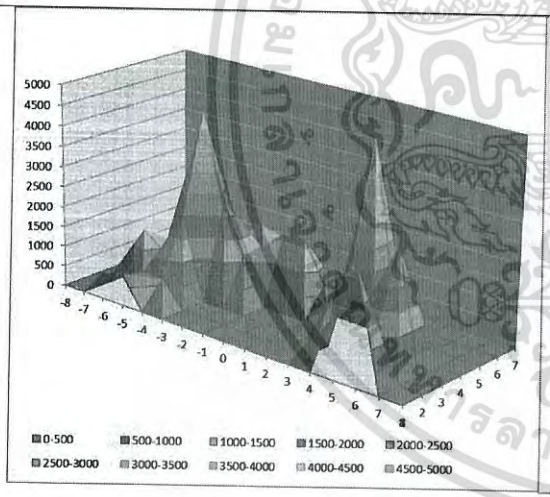
ทดสอบ
กลางแจ้ง
อัตราการจ่าย
ปุ๋ยที่ 19.31
kg/min

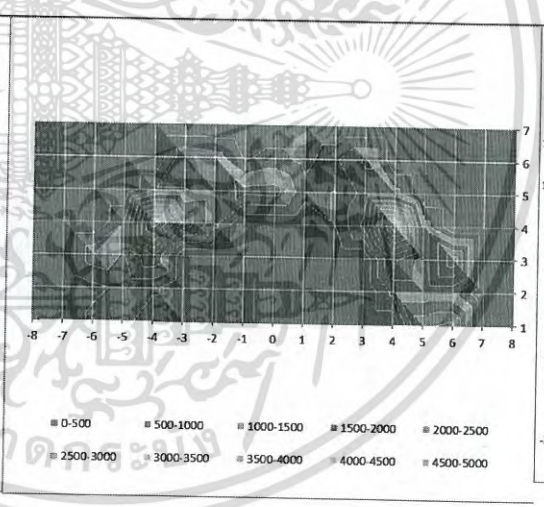


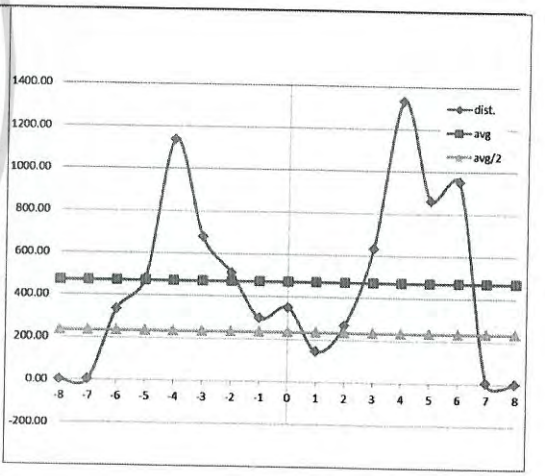




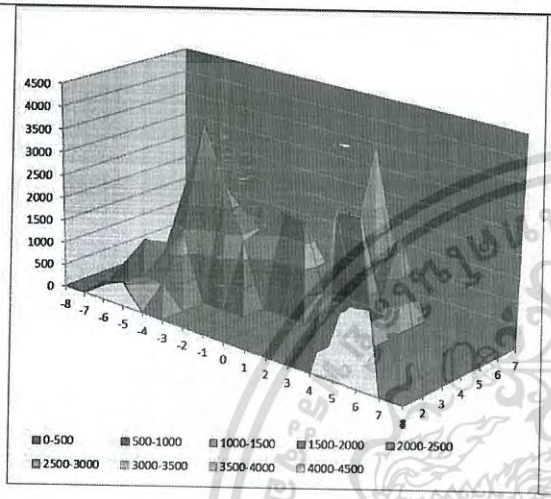
ทดสอบ
กลางแจ้ง
อัตราการจ่าย
ปุ๋ยที่ 9.19
kg/min

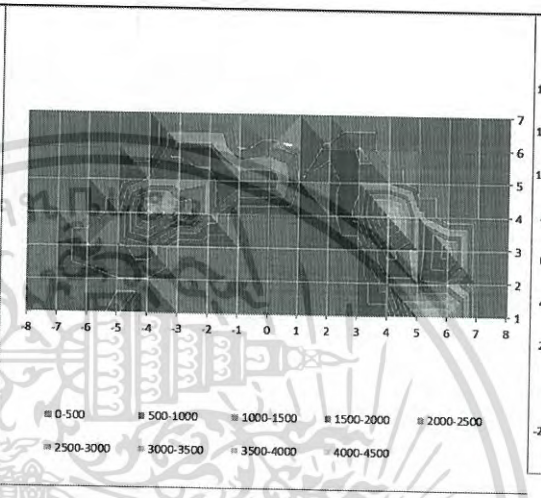


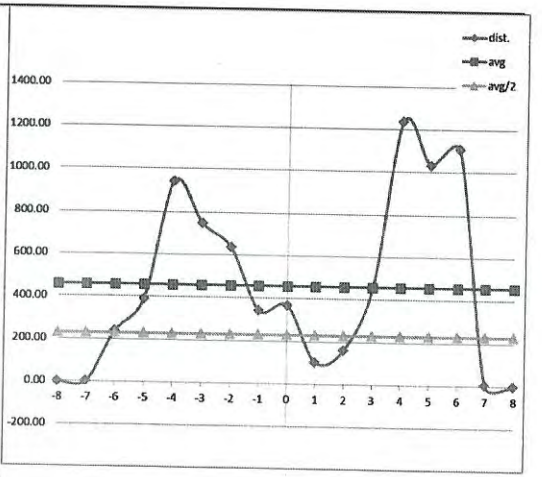




ทดสอบ
กลางแจ้ง
อัตราการจ่าย
ปุ๋ยที่ 4.25
kg/min





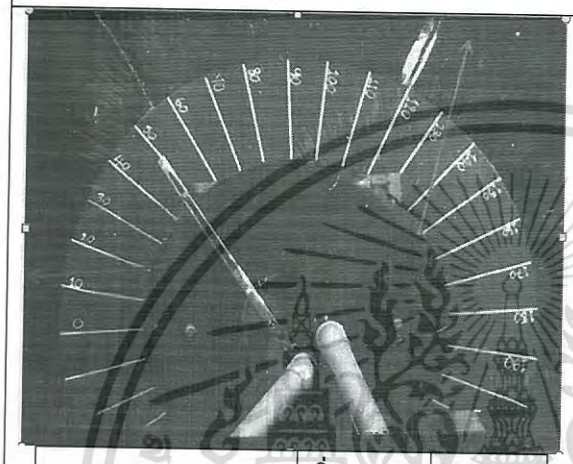


4.8 อิทธิของตำแหน่งการปล่อย มีผลต่อหน้ากว้างในการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยง

ตารางที่ 4.18 การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 10°-80°, 10° -90°, 10° -100°, 10° -110°

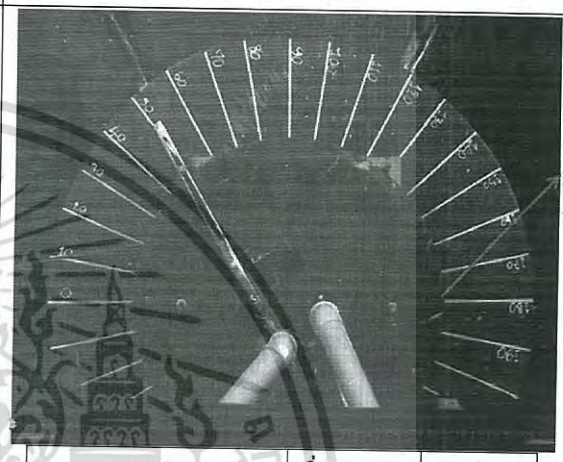
อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31

10° -80°



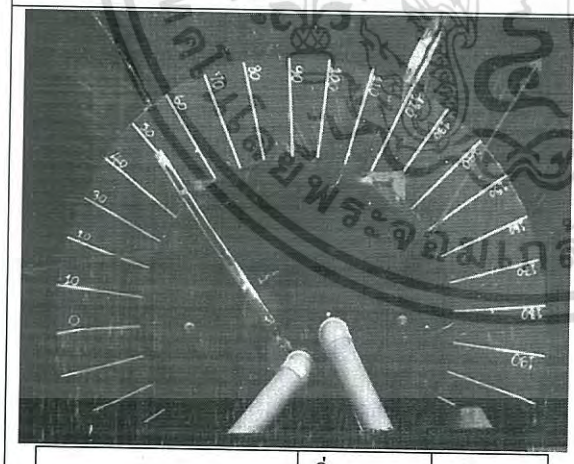
	เริ่ม	หยุด
ปุ๋ยออกจากจาน	140 องศา	30 องศา
ตำแหน่งการหว่าน	ช่องที่ 18	ช่องที่ 7

10° -100°



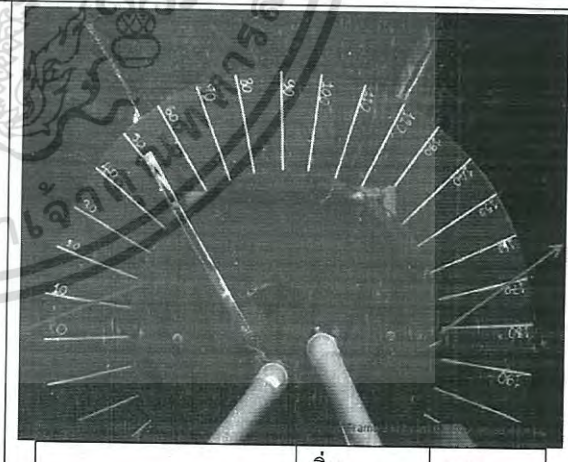
	เริ่ม	หยุด
ปุ๋ยออกจากจาน	180 องศา	20 องศา
ตำแหน่งการหว่าน	ช่องที่2 1	ช่องที่ 7

10° -90°



	เริ่ม	หยุด
ปุ๋ยออกจากจาน	150 องศา	30 องศา
ตำแหน่งการหว่าน	ช่องที่ 20	ช่องที่ 7

10° -110°



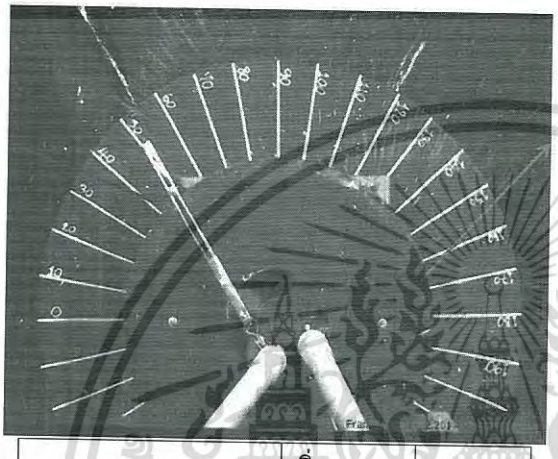
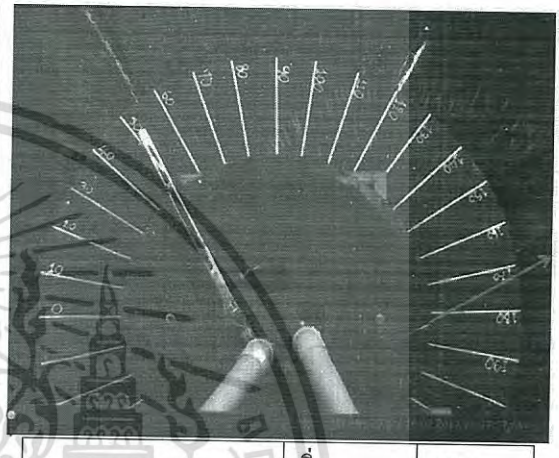
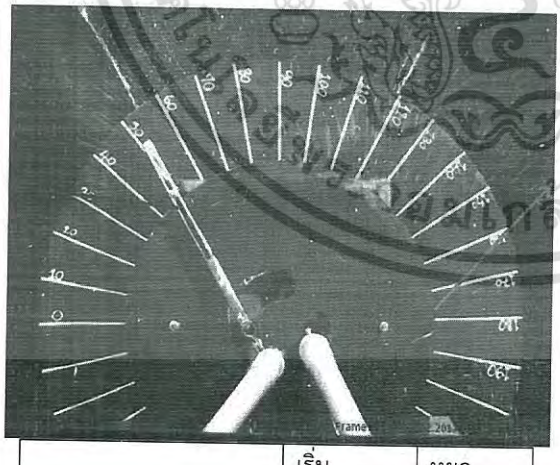
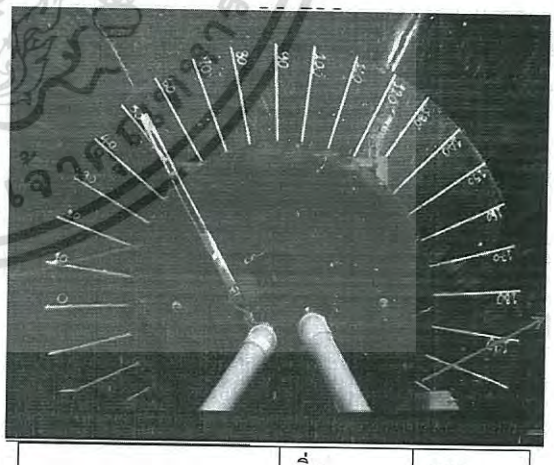
	เริ่ม	หยุด
ปุ๋ยออกจากจาน	180 องศา	20 องศา
ตำแหน่งการหว่าน	ช่องที่ 22	ช่องที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ย Urea ที่ออกจากจานเหวี่ยง ที่มุม 10°-80°, 10 °-90°, 10 ° -100°, 10° -110° ตำแหน่งที่เม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกอยู่ที่มุม 140°-180° และตำแหน่งสุดท้ายที่เม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงอยู่ที่ 20°- 30° ตำแหน่งเริ่มต้นของการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผลที่ 18-22 และตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผลที่ 6-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 30° -100°, 30° -110°, 30° -120°, 30° -130°

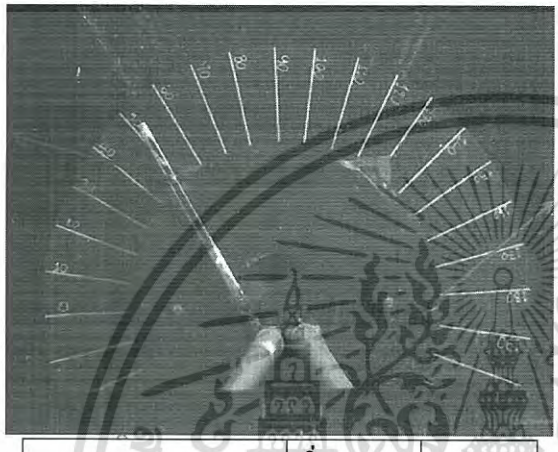
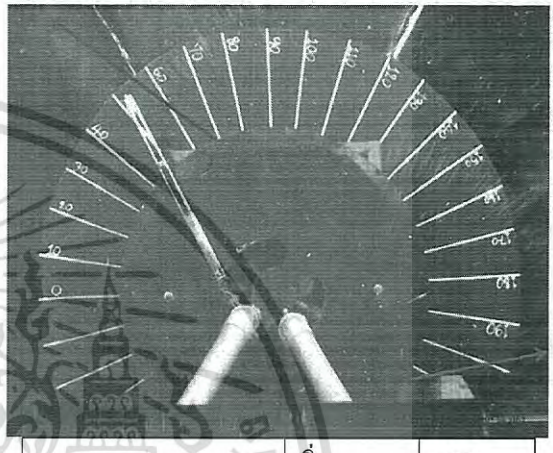
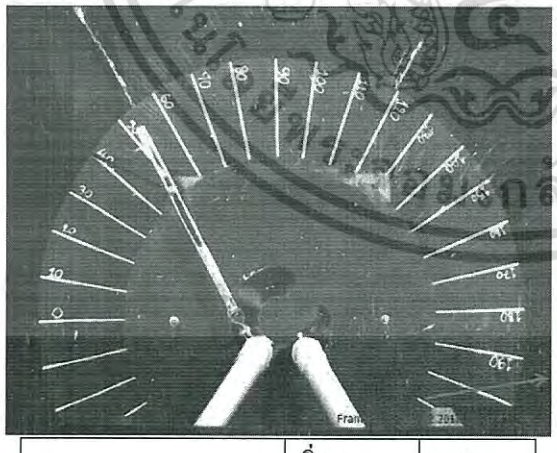
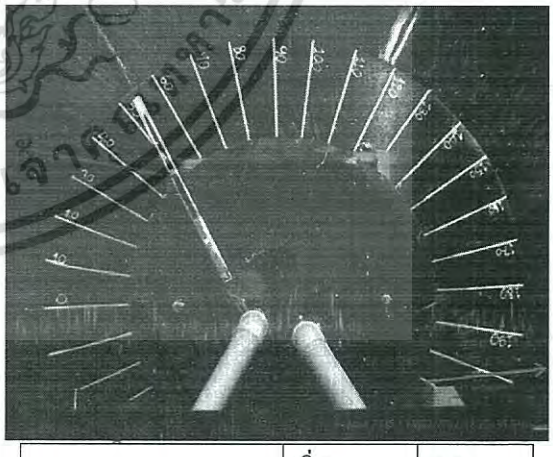
<table>
<tr><td colspan="2">อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31</td></tr>
<tr><td>30° -100°</td><td>30° -120°</td></tr>
<tr><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>160 องศา</td><td>40 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 21</td><td>ช่องที่ 9</td></tr>
</table></td><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>180 องศา</td><td>20 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่23</td><td>ช่องที่ 7</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>30° -110°</td><td>30° -130°</td></tr>
<tr><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>180 องศา</td><td>40 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 21</td><td>ช่องที่ 8</td></tr>
</table></td><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>200 องศา</td><td>30 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 24</td><td>ช่องที่ 6</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ย Urea ที่ออกจากจานเหวี่ยง ที่มุม 30°-100°, 30 °-110°, 30 ° -120°, 30° -130° ตำแหน่งที่เม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกอยู่ที่มุม 160°-200° และตำแหน่งสุดท้ายที่เม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงอยู่ที่ 20°- 40° ตำแหน่งเริ่มต้นของการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผลที่ 21-24 และตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผลที่ 6-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 50° -120°, 50° -130°, 50° -140°, 50° -150°

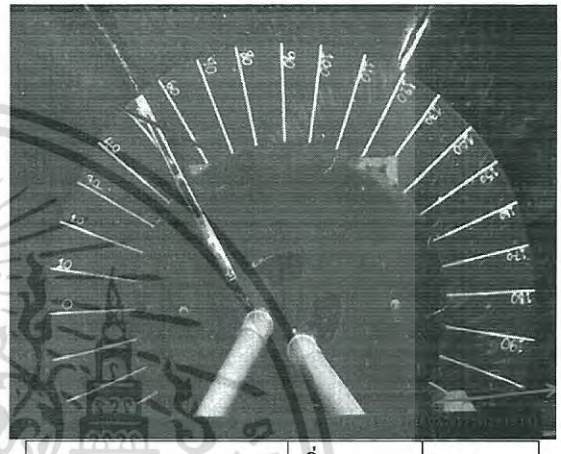
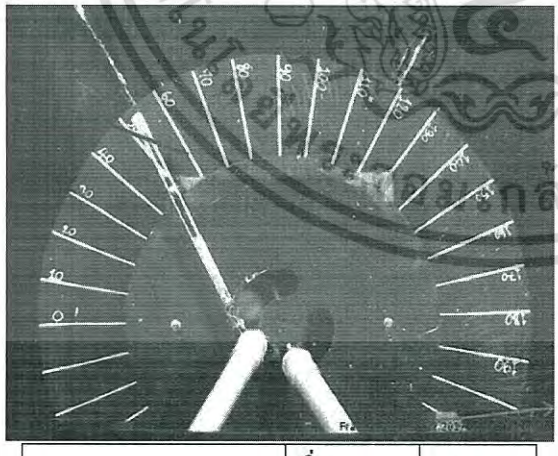
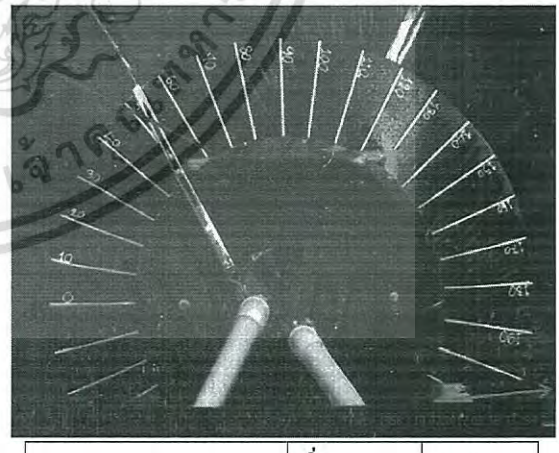
<table>
<tr><td colspan="2">อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31</td></tr>
<tr><td>50-120</td><td>50-140</td></tr>
<tr><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>180 องศา</td><td>50 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 22</td><td>ช่องที่ 9</td></tr>
</table></td><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>210 องศา</td><td>70 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 25</td><td>ช่องที่ 11</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>50-130</td><td>50-150</td></tr>
<tr><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>210 องศา</td><td>50 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 25</td><td>ช่องที่ 10</td></tr>
</table></td><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>210 องศา</td><td>50 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 25</td><td>ช่องที่ 9</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ย Urea ที่ออกจากจานเหวี่ยง ที่มุม 50°-120°, 50 °-130°, 50 ° -140°, 50° -150° ตำแหน่งที่เม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกอยู่ที่มุม 180°-210° และตำแหน่งสุดท้ายที่เม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงอยู่ที่ 50°- 70° ตำแหน่งเริ่มต้นของการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผลที่ 22-25 และตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผลที่ 9-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยที่ออกจากจานเหวี่ยงที่มุม 70° -140°, 70° -150°, 70° -160°, 70° -170°

<table>
<tr><td colspan="2">อัตราการจ่ายปุ๋ย (kg/min) 19.31</td></tr>
<tr><td>70-140</td><td>70-160</td></tr>
<tr><td>
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>210 องศา</td><td>50 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 23</td><td>ช่องที่ 10</td></tr>
</table></td><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>210 องศา</td><td>60 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 26</td><td>ช่องที่ 10</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>70-150</td><td>70-170</td></tr>
<tr><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>210 องศา</td><td>60 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 26</td><td>ช่องที่ 10</td></tr>
</table></td><td> 
<table>
<tr><td></td><td>เริ่ม</td><td>หยุด</td></tr>
<tr><td>ปุ๋ยออกจากจาน</td><td>220 องศา</td><td>60 องศา</td></tr>
<tr><td>ตำแหน่งการหว่าน</td><td>ช่องที่ 26</td><td>ช่องที่ 10</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ย Urea ที่ออกจากจานเหวี่ยง ที่มุม 70°-140°, 70 °-150°, 70 ° -160°, 70° -170° **ตำแหน่งที่เม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกอยู่ที่มุม 210°- 220° และตำแหน่งสุดท้ายที่เม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงอยู่ที่ 05°- 60° ตำแหน่งเริ่มต้นของการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผลที่ 23-22 และตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผลที่ 10**

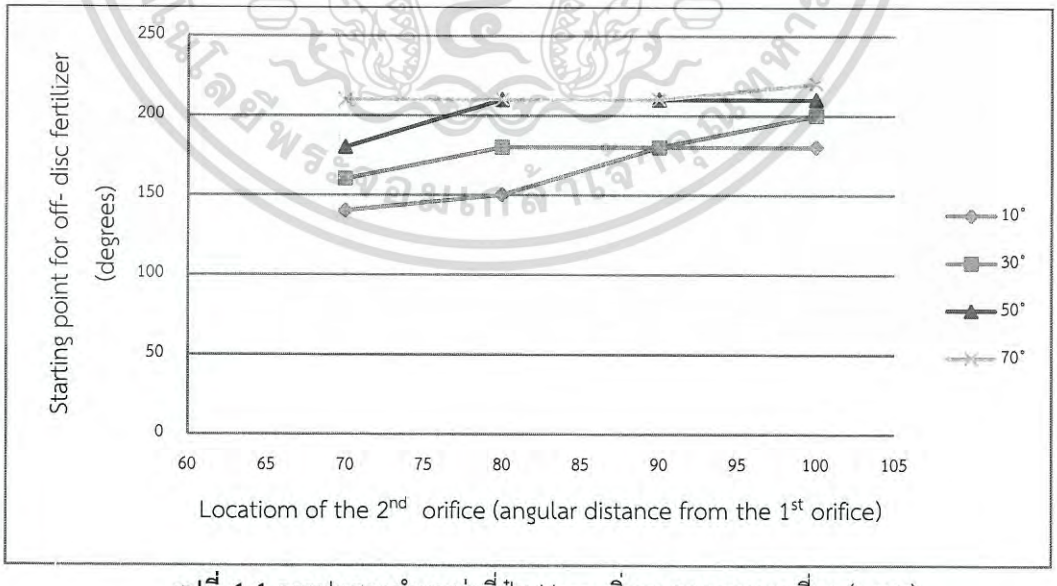
4.9 การเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยออกจากจานเหวี่ยงเมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งของจุดปล่อยในเงื่อนไขต่างๆ

4.9.1 ตารางแสดงตำแหน่งของจุดปล่อยปุ๋ย 2 จุดปล่อย

ตำแหน่งของจุดปล่อย 1	ตำแหน่งของจุดปล่อย 2 เมื่อเพิ่มระยะเชิงมุม			
	70°	80°	90°	100°
10°	80°	90°	100°	110°
30°	100°	110°	120°	130°
50°	120°	130°	140°	150°
70°	140°	150°	160°	170°

รูปที่ 4.3 ตารางตำแหน่งของจุดปล่อยปุ๋ย Urea

4.9.2 กราฟแสดงตำแหน่งเริ่มต้นการหว่านปุ๋ย Urea (ตำแหน่งที่เม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง)

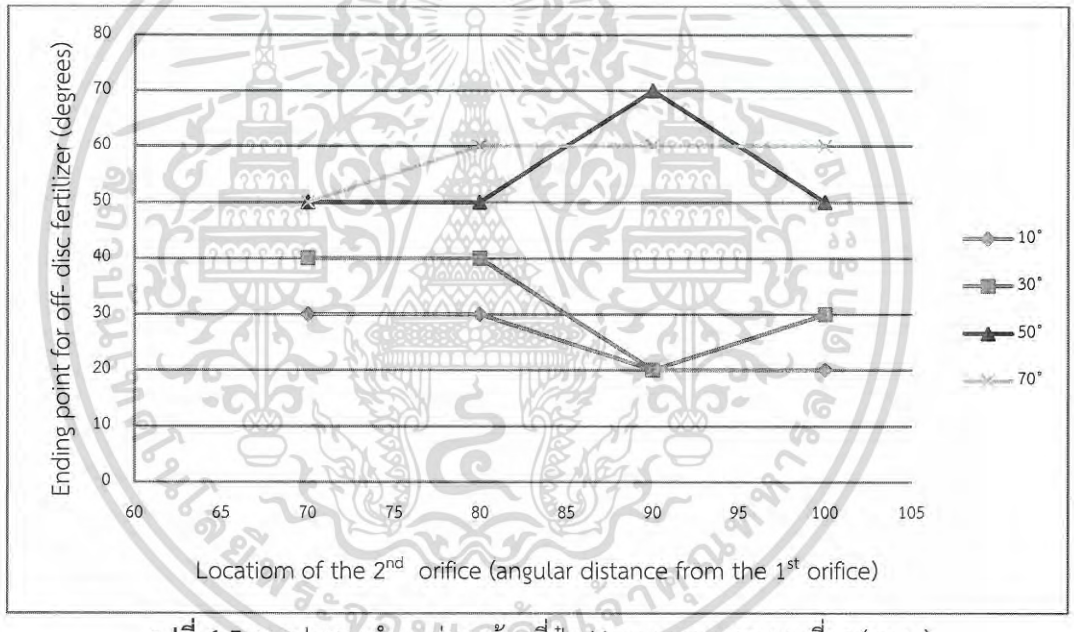


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงตำแหน่งที่ปุ๋ย Urea เริ่มออกจากจานเหวี่ยง (องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟของปุ๋ย Urea จะแสดงให้เห็นตำแหน่งที่เม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง เมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย สำหรับจุดปล่อยที่ 10° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 140° และจะเพิ่มขึ้นถึง 180° สำหรับจุดปล่อยที่ 30° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 160° และจะเพิ่มขึ้นถึง 200° สำหรับจุดปล่อยที่ 50° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 180° และจะเพิ่มขึ้นถึง 210° สำหรับจุดปล่อยที่ 70° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 210° และจะเพิ่มขึ้นถึง 220° ถ้าขยับจุดปล่อยที่ 1 จะส่งผลให้ตำแหน่ง"ที่ปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง" เพิ่มขึ้น เช่นกัน

4.9.3 กราฟแสดงตำแหน่งสิ้นสุดการหว่านปุ๋ย Urea (ตำแหน่งสุดท้ายที่เม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง)

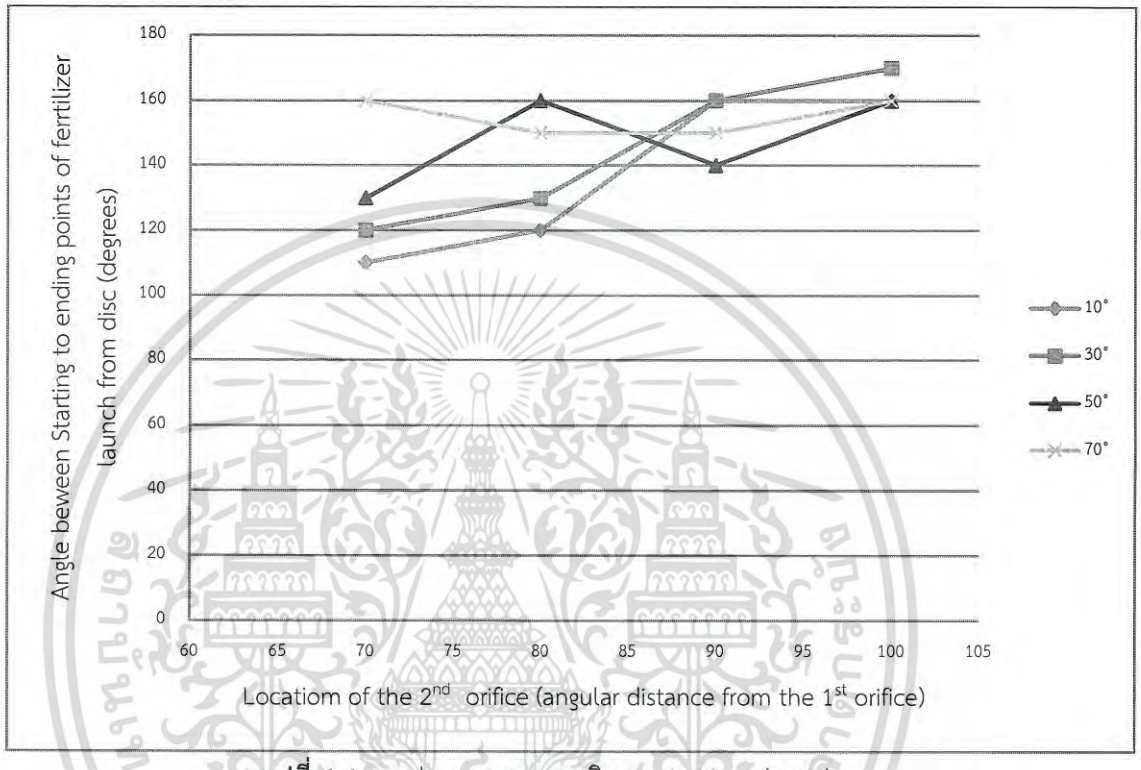


รูปที่ 4.5 กราฟแสดงตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ออกจากจานเหวี่ยง (องศา)

จากกราฟของปุ๋ย Urea จะแสดงให้เห็นตำแหน่งสุดท้ายที่เม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง เมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย สำหรับจุดปล่อยที่ 10° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 30° และจะลดลงที่ 20° สำหรับจุดปล่อยที่ 30° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 40° จะลดลงที่ 20° และจะเพิ่มขึ้นที่ 30° สำหรับจุดปล่อยที่ 50° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 40° และจะเพิ่มขึ้นถึง 70° จะลดลงที่ 40° สำหรับจุดปล่อยที่ 70° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 50° และจะเพิ่มขึ้นถึง 60° ถ้าขยับจุดปล่อยที่ 2 จะส่งผลให้ตำแหน่ง"ที่ปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง" เพิ่มขึ้น,ลดลง เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.4 กราฟแสดงหน้ากว้างในการหว่านปุ๋ย Urea (ระยะทางเชิงมุมระหว่างจุดเริ่มต้น จนถึงจุดสุดท้ายที่เม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง)



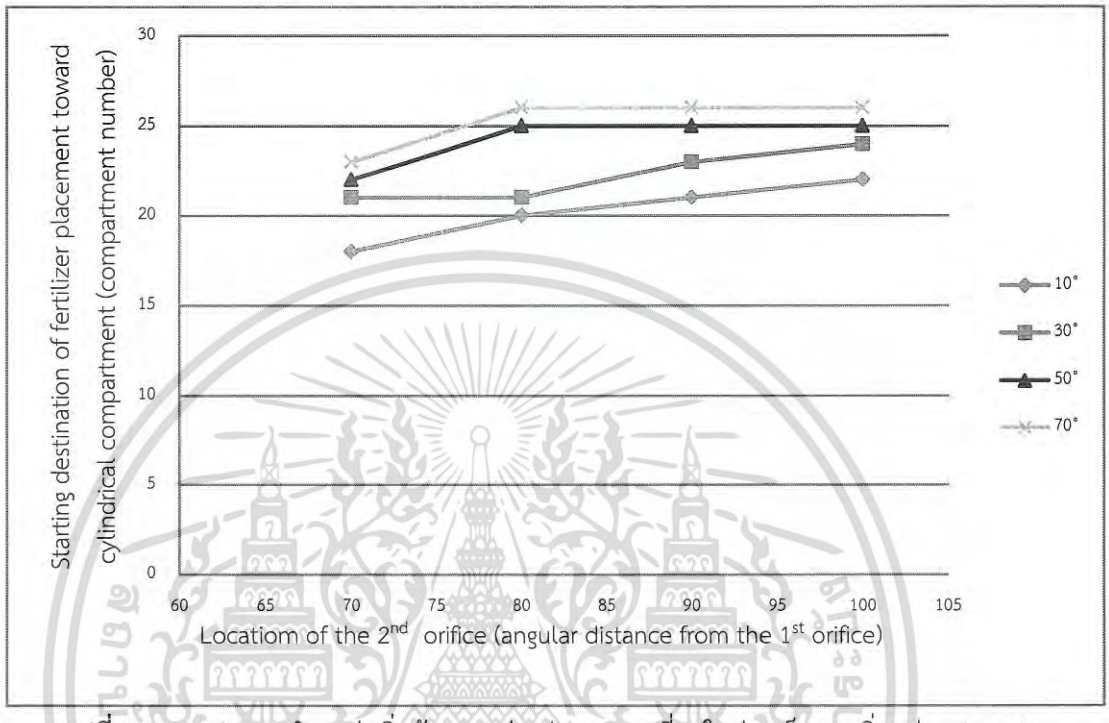
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงระยะทางเชิงมุมของ Urea (องศา)

จากกราฟของปุ๋ย Urea จะแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่เม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจาน , ตำแหน่งที่สิ้นสุดการหว่านปุ๋ย และตำแหน่งหน้ากว้างในกานหว่านปุ๋ย Urea (หน้ากว้างเชิงมุม) เมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย สำหรับจุดปล่อยที่ 10° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 110° และจะเพิ่มขึ้นถึง 160° สำหรับจุดปล่อยที่ 30° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 120° และจะเพิ่มขึ้นที่ 170° สำหรับจุดปล่อยที่ 50° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 130° จะเพิ่มขึ้นถึง 160° จะลดลงที่ 140° และจะเพิ่มขึ้นถึง 160° สำหรับจุดปล่อยที่ 70° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยงที่ตำแหน่งที่ 160° ลดลงที่ 150° และจะเพิ่มขึ้นถึง 160° ถ้าขยับจุดปล่อยที่ 1,2 ไปตามมุมที่กำจะส่งผลให้ตำแหน่ง"ที่ปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง" เพิ่มขึ้น,ลดลง และตำแหน่งหน้ากว้างในกานหว่านปุ๋ย Urea ระยะทางเชิงมุมระหว่างจุดเริ่มต้น จนถึงจุดสุดท้ายที่เม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ออกจากจานเหวี่ยง เพิ่มขึ้น,ลดลงเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.5 กราฟแสดงการกระจายตัวของปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผล 1-30 ช่อง

4.9.5.1 ตำแหน่งเริ่มต้นการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผล

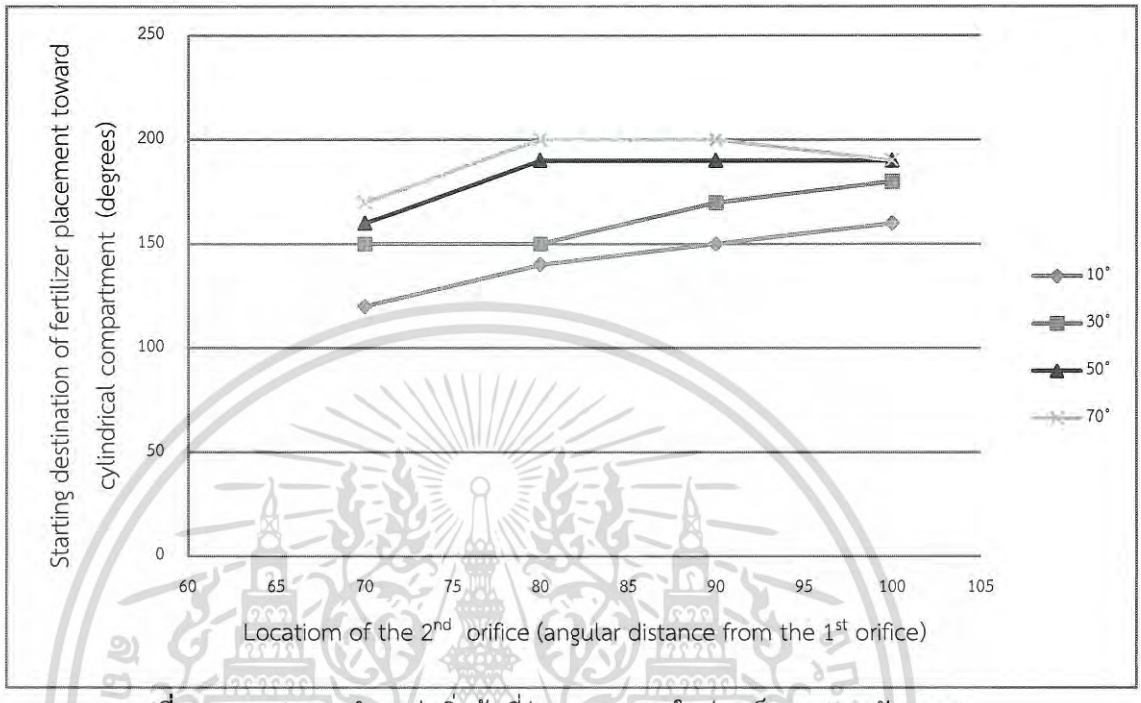


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงตำแหน่งเริ่มต้นการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผล เริ่มหว่าน (องศา)

จากกราฟของปุ๋ย Urea จะแสดงให้เห็นตำแหน่งเริ่มต้นการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผล เมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย สำหรับจุดปล่อยที่ 10° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผลที่ 18 และจะเพิ่มขึ้นถึงช่องที่ 21 สำหรับจุดปล่อยที่ 30° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผลที่ 21 และจะเพิ่มขึ้นถึงช่องที่ 24 สำหรับจุดปล่อยที่ 50° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผลที่ 22 และจะเพิ่มขึ้นถึงช่องที่ 25 สำหรับจุดปล่อยที่ 70° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผลที่ 23 และจะเพิ่มขึ้นถึงช่องที่ 26 ถ้าขยับจุดปล่อยที่ 1 จะส่งผลให้ตำแหน่ง”ที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล(ตรงกับองศา)” เพิ่มขึ้น และจะลงลงที่จุดปล่อยที่ 70°ที่ระหว่าง 90°- 100° เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.5.2 กราฟแสดงตำแหน่งเริ่มต้นที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผล

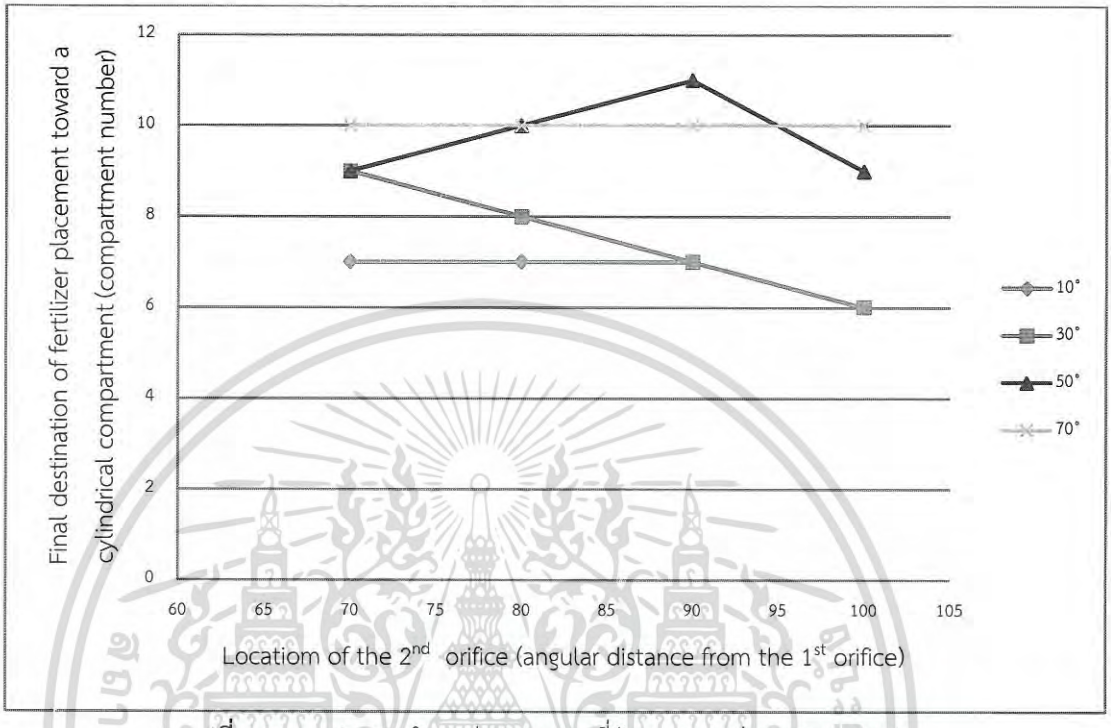


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงตำแหน่งเริ่มต้นที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา)

จากกราฟของปุ๋ย Urea จะแสดงให้เห็นตำแหน่งเริ่มต้นการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา) เมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย สำหรับจุดปล่อยที่ 10° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล(ตรงกับองศา) ที่ 120° และจะเพิ่มขึ้นถึงช่อง (ตรงกับองศา) ที่ 160° สำหรับจุดปล่อยที่ 30° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา) ที่ 150° และจะเพิ่มขึ้นถึงช่อง (ตรงกับองศา) ที่ 180° สำหรับจุดปล่อยที่ 50° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล(ตรงกับองศา) ที่ 169° และจะเพิ่มขึ้นถึงช่อง(ตรงกับองศา) ที่ 190° สำหรับจุดปล่อยที่ 70° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา) ที่ 170° จะเพิ่มขึ้นถึงช่อง (ตรงกับองศา) ที่ 200° และจะลงลงที่ช่อง (ตรงกับองศา) ที่ 190° ถ้าขยับจุดปล่อยที่ 1 จะส่งผลให้ตำแหน่ง"ที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา)" เพิ่มขึ้น และจะลงลงที่จุดปล่อยที่ 70°ที่ระหว่าง 90°- 100° เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.5.3 กราฟแสดงตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผล

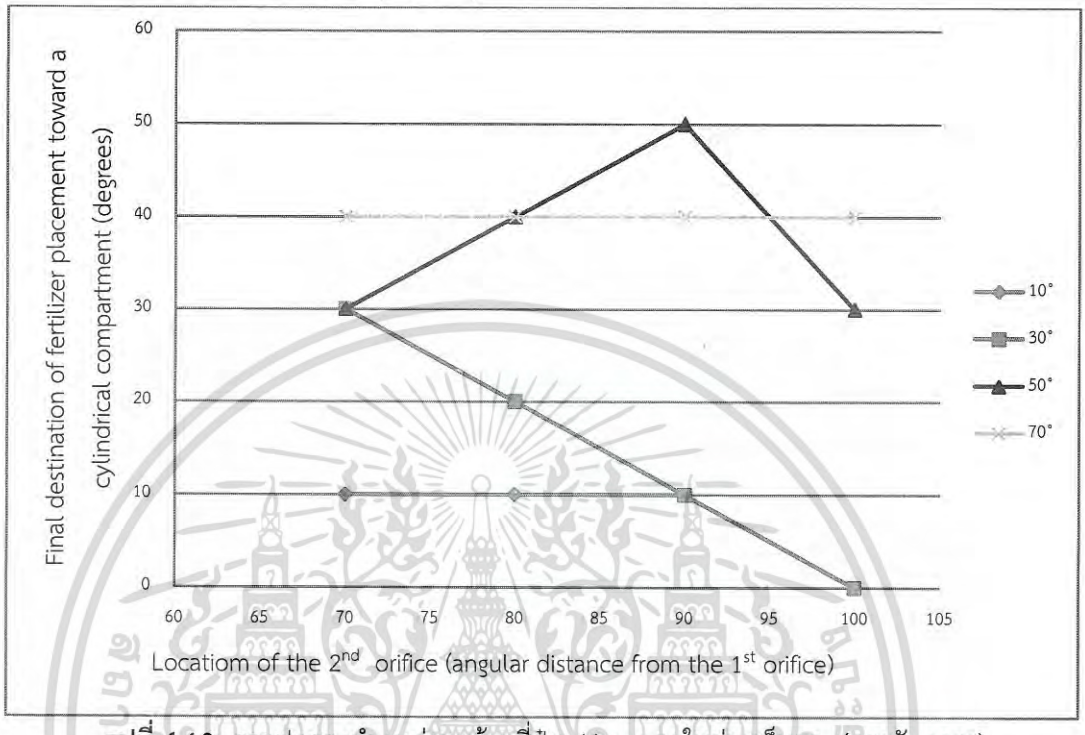


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงตำแหน่งปลายทางที่ปุ๋ย Urea หว่านหมด (องศา)

จากกราฟของปุ๋ย Urea จะแสดงให้เห็นตำแหน่งเริ่มต้นการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผล เมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย สำหรับจุดปล่อยที่ 10° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผลที่ 7 และจะลดลงถึงช่องเก็บผลที่ 6 สำหรับจุดปล่อยที่ 30° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผลที่ 9 ละจะลดลงถึงช่องเก็บผลที่ 6 สำหรับจุดปล่อยที่ 50° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผลที่ 9 และจะเพิ่มขึ้นถึงช่องที่ 11 สำหรับจุดปล่อยที่ 70° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผลที่ 10 และคงที่ ถ้าขยับจุดปล่อยที่ 1 จะส่งผลให้ตำแหน่ง"ที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล(ตรงกับองศา)" เพิ่มขึ้น และจะลงลงที่จุดปล่อยที่ 30 ที่ระหว่างช่อง 9 - 6 เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.5.4 กราฟแสดงตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผล



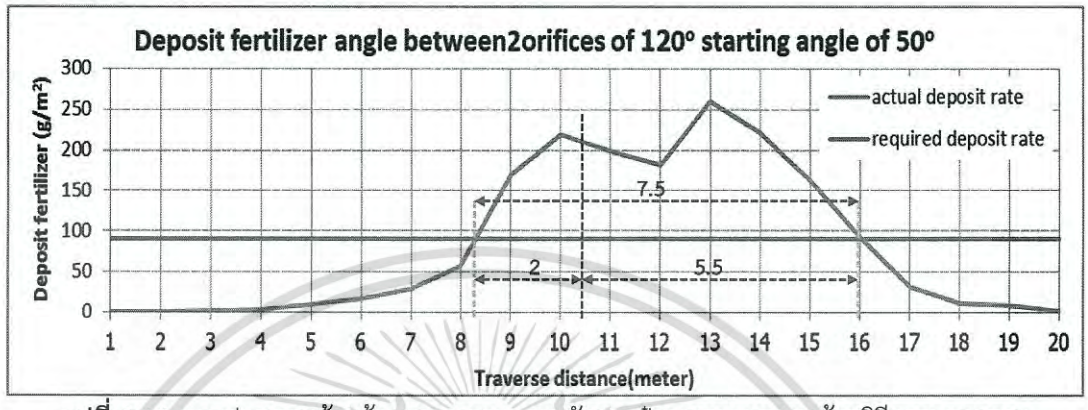
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงตำแหน่งสุดท้ายที่ปุ๋ย Urea ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา)

จากกราฟของปุ๋ย Urea จะแสดงให้เห็นตำแหน่งเริ่มต้นการหว่านปุ๋ย Urea ที่ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา) เมื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย สำหรับจุดปล่อยที่ 10° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล(ตรงกับองศา) ที่ 10° และจะลดถึงช่อง (ตรงกับองศา) ที่ 0° สำหรับจุดปล่อยที่ 30° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา) ที่ 30° และจะลดลงถึงช่อง (ตรงกับองศา) ที่ 0° สำหรับจุดปล่อยที่ 50° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล(ตรงกับองศา) ที่ 30° และจะเพิ่มขึ้นถึงช่อง(ตรงกับองศา) ที่ 50° สำหรับจุดปล่อยที่ 70° จะพบว่าเม็ดปุ๋ยเริ่มเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา) ที่ 40° และคงที่ ถ้าขยับจุดปล่อยที่ 1 จะส่งผลให้ตำแหน่ง"ที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ตกในช่องเก็บผล (ตรงกับองศา)" เพิ่มขึ้น และจะลงลงที่จุดปล่อยที่ 30°ที่ระหว่าง 30°- 0° เช่นกัน

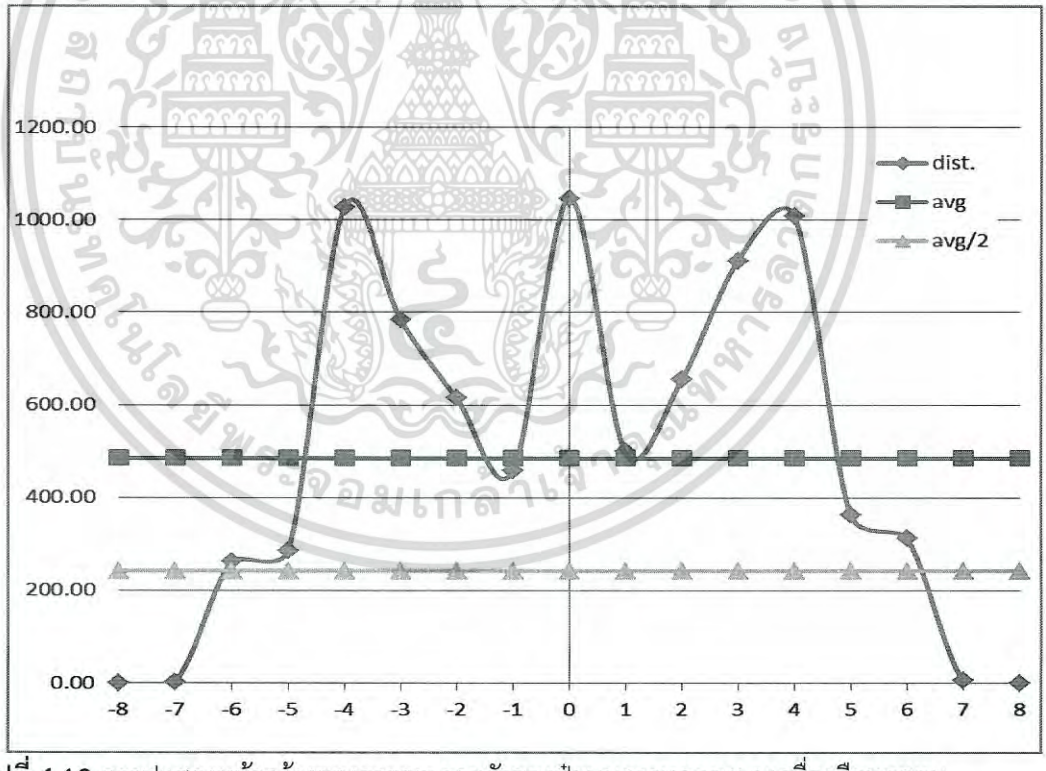
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การเปรียบเทียบหน้ากว้างของการกระจาย

จากข้อมูลผลการทดลองสามารถนำมาสร้างกราฟเส้นเปรียบเทียบหน้ากว้างของการกระจายได้ ดังนี้

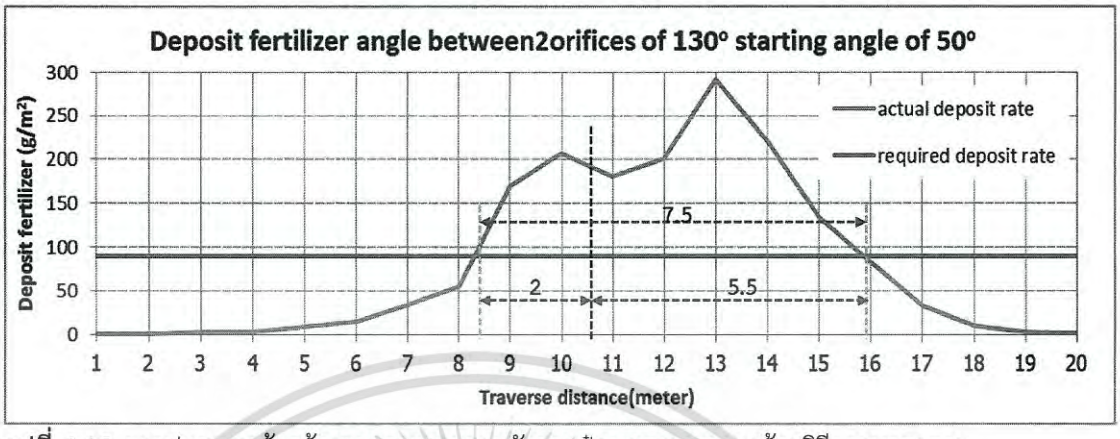


รูปที่ 4.11 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน ที่มุมปล่อย 50และ120 องศา

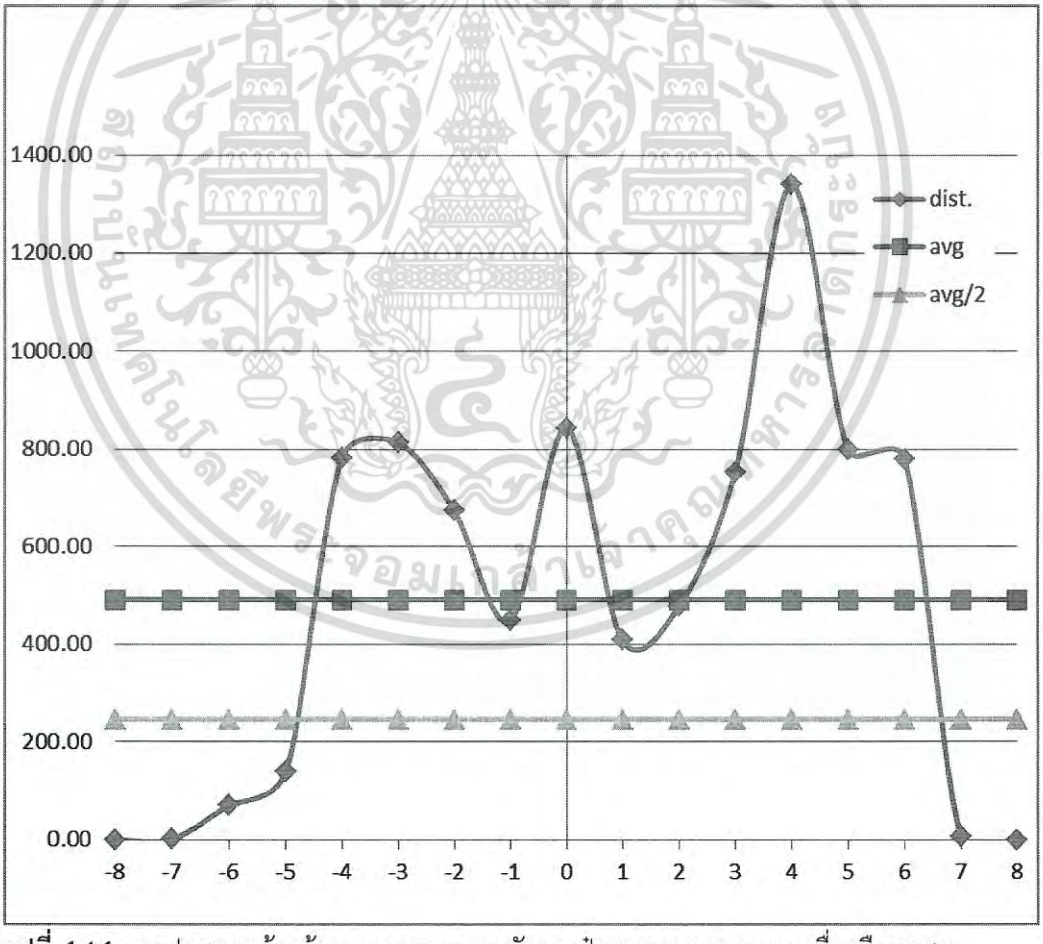


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ ที่มุมปล่อย 50 และ 120 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

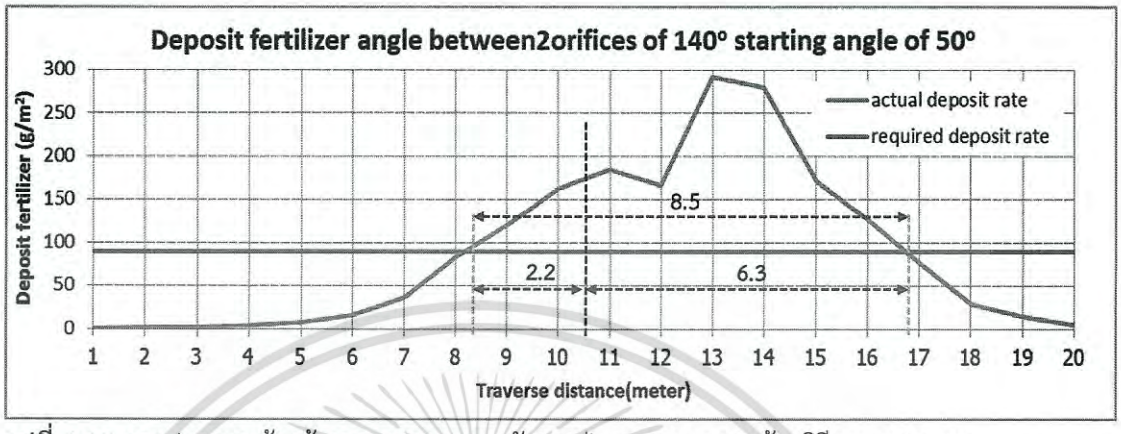


รูปที่ 4.13 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน ที่มุมปล่อย 50และ130 องศา

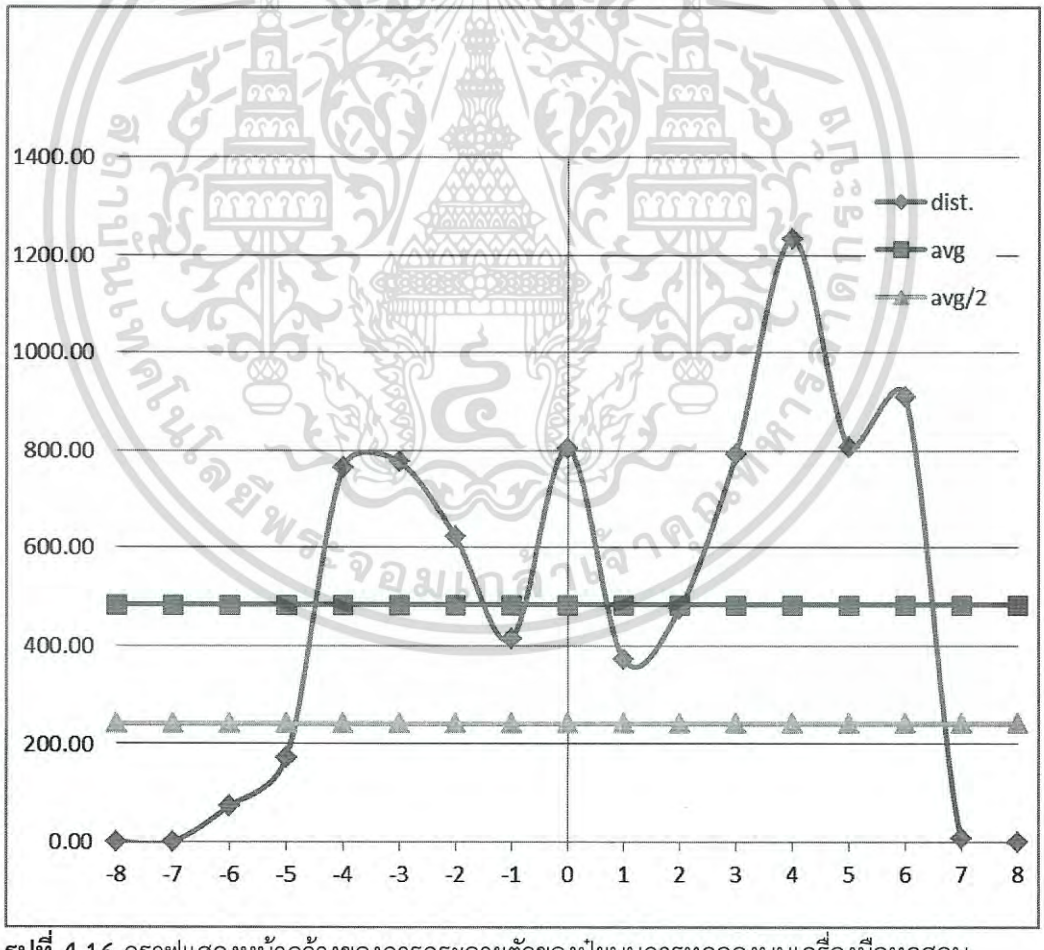


รูปที่ 4.14 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ ที่มุมปล่อย 50 และ 130 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

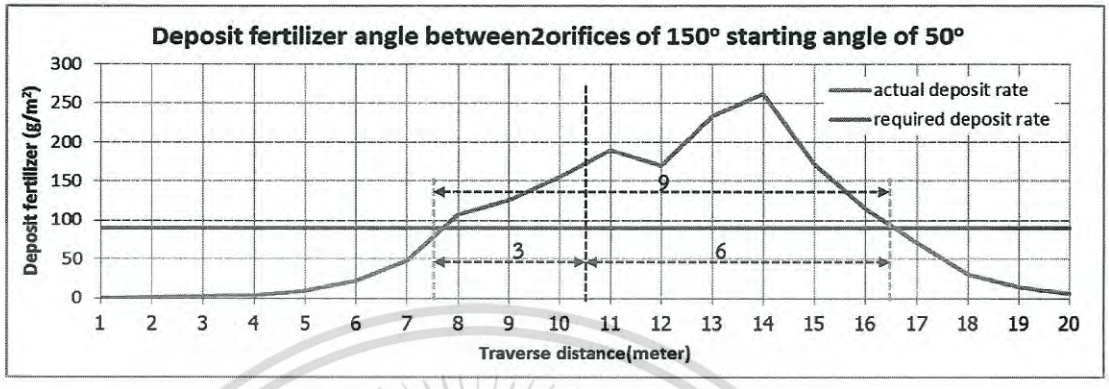


รูปที่ 4.15 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน ที่มุมปล่อย 50และ140 องศา

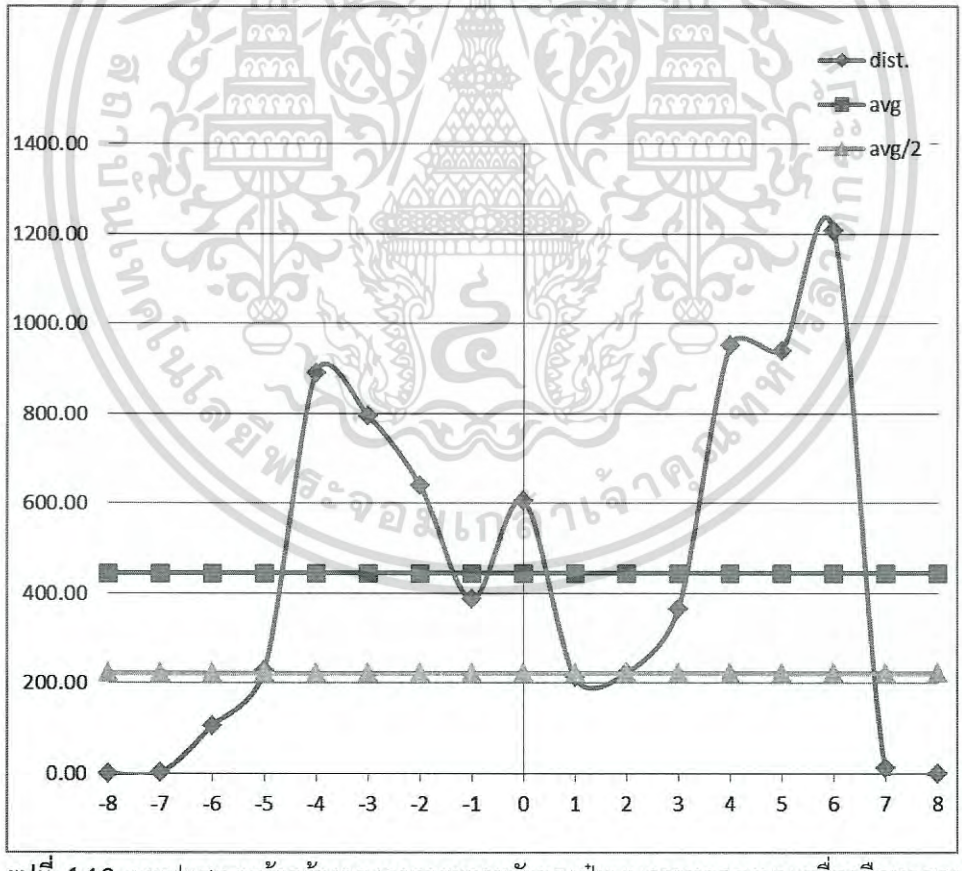


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ ที่มุมปล่อย 50 และ 140 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

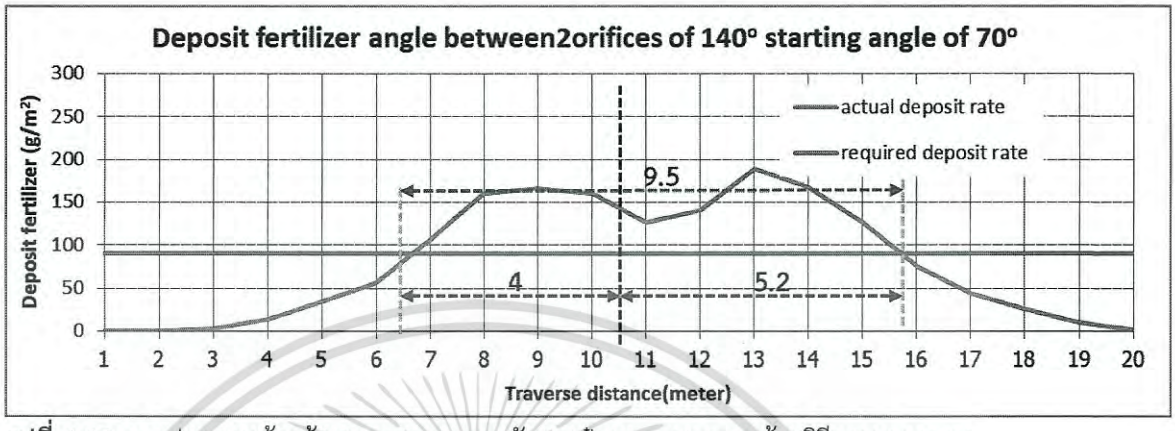


รูปที่ 4.17 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน ที่มุมปล่อย 50และ150 องศา

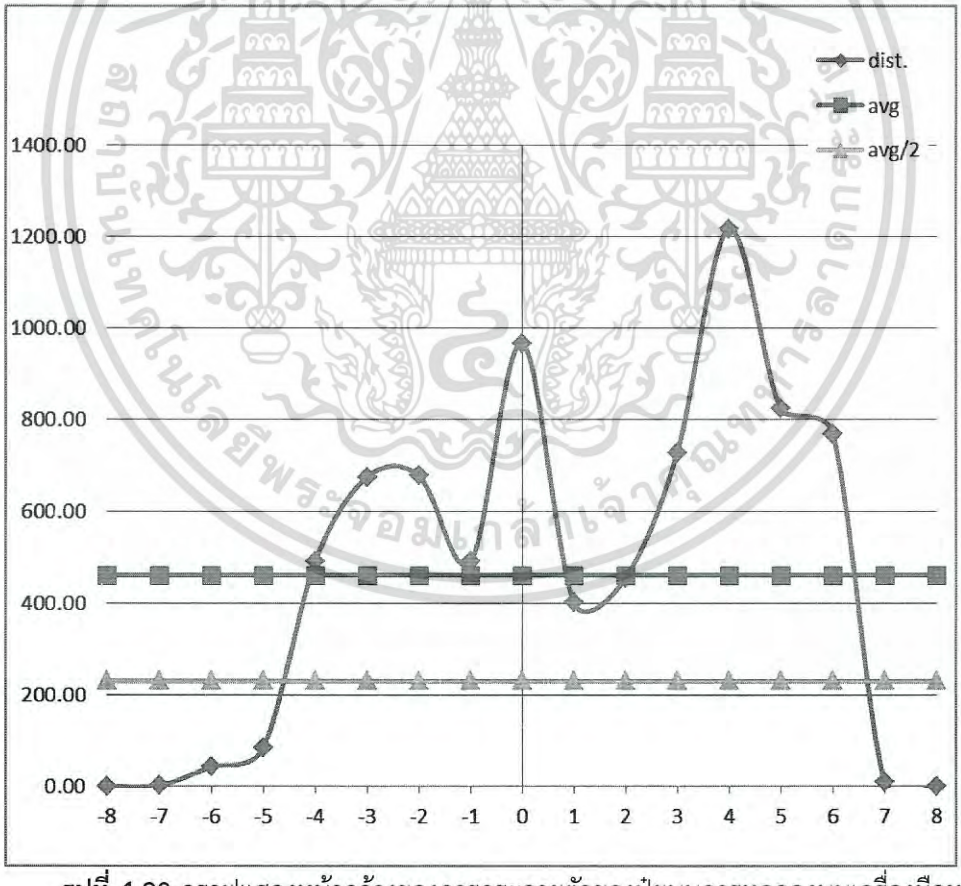


รูปที่ 4.18 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ ที่มุมปล่อย 50 และ 150 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

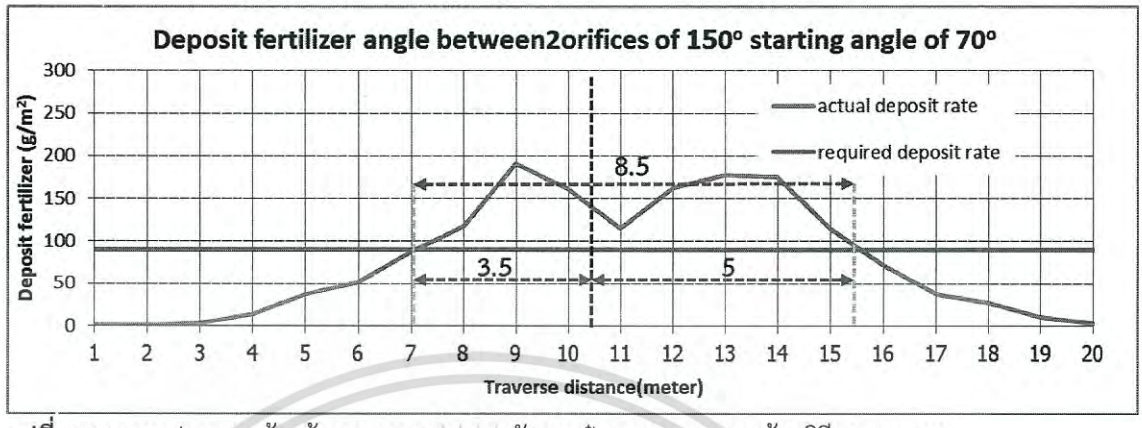


รูปที่ 4.19 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน ที่มุมปล่อย 70และ140 องศา

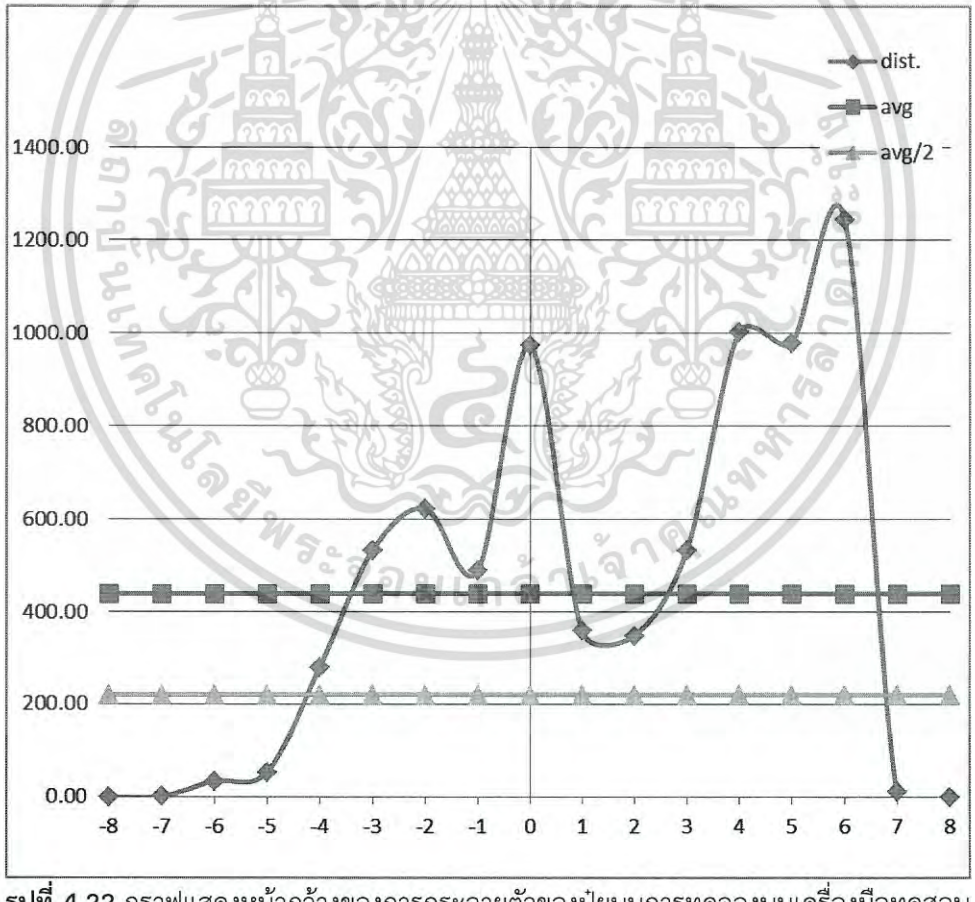


รูปที่ 4.20 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ ที่มุมปล่อย 70 และ 140 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

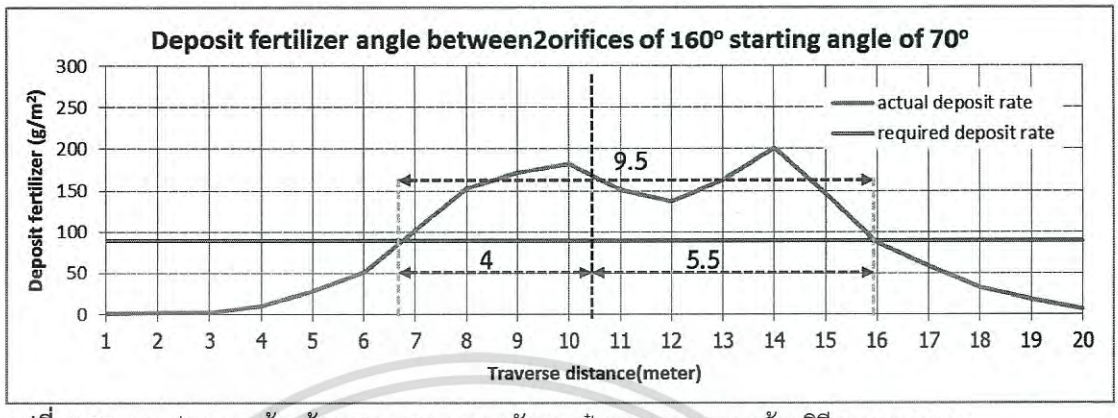


รูปที่ 4.21 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน ที่มุมปล่อย 70และ150 องศา

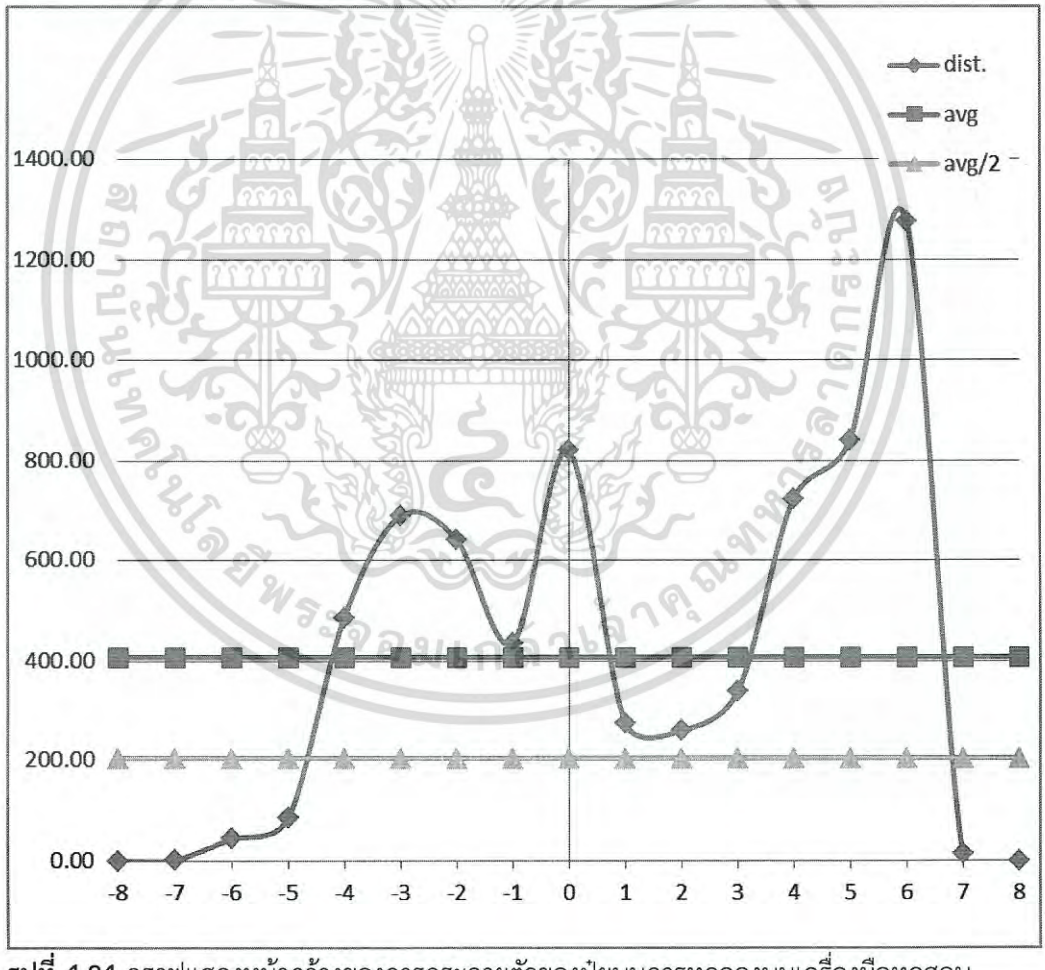


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ ที่มุมปล่อย 70 และ 150 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

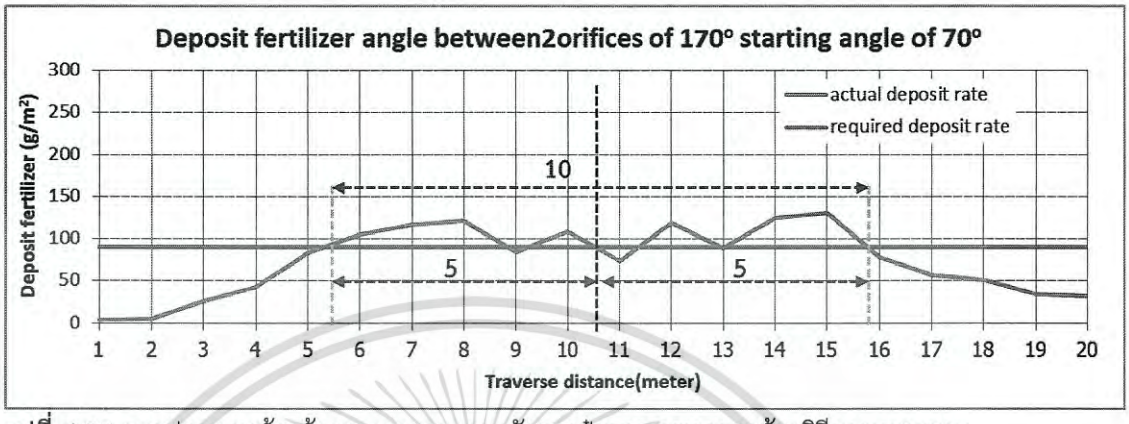


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน ที่มุมปล่อย 70และ160 องศา

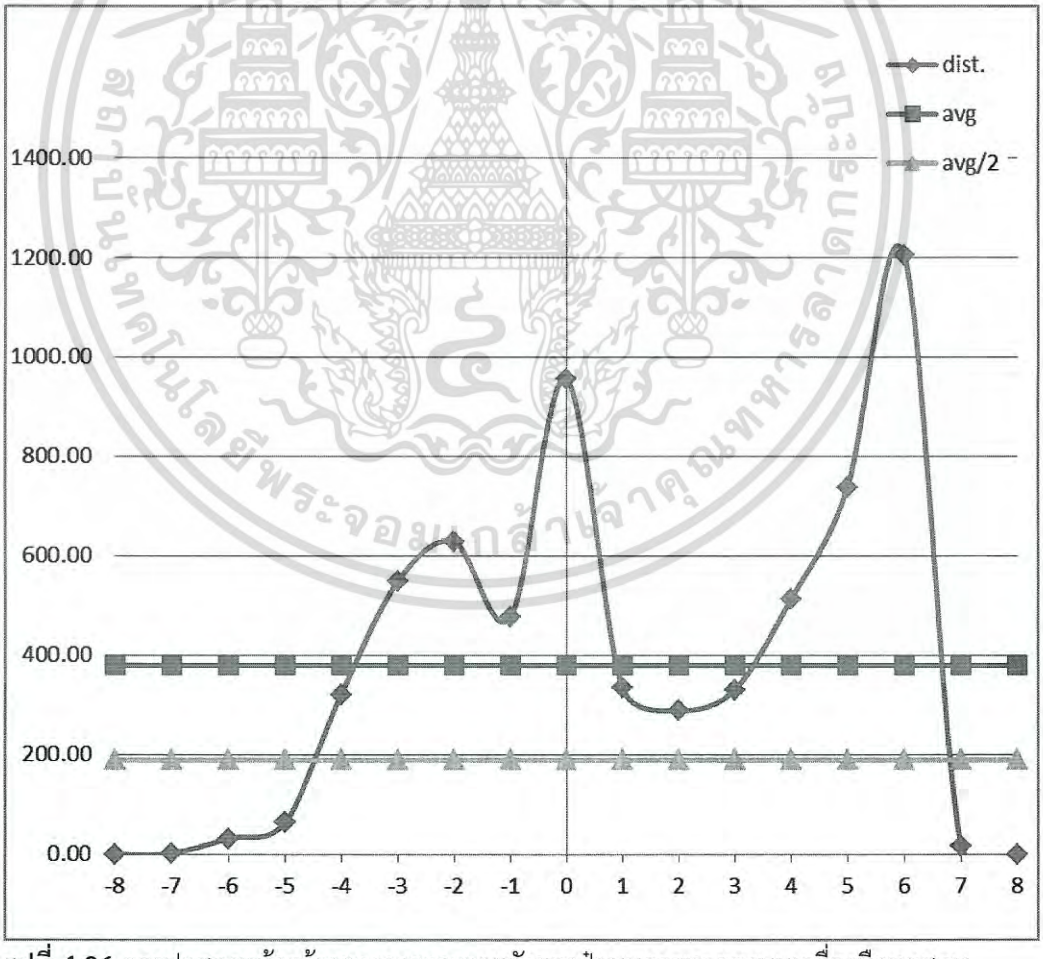


รูปที่ 4.24 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ ที่มุมปล่อย 70 และ 160 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน ที่มุมปล่อย 70และ170 องศา



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยบนการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มุมปล่อย 70 และ 170 องศา

จากการเปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ของน้ำหนักปุ๋ยกับหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยที่มีช่องทางการปล่อยปุ๋ย 2 จุดปล่อย ระหว่างผลการทดลองบนวิธีการมาตรฐานและผลการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ พบว่าหน้ากว้างของการกระจายตัวนั้นหน้ากว้างที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นที่น่าพอใจ เพราะขนาดของหน้ากว้างนั้นต่างกันไม่มากนัก ซึ่งสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 4.22 แสดงผลการเปรียบเทียบหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยที่มีช่องทางการปล่อยปุ๋ย 2 จุดปล่อย

มุมปล่อยปุ๋ย(องศา)	หน้ากว้างของผลการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ(เมตร)	หน้ากว้างของผลการทดลองบนวิธีการมาตรฐาน(เมตร)
50,120	8.9	7.5
50,130	10	7.5
50,140	10	8.5
50,150	10.5	9
70,140	9	9.5
70,150	9	8.5
70,160	9.5	9.5
70,170	9.5	10

หมายเหตุ ผลการทดลองบนวิธีมาตรฐานเป็นงานวิจัยของ(กิตติศักดิ์ เพ็ชรพันธ์ และคณะ , 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการสร้างเครื่องมือทดสอบเพื่อวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงที่จะนำมาใช้แทนกระบวนการทดลองเก็บผลแบบเดิมๆ ได้มีการแบ่งงานออกเป็น 3 ส่วน คือ การทดลองบนเครื่องมือทดสอบที่สร้างขึ้น , การทดลองด้วยวิธีการมาตรฐาน และการแปลงผลเปรียบเทียบ โดยการทดลองบนเครื่องมือทดสอบได้ทำการทดลองไปทั้งสิ้น 216 ครั้ง ซึ่งผลที่ได้เป็นเพียงข้อมูลความสัมพันธ์ของปริมาณปุ๋ยและช่องเก็บผล ไม่ได้ออกมาเป็นรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ย แต่สามารถศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยและหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยได้ดังนี้

5.1.1 อัตราการจ่ายปุ๋ย จากการลองพบว่าอัตราการจ่ายปุ๋ยที่น้อยจะทำให้มุมที่ปุ๋ยเริ่มหลุดออกจากจานมีขนาดที่แคบกว่าอัตราการจ่ายปุ๋ยที่มากกว่าทำให้มีระยะทางเชิงมุมที่น้อยและตำแหน่งเป้าหมายที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ไปนั้นจะมีมุมที่แคบจึงส่งผลให้หน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยที่อัตราการจ่ายปุ๋ยน้อยนั้นมีขนาดแคบกว่าอัตราการจ่ายปุ๋ยที่มากกว่า

5.1.2 ตำแหน่งการปล่อยปุ๋ย จากการทดลองพบว่าตำแหน่งการปล่อยปุ๋ยส่งผลต่อหน้ากว้างของการกระจายเพียงเล็กน้อยและส่งผลต่อตำแหน่งเป้าหมายที่ปุ๋ยเคลื่อนที่ไปคือเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งปล่อยปุ๋ยไปตำแหน่งเป้าหมายก็จะเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางที่จุดปล่อยเปลี่ยนไป ซึ่งจากการศึกษาจะทำให้สามารถระบุพื้นที่เป้าหมายของการหว่านได้อย่างแม่นยำ

5.1.3 ชนิดของปุ๋ย จากการทดลองพบว่าชนิดของปุ๋ยนั้นไม่ค่อยมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของเม็ดปุ๋ยและหน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยมากนัก เครื่องมือทดสอบที่สร้างขึ้นจึงสามารถรองรับการทดลองได้ดีในด้านนี้

ส่วนการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานได้ผลออกมาเป็นรูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยในของแต่ละมุมปล่อยปุ๋ยบนจานเหวี่ยง ซึ่งผลของทั้งสองการทดลองนี้ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้โดยตรง จึงต้องทำการแปลงผลสลับไปมา จากข้อมูลผลการทดลองบนเครื่องมือทดสอบไปเป็นข้อมูลผลการทดลองด้วยวิธีมาตรฐาน และข้อมูลผลการทดลองด้วยวิธีการมาตรฐานมาเป็นผลการทดลองบนเครื่องมือทดสอบ เพื่อที่จะหาข้อสรุปให้ได้ว่า สุดท้ายแล้วเครื่องมือทดสอบที่สร้างขึ้นนั้นสามารถใช้ทดแทนกระบวนการทดลองเก็บผลแบบเดิมได้หรือไม่ ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลที่ได้แปลงมาแล้วนั้นจึงสามารถให้ข้อสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 รูปแบบการกระจายตัว จากการเปรียบเทียบรูปแบบการกระจายตัว(จริง)กับรูปแบบการกระจายตัวจำลองพบว่า บริเวณที่ปุ๋ยกระจายไปนั้นอยู่ในบริเวณเดียวกันทั้งในรูปแบบการกระจายตัวจริงและจำลอง จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือทดสอบสามารถบอกได้ถึงบริเวณของปุ๋ยที่กระจายไปได้

5.1.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณปุ๋ยค่อนข้างสอดคล้องไปในทางเดียวกัน

5.1.6 หน้ากว้างของการกระจายตัวของปุ๋ยค่อนข้างแม่นยำ

5.1.7 ปริมาณของปุ๋ยที่มากที่สุด(peak)มีความใกล้เคียงกัน

5.1.8 ค่าความสม่ำเสมอของการกระจายบนเครื่องมือทดสอบมีความสม่ำเสมอมากกว่าการทดลองแบบเดิม เพราะไม่มีอิทธิพลจากลมมารบกวน ทำให้ผลการทดลองมีความความสม่ำเสมอเหมือนกันในทุกๆซ้ำของการทดลอง

จากผลที่ได้วิเคราะห์ออกมาทั้งหมดจึงทำให้สามารถที่จะสรุปได้ว่าเครื่องมือทดสอบที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถใช้เป็นเครื่องมือวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงได้ สามารถใช้ทำการทดลองเก็บผลเพื่อจะออกแบบและพัฒนาประสิทธิภาพของจานเหวี่ยง แทนกระบวนการทดลองเก็บผลแบบเดิมๆได้ดีในด้าน ปริมาณที่มากที่สุดของแต่ละมุมปล่อยปุ๋ยบนจาน สามารถจะบอกได้ว่าปล่อยปุ๋ยตรงนี้ปุ๋ยจะไปตกตรงไหนมากที่สุด มีค่าความสม่ำเสมอในการทดลองแต่ละครั้งผลการทดลองที่ออกมาจึงแม่นยำ ทำให้หารออกแบบและพัฒนาประสิทธิภาพของการหว่านปุ๋ยด้วยจานเหวี่ยงเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับต้นแบบที่1

5.2.1 เครื่องมือทดสอบเครื่องนี้ไม่สามารถตอบโจทย์เรื่องความไกลได้ รูปแบบการกระจายตัวจำลองจึงสามารถบอกได้แค่เพียงบริเวณที่เป็นหน้ากว้างเท่านั้น หากสามารถพัฒนาให้สามารถตอบโจทย์ในเรื่องความไกลได้ รูปแบบการกระจายตัวจำลองที่แปลงมจะมีความคล้ายคลึงกับรูปแบบการกระจายตัวของจริงมากขึ้นจะทำให้สามารถสรุปได้ง่ายและแม่นยำขึ้นกว่าเดิม

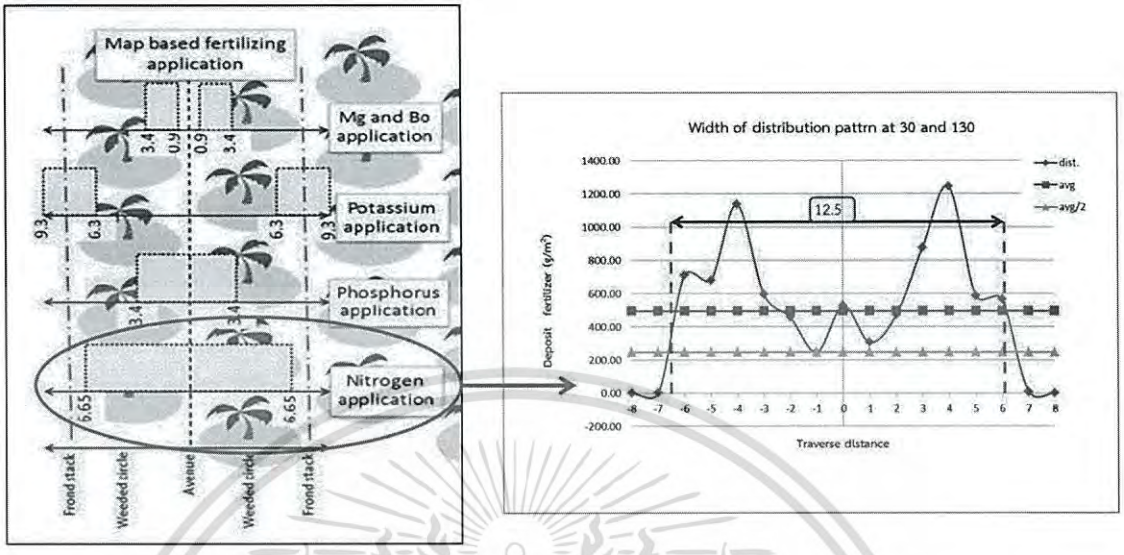
5.3 การปรับปรุงชุดทดสอบให้มีช่องรับปุ๋ยที่ระดับความสูง 3 ระดับในแนวดิ่ง

จากการสร้างถังที่มีสกรูลำเลียงเป็นชุดควบคุมอัตราการจ่ายปุ๋ยโดยให้อัตราการจ่ายปุ๋ยได้ทั้งซ้าย-ขวาได้เท่ากัน เพื่อให้ได้จุดปล่อยปุ๋ยที่มี ช่องทางการปล่อยปุ๋ย 2 ช่องทางลงบนชุดจานเหวี่ยงแบบหนีศูนย์ โดยชุดเพลาสกรูลำเลียงมีความเร็วรอบอยู่ที่ 143.9 รอบต่อนาที ได้อัตราการไหลที่ 19.31 กิโลกรัมต่อนาที โดยทดสอบกับเครื่องวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยเพื่อหาหน้ากว้างในการกระจ่ายตัวของปุ๋ย (ระยะหางเชิงมุม) ที่ออกมาจากจานเหวี่ยงแบบหนีศูนย์

จากการศึกษาจะพบว่าเมื่อติดตั้งจุดปล่อยปุ๋ยสองจุดบนจานเหวี่ยง โดยที่จุดปล่อยแรกอยู่ในตำแหน่ง 30,50,70 องศา และจุดปล่อยที่สองขยับไปตามระยะห่างเชิงมุมเท่ากับ 70, 80 90, 100 องศา จะพบว่าหน้ากว้างในการหว่านเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามตำแหน่งจุดปล่อยที่สองหรือกล่าวได้ว่าหน้ากว้างการหว่านจะเพิ่มขึ้นตามระยะห่างเชิงมุมระหว่างจุดปล่อยที่หนึ่งและสอง จากการทดลองสามารถกำหนดตำแหน่งจุดปล่อยปุ๋ยให้สอดคล้องกับ (Map based) ที่จุดปล่อยแรก 30 องศา และ

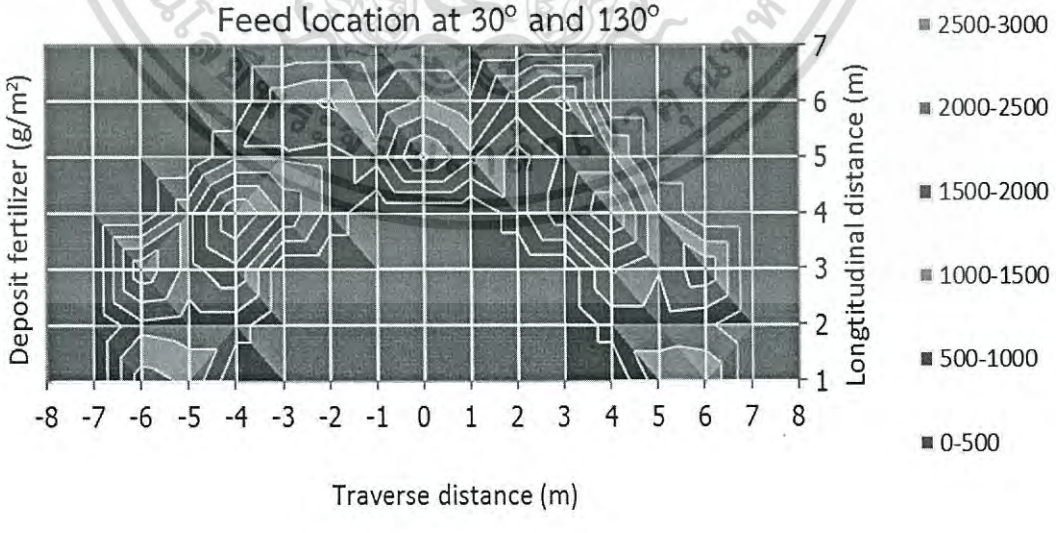
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดปล่อยที่สอง 130 องศา ตรงกับเงื่อนไขที่ระยะหางเชิงมุมที่ 100 องศา จะได้หน้ากว้างในการหว่าน 12.5 เมตร ดังรูปที่



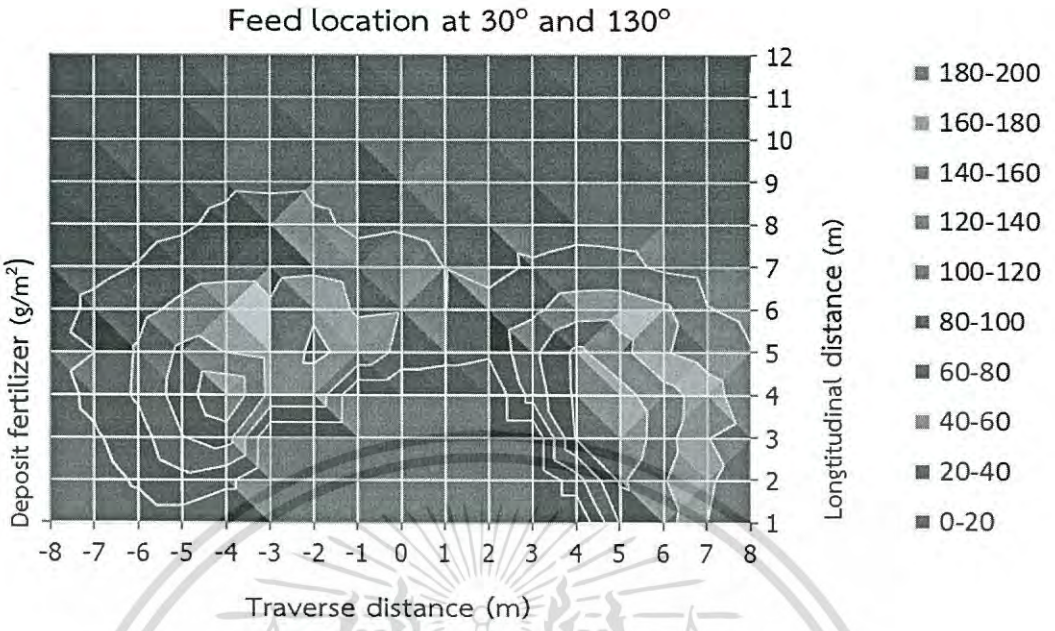
รูปที่ 5.1 หน้ากว้างในการหว่านของปุ๋ย Urea ที่ตรงกับเงื่อนไขของ (Map based)

การจำลองรูปแบบการแพร่การกระจายตัวปุ๋ยในเครื่องวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยที่มีช่องเก็บผล 30 ช่อง และมีระดับชั้นทั้งหมด 3 ระดับ C, A, B (แต่ละชั้นมี30ช่อง) เพื่อวัดระดับความไกลของปุ๋ยให้ได้รูปแบบการกระจายตัวของปุ๋ยในรูปแบบวางกล่องบนพื้น โดยใช้น้ำหนักของปุ๋ยที่ได้จากเครื่องวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยมาใส่ในกล่องเพื่อจะแปลงผลตามวิธีการที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อที่ (3.5) ให้เป็นการกระจายตัวของปุ๋ยบนพื้น ดังรูป



รูปที่ 5.2 การกระจายตัวของปุ๋ยบนเครื่องวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยที่มีมุมปล่อย 30 องศา และ 130 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 การกระจายตัวของปุ๋ยบนวิธีมาตรฐาน ที่มีมุมปล่อย 30 องศา และ 130 องศา

สรุปว่า 1. จากกราฟ ผลการกระจายตัวของปุ๋ยที่ได้จากชุดทดลองสามารถทดแทน หรือมีความคล้ายคลึงกับการหว่านด้วยวิธีมาตรฐาน

2.จุดปล่อยปุ๋ยที่มีสองช่องทางการปล่อยปุ๋ย ให้หน้ากว้างในการหว่านมากขึ้น

5.4 ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงต้นแบบ

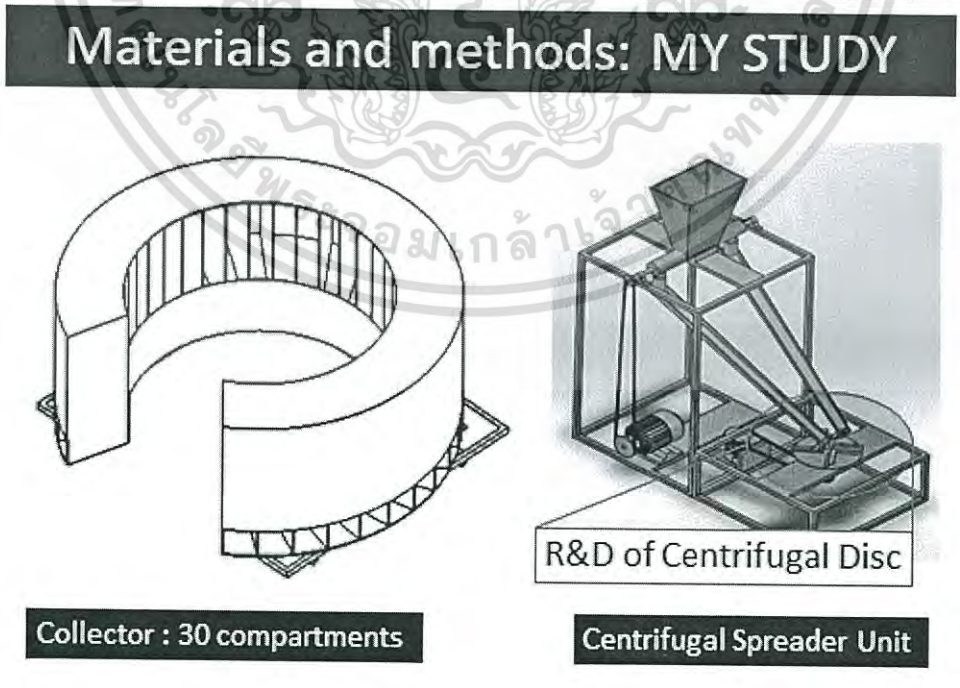
เครื่องวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ย(เครื่องเก็บผล) เครื่องนี้ไม่สามารถตอบโจทย์ได้ไม่ทุกองศาที่ได้ทำการทดลองไปบอกได้แค่เพียงมุมที่ 0°- 190°เท่านั้น จึงได้เสนอให้ทำการปรับแก้เครื่องวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยเพื่อให้ได้ตอบโจทย์ตามมุมที่ได้กำหนดไว้ เพื่อสร้างเพิ่มเติมเครื่องวัดผลการกระจายตัวของปุ๋ยให้ได้มุมจาก 0°- 360° ก็จะตอบโจทย์ได้ตามองศาที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

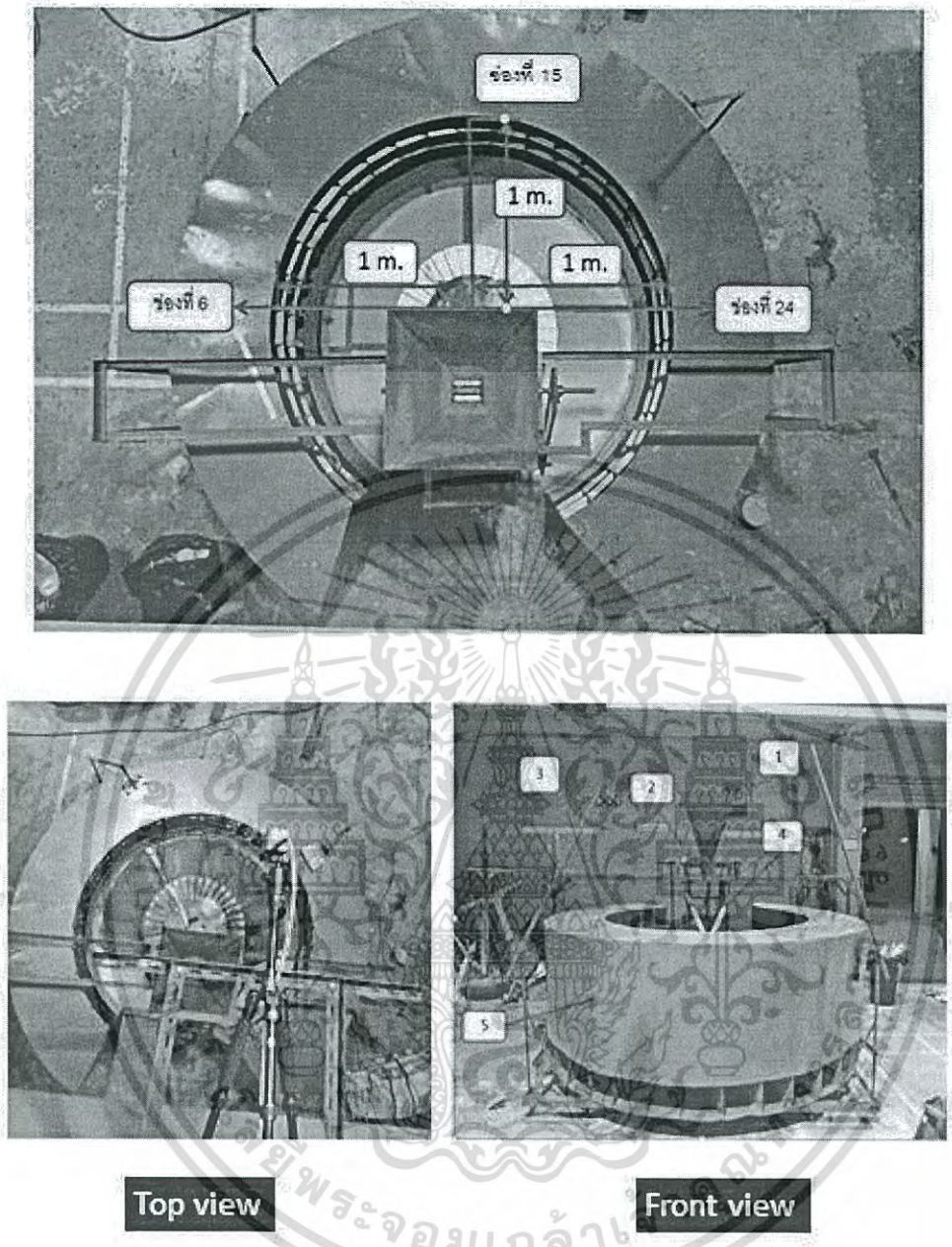
6.1 ตารางสรุปผลงานที่ได้จากงานวิจัย

ผลงาน	ระบุรายละเอียดให้ชัดเจนระบุรายละเอียดให้ชัดเจน	จำนวนที่คาดว่าจะได้	ปีที่คาดว่าจะสำเร็จ
1. การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ(Publications)			
ระดับนานาชาติ	International Symposium on Fundamental and Applied Sciences March 29-31,2017 Nagoya, Japan		
Oral Presentation a paper entitled	Investigate the Design Parameters of a Centrifugal Disc by the Tangential and Cylindrical Distribution Pattern Apparatus	1	2560
2. ต้นแบบ กรุณาระบุระดับของต้นแบบ ดังนี้			
■ ระดับห้องปฏิบัติการ (Lab Prototype)	เครื่องทดสอบจานเหวี่ยงเพื่อวัดประสิทธิภาพการหว่านในระดับห้องปฏิบัติการ	1	2560
3. มีการผลิต ชิ้นงาน/นวัตกรรม/ผลิตภัณฑ์	เครื่องทดสอบจานเหวี่ยง สำหรับการหว่านวัสดุเกษตร เพื่อวัดประสิทธิภาพการหว่านในระดับห้องปฏิบัติการ	1	2560



รูปที่ 6.1 ต้นแบบอุปกรณ์ทดสอบจานเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 ต้นแบบใช้งานเครื่องทดสอบจานเหวี่ยงหนีศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

C.J. Coetzee , S.G. Lombard. (2011) **Discrete element method modelling of a centrifugal fertiliser spreader**. biosystems engineering 109 (2011) 308-325.

J. Reumers , E. Tijskens , H. Ramon. (2003) **Experimental Characterisation of the Tangential and Cylindrical Fertiliser Distribution Pattern from a Spinning Disc:A Parameter Study**. Biosystems Engineering (2003) 86 (3), 327–337.

J. Reumers , E. Tijskens , H. Ramon. (2003) **Experimental Characterisation of the Cylindrical Distribution Pattern of Centrifugal Fertiliser Spreaders: towards an Alternative for Spreading Hall Measurements**. Biosystems Engineering (2003) 86 (4), 431–439.

P. Van Liedekerke , E. Tijskens , H. Ramon. (2009) **Discrete element simulations of the influence of fertiliser physical properties on the spread pattern from spinning disc spreaders**. biosystems engineering 102 (2009) 392–405.

A. Aphale , N. Bolander , J. Park , L. Shaw , J. Svec , C. Wassgren. (2003) **Granular Fertiliser Particle Dynamics on and off a Spinner Spreader**. Biosystems Engineering (2003) 85 (3), 319–329.

G. Kweon , T.E. Grift. (2006) **Feed Gate Adaptation of a Spinner Spreader for Uniformity Control.** Biosystems Engineering (2006) 95 (1), 19–34.

C. Yenphayab , T. Takigawa , P. Krittiyapornpong. (2010) **Development of Chemical Fertilizer Applicator for Oil Palm Plantation in Thailand.** 69th Annual Meeting of The Japanese Society of Agricultural Machinery, September 2010, Ehime, Japan. 8 p.

C. Yenphayab , T. Takigawa , P. Krittiyapornpong. (2011) **Map Based Fertilizer Application by Using 2 Application Methods.** 70th Annual Meeting of The Japanese Society of Agricultural Machinery, September 2011, Aomori, Japan. 7 p.

P. Van Liedekerke , E. Tijskens , H. Ramon. (2009) **Discrete element simulations of the influence of fertiliser physical properties on the spread pattern from spinning disc spreaders**. biosystems engineering 102 (2009) 392–405.

Paul Van Liedekerke , Emmanuel Piron , Jürgen Vangeyte , Sylvain Villette ,Herman Ramon , Engelbert Tijskens. (2008) **Recent results of experimentation and DEM modeling of centrifugal fertilizer spreading.** Granular Matter (2008) 10:247–255.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Ishola T., Yahya A., Shariff M. and Abd Aziz S. 2011. **A new concept of Variable Rate Technology fertilizer applicator for oil palm.** Department of Biological and Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia. 6 p.

Dintwa, E., Van Liedekerke, P., Olieslagers, R., Tijskens, E., & Ramon, H. (2004). **Model for simulation of particle flow on a centrifugal fertiliser .spreader** Biosystems Engineering, 87(4),407e415.

Experimental Characterisation of the Tangential and **Cylindrical Fertiliser Distribution Pattern from a Spinning Disc**: A Parameter Study J. Reumers; E.Tijskens; H. Ramon

Experimental Characterisation of the **Cylindrical Distribution Pattern of Centrifugal Fertiliser Spreaders**: towards an Alternative for Spreading : Hall Measurements J. Reumers; E. Tijskens; H. Ramon

อภิชาต , พัฒนสรรค์ และ ปรีชา (2548) **เครื่องหว่านปุ๋ยในสวนปาล์ม.** ปริญญานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร. 71 น.

มงคล , นรุตม์ และ ยินดี (2549) **การออกแบบพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยในแปลงปาล์มด้วยลม.** ปริญญานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร. 65 น.

อดิศักดิ์ และ อนุชา (2551) **เครื่องหว่านปุ๋ยโดยใช้จานเหวี่ยงปุ๋ยหนีศูนย์และระบบลม.** ปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร. 80 น.

กิตติศักดิ์ , นิตย์สกุล และ พรศักดิ์ (2555) **การพัฒนาต้นแบบเครื่องหว่านปุ๋ยแบบ Multi-Fertilizer ชนิดต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ สำหรับสวนปาล์มน้ำมัน.** ปริญญานิพนธ์สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร.

พรชัย , วุฒิชัย และ อาคม (2559) **เครื่องมือสำหรับวัดผลประสิทธิภาพการหว่านปุ๋ยของกลไกจานเหวี่ยงหนีศูนย์** ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Investigate the Design Parameters of a Centrifugal Disc by the Tangential and Cylindrical Distribution Pattern Apparatus

Charatchai Yenphayab[a], Pongsak Krittayapornpong[b]

[a] Assistant Professor , Department of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Thailand

E-mail address: charatchai.ye@kmitl.ac.th

[b] Engineer , Agricultural Food and Energy Center, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus, Thailand

E-mail address: -

1. Background

The multi-fertilizer applicator was introduced to fulfill the nutrition management in oil palm plantation in Thailand.(Yenphayab, 2010) The distributing units of the applicator composed of a pneumatic system and three centrifugal discs. (Yenphayab, 2011) Since each disc was designed for specific fertilizer to achieve the precise application, (Yenphayab, 2016) then the completion of centrifugal discs design require a huge number of experiments. This study aims to develop an apparatus to investigate the distribution patterns by a centrifugal disc spreader. The apparatus measures the uniformity of distribution pattern with tangential and cylindrical distribution method.(Reumer, 2003) The apparatus was fabricated and employed to investigate some parameters, which affect the distribution pattern characterizations of three single-element fertilizers such as urea, di-ammonium phosphate, and kieserite.

2. Methods

The experiments for characterizations of the tangential and cylindrical fertilizer distribution pattern composes of 3 units such as 1) Fertilizer distributing unit 2) High-speed video recorder 3) Cylindrical compartment apparatus. The fertilizer distributing unit constitutes a flat type centrifugal disc with 4 blades assemble under a fertilizer container which install a flute roller metering device. The feeding point above the disc designs for ease of relocation, to study the relation of feeding positions and distribution patterns. The cylindrical apparatus was developed to capture fertilizer from the disc edge, there are 30 compartments array circularly and locate from the center of the disc for 1.0 m. After fabrication, the experiments were conducted to measure the distribution patterns when applying 3 fertilizers, with 3 application rate as 4.25, 9.19, and 19.31 kg/min and varying the feeding positions for 8 points above the disc. Each experimental condition operates for 3 replications, so therefore the 216 experiments were conducted in this study. The high-speed camera was implemented to film the off-disc movement of fertilizer particle.

3. Results

The distributions of fertilizer mass in each compartment explain the horizontal outlet angle, which characterizes the swath width of fertilizer distribution pattern. The results show that the higher application rate provided the bigger swath width. The variation of feeding positions and type of fertilizers are not very effect on the swath width.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The high-speed films give the explanations about the position of fertilizer particle start and stop leaving the disc and the direction of leaving. In addition, it shows the position of fertilizer particle stops leaving from the disc too. The results show that the variation of feeding positions took a huge effect on the position of fertilizer particle start and stop leaving the disc. While application rate is not very effect on these movements.

This experimental apparatus could provide the simulated static distribution pattern by applying the distributions of fertilizer mass in each compartment, the high-speed films, and calculation of the ballistic flight. (Srivastava, 1993) However, the simulated static distribution patterns are not very similarly to the actual static distribution patterns by the standard method.

In conclusion, the experimental apparatus provide enough proficiency to investigate the distribution patterns of the centrifugal disc spreader. It's possible to substitute the standard method, (ASAE S341.2) which requires a huge area, spend a lot of time and cost. The characterization of distribution patterns by this apparatus, explain the swath width, the location of distribution pattern, the location of the highest deposit fertilizer, and the evenness of the distribution pattern. These findings benefit for inventor to design the new model of centrifugal spreader for precision purpose or any specific application.

Keywords: Centrifugal disc spreader, Distribution pattern, Tangential distribution pattern, Cylindrical distribution pattern, Spinner disc spreader

4. Acknowledgment

The authors would like to thank King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus for financially supporting. Moreover, this research co-operated very well with the supportive of the staffs from the Agricultural and Mechanical Engineering Laboratory.

5. References

ASAE Standards, 44th ed. (1997). S341.2. Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating broadcast spreaders. St. Joseph, Mich. ASAE.

Srivastava, A. K., Goering, C. E., and Rohrbach, R. P. (1993). Engineering principles of agricultural machines (No.631.3/S774). St. Joseph, MI: American society of agricultural engineers.

Reumers, J., Tijskens, E., & Ramon, H. (2003). Experimental characterisation of the tangential and cylindrical fertiliser distribution pattern from a spinning disc: a parameter study. Biosystems Engineering, 86(3), 327-337.

Reumers, J., Tijskens, E., & Ramon, H. (2003). Experimental characterisation of the tangential and cylindrical distribution pattern of centrifugal fertiliser spreaders: towards an alternative for spreading hall measurements. Biosystems Engineering, doi, 10, S1537-5110.

Yenphayab, C., Takigawa, T., and Krittayapornpong, P. (2010). Development of Chemical Fertilizer Applicator for Oil Palm Plantation in Thailand. Proc. 69th Annual Meeting of the Japanese Society of Agricultural Machinery, September 2010, Ehime, Japan. P80

Yenphayab, C., Takigawa, T. and Krittayapornpong, P. (2011). Map Based Fertilizer Application by Using 2 Application Methods. Proc. 70th Annual Meeting of the Japanese Society of Agricultural Machinery, September2011, Aomori, Japan. P70.

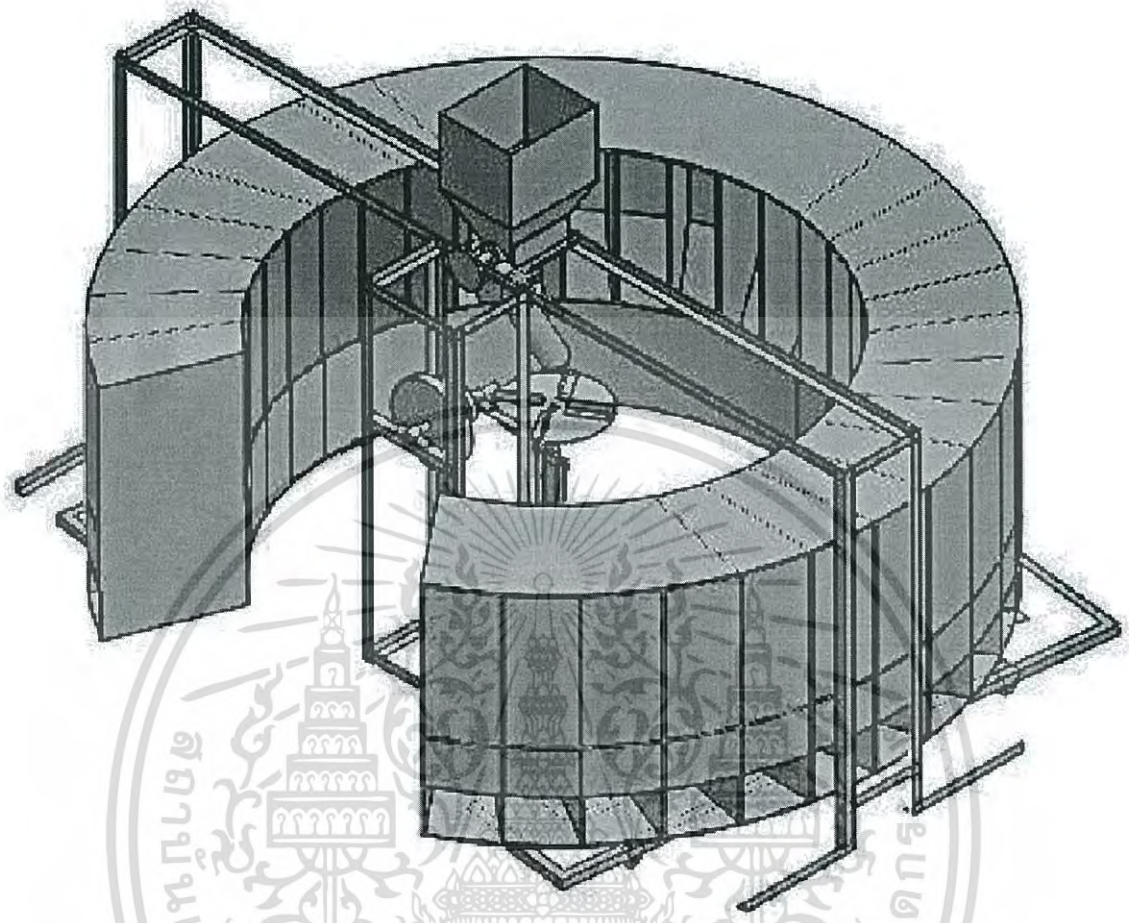
Yenphayab, C., et al.(2016), Multi-fertilizer application technology by using two distributing mechanisms for oil palm plantation. *International Conference on Agricultural and Food Engineering (Cafei2016),Kuala Lumpur, Malaysia.* 52-58.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

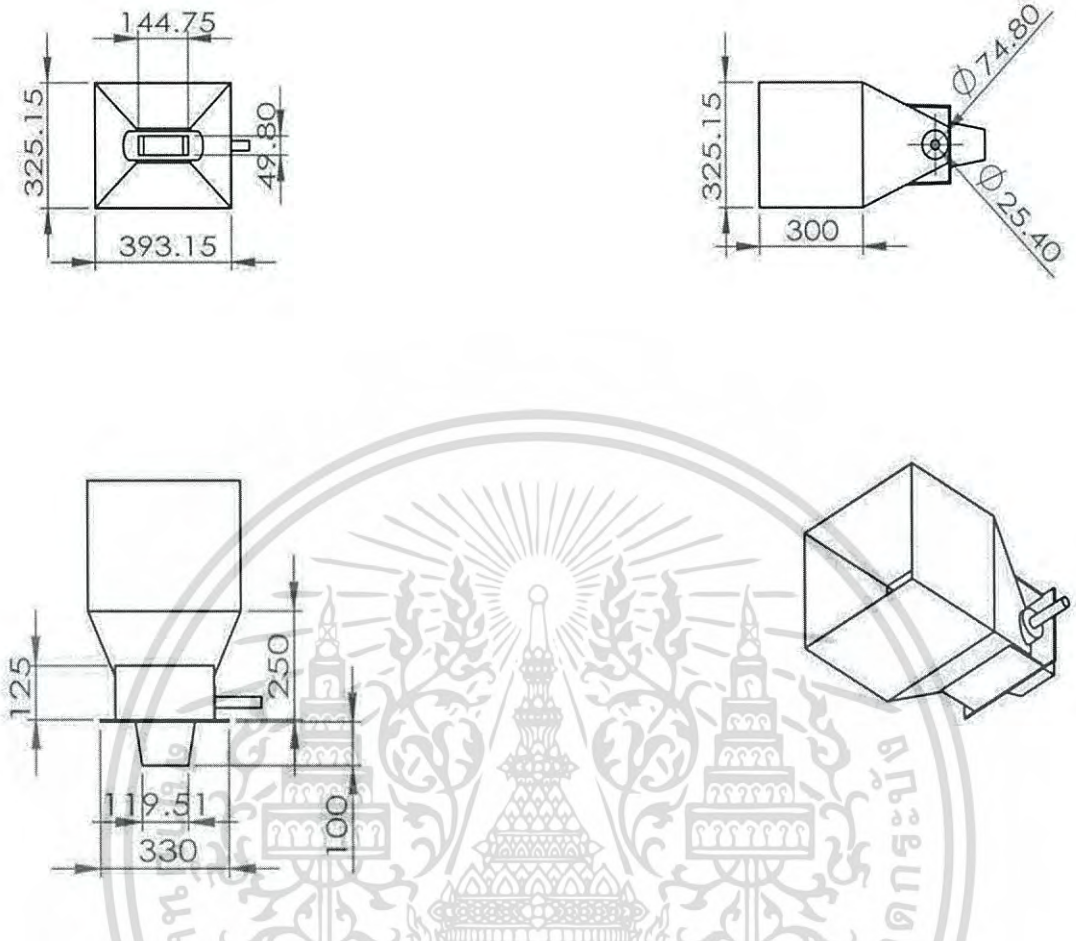
แบบเครื่องทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



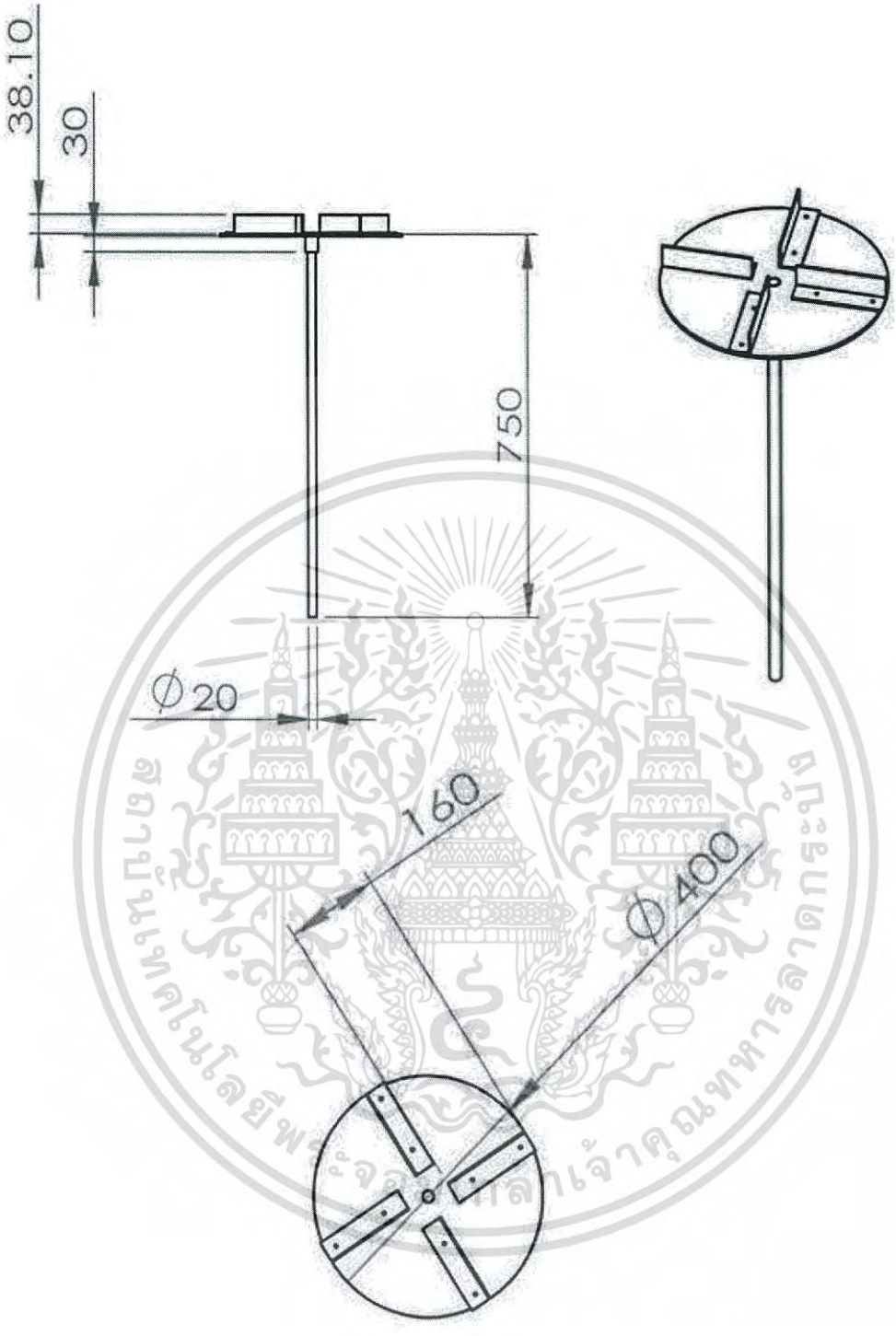
รูปที่ ข.1 เครื่องทดสอบจานเหวี่ยงประกอบสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



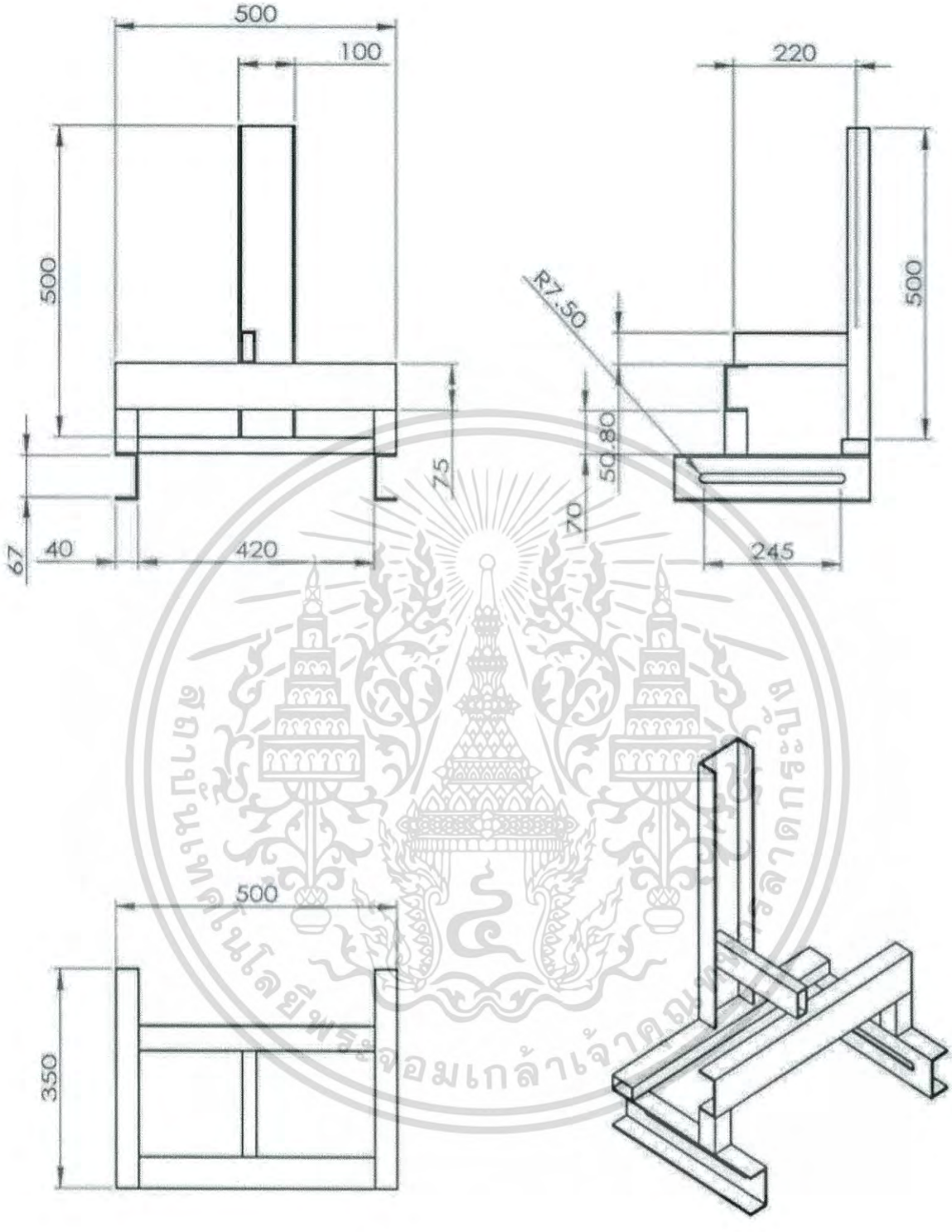
รูปที่ ข.2 ถังบรรจุปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



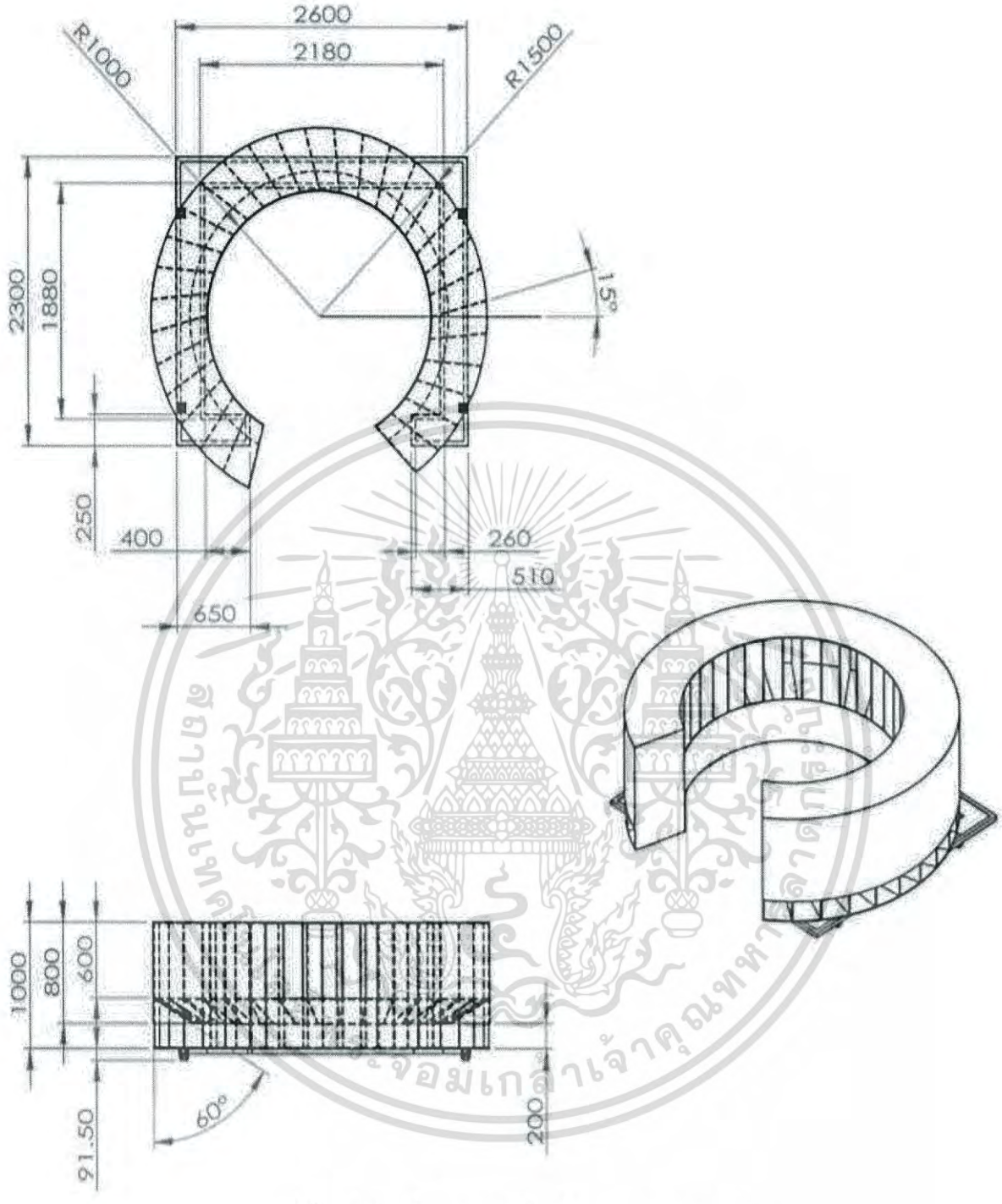
รูปที่ ข.3 จานเหวี่ยงหนีศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



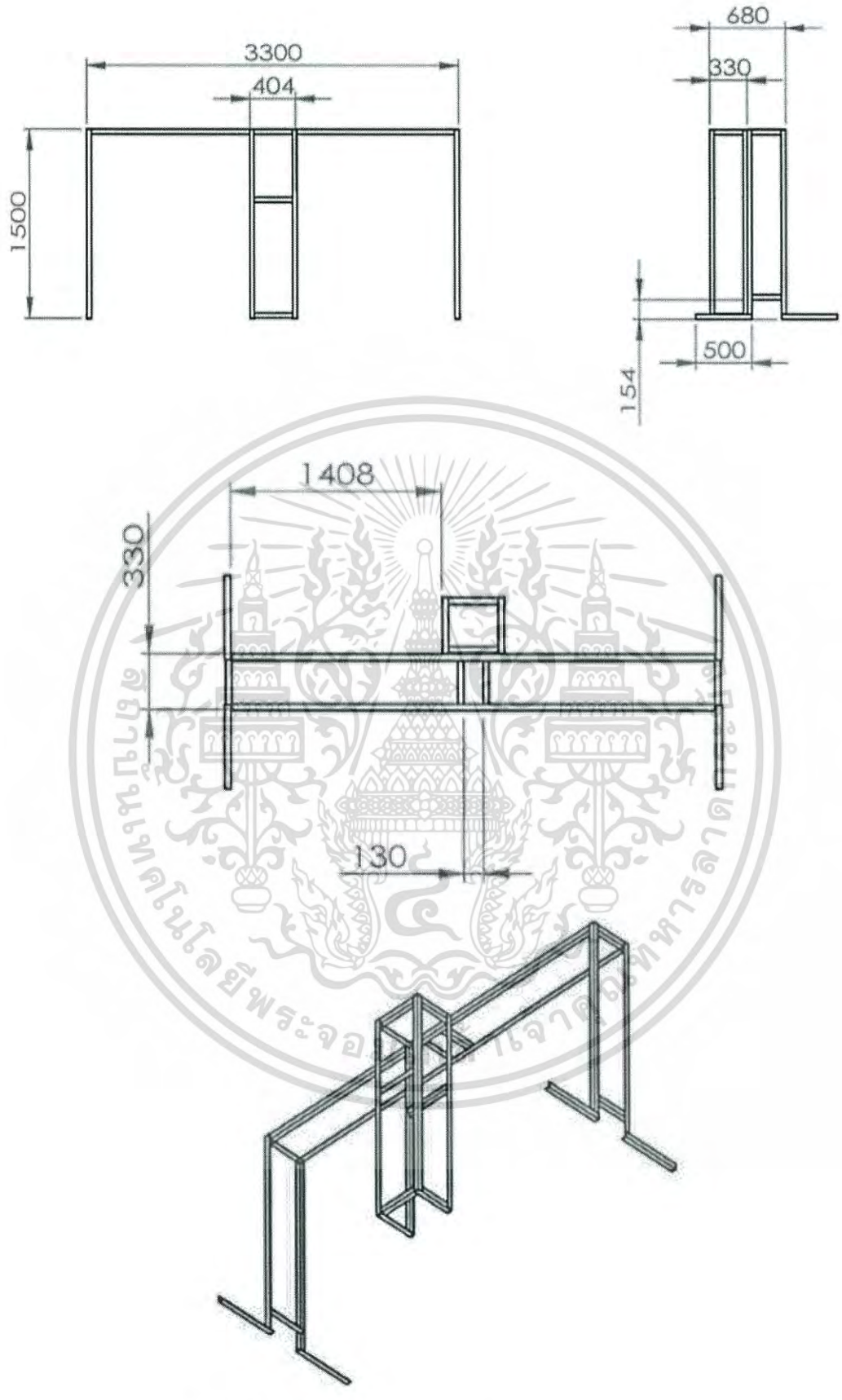
รูปที่ ข.4 แท่นยึดจานเหวี่ยงหนีศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 ช่องเก็บผลการหว่านปุ๋ยแบบทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.6 โครงยึดช่องเก็บผลการหว่านปุ๋ยแบบทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ .....2560-0108-002..... ตั้งแต่วันที่ .....1 ต.ค. 2559..... ถึงวันที่ .....23 ส.ค. 2560.....

แหล่งทุน งบเงินรายได้ ปีงบประมาณ 2560

ชื่อโครงการ : การพัฒนาชุดทดสอบความสม่ำเสมอในการหว่านของกลไกแบบจานเหวี่ยง

ชื่อหัวหน้าโครงการ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรัสชัย เย็นพยับ

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
							ค่าจ้างชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	ค่าสาธารณฯ	ค่าครุภัณฑ์	
	งบประมาณที่ได้รับการอนุมัติ (ตามแผน)												-
6 พ.ย. 59	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 1 = 85%)		55,420.00			9.21							
15 พ.ค. 60	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 2 = 15%)		9,780.00			19.16							
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 3)												
	หัก ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 1 : พ.ย. 2559)			14,568.73				-	-	14,568.73	-	-	14,568.73
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 2 : ธ.ค. 2559)			35,851.27				-	20,000.00	15,851.27	-	-	35,851.27
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 3 : ม.ค. 2560)			2,550.00				-		2,550.00	-	-	2,550.00
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 4 : ก.พ. 2560)			2,450.00				-		2,450.00	-	-	2,450.00
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 5 : ส.ค. 2560)			9,780.00					8,620.00	1,160.00			9780.00
	งบประมาณคงเหลือ		65,200.00	65,200.00	-	28.37	-	-	28,620.00	36,580.00	-	-	65,200.00

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. **ชื่อ** (ภาษาไทย) นายจรัสชัย เย็นพยับ
   (ภาษาอังกฤษ) Mr.CharatchaiYenphayab
2. **เลขหมายประจำตัวประชาชน 3302100293151**
3. **ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตรจารย์**
4. **หน่วยงานที่สังกัดและที่อยู่**

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล แขนงวิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตรอุดมศักดิ์
ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160
โทรศัพท์ 0-7750-6428 โทรสาร 0-7750-6434
มือถือ 098-8302032
E-mail address : charatchai.ye@kmitl.ac.th

Marital status : Single
Date of Birth : October 10th, 1978
Nationality : Thai
Religion : Buddhism

Contact address
Office : Mechanical Engineering (program in Agricultural Engineering) School of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Prince of ChumphonCampus
17/1 M6, Chumco, Pathiu, Chumphon86160 THAILAND
Telephone : Office +66-7750-6410 ext.4206
FAX : Office +66-7750-6425

Home :40 M10Kradungngha, Bangkontee, Samutsongkarm75120THAILAND
Home +66-3476-1981
Mobile +66-9-8830-2032
E-Mail :charatchai.ye@kmitl.ac.th ,papabird112@yahoo.com ,papabird112@gmail.com

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.ม.	วิศวกรรมเกษตร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2547
วศ.บ.	วิศวกรรมเกษตร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2543
กำลังศึกษาระดับปริญญาเอก	Appropriate Technology and	University of Tsukuba , JAPAN	2552-ปัจจุบัน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	Sciences for Sustainable Development		

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ **สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย**

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

ปี พ.ศ.	ทุนวิจัย	แหล่งทุนวิจัย
2544-2545	โครงการวิจัย: Design and Development on a Garlic Planter ตำแหน่ง: **ผู้ร่วมวิจัย**	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
2545-2546	โครงการวิจัย: Design and Development of Automatic Dry Feed Dispensers ตำแหน่ง: **ผู้ร่วมวิจัย**	คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
2547-2548	โครงการวิจัย: การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ของเครื่องอัดแบบลูกกลิ้งอัด ตำแหน่ง: **ผู้ร่วมวิจัย**	วิทยาเขตชุมพรฯ สจล.
2547-2548	โครงการวิจัย: การศึกษาผลของการใช้เครื่องหว่านปุ๋ยชนิดต่อพ่วงกับแทรกเตอร์ในแปลงปาล์มน้ำมัน ตำแหน่ง: **ผู้ร่วมวิจัย**	วิทยาเขตชุมพรฯ สจล.
2554-2555	โครงการวิจัย: การออกแบบและพัฒนาเครื่องหว่านปุ๋ยในสวนปาล์มน้ำมันแบบต่อพ่วงรถแทรกเตอร์ ตำแหน่ง: **ผู้ร่วมวิจัย**	วิทยาเขตชุมพรฯ สจล.
2559-ปัจจุบัน	โครงการวิจัย: การพัฒนาชุดทดสอบความสม่ำเสมอในการหว่านของกลไกจานเหวี่ยง ตำแหน่ง: **หัวหน้าโครงการ**	วิทยาเขตชุมพรฯ สจล.
2559-ปัจจุบัน	โครงการวิจัย: การศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของการนำทาง กาบ และกะลามะพร้าว มาทำเป็นวัสดุปลูกสำเร็จรูป สำหรับต้นหน้าวัว ตำแหน่ง: **ผู้ร่วมวิจัย**	วิทยาเขตชุมพรฯ สจล.
2560-ปัจจุบัน	โครงการวิจัย: การพัฒนากลไกควบคุมอัตโนมัติสำหรับเครื่องหว่านปุ๋ยแบบ Multi-fertilization เพื่อการหว่านปุ๋ยที่แม่นยำในแปลงปาล์มน้ำมัน ตำแหน่ง: **หัวหน้าโครงการ**	สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)
2560-ปัจจุบัน	โครงการวิจัย: PRE-SEED FUND พัฒนาระบบเครื่องจักรกลขนาดเล็กสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุเกษตรเหลือใช้ในท้องถิ่น ตำแหน่ง: **หัวหน้าโครงการ**	ทปอ. (Innovation Hub – Food & Agriculture)
2560-ปัจจุบัน	โครงการวิจัย: Start-up พัฒนาระบบเครื่องจักรกลขนาดเล็กสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุเกษตรเหลือใช้ในท้องถิ่น ตำแหน่ง: **หัวหน้าโครงการ**	ทปอ. (Innovation Hub – Food & Agriculture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

1. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา เครื่องจักรกลเกษตร (Agricultural Machinery)
2. เอกสารคำสอน จรัสชัย เย็นพยับ,2552, วิศวกรรมเกษตรและเครื่องจักรกลเกษตรเบื้องต้น (Fundamental of Agricultural Engineering and Farm Machinery), พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์โดยบริษัท มิสเตอร์ก๊อปปี้ (ประเทศไทย) จำกัด 304 หน้า. รวบรวมและพัฒนาเพื่อใช้ประกอบการสอนรายวิชา เครื่องจักรกลเกษตร (Agricultural Machinery) และเครื่องจักรกลในฟาร์ม (Farm Machinery)

การเสนอผลงานวิชาการ

English(ประชุมวิชาการนานาชาติ)

Yenphayab C, Benjapragairat.J and Kingthong S. 2003.Design and Development of a Garlic Planter in Thailand. Proceedings of the International Workshop 2003 on theme" Agricultural Engineering and Agro-Products Processing Toward Mechanization and Modernization in Agriculture and rural areas". December 11-12, 2003. Ho Chi Minh City – VIETNAM.

Benjaphragairat,J .Kingthon. S and **Yenphayab C**. 2004. Design and Modification of a Bucket for Metering System in Garlic Planter. In Proceeding of the second International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agricultural and Bio-systems Engineering. September 21-23, 2004. Kobe University, Japan.

Yenphayab C, Kingthong S and BenjapragairatJ . 2005. Design of Pellet Fish Spreader. Proceedings of the International Workshop 2005 on theme" Strengthening the Application of Agricultural Engineering and Post-harvest Technology for Effective and Sustainable Development in Agricultural Production".December 13-14, 2005 Hanoi – VIETNAM.

Praditsuwan S, **Yenphayab C**, Kingthong S and Benjapragairat J. 2005. The 8-rows Garlic Planter installed with 5-HP Engine Power Tiller. Proceedings of the International Workshop 2005 on theme" Strengthening the Application of Agricultural Engineering and Post-harvest Technology for Effective and Sustainable Development in Agricultural Production".December 13-14, 2005 Hanoi – VIETNAM.

Yenphayab C and Krittiyapornpong P. 2007. Design of Fertilizer Broadcasting Attached to Small Tractor for Oil Palm Plantation. Proceedings of the International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering & Post Harvest/Production Technology. January 21-24, 2007. Sofitel Raja Orchid Hotel, KhonKaen, Thailand.

Yenphayab C., Takigawa T. and Krittayapornpong P. Development of Chemical Fertilizer Applicator for Oil Palm Plantation in Thailand .*69th Annual Meeting of The Japanese Society of Agricultural Machinery(JSAM)*, September 2010, Ehime, Japan.

Yenphayab C., Takigawa T. and Krittayapornpong P. Map Based Fertilizer Application by Using 2 Application Methods.*70th Annual Meeting of The Japanese Society of Agricultural Machinery (JSAM)*, September 2011, Aomori, Japan.

Yenphayab C., Takigawa T. and Noguchi R. "Multi-fertilizer Application Technology by Using 2 Distributing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mechanisms for Oil Palm Plantation."The 3rd International Conference on Agricultural and Food Engineering, August 2016, Kuala Lumpur, Malaysia.

Yenphayab C and Krittiyapornpong P. 2017.Investigate the Design Parameters of a Centrifugal Disc by the Tangential and Cylindrical Distribution Pattern Apparatus. International Symposium on Fundamental and Applied Sciences (ISFAS), March 29-31,2017. NAGOYA, Japan.

Thai(ประชุมวิชาการในประเทศ)

Yenphayab C, Benjapragairat.J and Kingthong S. 2003. Study and Experimental of 5 types Metering Device for Garlic Planter. Proceedings of Thai Society of Agricultural Engineering(TSAE) Annual Conference 4th , Kasedsart University, Bangkok, Thailand.

Yenphayab C, Benjapragairat.J and Kingthong S. 2004. Design and Development of a Garlic Planter Attached to 5 HP Engine Power Tiller. Proceedings of Thai Society of Agricultural Engineering(TSAE) Annual Conference 5th , Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand.

Yenphayab C, Benjapragairat.J and Kingthong S. 2005. Design and Development of a Garlic Planter Attached to 5 HP Engine Power Tiller. Proceedings of Thai Society of Agricultural Engineering(TSAE) Annual Conference 6th , Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.

Yenphayab C and Krittiyapornpong P. 2007. The Study of Factors Affecting the Rolling Mechanism to Form Pellet Manure. Proceedings of Thai Society of Agricultural Engineering(TSAE) Annual Conference 8th , January 21-24, 2007. Sofitel Raja Orchid Hotel, KhonKaen, Thailand.

Yenphayab C and Krittiyapornpong P. 2008. Design of Pneumatic Conveyer-Fertilizer Distributor for Oil Palm Plantation. Proceedings of Thai Society of Agricultural Engineering(TSAE) Annual Conference 9th , January 31- February 1, 2008. Imperial Mae Ping Hotel, Chiangmai, Thailand.

ศรราม คีรีทอง, สุทธิธรรม แผ่ดิลกกุล, คเณศ บุณยรัตน์ และ **ผู้ช่วยศาสตรจารย์จรัสชัย เย็นพยับ.** 2560. การปรับปรุงกลไกอัดเม็ดปุ๋ยและศึกษาผลของความชื้นของวัสดุสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์. ในการประชุมวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 23 ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2560

เกรียงศักดิ์ ผลาหาญ, ปรเมศ คุ้มสมบัติ, พัชรี มั่นคง, ศรราม คีรีทอง และ **จรัสชัย เย็นพยับ.** 2561. การพัฒนาระบบเครื่องจักรกลขนาดเล็กสำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุเกษตรเหลือใช้ในท้องถิ่น. ในการประชุมวิชาการโครงงานวิศวกรรมเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 24 ณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ร่วมโครงการ

1. **ชื่อ** (ภาษาไทย) นายพงษ์ศักดิ์ กฤตยพรพงศ์
   (ภาษาอังกฤษ) Mr.PongsakKrittayapornpong
2. **เลขหมายประจำตัวประชาชน**
3. **ตำแหน่ง** นักวิชาการเกษตร 5
4. **หน่วยงานที่สังกัดและที่อยู่**

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร ตำบลสุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 86160
โทรศัพท์ 0-7750-6428 โทรสาร 0-7750-6434
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-9723-6088
E-mail address :

5. **ประวัติการศึกษา**

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา(ตรี โท เอก และประกาศนียบัตร)	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน	ประเทศ
2525	ปริญญาตรี	วศบ. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	วิศวกรรมเกษตร	-	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

6. **สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ**

เครื่องจักรกลเกษตร

7. งานเผยแพร่ผลงานวิชาการ

Yenphayab C and Krittiyapornpong P. 2007. Design of Fertilizer Broadcasting Attached to Small Tractor for Oil Palm Plantation. Proceedings of the International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering & Post Harvest/Production Technology. January 21-24, 2007. Sofitel Raja Orchid Hotel, KhonKaen, Thailand.

Yenphayab C.,Takigawa T. and Krittayapornpong P. Development of Chemical Fertilizer Applicator for Oil Palm Plantation in Thailand .*69th Annual Meeting of The Japanese Society of Agricultural Machinery(JSAM)*, September 2010, Ehime, Japan.

Yenphayab C.,Takigawa T. and Krittayapornpong P. Map Based Fertilizer Application by Using 2 Application Methods.*70th Annual Meeting of The Japanese Society of Agricultural Machinery (JSAM)*, September 2011, Aomori, Japan.

Yenphayab C and Krittiyapornpong P. 2017.Investigate the Design Parameters of a Centrifugal Disc by theTangential and Cylindrical Distribution Pattern Apparatus. International Symposium on Fundamental and Applied Sciences (ISFAS), March 29-31,2017. NAGOYA, Japan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yenphayab C and Krittiyapornpong P. 2007. The Study of Factors Affecting the Rolling Mechanism to Form Pellet Manure. Proceedings of Thai Society of Agricultural Engineering(TSAE) Annual Conference 8th , January 21-24, 2007. Sofitel Raja Orchid Hotel, KhonKaen, Thailand.

Yenphayab C and Krittiyapornpong P. 2008. Design of Pneumatic Conveyer-Fertilizer Distributor for Oil Palm Plantation. Proceedings of Thai Society of Agricultural Engineering(TSAE) Annual Conference 9th , January 31- February 1, 2008. Imperial Mae Ping Hotel, Chiangmai, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้