



ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2533

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบชุดนวด สำหรับเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลือง

ผู้จัดทำ

นายสมหัตม์ คุณภาวิวัฒน์กุล



..... (อาจารย์ที่ปรึกษา)
(ผศ. ปาเมณัส คิริสมบูรณ์)

..... (อาจารย์ที่ปรึกษา)
(ผศ. วรณา ตั้งเจริญชัย)

สารบัญ

หน้า

สารบัญ

(ก)

สารบัญรูปภาพ

(ค)

สารบัญตาราง

(ช)

บทที่ 1 บทนำ

1

1.1 ความสำคัญของโครงการ

1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

2

1.3 การตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับ การศึกษาและพัฒนาเครื่องบิน
และเครื่องเกี่ยวขนาดตัวเหลือง

3

1.4 การตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับการสูญเสียผลผลิตกับภัย
ในระหว่างเก็บเกี่ยวและนวด

11

1.5 การตรวจสอบเอกสารเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพ

12

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

17

2.1 ทฤษฎีของการนวด

17

2.1.1 ระบบการนวดแบบครีป

17

2.1.2 ระบบการนวดแบบฟัน

21

2.1.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการนวด

25

2.1.4 ทฤษฎีแรงที่ใช้ในการแยกเมล็ดออกจากต้นและฝัก

38

2.1.5 กำลังที่ใช้ในการนวด

45

2.2 คุณสมบัติทาง Aerodynamic ของธัญพืช

53

2.2.1 สัมประสิทธิ์ของแรงต้าน

54

2.2.2 ความเร็วสุดท้าย

58

2.2.3 พื้นที่ฉาย

63

2.2.4 การวางตัวของวัตถุ

63

2.2.5 การแยกเมล็ดธัญพืชออกจากวัสดุอื่น

63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3	การทดลองและผลการทดลอง	67
3.1	การวัดขนาดสำคัญต่าง ๆ ของเครื่องวัด	67
3.2	การวัดอัตราเร็วลมที่ใช้แยกทำความสะอาดเมล็ดข้าวเหลือง	69
3.3	การสุ่มตัวอย่างใหม่แปลงเพาะปลูกข้าวเหลือง	72
3.4	การศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับต้นข้าวเหลือง	73
3.5	การทดสอบการเวดข้าวเหลือง	81
3.6	วิธีวิเคราะห์คุณภาพ	87
3.7	สรุปผลการทดลอง	98
บทที่ 4	การออกแบบ	132
4.1	กระบวนการออกแบบ	132
4.2	ระบบเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวเหลือง	133
4.3	ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบชุดขนาดข้าวเหลืองสำหรับ เครื่องเกี่ยวขนาดข้าวเหลือง	136
4.4	แบบ	139
4.4.1	นั่งงานออกแบบ (Planning design)	139
4.4.2	แบบชิ้นส่วนต่าง ๆ (Part design)	140
4.4.3	แบบประกอบชิ้นส่วน	
บทที่ 5	บทวิจารณ์ และสรุป	
5.1	บทสรุป	
5.2	บทวิจารณ์	

ภาคผนวก

กิจกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ลักษณะชุดขนาดแบบกองเกษตวิศกรรม	4
1.2	ลักษณะเครื่องขนาดแบบอยู่กับที่ไว้ในประเทศญี่ปุ่น	4
1.3	ลักษณะเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเหลืองและชุดขนาดที่ใช้ในประเทศญี่ปุ่น	5
1.4	เครื่องเกี่ยวขนาดชนิดสกรู	5
1.5	ระบบการขนาดชนิดสับ-ขนาด	6
1.6	เครื่องขนาดแบบขนาดตามแนวแกนสำหรับธัญพืชหลายชนิด	11
2.1	ระบบการขนาด	17
2.2	การแยกเมล็ดจากรวงผ่านตะแกรงขนาด	19
2.3	แผนภาพการแตกความเร็วยของรวงในเครื่องขนาด	19
2.4	ระบบที่ใช้ในการขนาด	21
2.5	การกระจายของพื้นที่ปลูกขนาดและตะแกรงขนาด	21
2.6	การขนาดโดยลูกขนาดแบบพ่นกระทำกับฟ่อนธัญพืช	22
2.7	ไดอะแกรมของระบบการขนาดแบบพ่น	24
2.8	รวงธัญพืชที่กระทบกับครีบ	27
2.9	ตัวอย่างการเข้าของเมล็ดกับครีบที่ตะแกรงขนาด	30
2.10	ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการขนาดโดยลูกขนาดแบบครีบ	31
2.11	ความเร็วเริ่มต้นของวัสดุที่ถูกถึงเข้ามาโดยลูกขนาดแบบครีบ	34
2.12	ชั้นของการป้อนในแนวเส้นรอบวง	34
2.13	ตัวอย่างการป้อนในตำแหน่งต่าง ๆ สัมพันธ์กับแกนลูกขนาด	36
2.14	การหมุนของลูกขนาด	39
2.15	แรงที่ใช้ในการแยกเมล็ดออกจากต้นและฝัก	41
2.16	ระยะ r_c ของวัตถุ	42
2.17	การตั้งแกน $x y z$	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.18	การบีบตัวของัญญาพีระหว่างลูกนวดแบบครึ่งที่ตะแกรงนวด	47
2.19	การเปลี่ยนแปลงในช่องนวด	51
2.20	ปัจจัยที่มีผลต่อกำลัง N	53
2.21	การไหลของของไหลของวัตถุ	54
2.22	สัมประสิทธิ์แรงต้านสำหรับวัตถุที่มีรูปทรงเรขาคณิต	57
2.23	ความสัมพันธ์ระหว่าง N_R กับ CN_R^2 ของทรงกลม	61
2.24	สัมประสิทธิ์แรงต้านกับความเร็วยุติท้ายสำหรับเมล็ดหลายชนิด	66
2.25	เปอร์เซ็นต์การแยกกับความเร็วของอากาศสำหรับเมล็ดหลายชนิด	66
3.1	จุดวัดพื้นที่หน้าตัด	70
3.2	การสูมตัวอย่างต้นแก้วเหลือง	74
3.3	การวัดต้นแก้วเหลืองในระยะ 1 m	75
3.4	วิธีการเก็บตัวอย่าง	77
3.5	วิธีการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง	77
3.6	ลักษณะต้นแก้วเหลืองที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_1)	78
3.7	ลักษณะต้นแก้วเหลืองที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_2)	78
3.8	ลักษณะต้นแก้วเหลืองที่ระยะเวลา 5 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_3)	79
3.9	ลักษณะต้นแก้วเหลืองที่ระยะเวลา 6 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_4)	79
3.10	ลักษณะต้นแก้วเหลืองที่ระยะเวลา 7 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_5)	80
3.11	ลักษณะต้นแก้วเหลืองที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_6)	80
3.12	ช่องทางออกเมล็ดต้นแก้วเหลือง	85
3.13	การวิเคราะห์คุณภาพโดยวิธี Conductivity	95
3.14	แสดงความสูง ความกว้างและน้ำหนักของต้นแก้วเหลือง (ใน 1 ตารางเมตร)	

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.15	แสดงความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองในระยะเวลาตั้งแต่ 3 สัปดาห์ ถึง 8 สัปดาห์หลังออกดอก	101
3.16	แสดงน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง (ต่อ 1 กิโลกรัม) ในระยะเวลาตั้งแต่ 3 สัปดาห์ถึง 8 สัปดาห์หลังออกดอก	102
3.17	แสดงจำนวนฝักและเมล็ดบนต้นถั่วเหลือง ในระยะเวลาตั้งแต่ 3 สัปดาห์ถึง 8 สัปดาห์หลังออกดอก	103
3.18	แสดงปริมาณฝักถั่วที่ระดับความสูงแตกต่างกันจากพื้นดิน (0 cm คือระดับเดียวกับพื้นดิน) ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ถึง 8 สัปดาห์ หลังออกดอก	105
3.19	แสดงจำนวนต้นถั่วเหลืองในถังที่ 1/3 ตารางเมตร	106
3.20	แสดงปริมาณการนวดเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบุงที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที	108
3.21	แสดงปริมาณการนวดเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบุงที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที	109
3.22	แสดงปริมาณการนวดเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบุงที่ความชื้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที	110
3.23	แสดงปริมาณการนวดเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบุงที่ความชื้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที	111
3.24	แสดงปริมาณเมล็ดแตกของถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบุง ที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที	113
3.25	แสดงปริมาณเมล็ดแตกของถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบุง ที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยไม่คิดค่าลิขสิทธิ์ และให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.27	115
3.28	116
3.29	118
3.30	119
3.31	120
3.32	121
3.33	122
3.34	123
3.35	124
3.36	125
3.37	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ความขึ้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที 129

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.38	แสดงค่าการนำไฟฟ้าของถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบึ้ง ที่ความชื้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที	130
3.39	แสดงค่าการนำไฟฟ้าของถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบึ้ง ที่ความชื้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที	131
4.1	แผนผังกระบวนการออกแบบ	132
4.2	แผนภาพความสัมพันธ์ของคน-เครื่องจักร-สภาพแวดล้อม	134
4.3	ภาพร่าง 3 มิติของชุดนวดและแยกทำความสะอาด	140
4.4	ผังงานออกแบบ	141
4.5	แบบลูกนวด	143
4.6	การหาความกว้างของครีบและความโค้งครีบ	144
4.7	แบบครีบลูกนวด	145
4.8	แบบตะแกรงนวด	147
4.9	แบบครีบทะแกรงนวด	148
4.10	แบบฝาครอบ	150
4.11	แบบเกลียว	151
4.12	แบบรางเกลียวและแผ่นกันข้าง	154
4.13	ใบพัดและห้องพัดลม	155
4.14	แบบตะแกรงกันวัสดุ	157
4.15	แบบประกอบชิ้นส่วน	159

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ขนาดต่าง ๆ ของเครื่องเกี่ยวขนาดแบบสกรู	7
2.2	คุณสมบัติของ aerodynamic ของเมล็ดธัญพืชและเมล็ดพลาสติค	62
2.3	ช่วงคุณสมบัติทางนิลิกส์ของเมล็ดและความเร็วอากาศที่ต้องการในการนยุงเมล็ด	65
3.1	ขนาดสำคัญต่าง ๆ ของลูกขนาดแบบครึ่งและฟัน	68
3.2	ชนิดของสายพาน ขนาดมุมและและความเร็วรอบของลูกขนาด	69
3.3	อัตราเร็วลมที่ใช้แยกทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลือง	71
3.4	น้ำหนัก ความสูงของต้นถั่วเหลือง ความกว้างพุ่มที่ระยะเจริญเติบโตต่างๆ	76
3.5	การกระจายฝักถั่ว ต่อต้นและจำนวนต้นในระยะ 1 ๓ ที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ	76
3.6	คำนวณฝักและเมล็ดถั่วเหลืองต่อต้นโดยเฉลี่ย ที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ	82
3.7	น้ำหนักเมล็ดถั่วเหลืองเฉลี่ยต่อ 10 เมล็ด ที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ	82
3.8	สัญลักษณ์ปริมาณ ผลการวิเคราะห์ที่ช่องทางออกต่าง ๆ	84
3.9	การทดสอบการนวด ถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย 1 ที่ความชื้น 5%	88
3.9	(ต่อ) การทดสอบการนวด ถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย 1 ที่ความชื้น 5%	89
3.9	(ต่อ) การทดสอบการนวด ถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย 1 ที่ความชื้น 13%	90
3.9	(ต่อ) การทดสอบการนวด ถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย 1 ที่ความชื้น 13%	91
3.10	เปอร์เซนต์ความชื้นของเมล็ดถั่วเหลือง ที่ระยะเจริญเติบโตต่างๆ กัน	95
3.11	ค่าการนำไฟฟ้าของถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบุ้ง ที่ความชื้น 5%	96
3.12	ค่าการนำไฟฟ้าของถั่วเหลืองพันธุ์ฝักบุ้ง ที่ความชื้น 13%	97
4.1	ขึ้นส่วน	

การออกแบบชุดขนาดสำหรับเครื่องเกี่ยวหวดถั่วเหลือง

มหาตม์ คุณาภีวัฒนกุล

ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

วรรณา ตั้งเจริญชัย อาจารย์ที่ปรึกษา

2534

บทคัดย่อ

ปฏิญานินพนธ์ฉบับนี้ ศึกษาเรื่องการออกแบบชุดขนาดสำหรับเครื่องเกี่ยวหวดถั่วเหลือง ช่วงแรกศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ โดยศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับต้นถั่วเหลือง ได้แก่ ขนาดความกว้างและความสูงของต้น การกระจายฝัก น้ำหนักเมล็ด จำนวนฝักและเมล็ดและจำนวนต้นในพื้นที่ 1 m^2 การทดสอบการหวดโดยใช้เครื่องAlmacoขนาดเล็กโดยวัดเปอร์เซ็นต์การหวด เปอร์เซ็นต์การทำความสะอาด เปอร์เซ็นต์เมล็ดแตก เปอร์เซ็นต์การสูญเสียรวมที่ 3 ความเร็วเชิงเส้นคือ 7.34, 11.81, 10.35 m/s และอัตราการไหลของลมเท่ากับ 0.51, 0.65 m^3/s จากนั้นนำข้อมูลที่ได้และข้อมูลจากการตรวจเอกสารและทฤษฎีมาออกแบบชุดขนาดและชุดแยกทำความสะอาด การออกแบบแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ ฝัງงานออกแบบ การออกแบบชิ้นส่วน การออกแบบประกอบ ส่วนแรกคือ ลูกหวดมีความยาว 50 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 cm ติดครีบบ 6 ครีบ ความกว้างครีบ 5 cm สูง 3 cm ระยะห่างระหว่างครีบ 18.3 cm กำหนดความเร็วรอบของลูกหวดเท่ากับ 600 - 800 rpm ส่วนที่ 2 คือ ตะแกรงหวด ขนาดช่องตะแกรง 18 mm x 18 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กตะแกรงหวด 0.6 cm ตะแกรงหวดยาว 60 cm กว้าง 50 cm บนตะแกรงหวดมีครีบขนาดเดียวกับลูกหวดวางตัวตามยาวจำนวน 3 ครีบ ระยะห่างระหว่างครีบ 25.7 cm ระยะห่างระหว่างตะแกรงหวดกับลูกหวด 1.5 cm วัดจากผิวของลูกหวดที่จุดกึ่งกลางของส่วนโค้งตะแกรงหวดส่วนที่ปากทางป้อนถั่วเหลืองกว้าง 8 cm และทางออกกว้าง 1.5 cm ชุดแยกทำความสะอาดแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นเกลียวและรางเกลียว เกลียวมี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.6 cm (3 in) กว้าง 35 cm รางเกลียวทำด้วยตะแกรงซึ่งมีช่องตะแกรงขนาด 12 mm x 12 mm ส่วนที่ 2 เป็นพัดลมทำความสะอาด ใบพัดลมจำนวน 4 ใบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm หมุนที่ความเร็วรอบ 1300 rpmให้อัตราการไหลของลมเท่ากับ 0.98 m^3/s ช่องทางออกกว้าง 12 cm ยาว 60 cm มุมเอียงของช่องทางออกทำมุมกับแนวราบ 15° ขนาดห้องพัดลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.2 cm ระยะห่างระหว่างผนังห้องพัดลมกับใบพัดลมเท่ากับ 0.1 cm ตะแกรงกันวัสดุกว้าง 12 cm ยาว 60 cm ขนาดช่องตะแกรง 8 mm x 8 mm และได้แสดงแบบประกอบชิ้นส่วนด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN OF THRESHER FOR SOYBEAN COMBINE HARVESTER

Mahart Kunapiwatkul

Panmanas Sirisomboon Advisor

Wanna Tangcharoenchai Advisor

1990

Abstract

This study is to design thresher for soybean combine harvester. Firstly, data of soybean plant which are width and height of the plant, pod distribution, seed weight, number of pod and seed per plant and number of plant in 1 m^2 are studied. Secondly, the threshing test is performed by Almaco small bundle thresher to measure percent of threshing, cleaning, seed damage and total loss at different three peripheral speed of threshing drum (7.34, 11.81, 10.53 m/s) and two different air flow rate (0.51, $0.65 \text{ m}^3/\text{s}$). After the determination of three data, the review of literatures, and theory of threshing, then comes to design threshing system, and cleaning and separating system. The design consists of three steps which are planing design, part design and assembly design. In the part, design the thresher system includes threshing drum, which rotate at design 600-800 rpm, with 50 cm long, 35 cm in diameter, and along its length six rasp-bars with 5 cm width and 3 cm height are attached equally distance around the drum, and threshing concave with 60 cm long 89.4 cm of radius of curvature, and 18 mm x 18 mm screen. Along the concave, 3 rasp-bars are attached 25.7 cm apart from each other. Clearance between the concave and the drum is 1.5 cm measured at center of the concave. The inlet and outlet of threshing channel are 8 cm and 1.5 cm wide, respectively. Cleaning and separating system can be divided into two parts, the separating auger, and its casing and cleaning blower. The auger has 7.6 cm (3 in) pitch and diameter and 60 cm long and the casing made of 12 mm x 12 mm screen. Blower consists of its casing and 4 impellers. Diameter of impeller is 20 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

with 60 cm long, which generate 0.98 m³/s are flow rate at 1300 rpm. Blower outlet has 12 cm wide and 60 cm long, covered with 8 mm x 8 mm screen. The slope angle of the outlet is 15°. Clearance between blower inside wall and impllers is 0.1 cm. In addition to part design, the assembly design is also described.



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันถั่วเหลืองนับว่าเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมาก เพราะถั่วเหลืองเป็นอาหารสำคัญของประชาชน ดังที่เห็นอยู่ในชีวิตประจำวัน คือมีการนำถั่วเหลืองมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารจำนวนมาก เช่น เต้าหู้ น้านมถั่วเหลือง อาหารมังสวิรัต เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นวัตถุดิบที่ป้อนให้โรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันและอาหารสัตว์ อีกทั้งสามารถส่งเป็นสินค้าออกเพื่อหารายได้เข้ามานำพัฒนาประเทศอีกด้วย

การปลูกถั่วเหลืองได้พบว่ามีหลายจังหวัดที่ทำการปลูกถั่วเหลือง เนื่องจากถั่วเหลืองสามารถที่จะขึ้นได้เป็นอย่างดีในสภาพอากาศของประเทศไทย แหล่งที่ปลูกมากได้แก่จังหวัดทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดสุโขทัย เชียงใหม่ กำแพงเพชร อุดรดิตถ์ เลย เป็นต้น (กรมการส่งเสริมการเกษตร, 2529) นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนให้ปลูกถั่วเหลืองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดเลย ขอนแก่น นครราชสีมา จะเห็นได้ว่าในอนาคตแนวโน้มการปลูกถั่วเหลืองจะต้องเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันนี้เกษตรกรจะต้องพยายามหาทางปลูกพืชที่หารายได้ดี และปลูกง่าย ซึ่งจากบทสัมภาษณ์เกษตรกร 2 ราย ที่จังหวัดลพบุรี (ดูภาคผนวก A2) ได้ทราบว่าหลายปีก่อนเกษตรกรได้ทำการปลูกข้าวโพดและฝ้ายมาก่อน และค่อยทำการปลูกถั่วเหลืองตอนหลัง เมื่อทำการปลูกแล้วปรากฏว่าได้ราคาดี และการปลูกง่ายกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น และที่สำคัญปัญหาระหว่างการปลูกไม่ค่อยมี จึงได้ทำการปลูกถั่วเหลืองตลอดมา

การเก็บถั่วเหลืองโดยทั่วไปเกษตรกรจะรอให้ถั่วเหลืองมีใบเหลือง เพื่อให้ความชื้นลดลงแล้วถึงเก็บโดยใช้แรงงานคน จากนั้นตากทิ้งไว้ในไร่นา แล้วจึงนำมานวดโดยใช้แรงงานคนและเครื่องนวด จากนั้นตอนต่างๆ ที่กล่าวมาไม่ว่าจะเป็นปลูก การเก็บเกี่ยว การนวด และการเก็บบรอกการขาย จะสังเกตได้ว่าในระหว่างขั้นตอนนั้นๆ จะมีการสูญเสียถั่วเหลือง จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของเอกสารถือว่าผิดกฎหมาย

เก็บเกี่ยวถึง 21 กิโลกรัมต่อไร่ โดยที่ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวเหลืองประมาณ 2.5 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปีเพาะปลูก 2531/2532) ดังนั้นจะประมาณการสูญเสียผลผลิตเป็นจำนวน 52,000 ตันต่อปี และราคาข้าวเหลืองที่เกษตรกรสามารถขายได้ประมาณ 8.50 บาทต่อกิโลกรัม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ปีเพาะปลูก 2531/2532) เพราะฉะนั้นเกษตรกรจะขาดรายได้ไป 440 ล้านบาทต่อปี จะเห็นได้ว่ามีมูลค่าสูงมากทีเดียว การเก็บเกี่ยวข้าวเหลืองแล้วนวดให้เป็นเมล็ดที่ทั้งเข้ามามีบทบาทสำคัญเป็นอันมาก เนื่องจากสามารถลดขั้นตอนและการสูญเสียผลผลิตข้าวเหลืองที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นงานเก็บเกี่ยว หรือหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งหากเกษตรกรลดการสูญเสียเหล่านี้ไปได้จะมีรายได้เพิ่มขึ้นอีกมาก

การออกแบบชุดนวดข้าวเหลืองเพื่อใช้สำหรับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเหลือง จึงเป็นขั้นตอนหนึ่งของ การพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเหลืองโดยให้มีการสูญเสียทางกล (Mechanical damage) ต่อเมล็ดข้าวเหลืองน้อยที่สุด ซึ่งนอกจากทำให้สามารถนำข้าวเหลืองที่นวดแล้วไปเป็นอาหารหรืออาหารสัตว์ยังสามารถใช้เป็นเมล็ดพันธุ์อีกด้วย

โครงการวิศวกรรมเกษตรฉบับนี้ได้ศึกษาจากทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีผู้เรียบเรียงไว้แล้ว และจากการได้ลงมือปฏิบัติอย่างแท้จริงทำให้เข้าใจปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการนวดข้าวเหลือง และหลักการทำงาน | การทดสอบ การออกแบบชุดนวดข้าวเหลือง จะนำรายงานฉบับนี้จึงสามารถที่จะให้ข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับชุดนวดข้าวเหลืองแก่ผู้สนใจได้มากพอสมควร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบชุดนวดข้าวเหลือง
2. เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยมาออกแบบชุดนวดข้าวเหลืองและใช้ในการพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเหลืองต่อไป
3. เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงการวิศวกรรมเกษตร และรู้จักแก้ปัญหาอันเป็นการนำไปสู่การทำงานในอนาคต

1.3 การตรวจเอกสารเกี่ยวกับ 'การศึกษาและพัฒนาเครื่องนวดและเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลือง

สำหรับเครื่องนวดถั่วเหลืองที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นเครื่องแบบอยู่กับที่ เป็นเครื่องนวดที่กองเกษตรวิศวกรรมได้ออกแบบ ทดสอบและดัดแปลงมาตั้งแต่ปี 2516 (จารุวัฒน์ มงคลธนากรรศ และสายัณห์ ขาวสะอาด, 2528) (รูปที่ 1.1) สามารถใช้ได้กับธัญพืชหลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียวพิวดำ และข้าวฟ่าง เครื่องนวดที่ใช้ลูกนวดเป็นแบบโปร่ง มีความยาว 122 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 cm ลักษณะของฟัน ในช่วงแรกตรงช่องทางป้อนเป็นแบบที่เหล็กกลม (spike tooth) เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm วางสลับฟันปลารอบลูกนวดเป็นความยาว 34 cm ต่อจากนั้นเป็นฟันแบบแผงฟันเหล็กหล่อหรือดริบเหล็กหล่อ (Rasp bar) กว้าง 4.7 cm สูง 2.3 cm ยาว 60 cm โดยบนแผงฟันเหล็กหล่อจะมีซี่เหล็กกลมติดอยู่สลับกัน 4 อัน แล้วต่อด้วยซี่เหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 112 mm เป็นความยาว 14 cm ช่วงสุดท้ายเป็นครีบนุ้ยยาว 14 cm จำนวน 4 อัน ตะแกรงนวดมีลักษณะครึ่งบนเป็นครึ่งวงรีครึ่งล่างเป็นครึ่งวงกลมขนาดรัศมี 26 cm เป็นตะแกรงรูปกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm ในช่วงแรกจากช่องทางป้อนและเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 16 mm ในช่องทางออก ในส่วนครึ่งวงรีบน ใช้ตะแกรงรูปขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm โดยมีดริบบังคับการเคลื่อนที่ 5 ดริบติดอยู่ และตะแกรงล่างมีซี่ฟันเหล็กกลมติดอยู่ 6 อัน ขนาดของเครื่องยนต์มีขนาดไม่ต่ำกว่า 10 Hp ใช้ความเร็วรอบลูกนวด 400-450 350-450 และ 500-600 rpm สำหรับถั่วเหลือง ถั่วเหลืองพิวดำ และข้าวฟ่าง ตามลำดับ ความเร็วรอบพัดลมใช้ 1400-1500 rpm ความถี่ที่ใช้ประมาณ 9-12 8-11 9-11% สำหรับถั่วเหลือง ถั่วเขียวพิวดำ และข้าวฟ่างตามลำดับ จะได้ประสิทธิภาพในการนวดดังนี้

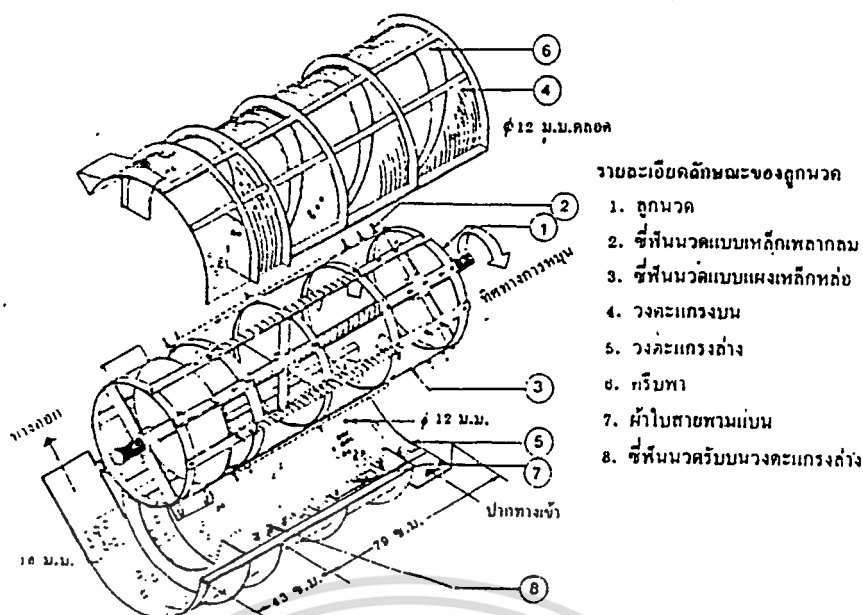
สำหรับถั่วเหลือง ปริมาณเมล็ดที่เวดได้ 200-600 kg/hr ความสะอาดมากกว่า 99% การแตกหักน้อยกว่า 0.5% การสูญเสียน้อยกว่า 0.5%

สำหรับถั่วเขียวพิวดำ ปริมาณเมล็ดที่เวดได้ 400-600 kg/hr ความสะอาดมากกว่า 97% การแตกหัก น้อยกว่า 0.8% การสูญเสียมากกว่า 0.5%

สำหรับข้าวฟ่าง ปริมาณเมล็ดที่เวดได้ 1200-1500 kg/hr ความสะอาดมากกว่า 99% การสูญเสียน้อยกว่า 0.4% การแตกหักน้อยกว่า 0.3%

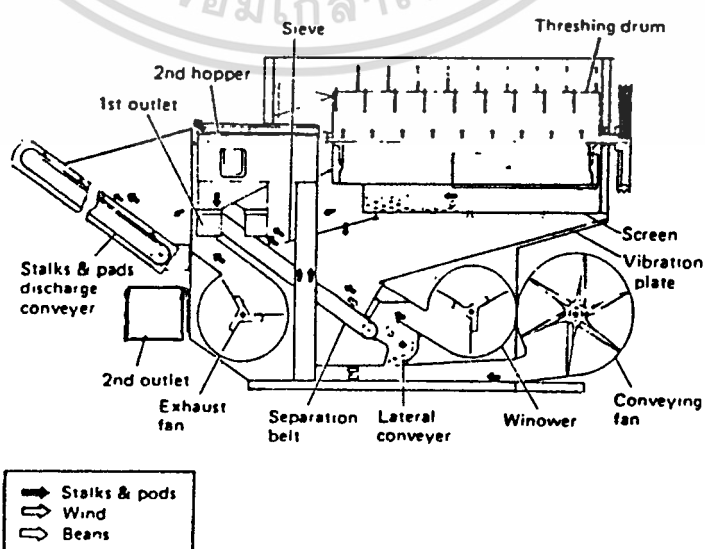
การปรับแต่งเครื่องให้ใช้ได้กับการนวดถั่วเหลืองทำได้โดยเปลี่ยนขนาดรูตะแกรงโยก

เปลี่ยนขนาดรูตะแกรงนวด และปรับความเร็วรอบให้เหมาะกับถั่วเหลืองดังที่กล่าวมาในตอนต้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



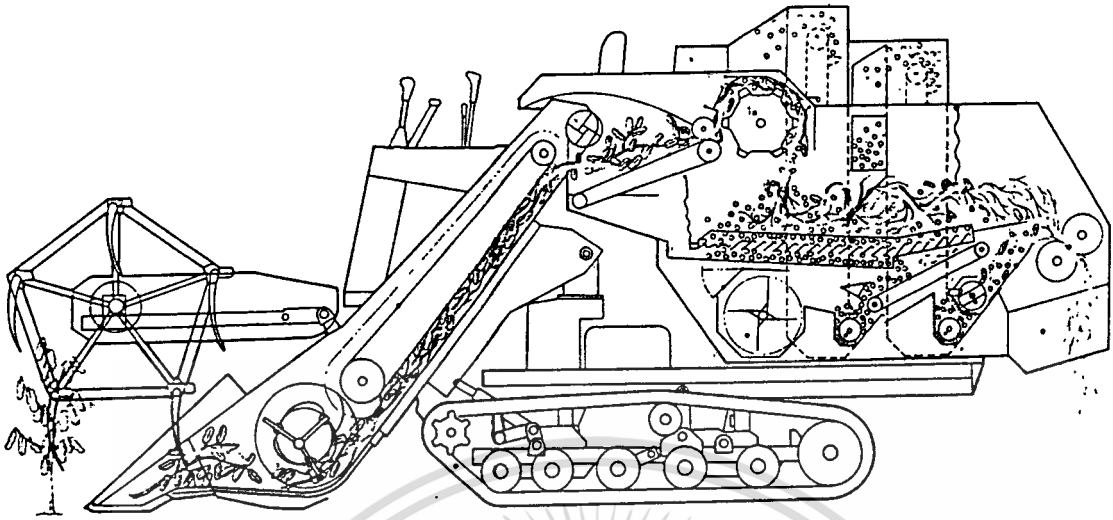
รูปที่ 1.1 ลักษณะชุดลูกนวดแบบกองเกษตรวิศวกรรม

จาก Japan Agriculture Machinery & Engines (1989) กล่าวถึงการออกแบบความเร็วรอบของลูกนวด สำหรับนวดข้าวเปลือกควรมีค่าต่ำกว่าการนวดข้าวหรือข้าวสาลีและตะแกรงนวดที่ใช้จะมีขนาดของรูใหญ่กว่าตะแกรงนวดที่ใช้กับข้าวหรือข้าวสาลี ความเร็วรอบของลูกนวด สำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงควรมีความเร็วรอบที่สูงขึ้นและในทางกลับกันถ้าข้าวเปลือกมีความชื้นต่ำควรมีความเร็วรอบที่ต่ำลงเช่นกัน เครื่องนวดข้าวเปลือกที่ใช้ในประเทศญี่ปุ่นมี 3 แบบ คือแบบอยู่กับที่ (รูปที่ 1.2) แบบเคลื่อนเข้าใช้ได้โดยการลากจูง และระบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง (Combine harvester) (รูปที่ 1.3) มีความสามารถในการนวดอยู่ระหว่าง 200 kg/hr - 1000 kg/hr

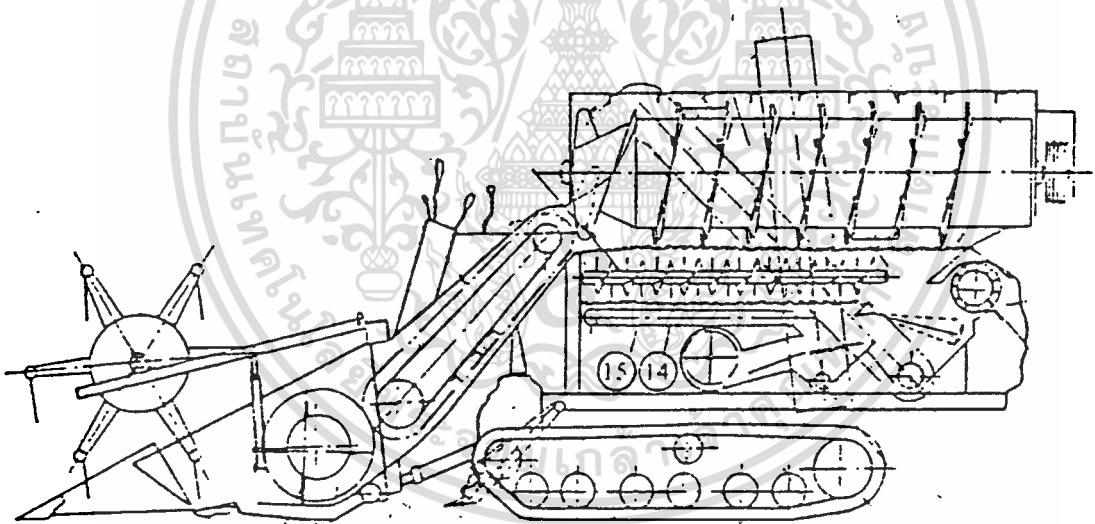


รูปที่ 1.2 ลักษณะเครื่องนวดแบบอยู่กับที่ที่ใช้ในประเทศญี่ปุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะของหน่วยงานนั้น ไม่สามารถเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 ลักษณะเครื่องเกี่ยวเวดถั่วเหลือง และชุดแนวที่ใช้ในประเทศญี่ปุ่น



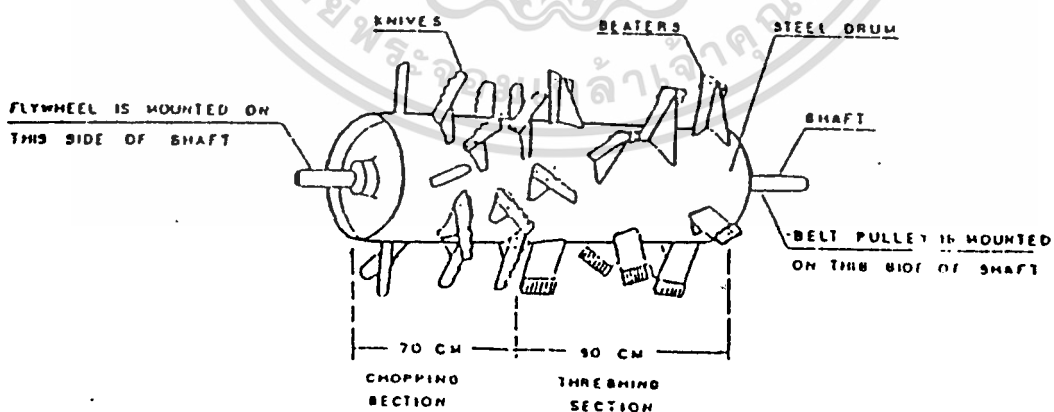
รูปที่ 1.4 เครื่องเกี่ยวเวดชนิดสกรู

Tamohiko Ichikawa และ Takao Sugiyama (1985) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องเกี่ยวเวดด้วยการเวดชนิดสกรูและกลไกการแยกทำความสะอาดชนิดสกรู เช่นกัน ซึ่งได้อธิบายดังนี้(รูปที่ 1.4 และ ตารางที่ 1.1)

1. ระบบการเวดชนิดสกรู เป็นการเวดแบบตามแนวแกน (Axial flow) ซึ่งถูกป้อนเข้าไปในช่องเวดและลำเลียงไปตามความยาวของลูกเวด โดยครีบลูกที่ติดอยู่รอบลูกเวด

นวด ในระหว่างการลำเลียงธัญพืชจะกระทำโดยแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างเกลียวสกรูและตะแกรงนวด เนื่องจากสกรูให้แรงนวดสูงและยังให้แรงในการลำเลียงอีกด้วย และเวลาที่ธัญพืชอยู่ในช่องนวดนาน และสามารถปรับให้เร็วช้าได้ จึงทำให้ประสิทธิภาพการนวดสูง ทั้งยังสามารถใช้กับพืชได้หลายชนิด ที่เกลียวสกรูนี้จะติดตั้งแผ่นสำหรับกวนและซีฟเพิ่มเข้าไป เพื่อป้องกันการติดขัดหรืออุดตันของตะแกรงนวด

2. การแยกทำความสะอาดชนิดสกรู หลังจากนวดแล้ว เมล็ดและฟางจะตกลงด้านล่างสู่ตะแกรงนวดโดยลำเลียงไปโดยเกลียวลำเลียง ซึ่งรางเกลียวลำเลียงเป็นตะแกรงแยก เมล็ดออกจากฟาง ระบบนี้ดีกว่าระบบการแยกแบบสั่นสะเทือนเดิม เนื่องจากกลไกง่ายกว่าและอายุการใช้งานสูงกว่าเพราะมีการสั่นสะเทือนและเคลื่อนที่กลับไปกลับมาค่อนข้างน้อย และข้อดีอีกข้อคือ แม้ว่าเครื่องเกี่ยวนวดจะอยู่ในแนวเอียงระบบการแยกทำความสะอาดแบบนี้ยังทำงานได้สม่ำเสมอ หลังจากที่ได้เมล็ดได้ตกผ่านมายังตะแกรงแยกเมล็ดแล้วจากนั้นเมล็ดถูกลำเลียงไปโดยสายพานสู่ระบบการแยกและการเป่าออกไป ขณะที่ฟางฟางจะถูกดูดออกไปโดยพัดลมดูด ในระบบนี้ขนาดรูของตะแกรงแยกทำความสะอาดจะเล็กกว่าขนาดของรูตะแกรงนวด ดังนั้นการแยกเมล็ดและฟางสามารถทำได้อย่างสม่ำเสมอ



ตารางที่ 1.1 ขนาดต่าง ๆ ของเครื่องเกี่ยวขนาดแบบสกรู

ขนาด		
- ความยาวทั้งหมด	(mm)	5090 (5000*)
- ความกว้างทั้งหมด	(mm)	2440 (2130*)
- ความสูงทั้งหมด	(mm)	2220
- น้ำหนักรวม	(kg)	2950 (3000*)
กำลังเครื่องยนต์	(kw/rpm)	39/2500
ความกว้างในการตัด	(mm)	2134
ระบบขนาด		
ลูกนวด - เส้นผ่านศูนย์กลาง	(mm)	500
- ความยาว	(mm)	2245
- ความเร็วรอบ	(rpm)	296-828
ฟันชนิดสกรู - ความสูง	(mm)	60
- ขนาดฟัน	(mm)	150
ตะแกรงขนาด - ขนาดรู	(mm)	18 x 18 (ตะแกรงคลื่น)
ระบบการแยก		
เกลียวสกรู - เส้นผ่านศูนย์กลาง	(mm)	177
- ขนาดฟัน	(mm)	135
- ความเร็วรอบ	(rpm)	150
ตะแกรงแยก - ขนาดรู	(mm)	12x12 (ตะแกรงคลื่น)

(* เป็นขนาดที่รวมหัวเกี่ยวด้วย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Singh Mishra และ Bachchan Singh (1975) ได้ศึกษาการทำงานของ เครื่องเกี่ยวขนาด 100 Hp มีขนาดใบมีดตัด 4.2 m ลูกนวดชนิดที่เหมาะสมและมีการสูญเสียเมล็ดพืชน้อยที่สุด เครื่องเกี่ยวขนาดมีการปรับส่วนต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพหญ้า เช่น ความชื้น ต้นล้ม พันธุ์ของหญ้า เป็น สำหรับหญ้าที่แตกต่างกันย่อมต้องการช่วงของความเร็วเชิงเส้นลูกนวด และระยะห่างระหว่างลูกนวดกับตะแกรงขนาดต่างกัน สำหรับกัวเหลียงความเร็วเชิงเส้นของลูกนวดควรอยู่ระหว่าง 900-1220 m/min ระยะห่างเฉลี่ย 10-20 mm หากหญ้าที่มีความชื้นสูงความเร็วรอบลูกนวด ควรมีค่าสูงกว่าและระยะห่างต่ำกว่าหญ้าที่มีความชื้นต่ำ ถ้าหญ้าที่มีความหนาแน่นมากควรลดความเร็วของเครื่องเกี่ยวขนาดให้ต่ำลง ความเร็วควรอยู่ในช่วง 2-4.5 km/hr สำหรับหญ้าที่ล้มต้นตั้ง (ไม่ล้ม) ส่วนหญ้าที่ล้มความเร็วควรลดลง

Tandon และ Panwar (1985) ได้ศึกษา การนำเครื่องจักรมาใช้ในการเกี่ยวเกี่ยวและการนวดของกัวเหลียงในประเทศอินเดีย กล่าวถึงการทดสอบเครื่องนวดต่าง ๆ เช่น เครื่องนวด Vogel ที่ใช้มาจากประเทศสหรัฐอเมริกาโดยมหาวิทยาลัย Jabalpur เครื่องนวดนี้มีลูกนวดเป็นแบบนั้น ซึ่งติดอยู่กับลูกนวด ความเร็วรอบที่ใช้ประมาณ 300-700 rpm จากการทดสอบควรลดจำนวนฟันเล่งบ้างเพื่อให้การสูญเสียเมล็ดกัวเหลียงน้อยลง การสูญเสียเมล็ดประมาณ 0.65 % เมล็ดเสียหายประมาณ 11.53 % และประสิทธิภาพการนวด 98.5 % และ ยังได้กล่าวถึงการทดสอบเครื่องนวดที่ออกแบบโดย G.B Pant University of Agriculture and Technology พบว่า อัตราการป้อนและระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดมีผลต่อจำนวนเมล็ดเสียหาย การทดลองทำที่อัตราการป้อน 0.3-4.4 kg/min ที่ระยะห่างระหว่างตะแกรงคงที่เท่ากับ 1.03 cm ความเร็วรอบของลูกนวด 350 rpm ความชื้น 6.5 % พบว่า อัตราป้อนเพิ่มขึ้นเมล็ดตก 1.2-3.8% ประสิทธิภาพการนวดเท่ากับ 94-96 % ประสิทธิภาพการแยกทำความสะอาด 94-96% ปริมาณเมล็ดสูญเสีย 1.8-6.5 % ส่วนการศึกษาลงของระยะห่างระหว่างตะแกรงขนาดกับลูกนวด ทำที่ความเร็วรอบลูกนวด 2000 rpm ความชื้น 9.15% พบว่าที่ระยะห่าง 2 cm มีการสูญเสียเมล็ดน้อยที่สุดคือ 2% และประสิทธิภาพการนวด 96.8% หลังจากนี้ได้นำมาเครื่องนวดขนาดเล็กขึ้นมา โดยให้มีจำนวนเมล็ดที่นวดได้ 2-3 q/hr ลูกนวดเป็นชนิดครีป ตะแกรงขนาดเป็นแบบมีช่องเปิด มีชุดนวดแยกทำความสะอาด ที่อัตราป้อน 433 kg/hr เมล็ดตกน้อยที่สุดคือ 5.14 % ที่ความชื้น 10% ส่วนเมล็ดที่ไม่ถูกนวดจะเป็นสัดส่วนกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อัตราการป้อน ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Majundar (1985) ได้ออกแบบเครื่องนวดธัญพืชเอนกประสงค์ โดยดัดแปลงมาจากเครื่องนวด IRRI แบบการไหลตามแกน ใช้มอเตอร์ขนาด 5 hp จากการทดสอบเครื่องนวดมีความสามารถนวดเมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ ได้ดังนี้ 348 276 200 540 392 และ 1635 kg/hr สำหรับ gram ข้าวสาลี ถั่วเหลือง ข้าวฟ่าง ข้าว ข้าวโพด ตามลำดับ ประสิทธิภาพการนวดประมาณ 99% การสูญเสียต่ำกว่า 2% (สำหรับ gram- ข้าวสาลี ข้าวฟ่าง ข้าว) และ 2.2-4.0% (สำหรับ ข้าวโพด ถั่วเหลือง)

Ghaly (1985) ได้ออกแบบและทดสอบ เครื่องนวดแบบอยู่กับที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาด 30 hp การส่งถ่ายกำลังเป็นแบบสายพานและ pulley ระบบการนวดใช้ลูกนวดชนิดสับ-นวด (Chopping-threshing) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32.6 cm มีความยาว 150 cm ลูกนวดจะติดกับแกนเพลาลูกและที่ด้านข้างมี flywheel ติดอยู่ ด้านที่เหลือนี้อุปกรณ์ pulley ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 cm ที่ลูกนวดมีฟันสำหรับนวดธัญพืช 12 ฟัน เป็นจำนวน 4 แถว (1 แถวมี 3 ฟัน) และมีฟันแบบมีดใช้สำหรับตัดธัญพืชโดยใช้ใบมีดที่มีฟัน 36 ฟันติดกับเหล็กแผ่น 12 แผ่น ความยาวของส่วนที่ใช้ตัด (Chopping) มีความยาว 70 cm ฟันที่ใช้สำหรับตัดธัญพืชจะเอียงเป็น 20° เพื่อช่วยให้ธัญพืชเคลื่อนที่แบบตามแนวแกน ผลของการเคลื่อนที่แบบนี้ทำให้เกิดการแยกเมล็ดและต้นในช่วงของการตัดและนวด ซึ่งเป็นการกระจายแรงบิดบนลูกนวดและทำให้ประสิทธิภาพที่ได้สูงขึ้น ในช่วงของการนวด

ตะแกรงนวดทำด้วยเหล็กกลมจำนวน 70 เส้น มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm วางระยะห่างเท่า ๆ กันอยู่ใต้ลูกนวด ความยาวของตะแกรงนวดส่วนนี้จะยาว 80 cm มีความยาวตะแกรงนวดอีกส่วนหนึ่งเป็นเหล็กแผ่น มีรูกระจายดังรูปที่ 1.5 ส่วนที่ยาว 70 cm ปลายของส่วนนวดธัญพืชหมุนเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 66.6 cm มีระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดกับลูกนวด 2.2 cm ส่วนของการตัด หมุนเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 66.2 cm ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดกับลูกนวดเท่ากับ 2.6 cm ใช้ความเร็วรอบ 600-1100 rpm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรงนวด 22-48 cm

Ghally ใช้อัตราการป้อนเป็นสิ่งที่บ่งชี้ความสามารถในการกำหนดการทำงานของเครื่องพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบลูกนวดจาก 600-1000 rpm อัตราการป้อนเพิ่มขึ้น 0.83 t/hr สำหรับทุกขนาดรูของตะแกรงนวด แต่อัตราการป้อนลดลงเมื่อความเร็วรอบลูกนวดเพิ่มขึ้นจาก 1000-1100 rpm ถ้าเอาตะแกรงนวดตรงส่วนสับออก ไปสิ่งที่เกิดขึ้นคืออัตราการป้อนไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี

เพิ่มขึ้นประมาณ 70 % ในช่วงความเร็วรอบ 600-1100 rpm ถ้าเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางจาก 22-45 mm อัตราการป้อนจะเพิ่มขึ้นมากกว่าความเร็วรอบ 600 rpm และจะเพิ่มขึ้นแต่น้อยลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มจาก 600-1000 rpm

กำลังที่ใช้สำหรับเวดัญญูพีชเป็นส่วนสำคัญที่มีผลเนื่องจากความเร็วลูกนวด ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรงนวดไม่มีผลแต่อย่างใด ในการทดสอบการนวดเมล็ดข้าวสาลี กำลังที่ต้องการประมาณ 25 Hp โดยรวมแรงเสียดทานต่างๆ และเวลาที่การะสูงสุด ค่าการสูญเสียเมล็ดจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วรอบลูกนวดหรือลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูตะแกรงนวด ความเร็วรอบของลูกนวดมีผลต่อความเสียหายของเมล็ด ถ้าเพิ่มความเร็วรอบลูกนวดเมล็ดมีความเสียหายมากขึ้นเมื่อผ่านส่วนของการสับมากกว่าส่วนของการนวด เมื่อเพิ่มความเร็วรอบลูกนวดหรือลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตะแกรงนวดขนาดความยาวของฟางจะลดลง (ใน ส่วนการสับธัญพืช) ปริมาณเมล็ด 92% จะตกลงในส่วนของการนวดส่วนที่เหลือ จะไปตกในส่วนของการตัด ความเร็วรอบของลูกนวดและเส้นผ่านศูนย์กลางของรูตะแกรงนวดไม่มีผลต่ออัตราส่วนทั้ง 2 ค่านี้

Singhal และ Thierstein (1987) ได้ปรับปรุงเครื่องของ IRRI ซึ่งเดิมเป็นเครื่องที่เกษตรกรรายเล็ก ๆ ใช้และเสียค่าใช้จ่ายน้อย สำหรับใช้ในไร่นาที่ 1.6 ตัวเครื่องเป็นโครงเหล็กชนิดลูกนวดเป็นแบบหนึ่ง มีใบ 4 ใบ สำหรับผลักฟางออกไปอีกด้านหนึ่ง มีเกลียว 4 เส้นอยู่บนฝาครอบครึ่งวงกลม และตะแกรงนวดทำจากเหล็กกลมมีขนาดสำหรับป้อน ใช้เครื่องยนต์ขนาด 3 kw ปรับปรุงโดยการเปลี่ยนฝาครอบลูกนวด และตะแกรงแยกทำความสะอาด กล่าวคือเพิ่มแผ่นดริบฟ์ใบทำจากสายพานแบบจำนวน 4 แถว (ความยาวเป็น 2 ใน 3 ของลูกนวด) และเพิ่มแผ่นดริบฟ์ใบทำจากสายพานแบบจำนวน 4 แถว (ความยาวเป็น 1 ใน 3 ของลูกนวด) และเพิ่มแผ่นดริบฟ์ใบทำจากสายพานแบบจำนวน 8 แถว (ความยาวเป็น 1 ใน 3 ของลูกนวด) เมื่อใช้ความเร็วรอบลูกนวดประมาณ 600 rpm ทำให้เมล็ดแตกน้อยที่สุด และประสิทธิภาพการนวดเป็น 98 % การแยกทำความสะอาด 79% การสูญเสีย 4% ปริมาณถั่วที่นวดได้ 300 kg/hr (ความชื้นเมล็ด 13%) จะเห็นว่าการแยกทำความสะอาดของธัญพืชที่ความเร็วรอบของลูกนวด ค่านี้มีค่าต่ำเนื่องจากการป้อนธัญพืชเข้ามาในตะแกรงทำความสะอาดน้อยเกินไป การเพิ่มความเร็วรอบของพัดลมทำความสะอาดจาก 700 เป็น 900 rpm จำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ความชื้นของเมล็ดไม่เหมาะสม
2. ความเร็วรอบของลูกกวัดไม่เหมาะสำหรับการนวด
3. ประสิทธิภาพและความชำนาญของคนนวด
4. คุณสมบัติของธัญพืช เช่น ความสูง น้ำหนักของ 1000 เมล็ด จำนวนเมล็ด
จำนวนคันมีความแตกต่างกัน
5. คุณสมบัติของเครื่องนวดและเครื่องเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างกัน
6. เครื่องเก็บเกี่ยวหรือเครื่องนวดเหมาะสมกับธัญพืชบางชนิดเท่านั้น

1.5 การตรวจเอกสารเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพ

1.5.1 Moisture Content (ISTA, 1985)

ทฤษฎีของการทดสอบการหาความชื้นของเมล็ดธัญพืชได้เป็นไปตามกฎของ ISTA (ISTA Rules) และจากรายงานการประชุมว่าด้วยเรื่องการหาความชื้นของเมล็ดธัญพืช (D.F. GRABE, 1987) ได้มีมติให้เป็นไปตามกฎของ ISTA เช่นกัน ซึ่งทฤษฎีของ ISTA ได้นำทฤษฎีของ ISO (International Organization for Standardization) และ ICC (International Association for Cereal Chemist) มาใช้ในการหาความชื้น ทฤษฎีมารองรับคือทฤษฎี Air-Oven

ความเหมาะสมของทฤษฎี Air-oven ในกฎของ ISTA

จากการศึกษาของ ISTA ในปี 1924 ได้ชี้ให้เห็นว่า การหาความชื้นเมล็ดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 3 ประการคือ

1. การบดตัวอย่าง
2. อุณหภูมิ
3. เวลาในการอบ (ทำให้แห้ง)

สำหรับขนาดของเมล็ดจะมีผลคือ ถ้ามีขนาดใหญ่ ต้องนำมาบดก่อน แต่ถ้า

ขนาดเล็กก็ไม่จำเป็นต้องบด ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ได้กำหนดเป็นหลักสากลทั่วไปคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ ต้องนำไปบดและใช้น้ำหนักตัวอย่างเป็นการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 5 กรัม อบที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง

2. สำหรับเมล็ดขนาดเล็กไม่ต้องบดให้นำไปอบได้ทันทีที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง

ในปี 1959 ได้มีการตั้งกฎและมีทฤษฎี Distillation Air-oven ซึ่งได้กำหนดว่าจะต้องอบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (สำหรับพืช 4 พันธุ์) หลังจากนั้นได้มีการเปลี่ยนกฎนี้และตั้งกฎขึ้นใหม่ เรียกว่า กฎปี 1966 และ 1976 ภายใต้ทฤษฎี Distillation Toluene ซึ่งกำหนดให้ใช้อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (1966) หรือ 103°C เป็นเวลา 17 ชั่วโมง (1976) ในที่สุดปี 1985 ทฤษฎี Distillation Toluene ได้ถูกยกเลิกไป และใช้กฎของ ISTA แทน จนกระทั่งถึงปัจจุบัน ซึ่งได้ใช้อยู่ 2 ทฤษฎีคือ

1. ทฤษฎีอุณหภูมิสูง (High Temperature method) กำหนดไว้ว่าใช้ อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 1 หรือ 2 ชั่วโมง

2. ทฤษฎีอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature method) กำหนดไว้ว่าใช้ อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 17 ชั่วโมง

จะเห็นได้ว่าจากที่กล่าวมาทั้งหมด ปัจจัยที่สำคัญจริง ๆ คือ อุณหภูมิ และ ระยะเวลาในการอบแห้ง ส่วนเทคนิคอื่น ๆ เช่น ขนาดของตัวอย่าง การบด เป็นต้น

เป็นเวลากว่า 1 ปีมาแล้ว ได้มีทฤษฎีเกิดขึ้นหลายทฤษฎี ซึ่งนอกเหนือจาก ทฤษฎี Air-oven คือ ทฤษฎีของ Brown-Duvel ทฤษฎี Vacuum Oven ทฤษฎี Vacuum Phosphorus Pentoxide และทฤษฎี Distillation เป็นต้น แต่ทฤษฎี Air-oven เป็น ทฤษฎีเดียวที่อยู่ในกฎปี 1985

มาตรฐานสำหรับการหาความชื้นมีดังนี้

1. International Association for Cereal Chemistry (ICC)

มาตรฐาน ICC No.110/1 กำหนดไว้ว่าสำหรับเมล็ดข้าวสาลี ข้าว ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง ข้าวไรน์ และข้าวโอ๊ต ต้องบดและอบที่ อุณหภูมิ 130°C - 153°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับเมล็ดข้าวโพด ต้องอบที่อุณหภูมิ 130°C - 153°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. International Organization for Standardization (ISO)

ISO ได้ใช้มาตรฐานเดียวกับ ICC NO.110/1

3. International Seed Testing Association (ISTA)

ใช้ 2 ทฤษฎีคือ ทฤษฎีอุณหภูมิสูงและทฤษฎีอุณหภูมิต่ำ

4. European Economic Commission (EEC)

ได้ใช้มาตรฐานของ ICC NO.110/1 เช่นกัน

5. American Association of Cereal Chemist (AACC)

สำหรับเมล็ดข้าวเหลือง ข้าว ถั่ว ถั่วแขก ต้องบดและอบที่อุณหภูมิ $130 \pm 1^{\circ}\text{C}$

เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สำหรับเมล็ดข้าวโพดและถั่วเม็ดแบน

ต้องอบที่อุณหภูมิ $103 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมล็ดปอต้องอบ

ที่อุณหภูมิ $103 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมล็ดปอต้องอบที่

อุณหภูมิ $103 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

6. Association of official Analytical Chemist (AOAC)

ทฤษฎีที่อบที่อุณหภูมิ $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (สำหรับข้าว

สาลี ข้าวไรย์ ข้าวโอ๊ต เมล็ด buckwheat ข้าว ข้าวบาร์เลย์)

7. Official Grain Standards of USDA

ใช้มาตรฐานเดียวกับ AACC

วิธีการหาความชื้นของทฤษฎีต่าง ๆ

1. ทฤษฎีหลัก (Primary method) เป็นการหาความชื้นโดยการคำนวณโดยตรงจากน้ำหนักที่หายไปหลังจากปฏิกิริยาทางเคมี หรือ จากการวัดโดยตรงวิธีอื่น

2. ทฤษฎีรอง (Secondary method) หาโดยวิธีทางไฟฟ้า ทางเคมี หรือคุณสมบัติอื่นของเมล็ด

3. ทฤษฎี Air-oven เป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อนและประหยัด วิธีการคือน้ำหนักของเมล็ดจะถูกอบด้วยความร้อน ด้วยอุณหภูมิที่แน่นอนภายในเวลาที่กำหนดไว้ น้ำหนักที่หายไปในช่วงการอบคือ ความชื้นของเมล็ดแต่ผลที่ได้อาจมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทฤษฎี Vacuum-oven วิธีนี้เมล็ดถูกอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C ในสุญญากาศเป็นบางส่วน เพื่อที่จะลดสารระเหยง่ายเสียก่อนและส่วนที่ไม่มีน้ำจะถูกทำให้ระเหยไปโดยวิธีอุณหภูมิต่ำกว่าภายใต้สุญญากาศ
5. ทฤษฎี Vacuum (Phosphorus pentoxide) วิธีนี้จะใช้ Phosphorus pentoxide โดยนำมาใส่ไว้ในหลอด (tube) ที่แห้งเพื่อดูดซับความชื้นที่ออกมาจากเมล็ด ตามมาตรฐาน ICC กำหนดให้บดเมล็ดและอบที่น้ำหยดที่ อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 150 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้น
6. ทฤษฎี Distillation Toluene วิธีนี้เมล็ดจะถูกวางไว้ในช่องเหลวที่กำลังกลั่น (Distilling liquid) และจะกลั่นจนกระทั่งไม่มีน้ำออกมา น้ำที่ได้จะถูกวัดโดยปริมาตร ผลที่ได้จะขึ้นอยู่กับจุดเดือดของของเหลวที่ใช้
7. ทฤษฎีอื่น ๆ ได้แก่ Near-infrared spectrometry gas chromatography nuclear magnetic resonance

1.5.2 Conductivity test

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ได้ถูกพัฒนาเพื่อที่จะวัดประสิทธิภาพในฉนวนพืชโดย Matthews และ Bradnock 1967 และปัจจุบันได้ใช้อยู่ที่ Officiala Seed Testing Station สำหรับประเทศอังกฤษและเวลส์

ค่าการนำไฟฟ้าเป็นค่าที่แสดงว่าเมล็ดมีการแตกหัก ช้ำ หรือร้าวมากน้อยเพียงใด ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นการแตกหักที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มองภายนอกอาจจะเห็นว่าเมล็ดมีรูปร่างปกติ ผิวภายนอกไม่มีรอยช้ำหรือร้าว แต่ความจริงแล้วรอยร้าวหรือรอยแตกที่เกิดขึ้น อาจเกิดขึ้นเพียงแค່รอยเล็ก ๆ ไม่ปรากฏให้เห็นเด่นชัดหรือภายในอาจช้ำมากก็เป็นได้ ฉะนั้นการวัดอาศัยหลักที่เมล็ดที่มีรอยช้ำหรือรอยแตกมากเมื่อนำไปแช่น้ำกลั่นสารหรือธาตุอาหารที่อยู่ภายในเมล็ดจะละลายออกมากับน้ำกลั่น ถ้าค่าการนำไฟฟ้าที่สูงหมายถึงว่า เมล็ดนั้นๆ มีการแตกหักช้ำหรือร้าวมาก

การวัดค่าการนำไฟฟ้าวิธีที่สะดวกซึ่งในปัจจุบันใช้เครื่องวัดที่เรียกว่า

Conductometer ซึ่งสามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขแสดงให้เห็นได้ทันที ค่าที่วัดได้จากเครื่องไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังไม่ใช่ค่าที่สามารถนำมาใช้ได้ ค่าที่ได้เป็นค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดทุกเมล็ดที่เรานำไปทดสอบ
ต้องนำค่าที่ได้มาคิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อน้ำหนัก 1 เมล็ดก่อน ค่านี้จึงจะเป็นค่าที่นำไปใช้ได้

ตัวอย่างเครื่องที่นำมาวัดค่าการนำไฟฟ้า คือ

1. Philips PW. 9504/00 meter
2. Philips PW 9510 conductivity measuring cell



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

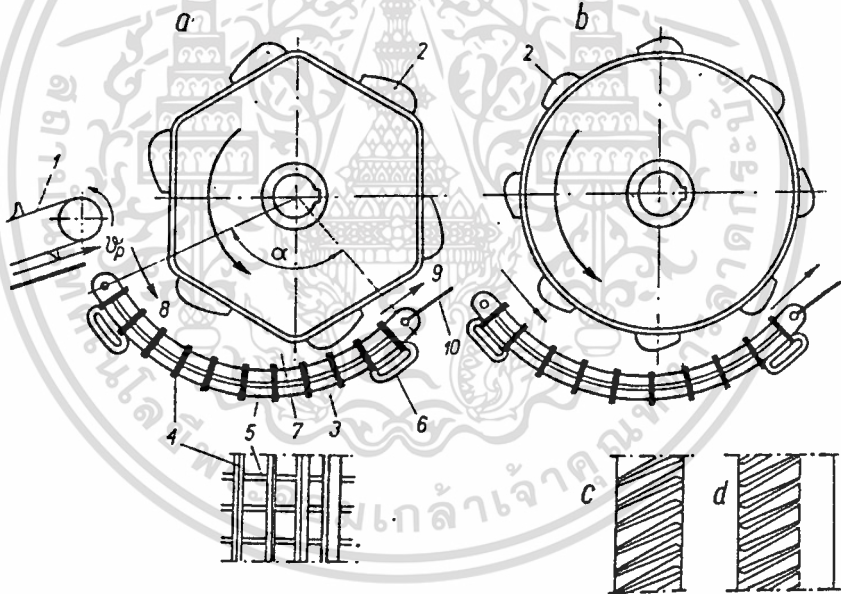
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีของการนวด

การนวดหมายถึงการแยกเซลล์ซึ่งอยู่จากรวงหรือฟอนทำได้โดยการกระแทก (Impact) หรือรีดโดยอาศัยแรงเสียดทานระหว่างผิว (Friction force) หรือทั้ง 2 อย่าง โดยทั่วไประบบการนวดมี 2 ชนิดคือ แบบครีป (Rasp-bar) และแบบขี้ฟัน (Peg-tooth)

2.1.1 ระบบการนวดแบบครีป (Kanafojski and Karwoski, 1976)



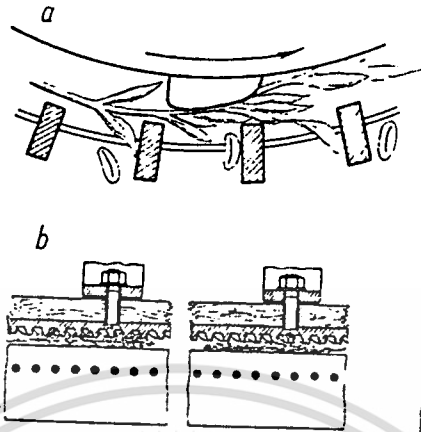
รูปที่ 2.1 ระบบการนวด a-ลูกนวดแบบหลายเหลี่ยมพร้อมตะแกรงนวด
b-ลูกนวดแบบวงกลมพร้อมตะแกรงนวด 1- อุปกรณ์ลำเลียง
 v_p - ความเร็วและทิศทางการป้อน (m/s) 2- ครีป
3- ตะแกรงนวด 4- ครีปที่ตะแกรงนวด 5- แกนตะแกรงนวด
6- หัวจับตะแกรงนวด 7- ช่องนวด 8- ทางเข้าช่องนวด
9- ทางออกช่องนวด 10- แผ่นนำทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 เป็นตัวอย่างระบบการควบคุมมาตรฐานที่มีลูกนวดแบบหลายเหลี่ยม และวงกลม

เมื่อสายพานลำเลียงป้อนวัสดุเข้าสู่ช่องนวด ซึ่งอยู่ระหว่างลูกนวดและตะแกรงนวด ตะแกรงนวดของระบบนวดแบบครีบ เป็นตะแกรงที่มีลักษณะเส้นเหล็กแบนวางตัวขนานกับแกนลูกนวด และมีเหล็กโค้งล้อมรอบช่องตะแกรงนวด ต้องมีขนาดเหมาะสมเพื่อให้เมล็ดธัญพืชลอดผ่านไปได้ขณะที่ฟอนธัญพืชเคลื่อนตัวไปในช่องนวด ทิศทางของครีบตามความยาวจะอยู่ในแนวรัศมี และติดตั้งอยู่บนผิวของตะแกรง ผิวตะแกรงรองรับลูกนวดด้วยส่วนโค้งเป็นมุม α ส่วนขนาดของความกว้างทางเข้าช่องนวดจะมีขนาดกว้างกว่าช่องทางออก เพื่อให้เหมาะสมกับวัสดุที่จะนวด ความชื้นของวัสดุ และปริมาณวัสดุที่ป้อนมา การปรับตำแหน่งของฝาครอบทำได้โดยปรับที่หูจับฝาครอบ แต่การปรับมีขีดจำกัดขึ้นกับลักษณะโครงสร้างและลูกนวด

จากรูปที่ 2.1 แสดงลูกนวดแบบครีบ เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการเคลื่อนไถลของวัสดุไปทางด้านใดด้านหนึ่งของลูกนวด มุมเอียงของสันบนครีบจะต้องเอียงตรงกันข้ามกับทิศทางการนวด เมื่อป้อนวัสดุเข้าไป ในช่องทางเข้าวัสดุจะถูกกระแทก ตีโดยครีบและพาติงวัสดุเหล่านั้นเข้าไปในช่องนวด และเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วต่าง ๆ กัน ระหว่างผิวของครีบจะมีการเคลื่อนไถล โดยเฉพาะที่ช่องทางเข้าจะมีค่าสูง เนื่องจากธัญพืชได้รับแรงกระแทกที่น้อยกว่า เมื่อช่องนวดแคบขึ้นค่าการลื่นไถลจะลดลงและมีค่าต่ำสุดที่ช่องทางออก เนื่องจากแรงกระทำสูงขึ้น ส่วนตะแกรงนวดช่วยควบคุมความเร็วของต้นพืชด้วยทำให้ความเร็วสัมพันธ์ระหว่างครีบและต้นพืชต่างกัน ในช่องนวด (เมื่อเทียบกับตะแกรงนวด) เมื่อต้นพืชรับแรงกระแทกหลาย ๆ ครั้งจากครีบทำให้มีการแยกเมล็ดออกจากต้น รวงหรือฝัก เมื่อต้นพืชมีความเร่งทำให้มีการเสียดทานระหว่างพืชด้วยกันเองและกับครีบที่ตะแกรงนวด (รูปที่ 2.2) การแตกหักของพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วขณะเคลื่อนที่เข้าสู่ช่องนวด



รูปที่ 2.2 การแยกเมล็ดจากรวงผ่านตะแกรงขนาด a-การป้อนตามขวาง โดยให้ปลายต้นเข้าก่อน b-การป้อนตามขวาง



รูป 2.3 แผนภาพการแตกความเร็วของรวงในช่องขนาด 1-แนวขอบวงกลมของลูกนวด 2-ครีบลูกนวด 3-ครีบบีตะแกรงขนาด P- แรงในแนวเชิงเส้นของครีบลูกนวด v_s -ความเร็วของการเคลื่อนที่ของรวง R_k - แรงปฏิกิริยาของครีบบีตะแกรงขนาด $R = \mu P_2$ - แรงเสียดทานที่ครีบลูกนวดกระทำต่อรวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 แสดงการแตกแรงและความเร็วฟอนในช่องขนาด P_2 เป็นความดันของครีที่จุด A เมื่อสัญญาณผ่านเข้ามาในช่องขนาด ฟอนของสัญญาณจะถูกกระแทกโดยครีที่มีความถี่แน่นอน อย่างไรก็ตามฟอนมีการขยายตัวได้หลังจากรับแรงกระแทกจากครีและก่อนที่จะรับแรงจากครีอีกครั้ง ผลเหล่านี้ทำให้ความถี่ของการสั่นสะเทือนของฟอนในแนวรัศมีเท่ากับจำนวนครั้งของการกระแทกของครี ในระหว่างที่วัสดุเคลื่อนที่เข้ามาในช่องขนาดในระยะเวลาใด ๆ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือความถี่ของการสั่นสะเทือนดังกล่าวขึ้นอยู่กับจำนวนครีและความเร็วเชิงเส้น

เมื่อฟอนสัญญาณเคลื่อนเข้ามาในช่องขนาดซึ่งค่อยๆ แคบเข้ามามันจะถูกบีบตัวมากขึ้นและแอมพลิจูดของการสั่นสะเทือนจะลดลงนั่นคือ ความเร็วของฟอนเพิ่มขึ้น จำนวนครั้งที่ครีกระแทกกับฟอน (i) ซึ่งเคลื่อนเข้ามาในช่องขนาดที่ระยะใด ๆ และที่เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกขนาดค่าหนึ่ง

$$i = \frac{\alpha}{2\pi n z}$$

เมื่อ

α = มุมของลูกขนาดที่รองรับตะแกรงขนาด

n = จำนวนรอบการหมุนของลูกขนาด

z = จำนวนครีรอบลูกขนาด

นอกจากจะเกิดความสั่นสะเทือนเนื่องจากแรงกระทำของครีแล้ว ฟอนสัญญาณยังมีการสั่นสะเทือนได้เนื่องจากความเสียดทานของฟอนกับตะแกรงขนาดหรืออีกนัยหนึ่งเนื่องจากความต้านทานจากขอบครีตะแกรงขนาด ความถี่ของการสั่นสะเทือนจะมีค่าขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งของการกระแทกของครีลูกขนาดกับครีแต่ละอันของตะแกรงขนาด ซึ่งคำนวณได้จาก

$$i = n z z_1$$

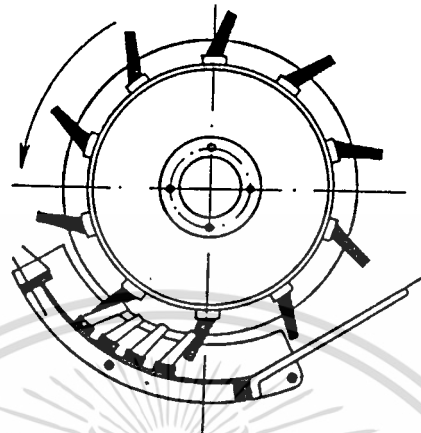
เมื่อ

z_1 = จำนวนของครีที่ตะแกรงขนาด

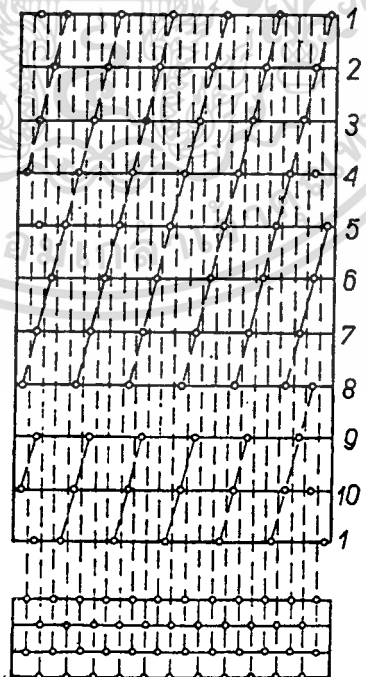
กระบวนการขนาดที่ซับซ้อน กระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ครีกระแทกกับฟอน สัญญาณการเสียดสีของฟอนเมื่อตะแกรงขนาดซึ่งเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับสัญญาณแตกหักออกไป และความสั่นสะเทือนของฟอนทั้ง 2 ประเภทที่เกิดขึ้นในช่องขนาด กระบวนการขนาดจะดีขึ้นถ้ามีการสูญเสียเมล็ดพืชทางช่องทางออกตันหรือเศษฟางน้อยและมีเมล็ดแตกหรือข้าวน้อยและจำนวนสัญญาณที่

เอกล้วนเข้าไปได้ในช่องขนาดมากสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ระบบการวัดแบบนั้น



รูปที่ 2.4 ระบบที่ใช้ในการวัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 แสดงระบบที่ใช้ในการวัด พันธิดตั้งอยู่บนลูกนวด โดยกระจายกันตามเส้นเกลียวดังรูปที่ 2.5 บทตะแกรงนวดประกอบด้วยพื้นเรียงกันเป็นจำนวนหลาย ๆ แถว ระหว่างการนวด พันธิดเคลื่อนอยู่ระหว่างพื้นของตะแกรงนวด การป้อนจะป้อนวัสดุในลักษณะตามยาวแบบด้านปลายเข้าก่อน

การทำงานของระบบการนวดแบบพื้น จะแตกต่างไปจากระบบการนวดแบบครีบ การหมุนของพื้นจะคล้ายกับส้อมโกยฟาง (Pitch fork) คือจะตะกุกฟอนธัญพืช โดยมีการป้อนลักษณะตามยาวและวัสดุจะถูกดึงเข้าไปในช่องนวด จะเห็นได้ชัดว่าความสามารถในการดึงพาของลูกนวดแบบพื้น จะดีกว่าแบบครีบ และประสิทธิภาพแบบพื้นจะสูงกว่าแบบครีบเช่นกัน ที่ผิวซึ่งพื้นอาจมีผิวเรียบหรือมีร่องลายเพื่อให้เกิดการเสียดทานเพิ่มขึ้น

เพื่อที่จะลดแรงที่พื้นกระทำกับธัญพืชขณะที่เคลื่อนที่เข้ามาสัมผัสกับพื้นผิวทางด้านหน้าของพื้นควรจะเป็นไปทางด้านหลัง เมื่อเทียบกับทิศทางการหมุนของลูกนวด ในลักษณะเช่นนี้จะทำให้การแยกฝักหรือเมล็ดออกจากต้นยากขึ้น แต่อันตรายที่จะเกิดขึ้นกับเมล็ดมีน้อยลงซึ่งพื้นของตะแกรงนวด โดยเฉพาะสันพื้นด้านหน้าที่ใช้สำหรับนวดวัสดุต้องเอียงไปในทิศทางเดียวกับการหมุนของลูกนวด ผลของระบบพื้นเช่นนี้ ทำให้ลดแรงต้านทานและจำนวนเมล็ดแตกได้

ในช่องนวดชั้นของฟอนธัญพืชถูกกระทบหรือสอยอย่างแรงกับผิวด้านข้างของพื้นลูกนวด และบางส่วนเสียดกับผิวลูกนวดและตะแกรงนวด



รูปที่ 2.6 การนวดโดยลูกนวดแบบพื้นกระทำกับฟอนธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนวดส่วนหนึ่งจะเป็นผลมาจากการกระทบกับสัมผัสด้านหน้าของตะแกรงนวด อีกส่วนเกิดจากการสั่นเองของฟ่อนตะแกรงนวดแบบที่หนึ่งจะมีแรงต้านทานมากกว่าตะแกรงนวดแบบครีป ดังนั้นตะแกรงนวดแบบหนึ่งมักจะสั้นกว่าแบบครีป ชุดนวดแบบนี้ให้กำลังการนวดมากกว่า ทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปร่างไปมาก จำนวนฟ่อนที่แตกหักก็มีจำนวนมากกว่าแบบครีปมาก ผลกระทบของการป้อนวัสดุที่ไม่สม่ำเสมอของลูกนวดแบบหนึ่งน้อยกว่าแบบครีป

ส่วนปลายของตะแกรงนวดติดอยู่บนโครงเครื่องนวด ในตำแหน่งที่สามารถปรับเปลี่ยนสิ่งต่าง ๆ ได้ เช่นการปรับช่องนวด ระยะห่างระหว่างด้านข้างของฟันลูกนวดกับฟันของตะแกรงนวด เพราะว่าฟันของตะแกรงนวดมีขนาดสั้นและขนาดของช่องตะแกรงเล็กกว่าระบบการนวดแบบครีปจึงทำให้เมล็ดที่ลอดผ่านตะแกรงมีจำนวนน้อยกว่าตะแกรงนวดแบบครีป

ความเร็วเชิงเส้นของซี่ฟันมีค่าต่ำกว่าครีป เนื่องจากกำลังที่ให้ของลูกนวดแบบหนึ่งมีมากกว่าแบบครีป ในทางปฏิบัติความเร็วนี้จะมีค่าระหว่าง 27-28 m/s การนวดแบบหนึ่งมีจำนวนเมล็ดแตกที่มากกว่าแบบครีป และยังถ้าเมล็ดมีความแข็งมากขึ้นอีก จำนวนเมล็ดแตกจะยิ่งเพิ่มขึ้น อีกสาเหตุที่ทำให้จำนวนเมล็ดแตกเพิ่มอีกคือ ความเร็วเชิงเส้นของฟันมากขึ้น อัตราการป้อนลดลง อัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือกลดลง

เนื่องจากการออกแบบระบบการนวดแบบหนึ่ง มีความยุ่งยากและสิ้นเปลืองมากกว่าแบบครีป และยังมีปริมาณเมล็ดเสียหายมากกว่า ดังนั้นระบบการนวดแบบหนึ่งในตอนแรกควรใช้สำหรับการนวดข้าวเท่านั้น เพราะเมล็ดข้าวต้องการกำลังในการแยกข้าวออกจากรวงมาก และเมล็ดข้าวมีแรงต้านทานต่อการเสียหายของเมล็ดสูงกว่าเมล็ดธัญพืชอื่น เช่น เมล็ดพืชตระกูลถั่ว ข้าวโพด เป็นต้น

การนวดแบบหนึ่งเป็นสาเหตุให้ฟ่อนธัญพืชเกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างมากและมีความต้านทานสูงเปลืองมาก เพื่อที่จะลดแรงต้านทานนี้ Zheligovaski ได้มีการออกแบบระบบการนวดให้มีฟันเป็น logarithmic curve ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งทั้งรวงและต้นธัญพืชไม่สามารถเคลื่อนที่ระหว่างนิวตันข้างของฟันที่ลูกนวดกับฟันที่ตะแกรงนวด แต่จะมีการเคลื่อนที่ระหว่างสัมผัสด้านหน้า(ป้อนตามขวาง)

เศษพืชจะไม่ขึ้นกับความเร็วเชิงมุมของลูกนวด นั่นคือฟันของลูกนวดจะไม่มีเศษพืชติดอยู่เลย และลักษณะฟันลูกนวดแบบนี้ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเศษพืชจะน้อยกว่าแบบฟันลูกนวดเดิมมาก ดังนั้นจึงต้องการกำลังน้อยกว่าด้วย ได้มีการรายงานว่าค่า α ที่เหมาะสมคือ 23° ประสิทธิภาพของชุดนวดนี้ดีกว่าชุดนวดที่ใช้ฟันลูกนวดแบบเดิมและแบบครึ่ง โดยที่มีพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น เดียวกัน แต่ปริมาณเมล็ดพืชที่นวดได้น้อยกว่าแบบฟันเดิม โดยที่มีเมล็ดเสียหายน้อยและต้องการกำลังน้อยกว่า ถ้าให้ความเร็วในการป้อนเป็น v_p ความเร็วของฟ่อนธัญพืชที่เคลื่อนที่ในช่องนวดเป็น v_x ถ้า $v_x > v_p$ ธัญพืชที่ป้อนเข้ามาจะอัดแน่นและถูกลูกนวดตีแตกย่อยไป แต่ ถ้า $v_x < v_p$ ธัญพืช จะตกอยู่ที่นาลูกนวดแล้วอัดแน่นเป็นชั้นแล้วเคลื่อนไป ถ้า $v_x = v_p$ และป้อนวัสดุด้วยความหนาสม่ำเสมอ ธัญพืชจะเคลื่อนที่ไปไม่สม่ำเสมอ

v_p มีผลต่อการทำงานของการนวด เช่นปริมาณธัญพืชที่ไม่ถูกนวด เมล็ดที่เสียหาย และความต้องการกำลังและจำนวนเมล็ดที่นวดได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์อื่น ๆ ในการทำงานด้วย

2.1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการนวด

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพการนวดแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1. คุณสมบัติของวัสดุที่นวดได้ ขึ้นอยู่กับ

1.1 ชนิดและพันธุ์ของธัญพืช (ความยากง่ายในการแยกเมล็ดออกจากฝักหรือฟ่อน ความทนทานต่อการบีบอัดและเฉือน)

1.2 ความชื้นของธัญพืช

1.3 สิ่งปะปนอื่นๆ ที่ยังสด เช่น พืชอื่น วัชพืช

1.4 อัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือก (๘)

2. เงื่อนไขทางเทคนิคต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับ

2.1 ชนิดของลูกนวด (แบบเหลี่ยม แบบกลม แบบเปิด แบบปิด)

2.2 ความเร็วเชิงเส้นของดรัมหรือฟัน (จำนวนรอบของลูกนวดและเส้นผ่านศูนย์กลาง)

2.3 จำนวนและรูปร่างของดรัมหรือฟัน

2.4 ขนาดทางเข้าและทางออกของช่องนวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 รูปร่างและการกระจายครีบทหรือฟันของตะแกรงนวด

3. การป้อนวัสดุเข้าสู่ลูกนวดขึ้นอยู่กับ

3.1 ค่าการป้อน (Feeding Value) ซึ่งคือความหนาของชั้นวัสดุที่

ป้อนต่อหน่วยเวลาขึ้นอยู่กับความเร็วในการป้อน

3.2 การวางตัวของต้นพีชเมื่อป้อนเข้าสู่ลูกนวดเทียบกับแกนลูกนวด

(ป้อนตามยาวหรือป้อนตั้งฉากกับแกนลูกนวด (Lengthwise

feeding) ป้อนตามขวางหรือป้อนขนานกับแกนลูกนวด

(Transverse feeding) ป้อนทำมุมเอียงกับแกนลูกนวด

(Oblique feeding)

3.3 ตำแหน่งชั้นของวัสดุที่สัมผัสกับเส้นรอบวงของลูกนวด

สิ่งเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพ และจำนวนเมล็ดที่นวดได้ ดังนี้

ธัญพืชที่นวดได้ยาก จะต้องให้ เวลาที่อยู่ในช่องนวดนานกว่าการนวดธัญพืชที่นวดได้

ง่าย และปริมาณที่ป้อนจะต้องลดลง

ผลของความชื้นธัญพืช ธัญพืชที่มีความชื้นสูงมีสมบัติของแรงเสียดทาน

ระหว่างธัญพืชและ เมล็ดกับผิวเหล็กและระหว่างต้นพีชด้วยกันเองมีค่าสูงกว่าธัญพืชที่มีความชื้นต่ำ

เนื่องจากธัญพืชที่มีความชื้นสูงจะมีการติดไปกับครีบทและตะแกรงได้ ดังนั้นจำนวนครั้งที่ครีบทกระ

แทกกับฟ่อนธัญพืชจะลดลง เมล็ดพืชที่ขึ้นมีความยืดหยุ่น (Elastic) น้อยกว่าเมล็ดที่แห้งทำให้

แอมบลิจูดและความถี่ของการสั่นสะเทือนของฟ่อนธัญพืช เนื่องจากรับแรงกระแทกจากครีบทลดลง

(ทำให้เคลื่อนที่ได้ยาก) ธัญพืชที่มีความชื้นสูง แรงที่ใช้ในการแยกเมล็ดออกจะสูงตามไปด้วย

และค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างต้นพีชทำให้เมล็ดที่นวดได้สามารถผ่านลอดฟ่อนและตะ

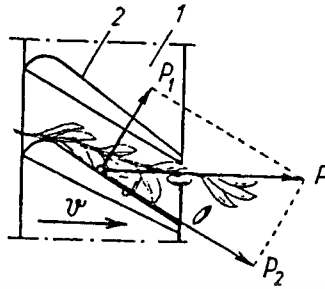
แกรงนวดได้น้อย จากเหตุผลที่กล่าวมาช่องนวดจึงควรแคบอย่างพอเหมาะที่จะให้มีการเคลื่อนตัว

ของฟ่อนและเมล็ดธัญพืชได้ดีกว่า

หากมีการป้อนวัสดุที่มีความหนาสม่ำเสมอ ความแตกต่างของปริมาณเมล็ดที่นวดได้

ขึ้นอยู่กับลักษณะการป้อน เช่น การป้อนแบบตั้งฉากกับลูกนวด (โดยให้ทางด้านปลายต้นเข้าก่อน)

จะทำให้นวดได้เมล็ดมาก เมื่อป้อนโดยเอากางโคนต้นลงจะทำให้ได้เมล็ดน้อยกว่า ความแตกต่าง



รูปที่ 2.8 รวงรัญญูพีทกระทบกับครีป ซึ่งมีแรงประกอบ P_1

1-ครีป 2-สันครีป

ต่างอันนี้สามารถอธิบายได้ จากความเร็วสัมพัทธ์ของครีปเมื่อกระทบกับต้นพืช โดยที่กระทก "ตามเมล็ดพืช" จะมีค่าสูงกว่า กระทก "ด้านเมล็ดพืช" ซึ่งแรงกระทกจะสูงกว่าด้วยและ จำนวนครั้งที่ครีปกระทกกับฟองรัญญูพีทจะสูงด้วย ทำให้การสะท้อนในช่องขนาดมากขึ้น

ถ้าป้อนวัสดุขนาดก้นกับแกนลูกขนาดจำนวนเมล็ดที่ได้จะอยู่ระหว่างการป้อน 2 แบบข้าง ต้น ที่อัตราการป้อนใด ๆ ความแตกต่างของเมล็ดที่เมล็ดที่ได้จากการป้อนตามยาวและการป้อนตาม ขวางจะน้อยกว่าความแตกต่างของจำนวนเมล็ดที่เมล็ดที่ได้จากการป้อนแบบตามขวาง โดยให้โคนต้น เข้าก่อน

สิ่งเจือปนที่ยังมีความสด เช่น พืชอื่น วัชพืช เมื่อรับแรงกระทกจะมีช่องเหลวถูกบีบ ออกมา ทำให้เมล็ดตกผ่านตะแกรงขนาดไปได้ยาก การสูญเสียเมล็ดจะมีมากขึ้น นอกจากนี้สิ่งที่ ปรมาในรูปของฟาง ต้นพืชเล็ก ๆ ทำให้การแยกทำความสะดวกมากขึ้น

ถ้าค่าอัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความยาวของต้นสั้นลง จำนวน เมล็ดที่เมล็ดที่ได้จะเพิ่มขึ้น เพราะจำนวนครั้งที่ครีปกระทบกับฟองรัญญูพีทมีมาก ทำให้จำนวนเมล็ดที่ ตกผ่านจะมากตามไปด้วย แต่การควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของต้นสั้นจะยากกว่าต้นยาวทำให้ การเคลื่อนที่ในช่องขนาดมีมากขึ้น เมล็ดเคลื่อนลอดผ่านตะแกรงขนาดได้มาก

เมื่อความเร็วเชิงเส้นมีค่าสูง ผลของความยาวต้นต่อปริมาณเมล็ดที่ลอดผ่านตะแกรง ขนาดจะมีค่าต่ำกว่าที่ความเร็วเชิงเส้นต่ำ ถ้าเพิ่มความเร็วเชิงเส้นให้สูงขึ้น โดยที่มุม α (α คือมุมที่ตะแกรงรองรับลูกขนาด) หรืออัตราการป้อนและความชื้นคงที่ แรงกระทกของครีปและความ การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ที่ศรีบริกระแทกกับต้นธัญพืชจะมีค่าสูงขึ้นทำให้แอมพลิจูดและความถี่ของการสั่นสะเทือนของพ่อนธัญพืชสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การแยกเมล็ดให้หลุดผ่านตะแกรงขนาดได้ดีขึ้น อาจกล่าวได้ว่า การเพิ่มความเร็วเชิงเส้นทำให้การสูญเสียเมล็ดลดลง สำหรับธัญพืชที่เมล็ดค่อนข้างจะเพิ่มความเร็วเชิงเส้นให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามก็จะมีพวกเศษสิ่งเจือปน (ฟาง ต้นพืชขนาดเล็ก ๆ สีน ๆ) จะหล่นออกมาพร้อมกัน ถ้าเราเพิ่มความยาวของส่วนโค้งของตะแกรงขนาดโดยไม่เปลี่ยนความเร็วเชิงเส้น ผลที่เกิดขึ้นจะคล้ายกัน

เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของลูกนวดมีผลต่อปริมาณเมล็ดที่หลุดได้ ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดเล็ก (250 mm) ความเร็วที่ต้นพืชเคลื่อนเข้าสู่ช่องขนาดจะมีค่าต่ำกว่าลูกนวดที่มีขนาดใหญ่ (800-1200 mm) ที่ความเร็วเชิงเส้นเท่ากัน

ถ้าปริมาณการป้อนมากขึ้น การสั่นสะเทือนและความเร่งของพ่อนธัญพืชในช่องขนาดมากขึ้น เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวดเล็กลง เนื่องจากเวลาที่ศรีบริกระแทกพ่อนธัญพืชมีสั้นลง ทำให้จำนวนเมล็ดที่หลุดได้และผ่านตะแกรงออกมาก็จะลดลง เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวดเพิ่มขึ้น โดยความยาวของตะแกรงขนาดเท่าเดิม ผลที่เกิดขึ้นจะกลับกัน คือทำให้จำนวนเมล็ดที่ผ่านตะแกรงขนาดออกมาเพิ่มขึ้น นั่นคือประสิทธิภาพการนวดดีขึ้น อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวดโดยไม่เปลี่ยนแปลงความยาวตะแกรงขนาด จะมีผลต่อจำนวนเมล็ดที่ผ่านตะแกรงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ดังนั้นการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกนวด เพื่อให้จำนวนเมล็ดเพิ่มขึ้น ควรให้ความยาวของตะแกรงขนาดเพิ่มขึ้นนั่นคือ มุมรองรับของลูกนวด (α) มีค่ามากกว่า 90° นอกจากนี้ลูกนวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น โอกาสที่ธัญพืชจะพันลูกนวดมีน้อยและตะแกรงมีพื้นที่ผิวสำหรับร่อนวัสดุได้มากขึ้น ทั้งที่มุม α เท่าเดิม

ลูกนวดแบบเหลี่ยมจะมีช่องว่างระหว่างศรีบริมากทำให้จำนวนพืชขาดตัวได้มาก และแอมพลิจูดของการสั่นสะเทือนก็เพิ่มขึ้น ช่วยให้การนวดดีขึ้น นอกจากนี้ถ้าป้อนวัสดุตามขวางวัสดุจะปรับตำแหน่งของตัวเองได้โดยอัตโนมัติ ในระยะเวลาสั้น ๆ ช่วยให้การนวดของการป้อนที่ธัญพืชไม่สม่ำเสมอดีขึ้น

ลูกนวดแบบเปิดและแบบปิด ถ้าเป็นแบบเปิด ความสามารถในการดึงพาววัสดุจะดีกว่าแบบปิด และแบบปิดมีความกว้างของช่องขนาดจำกัด การนวดที่ไพล์ตีของลูกนวดแบบปิด คือจะเอวส่วนนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ต้องป้อนวัสดุอย่างสม่ำเสมอ ด้วยเหตุนี้ถ้าการป้อนไม่สม่ำเสมอ ไม่ควรใช้ลูกนวดแบบปิดไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากความยาวตะแกรงขนาดเพิ่มขึ้น โดยให้จำนวนครั้งของการหมุนของลูกนวดเพิ่มขึ้น ด้วยการกระแทกฟอนัทญีฟิซเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณเมล็ดพืชที่สูญเสียลดลง

: Arnold ให้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเมล็ดที่ลอดผ่านตะแกรงขนาดและความยาวตะแกรงขนาด แสดงได้ดังนี้

$$\frac{1 - Z_1}{Z_2} = \frac{1}{e^{KL}}$$

เมื่อ

Z_1 = จำนวนเมล็ดที่ผ่านความยาวของตะแกรงขนาดออกมา

Z_2 = จำนวนเมล็ดที่อยู่ตลอดความยาวในช่องขนาด

L = ความยาวตะแกรงขนาด

K = สัมประสิทธิ์คุณสมบัติของวัสดุ (นวดง่าย ยาก) แสดงถึงความพร้อมของเมล็ดที่จะลอดผ่านตะแกรง

ถ้าเพิ่มความยาวของส่วนโค้งของตะแกรง จำนวนเศษฟางต้นพืชที่ลอดผ่านตะแกรงขนาดจะมากขึ้น และต้นพืชจะมีโอกาสหวั่นรอบลูกนวดได้ง่ายขึ้น

การสูญเสียเมล็ดจะลดลงได้ โดยการเพิ่มความเร็วรอบของลูกนวดโดยใช้ตะแกรงขนาดที่สั้น หรือลดจำนวนรอบลงแต่ตะแกรงขนาดยาวขึ้น

จากการศึกษาที่ผ่านมา (Cz. Kanafajski และ T. Karwowski, 1976) ระยะระหว่างครีบกับจำนวนเมล็ดที่ลอดผ่านตะแกรงขนาดหรือจำนวนเมล็ดที่สูญเสียออกมาไม่มีความสัมพันธ์ที่ชัดเจน ได้มีการทดลองโดยเพิ่มจำนวน ครีบก จาก 6 เป็น 8 ครีบก (ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกนวด 550 mm) ความสามารถในการดึงพาว์สดุของลูกนวดลดลงสังเกตจากความถี่ของการสั่นสะเทือน ของชิ้นวัสดุในช่องขนาดเพิ่ม แต่แอมพลิจูดลดน้อยลง ความเร็วของฟอนัทญีฟิซขณะเคลื่อนที่เข้ามาในช่องขนาดลดลง ทั้งนี้เนื่องจากความถี่และแอมพลิจูดในการสั่นสะเทือนของชิ้นวัตถุพืชลดลงเพราะปริมาตรวัตถุพืชช่องว่างระหว่างครีบกลดลง (Poorer space filling)

ผลที่ออกมาถ้าเพิ่มจำนวนครีบกอีก (จาก 8 เป็น 10) ความสามารถในการดึงพา (Gripping

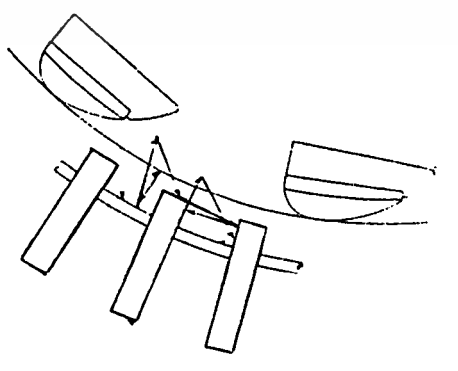
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนตัวเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (capacity) ของลูกนวดเพิ่มอีกเพียงเล็กน้อย แต่ต้องที่ประสิทธิภาพของลูกนวดสูงเท่านั้น ในการนี้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้แรงดันจากครีบกึ่งกระทำสูง ทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างครีบกึ่งกับชั้นฉนวนพีซีที่กำลังเคลื่อนในช่องขนาด

ถ้าความยาวของตะแกรงขนาดมากขึ้น (มุม α มากขึ้น) แต่อัตราส่วนระหว่างความยาวของตะแกรงขนาดกับมุม α มีค่าจำกัดที่จะทำให้การวัดมีประสิทธิภาพ โดยที่การเพิ่มความยาวของตะแกรงขนาดให้มากขึ้น อาจทำให้ปริมาณเมล็ดพืชที่ลอดออกมาตอนช่วงสุดท้ายของตะแกรงขนาดน้อยและแตกหักมากขึ้นได้

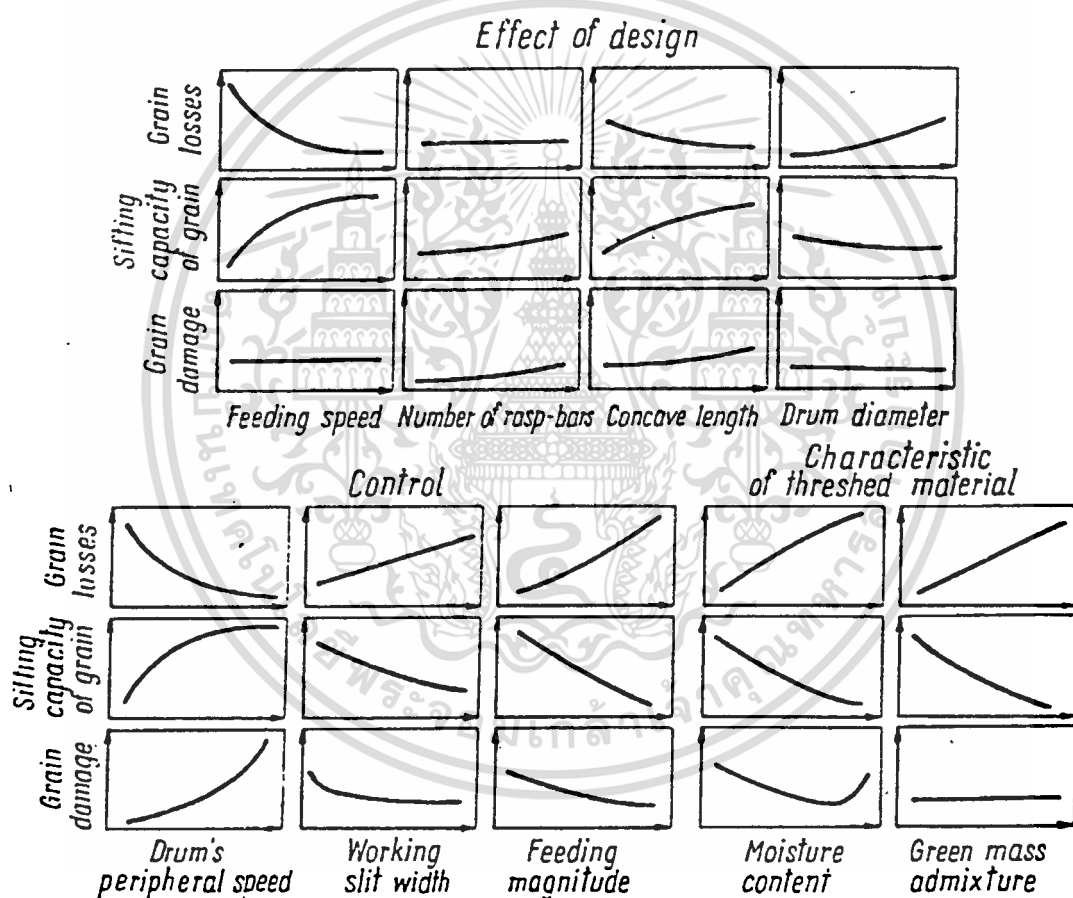
ความเร็วในการป้อนเกือบไม่มีผลต่อปริมาณเมล็ดที่ลอดผ่านตะแกรงขนาด ขณะที่ฟ่อนฉนวนพีซีเคลื่อนที่ไป แต่จำนวนเมล็ดที่เสียหายจะเพิ่มขึ้นเพราะว่าช่องว่างระหว่างลูกขนาดกับตะแกรงมีลักษณะแคบลงเรื่อย ๆ ทำให้ฟ่อนฉนวนพีซีมีการเปลี่ยนรูปร่างมากขึ้น โดยขยายตัวได้น้อยลง เนื่องจากการโค่นบีบ จำนวนเมล็ดที่เสียหายขึ้นอยู่กับความเร็วในการป้อน อธิบายได้โดยเมื่อเพิ่มความเร็วในการป้อนและความหนาฟ่อนฉนวนพีซีที่ลดลงขณะเคลื่อนที่ไป ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุในช่องขนาดลดลง ดังนั้นความถี่ที่ครีบกึ่งแทกกับฉนวนพีซีเพิ่มขึ้นและเมล็ดพืชในช่องขนาดคงรับแรงจากครีบกึ่งอีกแต่การสูญเสียเมล็ดเหล่านี้มีค่าน้อยมาก (น้อยกว่า 1%)

เมื่อจำนวนเมล็ดที่แตกและเสียหายมากขึ้นทำให้การรอกของเมล็ดต่ำลง แต่ระบบการวัดเมล็ดโดยทั่วไป เมื่อเมล็ดที่วัดได้มากขึ้น จำนวนเมล็ดแตกและเสียหายก็มากขึ้นเช่นกัน ปัจจัยที่กล่าวมาแล้วนี้มีผลต่อการวัดและการเสียหายของเมล็ด เมล็ดที่มีความแข็งจะเกิดการแตกหักได้ง่ายกว่าเมล็ดที่มีความอ่อนนุ่มเพราะว่าเปราะกว่า (ยึดหยุ่นน้อย)



เนื่องมาจากการแตกหักของเมล็ด จะเกิดจากการที่ไปชนหรือกระแทกหลายครั้งด้วยความเร็วสูงกับครีบทะแกรงแนวค่อนที่จะลอดผ่านไปยังตะแกรง (รูปที่ 2.9) สำหรับรายละเอียดได้มีการศึกษา โดยใช้การถ่ายภาพยนต์ เพื่อแสดงให้เห็นว่าความเร็วของเมล็ดในขณะที่ชนกับครีบทะแกรงมักมีค่าสูงกว่าความเร็วเชิงเส้นของครีบทะแกรงแนวค่อน ค่าของเมล็ดที่เสียหายไม่ได้ขึ้นกับความเร็วของการชนเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับจำนวนการชนด้วย

ปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อคุณภาพการนวด แสดงดังไดอะแกรมรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการนวดด้วยลูกนวดแบบครีบทะแกรง

จากรูปสามารถอธิบายได้ดังนี้

- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการป้อนกับจำนวนเมล็ดแตก ความสามารถในการลอดผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตะแกรงแนวค่อน การสูญเสียเมล็ด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วในการป้อนไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดตก ไม่ว่าจะเพิ่มความเร็วมากเท่าใด จำนวนเมล็ดตกจะไม่เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วในการป้อนจะทำให้เพิ่มความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาดและการสูญเสียเมล็ดจะน้อยลง

- ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครีบกับจำนวนเมล็ดตก ความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาด การสูญเสียเมล็ด

เมื่อเพิ่มจำนวนครีบกจะทำให้จำนวนเมล็ดตกเพิ่มขึ้น แต่เป็นการเพิ่มขึ้นทีละน้อย และจะเพิ่มความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาด แต่จะไม่มีผลกับการสูญเสียเมล็ด

- ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวตะแกรงขนาดกับจำนวนเมล็ดตก ความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาด การสูญเสียเมล็ด

เมื่อเพิ่มความยาวให้มากขึ้น จำนวนเมล็ดตกจะเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาดจะเพิ่มขึ้น แต่การสูญเสียเมล็ดจะน้อยลง

- ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวดกับจำนวนเมล็ดตก ความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาด การสูญเสียเมล็ด

เมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางมีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนเมล็ดที่ได้ค่อนข้างคงที่ ส่วนความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาดจะลดลงเล็กน้อย แต่การสูญเสียเมล็ดจะเพิ่มมากขึ้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้นของลูกนวดกับจำนวนเมล็ดตก ความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาด การสูญเสียเมล็ด

เมื่อเพิ่มความเร็วเชิงเส้นของลูกนวดจะทำให้จำนวนเมล็ดตกเพิ่มขึ้นมาก และความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาดก็เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มคงที่ ถ้าเพิ่มความเร็วเชิงเส้นขึ้นเรื่อยๆ แต่การสูญเสียเมล็ดจะน้อยลงมาก

- ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างช่องขนาดกับเมล็ดตก ความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาด การสูญเสียเมล็ด

เมื่อเพิ่มความกว้างช่องขนาดทำให้จำนวนเมล็ดตกลดน้อยลงเรื่อยๆ และความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาดจะลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน แต่เป็นการเพิ่มการสูญเสียเมล็ดมากขึ้น

- ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดการป้อนจำนวนเมล็ดตก ความสามารถในการลอดผ่านตะแกรงขนาด การสูญเสียเมล็ด

รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเพิ่มขนาดการป้อนจำนวนเมล็ดตกจะลดลงเล็กน้อย แต่ความสามารถในการลดผ่านตะแกรงขนาดจะลดลงมาก ค่าการสูญเสียเมล็ดจะเพิ่มขึ้นมาก

- ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับจำนวนเมล็ดตก ความสามารถในการลดผ่านตะแกรงขนาด การสูญเสียเมล็ด

เมื่อเพิ่มความชื้นจำนวนเมล็ดตกจะลดลง แต่การเพิ่มความชื้นเมื่อถึงจุด ๆ หนึ่งจะทำให้จำนวนเมล็ดตกเพิ่มขึ้น และความสามารถในการลดผ่านตะแกรงขนาดจะลดลงอย่างรวดเร็ว แต่การสูญเสียเมล็ดจะเพิ่มขึ้นมาก

- ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเจือปนกับจำนวนเมล็ดตก ความสามารถในการลดผ่านตะแกรง การสูญเสียเมล็ด

สิ่งเจือปนจะ ไม่มีผลกับจำนวนเมล็ดตก แต่ความสามารถในการลดผ่านตะแกรงลดลงและการสูญเสียเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

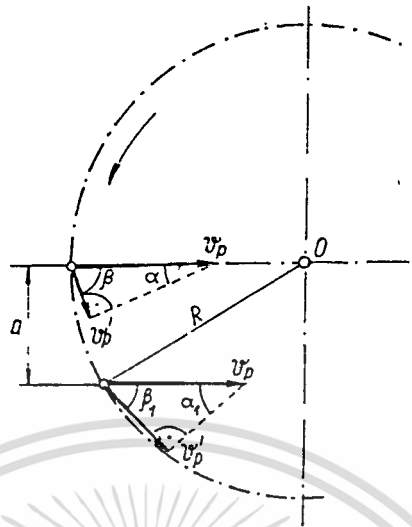
การลดอัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือกและการเพิ่มความหนาแน่นพ่อนัญญพิช ทำให้เมล็ดอยู่ในชั้นของวัสดุที่อัดแน่นขึ้น โอกาสที่เมล็ดลดผ่านตะแกรงขนาดมีน้อยลง แต่ในเวลาเดียวกันเป็นการป้องกันเมล็ดไม่ให้แตกหรือเสียหายได้

ทิศทางและความเร็วของเมล็ดที่จะป้อนเข้าสู่ลูกนวดและวิธีการป้อนนัญญพิช (ป้อนตามยาว ป้อนตามขวาง หรือป้อนตามแนวเอียง) เป็นปัจจัยสำคัญ

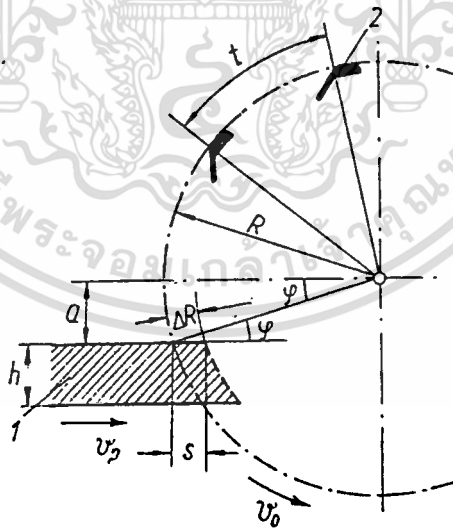
ระบบการป้อนที่นิยม ใช้ในเครื่องเกี่ยวขนาดมักป้อนด้วยอุปกรณ์ลำเลียงตั้งเพ็ชขึ้นมายังทางเข้าช่องนวด ขณะที่ตั้งเพ็ชกำลังเคลื่อนที่สัมผัสกับครีบทกำลังหมุน ตันเพ็ชมีการเปลี่ยนทิศทางและเพื่อที่จะให้มีความเร็วที่ละน้อย การเปลี่ยนทิศทางและการเคลื่อนที่ทำให้ความเร็วของวัสดุลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของตันเพ็ชสัมผัสกับครีบท เมื่อเทียบกับแกนลูกนวด

จากรูปที่ 2.11 ถ้าให้ความเร็วของการป้อนเป็น v_p และความเร็วเริ่มต้นของวัสดุที่เคลื่อนที่เข้ามาเป็น v'_p ตำแหน่งป้อนนัญญพิชกำหนดโดยระยะ a (ระยะ a วัดจากระยะตรงแนวแกนลูกนวดถึงตำแหน่งป้อนนัญญพิช)

ตำแหน่งของการป้อนวัสดุเข้าสู่ลูกนวดมีผลต่อความเร็วต้นของวัสดุที่เคลื่อนที่เข้าสู่ช่องนวด (v'_p) เมื่อตำแหน่งที่ป้อนวัสดุต่ำลง (ระยะ a มากขึ้น) จะทำให้ความเร็ว v'_p เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.11 แต่ความจริงแล้วค่า v_p จะต่ำกว่าที่ปรากฏในรูปเพราะว่ามีการสั่น ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ความเร็วเริ่มต้นของวัสดุที่ถูกดึงเข้ามาโดยลูกกวาดแบบครึ่ง
ซึ่งขึ้นอยู่กับความสูงของการป้อน



รูปที่ 2.12 ชั้นของการป้อนในแนวเส้นรอบวง 1-ชั้นของวัสดุที่ถูกกด 2-ควิบ

ไกลระหว่างครีบและลนกวดกับวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ความหนาของชั้นวัสดุที่ป้อนเข้าสู่ห้องนวดตามแนวรัศมี (ΔR) แสดงถึงความสามารถ
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการดิงพาโฟนัญพืช เข้าสู่ช่องขนาด ซึ่งเทียบได้กับปริมาณวัสดุที่เคลื่อนที่เข้าสู่ช่องขนาดต่อหน่วย เวลา สามารถประมาณค่า ΔR ได้ดังนี้

$$\Delta R = S \cos \Psi$$

เมื่อ

S = เส้นทางของชิ้นวัสดุที่เคลื่อนที่ระหว่างครีบ 2 ครีบ

ดังนั้น

$$S = \frac{v_p t}{v_o}$$

เมื่อ

v_o = ความเร็วเชิงเส้นของครีบ

t = ระยะทางครีบตามเส้นรอบวง

จาก

$$\cos \Psi = \sqrt{1 - \sin^2 \Psi}$$

$$\sin \Psi = a/R$$

แทนค่าในสมการ จะได้

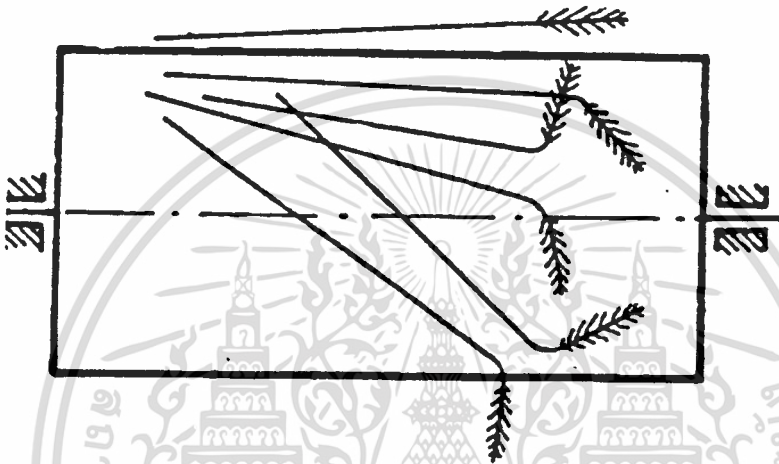
$$\Delta R = \frac{v_p t}{v_o} \sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}}$$

จากสมการดังกล่าว ความสามารถในการดิงพา วัสดุเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วในการ ป้อน ช่วงห่างระหว่างครีบและรัศมีของลูกขนาดเพิ่มขึ้นและ a ลดลง แต่ถ้าลดค่า v_o ต่ำเกินไป ค่า ΔR จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงค่าหนึ่งซึ่งโฟนัญพืช เคลื่อนที่เข้าไปในลูกขนาดแทนที่จะเข้าไป ในช่องขนาด เป็นเหตุให้จำนวนเมล็ดที่ขนาดได้ลดลง

ลักษณะของครีบ ความสามารถในการดิงพาวัสดุมีผลต่อการนำ ครีบที่มีพื้นที่หน้า หยาบจะช่วยให้การนำวัสดุขึ้น แต่ผิวลักษณะนี้เป็นตัวขวางทำให้วัสดุเคลื่อนที่เข้ามาในช่องขนาดได้ เลวลงที่เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ข้างลง ที่ $a = 0$, ΔR จะมีความมากที่สุด แต่มุมเบี่ยงเบนโฟนัญพืช (θ) จะเบี่ยงเบนลง (θ มี ไม่จำกัด) ทุกด้าน อีกทั้งยังมีให้คิดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามากขึ้น) และทำให้การท่วงมีค่ามากขึ้น ความสามารถในการดิงพาลลดลงด้วย

การป้อนลักษณะตามขวางความเสียดทานขณะที่สัญญาณสัมพันธ์กับครีบกิดขึ้นมากกว่า
การป้อนแบบตามยาว ดังนั้นความสามารถในการดิงพาลจะดีกว่า



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการป้อนในตำแหน่งต่าง ๆ สัมพันธ์กับแกนลูกนวด

การป้อนแบบตามขวางตำแหน่งพอนสัญญาณมีได้ขนาดกันแกนลูกนวดเพียงอย่างเดียว แต่อาจอยู่ในตำแหน่งเอียงทำมุมกับแกนลูกนวดได้ ในช่วงแรกที่พอนสัญญาณเข้าไปในช่องนวด รวงหรือฝักจะมีการเปลี่ยนทิศทางหรือมุมเมื่อเทียบกับต้นอย่างทันทีทันใด (รูปที่ 2.13) บางส่วนอยู่กับที่ไม่เปลี่ยนมุม บางส่วนอยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกัน ซึ่งรวงหรือฝักจะมีความเร่งสูง (ประมาณ $8,000-10,000 \text{ m/sec}^2$ ซึ่งเทียบได้แรงเฉื่อย $10-30g$) กระทำบนแต่ละเมล็ด แรงนี้เพียงพอสำหรับการแยกเมล็ดออกจากฝักหรือทำให้เมล็ดเกือบหลุดออกจากพอนได้

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาโอกาสที่รวงหรือฝักขัดสีกับตะแกรงนวด และจำนวนเมล็ดที่ลอดผ่านตะแกรงออกมา ดังนั้นการป้อนแบบตามยาวจะให้ผลดีกว่าแบบขวาง เนื่องจากจำนวนต้นสัญญาณที่เคลื่อนที่ในช่องนวดมีปริมาณมากกว่า

ประสิทธิภาพการนวดทางทฤษฎีหรือจำนวนเมล็ดที่ได้ทางทฤษฎี (kg/s) คิดที่สัญญาณอยู่เต็มช่องนวด คำนวณได้จากผลคูณของพื้นที่หน้าตัดตามขวางของช่องทางออกกับความเร็วของไปใช้

การเคลื่อนฟอนทางช่องทางออก เนื่องจากที่ช่องทางออกและน้ำพักของเมล็ดที่ออกมาด้วยกันกับเศษธัญพืชมีค่าน้อย และน้ำพักของสิ่งเจือปนที่มีน้ำพักเบาซึ่งลอดผ่านตะแกรงขนาดออกมาพร้อมกับเมล็ดมีค่าน้อยมากเช่นกัน ประสิทธิภาพการนวด (q) หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$q \approx 10^{-3} l s v_w \sigma \epsilon + \sigma q$$

เมื่อ

l = ความยาวช่องนวด (m)

s = ความกว้างของช่องทางออก (mm)

v_w = ความเร็วของเมล็ดที่ถูกนวดที่ช่องทางออก (m/s)

σ = ความหนาแน่นรวมของวัสดุ ที่อยู่ที่ช่องทางออกของช่องนวด (kg/m^3)

ϵ = สัมประสิทธิ์ของการใช้งานของความยาวช่องนวดหรือลูกนวด

$$(\epsilon = 0.85-0.90)$$

$$\sigma = \frac{q_z}{q_s}$$

เมื่อ

q_z = น้ำหนักของเมล็ดที่ลอดผ่านตะแกรงนวด

q_s = น้ำหนักของเศษธัญพืชเช่น เปลือก ฟาง

$$q = \frac{l s v_w \sigma \epsilon}{1 - \sigma} \quad (\text{kg/s})$$

ควรสมมติให้ความกว้าง s มีขนาดที่เหมาะสมกับชนิดและสภาพของเมล็ด

ความเร็วในการป้อนธัญพืชไม่ควรมากกว่าความเร็วที่ธัญพืชเคลื่อนที่ในช่องนวด

มากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการอัดตัวของธัญพืชในช่องนวดและอาจถึงขั้นที่ลูกนวดหยุดหมุนได้

การเคลื่อนตัวของฟอนธัญพืชในช่องนวดนั้นขึ้นที่ใกล้กับลูกนวดจะเคลื่อนตัวเร็วกว่า

ขึ้นที่ใกล้กับตะแกรงนวดและธัญพืชที่อยู่ส่วนกลางของลูกนวดมีความเร็วสูงกว่าที่อยู่ส่วนปลายทั้งนี้

เพราะการเคลื่อนตัวของธัญพืชที่ขอบมีมากกว่า และความเสียดทานระหว่างผนังด้านข้างและของ

ชุดนวดทำให้การเคลื่อนที่ของธัญพืชช้าลง มีการประมาณว่า ความเร็วในการเคลื่อนตัวของฟอน

ธัญพืชในช่องนวดจากสมการดังต่อไปนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v = v_0 k$$

เมื่อ

v_0 = ความเร็วเชิงเส้นของลูกนวด

k = สัมประสิทธิ์ของสัดส่วนขึ้นกับความเร็วรอบลูกนวดและวิธีการป้อนฟ่อนัญญ์

$$(k = 0.7 - 0.9)$$

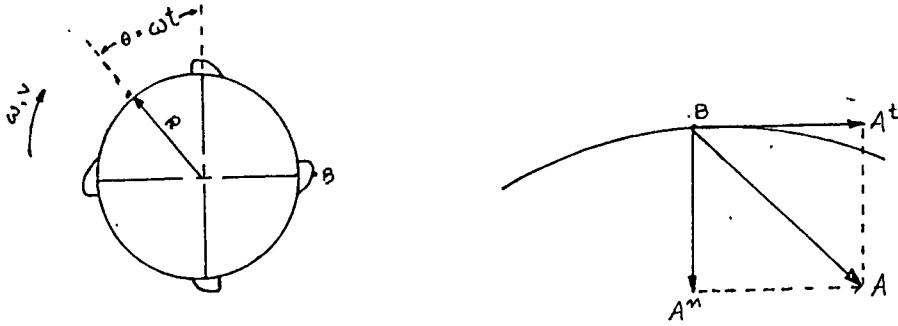
เมื่อป้อนฟ่อนัญญ์ในช่วงแรกของช่องแวนด์ฟิชยังมีความเร็วต่ำ (ความเร็วเพิ่มขึ้นไม่มาก) ฟ่อนัญญ์ยังคงเกาะเกี่ยวกัน แต่เมื่อผ่านเข้ามาในช่องแวนด์ความเร็วเพิ่มขึ้น ฟ่อนัญญ์ก็แตกแยกกัน และ นอกจากนั้นความเร็วในช่องแวนด์อาจเพิ่มขึ้นได้เนื่องจากการสั่นไถลที่เกิดระหว่างฟ่อนัญญ์กับครีบก้อนด้วย ประสิทธิภาพการทำงาน (ปริมาณเมล็ดที่นวดได้) ขึ้นกับความเร็วและความสม่ำเสมอในการป้อนฟ่อนัญญ์ต่อหน่วยเวลา เมื่อความเร็วในการป้อนเพิ่มขึ้น ฟ่อนัญญ์ที่ป้อนเข้ามาจะเบาและทำให้การนวดดีขึ้น ส่วนที่ไม่ถูกนวดน้อยลง นอกจากนี้ในการปฏิบัติจริงการป้อนฟ่อนัญญ์ที่ลูกนวดมัก ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากต้นฟิชที่เรียงตัวหรือกระจายไม่สม่ำเสมอ หรืออุปกรณ์ป้อนฟ่อนัญญ์สู่ช่องแวนด์ไม่สม่ำเสมอ สิ่งเหล่านี้ทำให้การนวดในช่องแวนด์ไม่สม่ำเสมอ (ความหนาของชั้นฟ่อนัญญ์ในช่องแวนด์ไม่เท่ากัน) จำนวนเมล็ดที่นวดได้ไม่สม่ำเสมอ แต่หากค่าอัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือกสูง (นั่นคือฟ่อนัญญ์ต้นสั้น) โอกาสที่จะนวดฟ่อนัญญ์ได้ดี แม้จะมีการป้อนที่ไม่สม่ำเสมอมากกว่าแต่ปริมาณเมล็ดที่เสียหายและสิ่งเจือปนที่หลุดผ่านช่องทางตะแกรงนวดจะมากขึ้น

2.1.4 ทฤษฎีแรงที่ใช้ในการแยกเมล็ดออกจากต้นและฝัก

การแยกเมล็ดออกจากต้นและฝักนั้น จะมีแรงที่ใช้ในการแยกเมล็ดซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. แรงเสียดทาน (Friction Force) ทั้งระหว่างฟ่อนัญญ์ด้วยกันเองหรือระหว่างฟ่อนัญญ์กับลูกนวดและตะแกรงนวด
2. แรงกระแทก (Impulse Force) เป็นแรงที่ครีบลูกนวดกระแทกต่อต้นฟิชหรือฝักโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 การหมุนของลูกนวด

จากรูปที่ 2.14 เมื่อพิจารณาการหมุนของลูกนวดรัศมี R ที่มีความเร็วเชิงเส้น v

ความเร็วเชิงมุม

การคำนวณความเร็วเชิงเส้น (Peripheral speed)

ความเร็วเชิงมุม (ω) หมายถึงอัตราการเคลื่อนที่เชิงมุมต่อหนึ่งหน่วยเวลา

$$\omega = \theta/t = 2\pi n$$

จาก

$$v = s/t$$

เมื่อ

$$s = r\theta$$

$$v = r\theta/t = r\omega = (2\pi n)r$$

เมื่อ

$$r = \text{รัศมีของการเคลื่อนที่ (ม.)}$$

$$v = \text{ความเร็วเชิงเส้น (ม/ส)}$$

$$n = \text{ความเร็วรอบ (rpm)}$$

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความเร็วเชิงเส้นของลูกนวดขนาด 144 mm ที่ความเร็วรอบต่างๆ กัน

ความเร็วรอบ (rpm)	ความเร็วเชิงเส้น(ม/ส)
920	7.34
1480	11.81
1980	15.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้แบบเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.14 พิจารณาที่จุด B

กำหนด

- A^t = ความเร่งในแนวสัมผัส (Tangential acceleration)
- A^n = ความเร่งในแนวเข้าสู่ศูนย์กลาง (Normal acceleration)
- v^t = ความเร็วในแนวสัมผัส (Tangential velocity)
- v^n = ความเร็วในแนวเข้าสู่ศูนย์กลาง (Normal velocity)

พิจารณา A^t

$$A^t = dv^t/dt$$
$$A^t = R (d\omega/dt)$$

เพราะว่า

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

เมื่อ n เป็นความเร็วรอบ ซึ่งค่าคงที่

$$\omega = \text{ค่าคงที่}$$

$$A^t = R(d\omega/dt)$$

$$A^t = 0 \dots \dots \dots (2.1)$$

พิจารณา A^n

$$A^n = dv^n/dt$$
$$dv^n = v d\theta$$
$$A^n = v d\theta/dt$$

$$A^n = v\omega = R\omega^2 = v^2/R$$

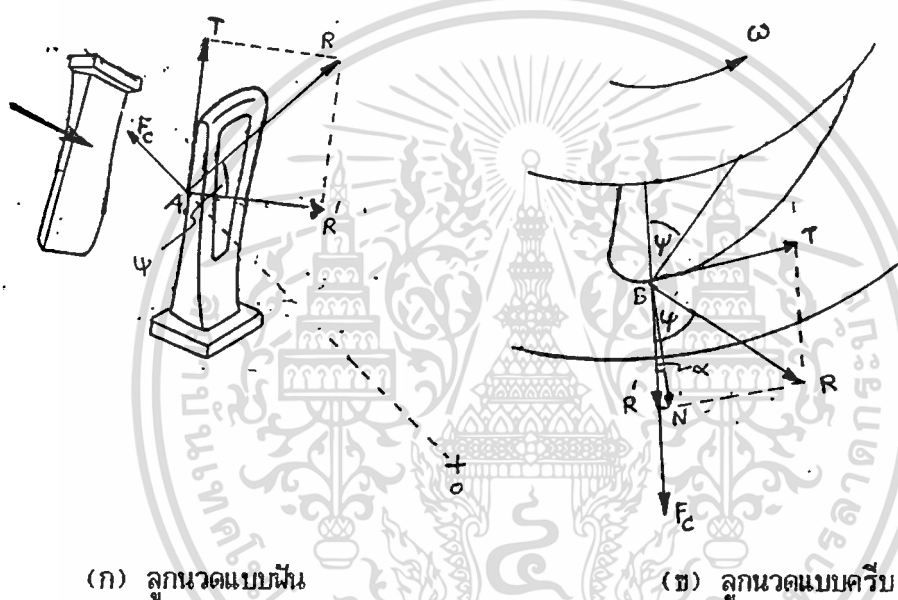
ความเร็วรวม

$$A = \sqrt{(A^n)^2 + (A^t)^2}$$
$$= \sqrt{(A^n)^2 + 0}$$
$$\therefore A = A^n \dots \dots \dots (2.2)$$

จากสมการ (2.2)

$$\therefore A = A^n$$

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } A &= v^2/R \\
 F_c &= mA \\
 &= m(v^2)/R
 \end{aligned}$$



(ก) ลูกนวดแบบพื้น

(ข) ลูกนวดแบบคว่ำ

รูปที่ 2.15 แรงที่ใช้ในการแยกเมล็ดออกจากต้นและฝัก

แรงที่ศูนย์กลาง (F_c) ที่ใช้ในการแยกเมล็ดออกจากฝักมีทิศทางในแนวรัศมี

สำหรับลูกนวดแบบคว่ำและแบบพื้น ดูได้จากรูป 2.15 (ก) และ (ข)

สำหรับลูกนวดแบบพื้น แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัส ระหว่างสันฟันด้านนอกกับด้านข้างของฟัน พิจารณาจากรูป 2.15 (ก) ที่จุด A มีแรงปฏิกิริยาจากฐานคือ แรง R ซึ่งกระทำในทิศทางทำมุม ψ กับเส้นตั้งฉากกับสันฟันด้านหน้า แรง R ประกอบด้วยแรงในแนวสัมผัสกับสันฟันด้านหน้า คือ T และแรงตั้งฉากกับสันฟันด้านหน้าคือ R พิจารณาที่จุด B มีแรงเสียดทานเกิดขึ้นระหว่างผิวด้านข้างของฟันกับฐานตามสมการ

$$F = \mu N$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้วงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$F = (\tan^{-1} \psi) N$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

μ = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

N = แรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศทางตั้งฉากกับระนาบด้านข้างของเนิน

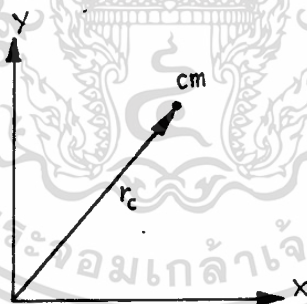
แรง N นี้เกิดขึ้นเนื่องจากการบีบอัดตัวของวัตถุเมื่ออยู่ระหว่างพื้นของตะแกรง

ลวดกับลูกนวด

พิจารณาจากรูปที่ 2.15 (ข) มีแรงเสียดทานระหว่างผิวครีบกับวัตถุในทิศทางตั้งฉากกับระนาบด้านข้างของเนิน พิจารณาที่จุด C แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงเสียดทานกระทำกับวัตถุเป็นมุม ψ เมื่อเทียบกับเส้นที่ตั้งฉากกับผิวสัมผัสของครีบก

ลักษณะการเกิดการกระแทก (Impulse) สามารถอธิบายได้ดังนี้

การเกิดแรงกระแทกเป็นแรงลัพธ์ของแรงที่ศูนย์กลางกับแรงเสียดทาน (ที่อธิบายข้างต้น) ดังรูปที่ 2.15(ก) สำหรับลูกนวดแบบแห้งที่จุด B แรงกระแทกเกิดที่เส้นด้านหน้ากับวัตถุ สำหรับลูกนวดแบบครีบกที่จุด C แรงกระแทกที่เกิดขึ้นที่เส้นครีบกด้านหน้า สังเกตได้ว่าแรงกระแทกที่ใช้ในการแยกเมล็ดออกจากฝักมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับแรงเสียดทาน



รูปที่ 2.16 ระยะ r_c ของวัตถุ

จากรูปที่ 2.16 และ

$$F = m\ddot{r}_c \dots\dots\dots (2.3)$$

เมื่อ

$\ddot{r}_c$ = ความเร็วที่ cm (Center of mass)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
จากสมการ (2.3) เมื่อ Integrate จะได้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$\int_{t_1}^{t_2} F dt = m (V_{c2} - V_{c1}) \dots\dots\dots (2.4)$$

V_{c1}, V_{c2} = ความเร็วที่จุด center of mass ที่เวลา t_1 และ t_2 ตาม

ลำดับ

จากสมการ (2.4) ด้านซ้ายมือ $\int_{t_1}^{t_2} F dt = \hat{F}$ (Impulse) ซึ่งแรง F เป็นแรงกระทำ $\hat{F}$ ส่วน ทางขวามือ $m (V_{c2} - V_{c1})$ จะเป็นการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงเส้น (P) ถ้ามีวัตถุหลาย ๆ ชิ้น จะได้รับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม คือ

ซึ่ง

$$P = \sum_{i=1}^n m_i v_i$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$\sum_{i=1}^n m_i v_i = \sum_{i=1}^n m_i v_c = m v_c$$

$$\hat{F} = P_2 - P_1 \dots\dots\dots (2.5)$$

จากสมการ (2.3) และ (2.5) สามารถนำมาเขียนในรูป 3 มิติได้ดังนี้

$$\hat{F}_x = \int_{t_1}^{t_2} F_x dt = m (\dot{X}_{c2} - \dot{X}_{c1}) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\hat{F}_y = \int_{t_1}^{t_2} F_y dt = m (\dot{Y}_{c2} - \dot{Y}_{c1}) \dots\dots\dots (2.7)$$

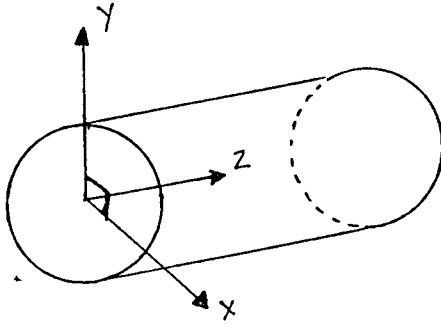
$$\hat{F}_z = \int_{t_1}^{t_2} F_z dt = m (\dot{Z}_{c2} - \dot{Z}_{c1}) \dots\dots\dots (2.8)$$

เมื่อ

X_c, Y_c, Z_c = ตำแหน่งของ Center of mass

จากทฤษฎีของ Impulse นำมาอธิบายการกระแทกได้ดังนี้

จากรูป 2.17 มองเห็นได้ชัดว่า แกน Z มีแรงกระแทกเกิดขึ้นมาก เนื่องจาก ลูกบอลหมุนรอบแกน Z และถ้าเหลือองเคลื่อนที่ในระนาบ x-y จะเกิดการเกิดแรงในแนวแกน Z สามารถตัดการเกิดแรงกระแทก ($\hat{F}_z=0$) ออกไปได้



รูปที่ 2.17 การตั้งแกน X,Y,Z

จากสมการ (2.6) และ (2.7) จะเห็นว่าขนาดของ F ขึ้นกับ

1. มวลถั่วเหลือง (m) หมายถึงมวลของต้นถั่ว ฝักถั่ว เมล็ดถั่ว เป็นสิ่งที่ทำให้การกระแทกเกิดได้มากหรือน้อย เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีขนาดต่าง ๆ กันบ้าง ทำให้น้ำหนักไม่เท่ากัน การเกิดแรงกระแทกจึงต่างกันออกไป

2. การเปลี่ยนแปลงของความเร็วของฝักถั่วในระนาบแกน X หรือ Y

3. โอกาสในการเกิดการกระทบกัน

ข้อพิจารณาแรงเฉื่อยที่เกิดขึ้นระหว่างลูกนวดแบบฟัน กับแบบครีป

1. วัสดุที่ใช้ทำฟันหรือครีปของลูกนวด เช่น หากฟันของลูกนวดทั้ง 2 แบบ ทำจากวัสดุต่างกัน แบบฟันทำจากเหล็กเหนียว ส่วนแบบครีปทำจากยางแข็ง เพราะฉะนั้นเห็นได้ชัดว่าแบบฟันจะให้แรงเสียดทานมากกว่า จะทำให้เมล็ดถั่วเกิดการแตกได้มากกว่า ที่ความชื้นเท่ากัน

2. ช่องว่างระหว่างฟันหรือครีปของลูกนวด ช่องว่างของฟันแบบครีปจะมีระยะห่างมากกว่าช่องว่างของแบบฟัน จะให้โอกาสที่เมล็ดจะไม่ถูกนวดของแบบครีปจะมีมากกว่าแบบฟัน

3. จำนวนฟัน จำนวนฟันของลูกนวดแบบครีป จะมีน้อยกว่าแบบฟันมาก ทำให้มีพื้นที่ผิวในการที่แยกเมล็ดออกจากฝักมากกว่า

4. ฟันที่หน้าตัด มันที่หน้าตัดของลูกนวดทั้ง 2 ชนิดจะต่างกัน คือแบบฟันมีพื้นที่หน้าตัด

เป็นวงกลม ส่วนแบบครีปจะเป็นแบบรูป 1/4 ของวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 กำลังที่ใช้ในการหวด

กำลังที่ให้กับลูกหวดโดยเครื่องยนต์ (N) ใช้เอาชนะแรงต้านทานสูญเสียเปล่าของเครื่องยนต์ (N_i) และแรงต้านทานทั้งหมดที่ใช้ในระบบการ (Np) เท่ากับ

$$N = N_i + N_p$$

แรงต้านทานสูญเสียเปล่าของเครื่องที่เกิดเนื่องจากความเสียดทานของจุดหมุนของเพลาลูกหวดและผลกระทบจากการระบายอากาศ (Ventilating effect) ค่าแรงต้านทานนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบการหมุนของลูกหวด โดย Goryachkin ได้ให้ความสัมพันธ์ว่า

$$N_i = A\omega + B\omega^3$$

เมื่อ

A = โมเมนต์จากแรงเสียดทานใน Bearing ของเพลา

จาก Soviet experiment data สำหรับลูกหวดแบบครีป

$$A = 0.4 \times 10^{-3}$$

$$\text{สำหรับ ลูกหวดแบบฟัน } A = 0.4 \times 10^{-2}$$

B = สัมประสิทธิ์ของผลกระทบจากการระบายอากาศ (Ventilating effect)

มวลของอากาศที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของลูกหวดแบบครีปในเวลา 1 วินาที

ได้จาก

$$M_p = \frac{\sigma_p F v_c}{g}$$

เมื่อ

σ_p = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

F = พื้นที่ด้านหน้าของครีป (m^2)

i = จำนวนครีป

v_c = ความเร็วในแนวเส้นตรงของศูนย์กลางของผิวด้านหน้าของครีป (m/s)

อาจสมมติให้ความเร็วของอากาศแปรผันตรงกับ v_c นั่นคือ

$$v_p = \epsilon v_c$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

ϵ = สัมประสิทธิ์ของความเป็นสัดส่วน (Proportionality) $\epsilon \approx 0.55$

กำลังที่ใช้เพิ่มพลังงานจลน์ให้อากาศ ประมาณเท่ากับ

$$B\omega^3 = \frac{\rho_p v_p^2}{2} = \frac{\sigma_p F_i \epsilon^2 v_c^2}{2g}$$

จากสมการที่กล่าวมาแรงต้านทานของการระบายอากาศจะเพิ่มขึ้นถ้าความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้นเป็นยกกำลังสาม และจะใช้กำลังถึง 50% ของกำลังที่ต้องการทั้งหมด

ผลของการระบายอากาศ เกิดขึ้นรอบลูกนวดเป็นชั้นอากาศบางไม่สม่ำเสมอรอบลูกนวด และส่วนกลางของความยาวลูกนวดเป็นชั้นอากาศที่มีความเร็วสูง อากาศบางส่วนผ่านช่องตะแกรงนวดลงไปและเกิดการหมุนวน ซึ่งทำให้ตัวการดัดเมล็ดเข้ามาในช่องนวด เศษธัญพืชจะถูกปล่อยออกไปจากตะแกรงนวดเป็นเมฆซึ่งทำให้เกิดการหนีรอบลูกนวดได้ และจะมีฝุ่นจำนวนมากปะปนออกมาในอากาศ ทำให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมภายในเครื่องนวดได้

จาก ข้อมูลของประเทศรัสเซีย

สำหรับลูกนวดแบบครีป $B = 0.91 \times 10^{-6}$

สำหรับลูกนวดแบบฟัน $B = 0.64 \times 10^{-6}$

ค่าแรงต้านทานการนวดขึ้นกับปัจจัยที่แตกต่างกันหลายอย่าง เช่น ชนิดของธัญพืชที่นวด ความชื้น พืชที่ปะปน ความยาวของฟ่อน อัตราส่วนระหว่างเมล็ดต่อเปลือก ความกว้างช่องทางเข้าและทางออก ความยาวลูกนวด มุมที่ตะแกรงรองรับลูกนวด (ความยาวตะแกรงนวด) ความเร็วและทิศทางการป้อน นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกรอกแบบตะแกรงนวดและครีปหรือฟันด้วย

แรงต้านทานการนวดพื้นฐานมีสาเหตุมาจาก

1. การเพิ่มความเร่งวัสดุที่ป้อนเข้าช่องนวด
2. การเสียดทานซึ่งกันและกันของฟ่อนธัญพืชในช่องนวดและกับตะแกรงนวด (รวมถึงการแยกเมล็ดออกจากต้น รวงหรือฝัก)
3. การบีบขึ้นของฟ่อนธัญพืชที่เคลื่อนที่ในช่องนวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับองค์กรในวงจำกัดการสืบค้นเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

จาก Pustygina ความดันเฉพาะของครีปบนวัสดุหยาบจากความสัมพันธ์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = Ae^{\epsilon}$$

เมื่อ

σ = ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของวัสดุ

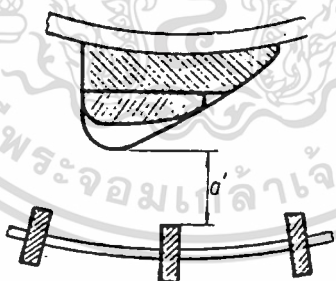
A, C = สัมประสิทธิ์ของวัสดุ

$$\sigma = \frac{a-a'}{a} = 1 - \frac{a'}{a}$$

เมื่อ

a = ความหนาของชั้นวัตถุผิวในช่องขนาด

a' = ความหนาของฟอยล์วัตถุผิวที่ถูกบีบระหว่างผิวของครีบกับครีบทะแกรงขนาด



รูปที่ 2.18 การบีบตัวของวัตถุผิวระหว่างลูกขนาดแบบครีบกับครีบทะแกรงขนาด

เมื่อครึ่งลูกกวาดหมุนอยู่ที่เหนือครึ่งของตะแกรงแนว ความดันในแนวตั้งฉากที่กระทำต่อ
ชั้นฉนวนมีค่าเท่ากับ

$$P = p b \eta l$$

เมื่อ

b = ความหนาของครึ่งของตะแกรงแนว

l = ความยาวของครึ่งของตะแกรงแนว

η = สัมประสิทธิ์ของการใช้ความยาวของตะแกรงแนว

เนื่องจากการกระแทกของชั้นของครึ่งต่อชั้นของฉนวน สัมประสิทธิ์ของความเสียด
ทานของวัสดุแห้งต่อผิวของสัณฐานอาจสมมติให้ $\mu = 0.75$

จากทฤษฎีลูกกวาดของ Goryachkin (สมมติให้การกระแทกของครึ่งหรือพื้น ต่อชั้น
ของฉนวนเป็นแบบไม่ยืดหยุ่น) ความสัมพันธ์ระหว่างการกระแทกของแรงและโมเมนตัม เป็นดังนี้

$$p_1 \Delta t = \Delta m v$$

เมื่อ

P_1 = แรงที่ครึ่ง(หรือพื้น) ชนกับวัสดุ

Δt = เวลาของการชน

Δm = มวลของวัสดุที่ชนกับครึ่งหรือพื้น

v = ความเร็วของวัสดุในเวลา Δt

$$P_1 = \frac{\Delta m}{\Delta t} v = m' v$$

เมื่อ

$$m' = \Delta m / \Delta t = \text{มวลที่ป้อนใน 1 วินาที}$$

จากสมมติฐานของการกระแทกแบบไม่ยืดหยุ่น ค่า v เท่ากับความเร็วเชิงเส้นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ลูกกวาด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากเพิ่มความเร็วให้วัสดุค้างทั้งมวล ยังเกิดความต้านทานของวัสดุในระหว่าง
การเคลื่อนในช่องแนว ซึ่งความต้านทานนี้ Goryachkin ได้ให้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$P_2 = fP$$

เมื่อ

f = สัมประสิทธิ์ของการขัดสีวัสดุในช่องแนว

ดังนั้นแรงต้านทานรวมที่เส้นรอบวงของลูกแนวเท่ากับ

$$P = P_1 + P_2 = m' v = fP$$

ดังนั้น

$$P = \frac{m' v}{1-f}$$

กำลังที่ต้องการสำหรับการแนว (แรงต้านทานการแนว) เท่ากับ

$$75N = \frac{m' v^2}{1-f}$$

เมื่อ

N = กำลังต่อเนื่องของเครื่องยนต์

หากพิจารณาในรูปของโมเมนต์แรงเฉื่อยของลูกแนว และความเร่งเชิงมุมที่เกิดขึ้น

จะได้

$$75N = J \omega \frac{d\omega}{dt}$$

เมื่อ

J = โมเมนต์ของความเฉื่อยของลูกแนว

ในที่สุด

$$75N = \frac{J \omega d\omega}{dt} = \frac{m' v^2}{1-f}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการนี้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์ กำลังสูญเสียและความต้านทานการไหล

สมมติฐานของ Goryachkin กำหนดการกระแทกในช่องแนวเป็นแบบไม่ยืดหยุ่น และไม่มีการสิ้นเปลืองระหว่างครีบและฟอนที่เลื่อนเข้ามาในช่องแนว ซึ่งจะเบี่ยงเบนให้ลดความเร็วที่ช่องทางออก ต่อมามีการแก้ไขกำลังที่ต้องใช้สำหรับการกระแทกและให้ความเร็วต่อวัสดุ โดยคำนึงถึงความเร็วที่ลดลงที่ช่องทางออก ดังนี้

$$75 N_1 = \xi m' v^2$$

จากข้อมูลของประเทศรัสเซีย

สำหรับลูกนวดแบบครีบ $\xi = 0.3$

สำหรับลูกนวดแบบฟัน $\xi = 0.8$

แต่จากการวัดค่า ในการทดลองต่อมาพบว่า ค่าที่กำหนดสูงเกินไป ฉะนั้นเราจะประมาณค่าที่ใช้ในงานจริง ๆ เท่ากับ

$$\xi = 0.4 - 0.45$$

ค่าสัมประสิทธิ์การไหล f ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง (ชนิดของเมล็ด ความชื้นอัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือก ความกว้างช่องแนว ความเร็วเชิงเส้น ฯลฯ) ซึ่งเป็นการยากที่จะประมาณค่า f ที่ถูกต้องได้ ฉะนั้นจะประมาณค่า f ดังนี้

สำหรับลูกนวดแบบครีบ $f = 0.65 - 0.75$

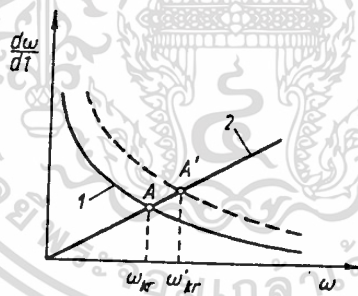
สำหรับลูกนวดแบบฟัน $f = 0.70 - 0.80$

อย่างไรก็ดีกำลังที่ต้องการในการไหลเป็นส่วนหนึ่งกับค่าการป้อน q (kg/s) เนื่องจากการลดความยาวของฟอนรัศมีลดลง ไม่เพียงแต่จะทำให้จำนวนเมล็ดที่ลอดผ่านมากขึ้น แต่ความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูปร่างของวัสดุ ลดลงเช่นกัน ดังนั้นการใช้กำลังหรือค่าแรงบิดของเพลาลูกนวดลดลง หากแรงบิดที่เพลาลูกนวดมากขึ้น ความเร็วเชิงเส้นของลูกนวดจะลดลงจากสมการ

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{75N}{J}$$

สมการนี้แสดงให้เห็นว่าที่ค่าของ N ใด ๆ ความเร็วเชิงมุมของลูกเหวดยจะมีค่าต่ำลง เมื่อโมเมนต์ของแรงเฉื่อยมีค่ามากขึ้น (เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกเหวดยิ่งมากขึ้น) และจะหมุนเร็วขึ้น (เช่นเดียวกับ flywheel) การลดความเร็วเชิงมุมเนื่องจากการให้ภาระลูกเหวดยด้วยแรงต้านทานการหมุน สามารถอธิบายได้ดังนี้

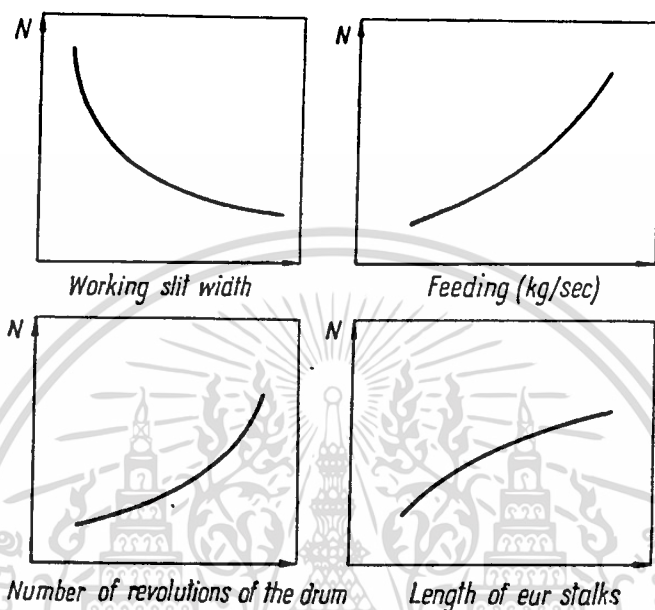
$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{m v^2}{(1-f)J} = \frac{m R^2}{(1-f)J}$$



รูปที่ 2.19 การเปลี่ยนแปลงใน 1 - $d\omega/dt = 75N/J\omega$ 2 - $d\omega/dt = mR^2/(1-f)J\omega$

แปลงมาก การรักษาความสม่ำเสมอของความเร็วรอบลูกนวด ต้องการโมเมนต์ของความเฉื่อยสูง นอกจากลูกนวดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กมีโอกาสดัชนีพีชจะเข้าไปห่อหุ้มลูกนวดได้มาก

จากสาเหตุเหล่านี้จึงมีปัจจุบันโดยทั่วไปเครื่องเกี่ยวหวด จึงได้ออกแบบให้ลูกนวดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ (ประมาณ 550-610 mm)



รูปที่ 2.20 ปัจจัยที่มีผลต่อกำลัง N

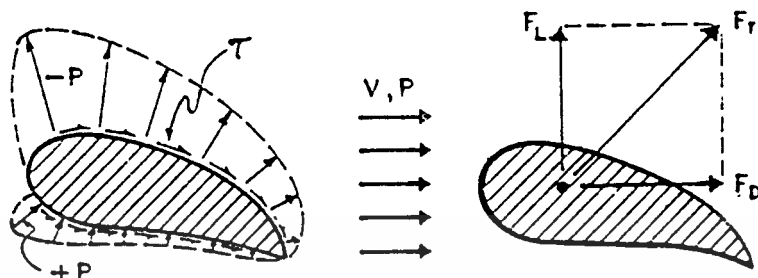
จากรูปที่ 2.20 การเปลี่ยนกำลังที่ใช้ N ขึ้นกับปัจจัย 4 ประการ ลูกนวดที่มีความเร็วรอบเพลาสสูง (เมื่อลูกนวดมีน้ำหนักคงที่) การตั้งเครื่องนวดต้องติดตั้งให้สมดุล ทั้งทางสถิตยและทางจลน์ ไม่เช่นนั้นแล้วจะเป็นสาเหตุให้ต้องการแรงบิดเพิ่มเติม และเกิดการสั่นสะเทือนที่ Bearing ของเพลได้

2.2 คุณสมบัติทาง Aerodynamic ของธัญพืช (Moshemin, 1976)

ในกระบวนการแยกสิ่งที่ต้องการและไม่ต้องการออกจากกันโดยใช้ลมเป็นตัวกลาง จำเป็นจะต้องทราบถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อพฤติกรรมทาง aerodynamic เช่น สัมประสิทธิ์แรงต้าน (Drag coefficient) และความเร็วสุดท้าย (Terminal velocity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 สัมประสิทธิ์ของแรงต้าน



รูปที่ 2.21 การไหลของของไหลรอบวัตถุ

เมื่อวัตถุจมอยู่ในช่องไหลที่กำลังเคลื่อนที่แรงกระทำต่อวัตถุแสดงได้ดังรูป 2.21 จากรูป (ของไหลไม่ถูกรบกวนจากภายนอก) ความดันที่อยู่ด้านบนของวัตถุจะน้อยกว่าความดัน P จึง แทนความดันทางด้านบน $(-P)$ ซึ่งลดลงด้วยลูกศรชี้ออกจากวัตถุ และความดันด้านล่าง $(+P)$ ซึ่งเพิ่มขึ้น แทนด้วยลูกศรชี้เข้าหาวัตถุ นอกจากนี้มีแรงเฉือน (τ) กระทำขนานกับผิววัตถุในทิศทางเดียวกับการไหล

ผลของแรงต้าน (F_r) หาได้จากแรงย่อยคือแรงต้าน F_D (Drag) และแรงยก F_L (Lift) | สมการของแรงต้านและแรงยกหาจากการวิเคราะห์มิติ (Dimension analysis) โดยสมมติให้วัตถุมีผิวเรียบ พื้นที่ฉาย (A_p) เคลื่อนที่เข้าไปในของเหลวที่มีความหนาแน่นมวล (ρ_f) ความหนืด (η) และค่า young modulus (E) ด้วยความเร็ว (V) ดังนั้น

$$F_D = f_1 (A_p, \rho_f, \eta, E, V)$$

$$F_L = f_2 (A_p, \rho_f, \eta, E, V)$$

จากทฤษฎีการวิเคราะห์มิติ คำนวณหาแรงต้านและแรงยกจะได้

$$F_D = C_D A_p \cdot \rho_f V^2 / 2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการสืบค้นเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ C_D และ C_L คือ สัมประสิทธิ์ของแรงต้านและสัมประสิทธิ์ของแรงยกวัตถุ
สมมติให้การเคลื่อนที่ของวัตถุมีการหมุนอย่างอิสระ ดังนั้นแรงต้านทั้งหมด (F_r)
จะอยู่ในเทอมของสัมประสิทธิ์แรงต้านรวม (C) ดังนี้

$$F_r = C A_p \rho_f V^2 / 2$$

เมื่อ

F_r = แรงต้าน = น้ำหนักของวัตถุที่ความเร็วสุดท้าย

C = สัมประสิทธิ์แรงต้านทานรวม

A_p = พื้นที่ฉาย

ρ_f = ความหนาแน่นมวลของของเหลว

V = ความเร็วระหว่างพื้นที่สัมผัสของของเหลวและวัตถุ

อย่างไรก็ดี แรงต้านสามารถแตกออกเป็นแรงย่อยคือ แรงต้านเนื่องจากความเสียดทาน (Frictional drag) ที่เกิดเนื่องจากแรงในแนวสัมผัสวัตถุ และแรงต้านทานเนื่องจากความดัน (Profile drag หรือ Pressure drag) ที่เกิดเนื่องจากการกระจายความดันรอบ ๆ วัตถุ ในการไหลแบบลามินาร์ (Laminar) หรือความเร็วต่ำ และของไหลที่มีความหนาแน่นน้อยและความหนืดของของไหลมีผลต่อการไหล แรงต้านเนื่องจากความดันสามารถตัดทิ้งได้ ในการไหลแบบเทอร์บูเลนต์ (Turbulent) หรือความเร็วสูง ซึ่งของไหลถูกอัดและความหนืดไม่ได้มีผลต่อการไหล แรงต้านเนื่องจากแรงเสียดทานสามารถตัดทิ้งได้ ตัวอย่างของแรงต้านเนื่องจากความเสียดทาน คือ แรงต้านต่อต้านทั้งของแผ่นเรียบที่วางตัวอยู่แนวเดียวกับการไหล ตัวอย่างของแรงต้านเนื่องจากความดัน คือ แรงต้านวัตถุผิวโค้ง เช่น ทรงกลม

แรงต้านเนื่องจากความเสียดทาน

สัมประสิทธิ์แรงต้านความเสียดทาน (C_f) สำหรับแผ่นแบนที่อยู่ในของไหลที่ไหลแบบลามินาร์

$$C_f = \frac{1.328}{\sqrt{N_R}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับแผ่นแบนที่อยู่ในของไหลที่ไหลแบบเทอร์บูเลนต์

$$C_f = \frac{0.455}{(\log N_R)^{2.58}}$$

เมื่อ

N_R = Reynold number

เมื่อ

$$N_R = \frac{Vd\rho_f}{\eta}$$

d = effective dimension ของวัตถุ เช่นความยาวของแผ่นแบนหรือเส้นผ่าศูนย์กลาง
กลางของทรงกลม

η = ความหนืดสมบูรณ์ (Absolute viscosity) ของของเหลว

สมการสำหรับช่วงระหว่างการเกิดการไหลแบบลามินาร์เปลี่ยนไปเป็นการไหลแบบ
เทอร์บูเลนต์ (Prandtl, 1932) คือ

$$C_f = \frac{0.455}{(\log N_R)^{2.58}} - \frac{1700}{N_R}$$

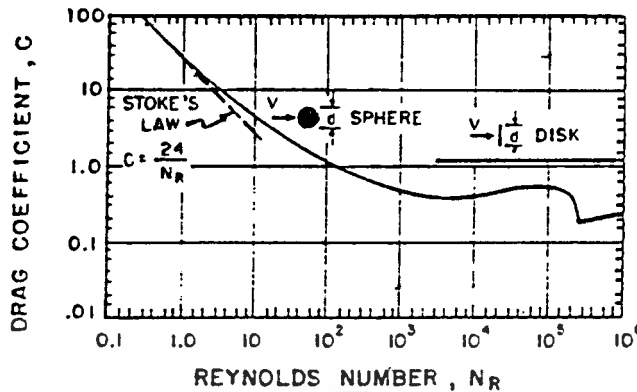
สัมประสิทธิ์แรงต้านทานเนื่องจากความเสียดทาน C_f ใช้ในการคำนวณแรงต้าน

จากสมการ

$$F_D = C_f A_p \rho_f V^2 / 2$$

กรณีวัตถุที่มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งวางอยู่ตามแนวการไหลต้องคูณด้วย 2 เข้าไปเพราะ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ต้องคิดทั้ง 2 ด้าน ของแผ่น ถ้าแผ่นวัตถุวางตั้งฉากกับการไหล แรงต้านทานจะรวมแรงต้าน
เมื่อกรณีใดๆที่สนใจ อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากความเสียดทานและ ไม่เปลี่ยนตามค่า Reynold number (ดูรูป 2.22)



รูปที่ 2.22 สัมประสิทธิ์แรงต้าน สำหรับวัตถุที่มีรูปทรงเรขาคณิต
(Vennard, 1961)

แรงต้านทานเนื่องจากความดัน

เมื่อวัตถุผิวโค้ง เช่น ทรงกลมวางตัวอยู่ในของไหลที่กำลังไหล แรงต้านเนื่องจากความเสียดทานสามารถตัดทิ้งได้ เพราะว่าพื้นผิวที่ได้รับผลกระทบกับแรงต้านเนื่องจากความเสียดทานมีค่าน้อย เว้นแต่ในการไหลที่ Reynold number มีค่าต่ำมาก ซึ่งสามารถใช้กฎของ Stoke ได้ Stoke ได้พิสูจน์ว่า Reynold number น้อยกว่า 1 ซึ่งไม่คำนึงถึงแรงเฉื่อย และคิดเฉพาะความหนืด การไหลของของไหลจะบรรจบกับด้านหลังของทรงกลม และแรงต้านเนื่องจากความดันมีค่ามากกว่าแรงต้านเนื่องจากความเสียดทานสำหรับทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_p) เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว (V) เข้าไปในของไหลที่มีความหนืด (η) จากกฎของ Stoke จะได้สมการแรงต้านดังนี้

$$F_D = 3 \pi \eta V d_p$$

ในสมการ $F_D = C_D A_p \rho_f V^2 / 2$ เทียบกับสมการ $F_D = 3 \pi \eta V d_p$ และให้ A_p เป็นพื้นที่ด้านหน้าและเท่ากับ $(\pi/4) d_p^2$ สัมประสิทธิ์แรงต้านเนื่องจากความดันคิดจาก

$$C_D = \frac{24}{N_R}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าค่า Reynold number มีค่ามากกว่า 1 ไม่สามารถใช้กฎของ Stroke ได้เพราะแนวการไหลของของไหล ไม่บรรจบกับหลังวัตถุและสัมประสิทธิ์ของแรงต้านเป็นการรวมทั้งแรงต้านเนื่องจากความเสียดทาน และแรงต้านเนื่องจากความดันในช่อง N_R มีค่าถึง 1000 ถ้ามากกว่านี้ผลของความเสียดทานอาจตัดทิ้งได้ เมื่อ $1 \times 10^3 < N_R < 2.5 \times 10^5$ ค่า C_D มีค่าค่อนข้างคงที่และที่ $N_R = 2.5 \times 10^5$ ค่า C_D จะลดลงอย่างกะทันหันแล้วจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น (ดังรูป 2.22)

2.2.2 ความเร็วสุดท้าย

ในการตกอย่างอิสระ วัตถุจะมีความเร็วสุดท้าย (V_t) คงที่โดยแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (F_g , Gravitational accelerating force) เท่ากับแรงต้าน (F_r) ซึ่งมีทิศสวนกันมา

ภายใต้สภาวะคงที่ (Steady state) ซึ่งความเร็วเท่ากับความเร็วสุดท้าย ถ้าความหนาแน่นของวัตถุมากกว่าความหนาแน่นของของไหลวัตถุจะเคลื่อนที่ลง ถ้าวัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของของไหลวัตถุจะเคลื่อนที่ขึ้น เมื่อนำกระแสอากาศมาใช้สำหรับแยกวัสดุ เช่น เมล็ดธัญพืชออกจากเศษสิ่งเจือปนทั้งหลาย เช่น ฟาง ค่าความเร็วสุดท้ายของวัตถุทั้งหมดที่เกี่ยวข้องช่วยกำหนดช่วงความเร็วของอากาศที่ช่วยให้การแยกเศษสิ่งเจือปนได้

การคำนวณหาความเร็วสุดท้าย กำหนดให้แรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (F_g) ซึ่งหักค่าแรงลอยตัวแล้วเท่ากับแรงต้านทาน (F_r) และความเร็ว (V) เท่ากับความเร็วสุดท้าย (V_t) ดังนี้

$$F_g = F_r$$

เมื่อ

$$V = V_t$$

แทนค่า F_g และ F_r ดังนี้

$$\frac{m_p g (\rho_p - \rho_f)}{\rho_p} = C A_p \rho_f V_t^2 / 2$$

หรือ

$$V_t = \left[\frac{2W(\rho_p - \rho_f)}{\rho_p \rho_f A_p C} \right]^{1/2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ

$$C = \frac{2W(\rho_p - \rho_f)}{V^2 A_p \rho_p \rho_f}$$

เมื่อ

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

m_p = มวลของวัตถุ

ρ_p = ความหนาแน่นมวลของวัตถุ

ρ_f = ความหนาแน่นของของไหล

A_p = พื้นที่ฉายของวัตถุ เมื่อวางอยู่ในแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหล

W = น้ำหนักของวัตถุ

สัมประสิทธิ์แรงต้านทานแทนด้วย C ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์แรงต้านรวมเท่ากับ

$C = C_f + C_D$ เมื่อการไหลเป็นแบบลามินาร์จะไม่คิด C_f สำหรับการไหลแบบเทอร์บูเลนต์จะไม่คิด C_f ยกเว้นกรณีวัตถุวางตัวในแนวกับการไหล สูตรสำหรับความเร็วสุดท้ายของวัตถุที่มีรูปร่างหลายแบบ แสดงได้ดังนี้

รูปร่างทรงกลม (Sphere bodies)

สำหรับทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง d_p ให้ $d_p = (\pi/4)d_p^2$ และ

$W = (\pi/6)\rho_p g d_p^3$ จะได้

$$V_t = \sqrt{\frac{4gd_p(\rho_p - \rho_f)}{3\rho_f C}}$$

กรณีการไหลแบบลามินาร์ ค่าของสัมประสิทธิ์แรงต้าน (C) คำนวณจาก $C_D = 24/N_R$ เมื่อ Reynold number มีค่าน้อยกว่า 1.0 แทนค่า C และ N_R ในสมการ V_t จะให้สมการความเร็วสุดท้าย ตามกฎของ Stoke

$$V_t = \frac{gd_p^2(\rho_p - \rho_f)}{18\eta}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Reynold number เท่ากับ 2 ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านประมาณได้จาก $C = 24/N_R$ ส่วนค่า Reynold number มากกว่า 2 สัมประสิทธิ์แรงต้านหาได้จากรูป 2.22

ในการไหลแบบเทอร์บูลเอนซ์ที่ $10^3 < N_R < 2 \times 10^5$ และ C ประมาณเท่ากับ 0.44 สมการความเร็วสุดท้ายจะได้ (Lapple, 1956)

$$V_t = 1.74 \left[\frac{gd_p (\rho_p - \rho_f)}{\rho_f} \right]^{\frac{1}{2}}$$

เมื่อ $2 < N_R < 10^3$ สัมประสิทธิ์แรงต้านได้

$$C = \frac{18.5}{(N_R)^{0.6}}$$

และความเร็วสุดท้าย

$$V_t = \frac{0.153 g^{0.174} d_p^{0.142} (\rho_p - \rho_f)^{0.714}}{\rho_f^{0.268} \eta^{0.428}}$$

รูปร่างไม่เป็นทรงกลม (Non-spherical bodies)

การศึกษาเกี่ยวกับวัตถุที่มีรูปร่างไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิตมีน้อย จากการทดลองของ Schiller (1932) พบว่า เมื่อ $N_R < 50$ สามารถใช้สูตรของทรงกลมประมาณค่า C ได้ ถ้าวัตถุมีรูปร่างค่อนข้างกลม และใช้เส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลได้ ถ้า $N_R > 50$ ไม่สามารถใช้สูตรของทรงกลมได้

การพิจารณาความเร็วสุดท้ายจากความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์แรงต้านและ Reynold number

เนื่องจากสมการทั้ง 2 คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านและ Reynold number มีค่าความเร็วสุดท้ายอยู่ด้วย จึงสามารถคำนวณหาความเร็วสุดท้ายจากความสัมพันธ์ Reynold number และสัมประสิทธิ์แรงต้านโดยวิธี Trial-and-error หรือโดยคำนวณ เทอม CN_R^2 หรือ C/N_R และนำมา plot กราฟกับ N_R จากนั้นจึงนำค่า N_R มาคำนวณหา V_t จากสมการ

ไม่ว่าการนี้โดยทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

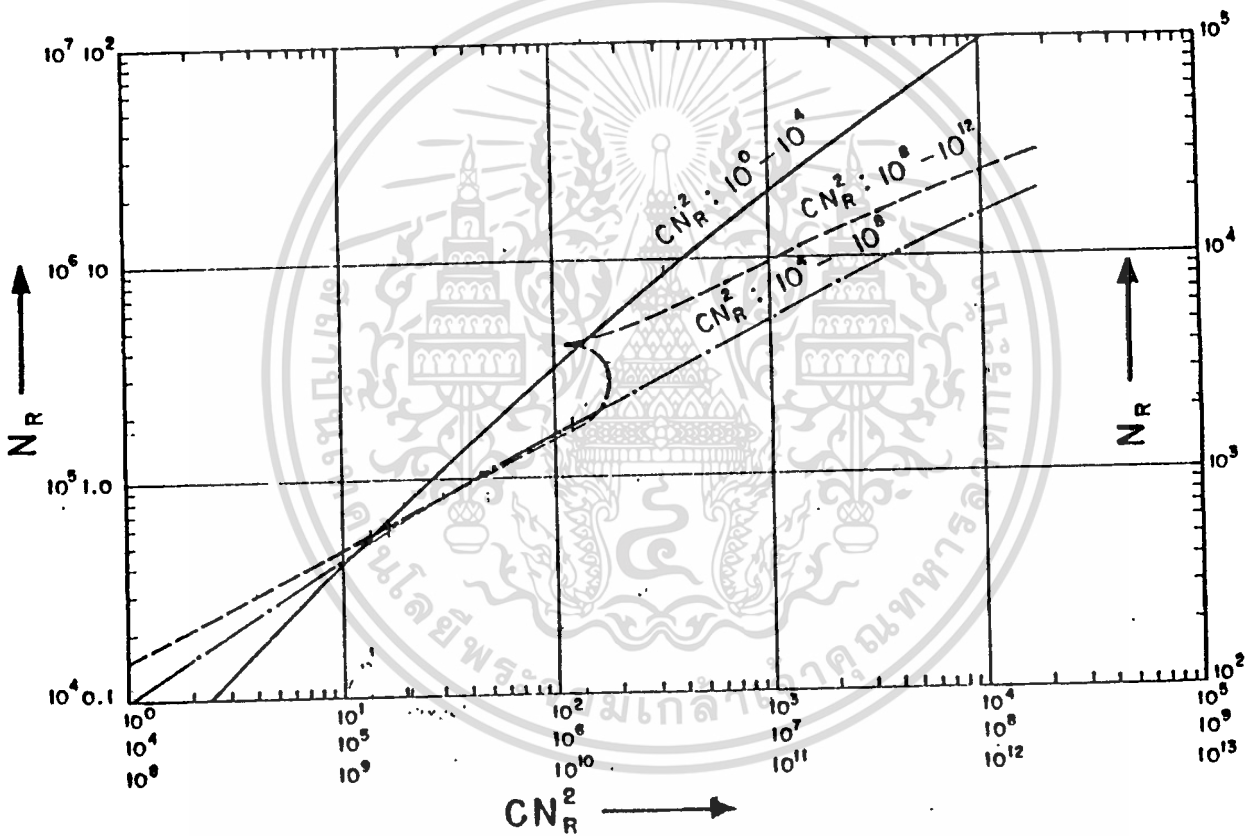
$$N_R = V d_p \rho_f / \eta$$

สำหรับวัตถุทรงกลม

$$CN_R^2 = \frac{4 g \rho_f d_p^3 (\rho_p - \rho_f)}{3 \eta^2}$$

และ

$$C/N_R = \frac{4 g \eta (\rho_p - \rho_f)}{3 \rho_f^2 V^3}$$



รูปที่ 2.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง N_R กับ CN_R^2 ของทรงกลม

ถ้าเทอม CN_R^2 ไม่ทราบค่า d_p แต่ทราบค่าน้ำหนักและความหนาแน่นมวลของวัตถุ

(ρ_p) ดังนั้น

$$CN_R^2 = 8 W \rho_f (\rho_p - \rho_f)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากวัตถุมีรูปร่างใกล้เคียงทรงกลม เช่น กล้วยไม้ อาจใช้ค่าสมมุติของทรงกลมในการคำนวณได้

หลักการสำคัญในหัวข้อนี้คือการประยุกต์ใช้งานหลาย ๆ ด้าน เช่น การแยกวัตถุหลายชนิดออกจากเมล็ด ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติทาง aerodynamic ของเมล็ดธัญพืชและเมล็ดพลาสติก

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทาง aerodynamic ของเมล็ดธัญพืชและเมล็ดพลาสติก

	ความยาว $L_1 \times 10^{-2} \text{ m}$	ความกว้าง $L_2 \times 10^{-2} \text{ m}$	ความลึก $L_3 \times 10^{-2} \text{ m}$	น้ำหนัก $W \times 10^{-4} \text{ kg}$	ความเร็ว สุดท้าย $V_t \text{ m/s}$	CA_p $\times 10^4 \text{ m}^2$	C	$N_R \times 10^{-2}$
หัวอาหารสัตว์	0.23	0.14	0.1	0.02	5.32	0.01	0.5	6.01
ปอ	0.42	0.22	0.1	0.05	4.59	0.03	0.52	8.36
ข้าวสาลี	0.68	0.33	0.29	0.45	0.85	0.29	0.5	27.2
ข้าวบาร์เลย์	0.86	0.31	0.23	0.33	6.9	0.1	0.5	22.8
ข้าวโอ๊ตเมล็ดเล็ก	0.94	0.24	0.2	0.18	5.79	0.08	0.47	19.0
ข้าวโอ๊ตเมล็ดใหญ่	1.2	0.27	0.2	0.18	6.24	0.13	0.51	24.8
ข้าวโพด	1.14	0.28	0.48	2.98	10.47	0.39	0.56	57.7
ถั่วเหลือง	0.76	0.66	0.53	2.06	13.29	0.12	0.45	62.8
พลาสติก-ทรงกลม	0.93	1.59	0.93	5.27	16.5	0.29	0.43	108.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 พื้นที่ปลาย (Frontal area)

การประยุกต์ทางทฤษฎีของ aerodynamic กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรต้องเลือกวิธีอธิบายพื้นที่ปลายของวัตถุ โดยปกติจะสมมติให้วัตถุมีรูปร่างเป็นทรงกลม ที่มีพื้นที่ปลายเท่ากับ $(\pi/4)d_p^2$ เมื่อ d_p คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุ ถ้าไม่ทราบปริมาตรของวัตถุ ค่า d_p คำนวณจากค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุทั้ง 3 แกน

2.2.4 การวางตัวของวัตถุ (Particle orientation)

โดยทั่ว ๆ ไปในการเคลื่อนที่แบบลาร์มินาร์วัตถุจะวางตัวอยู่อย่างเมื่อเริ่มแรก(อยู่กับที่) หรือวางตัวให้ด้านที่มีพื้นที่ปลายน้อยที่สุดต้านการไหลของของไหล ส่วนการไหลแบบเทอร์บูเลนซ์มักสมมติให้วัตถุวางตัวอยู่ในตำแหน่งที่มีแรงต้านทานที่มากที่สุด อย่างไรก็ตามการศึกษาทาง aerodynamic ของัญญพืช พบว่าเมล็ด และฟางมีการหมุนแบบไม่เจาะจงในขณะโคจรเหวี่ยงและมีการหมุนรอบ ๆ แกนที่ตั้งฉากกับด้านที่ยาวที่สุดในทิศทางซึ่งวางตัวอยู่ในระนาบราบ การหมุนและการเรียงตัวของวัตถุเกิดขึ้นเนื่องจาก แรง aerodynamic กระทำต่อเมล็ดที่มีรูปร่างไม่สมดุลจะไม่ผ่านจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุและไม่ขนานกับความเร็วลม แรงนี้สามารถนิยามได้จากผลรวมของแรงโมเมนต์ที่ผ่านจุดศูนย์กลางมวล แรงโมเมนต์ซึ่งพยายามหมุนเมล็ดรอบแกนโมเมนต์ และแรงคู่ควบในระนาบตั้ง ซึ่งพยายามเปลี่ยนการเอียงของแกนตามยาวของเมล็ด สิ่งที่น่าสนใจคือ เมื่อฟางหรือเมล็ดเริ่มหมุนมันจะลอยสูงขึ้น โน้มโคล้ม เข้า ไปในขอบเขตที่ความเร็วลมต่ำกว่า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าการหมุนเป็นเหตุให้แรงต้านสูงขึ้นและความเร็วสุดท้ายต่ำลง

2.2.5 การแยกเมล็ดัญญพืชออกจากวัสดุอื่น

Bilanski และ Lal (1964) รายงานพฤติกรรมทาง aerodynamic ของวัสดุที่หวดแล้วในอุโมงค์ลม ซึ่งวางอยู่ในแนวตั้งเพื่อที่จะวัดความเร็วสุดท้ายของวัตถุ ความเร็วลมจะถูกปรับจนกระทั่งวัตถุลอยตัวโดยปราศจากการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง

แรงต้านทาน aerodynamic ของวัตถุอยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์แรงต้านทานและสัมประสิทธิ์อื่นซึ่งเกี่ยวข้องกับสัมประสิทธิ์ความต้านทานแทนได้ด้วย k ในสมการการเคลื่อนที่

$$m \frac{dv}{dt} = mg - kV^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ทางเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนี้

$$\frac{dv}{dt} = g \left[\frac{1 - k V^2}{mg} \right]$$

ที่ความเร็วสุดท้าย

$$\frac{dv}{dt} = 0$$

และ

$$F_r = F_g = mg$$

ถ้าไม่คำนึงแรงลอยตัวจะได้

$$K = mg$$

จาก

$$F_r = C A_p \rho V_t^2 / 2$$

จะได้

$$mg = C A_p \rho V_t^2 / 2$$

หรือ

$$C = \frac{2mg}{A_p \rho V_t^2}$$

เมื่อ

$$mg = \text{น้ำหนักของวัตถุที่ความเร็วสุดท้าย}$$

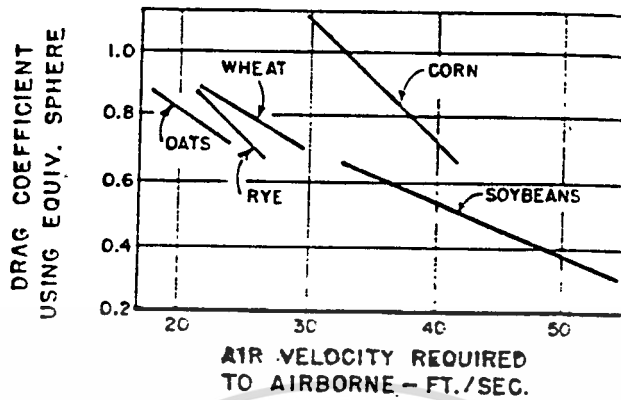
Uhl และ Lamp (1966) ศึกษาเปอร์เซ็นต์การแยกเมล็ด ฟางและเปลือก ที่ความเร็วอากาศต่าง ๆ ค่าคุณสมบัติทางนิลิกส์บางประการของเมล็ดหลายชนิดและช่วงความเร็วอากาศที่ต้องการสำหรับขยเมล็ดแสดงในตาราง 2.3

ตารางที่ 2.3 ช่วงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเมล็ดและความเร็วอากาศที่ต้องการในการพองเมล็ด

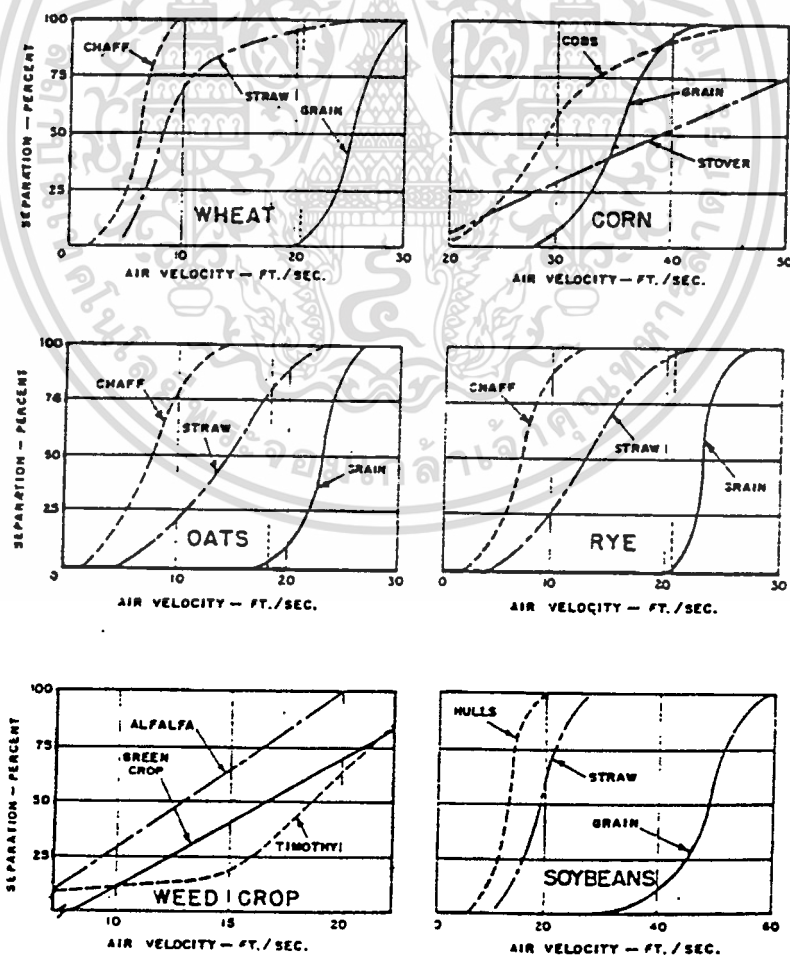
เมล็ด	น้ำหนักเมล็ด $\text{kg} \times 10^{-6}$	Unit density kg/m^3	พื้นที่หน้าตัด $\text{m}^2 \times 10^{-4}$	Bulk density kg/m^3	ความเร็วสุดท้าย m/s
ข้าวสาลี	23.1	1057.6-1311.8	0.03-0.06	539.32-828.28	5.8-9
ข้าวไรย์	17.9	1227.1-1289.8	0.03-0.04	661.61-745.79	6-8.1
ข้าวโอ๊ต	13.4	781.3-1025.4	0.02-0.06	387.2-353.35	5.1-7.8
ข้าวโพด	258.6-314.5	1205-1269.5	0.32-0.39	718.89-777.77	7.8-12.6
ถั่วเหลือง	105.9-190.4	1259.3-1227.1	0.15-0.3	734-725.58	9-18

Tiwari (1962) ได้ใช้ทฤษฎี aerodynamic เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ลมแยกเมล็ดถั่วดี จากเศษสิ่งเจือปนที่ได้จากการนวด เช่น เมล็ดแตก หิน ใบ ต้น ราก เป็นต้น ความเร็วลมที่พองเมล็ดจริง สำหรับถั่วแต่ละเมล็ดอยู่ระหว่างค่า 1.22-1.83 m/s ซึ่งน้อยกว่าที่คำนวณได้ ค่าที่ต่ำกว่านั้น อาจเป็นเพราะการหมุนรอบตัวเองและหมุนไปรอบ ๆ ของเมล็ดในกระแสอากาศ จากค่าความเร็วสุดท้ายจริงและพื้นที่ฉายและค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุทั้ง 3 แกน สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านสำหรับถั่ว 4 พันธุ์ ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0.45-0.65 ค่าความเร็วสุดท้ายสำหรับถั่ว 4 พันธุ์ มีค่าระหว่าง 12.20-19.81 m/s เมื่อใช้ค่าในช่วงนี้ประมาณ 80% ของเมล็ดแตกสามารถแยกออกได้โดยปราศจากการสูญเสียของเมล็ดถั่วเต็มเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญ วัตถุที่เบา เช่น ใบ ต้น ราก สามารถแยกออกได้อย่างสมบูรณ์ที่ความเร็วลม 6.4 m/s ความเร็วที่ใช้ในการแยกหินออกจากเมล็ดนั้นใช้วิธีแยกโดยลมเพียงอย่างเดียว ในช่วง 7.92-24.38 m/s ทำให้การแยกหินออกจากเมล็ดนั้นใช้วิธีแยกโดยลมเพียงอย่างเดียวไม่ได้ ควรใช้วิธีอื่นประกอบ เช่น ใช้คุณสมบัติของความต้านทานของการกลิ้ง (Rolling resistance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 สัมประสิทธิ์แรงต้านกับความเร็วสุดท้ายสำหรับเมล็ดหลายชนิด



รูปที่ 2.25 เปอร์เซนต์การแยกกับความเร็วอากาศสำหรับเมล็ดหลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยกรมการศึกษานานาชาติเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดลองและผลการทดลอง

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อวัดขนาดสำคัญต่าง ๆ ของเครื่องนวด
2. เพื่อวัดอัตราเร็วลมที่ใช้แยกทำความสะอาดเมล็ดข้าวเหลือง
3. เพื่อสัมผัสตัวอย่างในแปลงเพาะปลูก
4. เพื่อศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับตัวข้าวเหลือง
5. เพื่อทดสอบการนวดข้าวเหลือง
6. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 การวัดขนาดสำคัญต่าง ๆ ของเครื่องนวด

วัตถุประสงค์

เพื่อวัดขนาดสำคัญของเครื่องนวด

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เวอร์เนียคาลิเปอร์
2. ตลับเมตร
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ

วิธีการทดลอง

1. วัดขนาดต่างๆ ของลูกนวด และบันทึกผลลงในตารางที่ 3.1 ดังนี้
 - เส้นผ่านศูนย์กลาง
 - ความยาวลูกนวด
 - ความสูงของครีบริบหรือ ฟัน
 - ความยาวของครีบริบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเผยแพร่ในวงจำกัดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความหนาของครีป หรือ ความกว้างของฟัน

- จำนวนครีป หรือ จำนวนฟัน

2. วัดขนาดมุลย์ ของลูกนวดที่ใช้ในการถ่ายทอดกำลัง และชนิดของสายพาน
บันทึกผลในตารางที่ 3.2

3. วัดความเร็วรอบของลูกนวดทุกความเร็วรอบ และบันทึกผลในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ขนาดสำคัญต่าง ๆ ของลูกนวดแบบครีปและฟัน

แบบของลูกนวด	ขนาดสำคัญ	ขนาด (mm)
ครีป จำนวน 6 ครีป	เส้นผ่านศูนย์กลาง	114
	ความยาวลูกนวด	337
	ความสูงของครีป	10
	ความยาวของครีป	330
	ความหนาของครีป	6
ฟัน จำนวน 78 ฟัน	เส้นผ่านศูนย์กลาง	114
	ความยาวลูกนวด	337
	ความสูงของฟัน	15
	ความกว้างของฟัน	6
	ความหนาของฟัน	6

ตารางที่ 3.2 ชนิดของสายพาน ขนาดมุมเลี้ยวและความเร็วรอบของลูกแนว

ชนิดของ สายพาน	ขนาดมุมเลี้ยวของ มอเตอร์ (in)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของมุมเลี้ยวลูกแนว (in)	ความเร็วรอบของ ลูกแนว (rpm)
12.5 x 1400 mm	2	4	1480*
	2	5	1180
	2	6	920*
	2	8	720
	2.5	4	1980*
	3	4	2620
	3	5	2060
	3	6	1740

หมายเหตุ * หมายถึงความเร็วรอบที่ใช้ในการทดสอบ

3.2 การวัดอัตราเร็วลมที่ใช้แยกทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลือง

วัตถุประสงค์

เพื่อหาอัตราเร็วลมของพัดลมที่ใช้แยกและทำความสะอาด (Blower)

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องวัดอัตราเร็วลมชนิด Vane Anemometer (ช่วงความเร็วที่วัดได้ 0-35 m/s)

วิธีการทดลอง

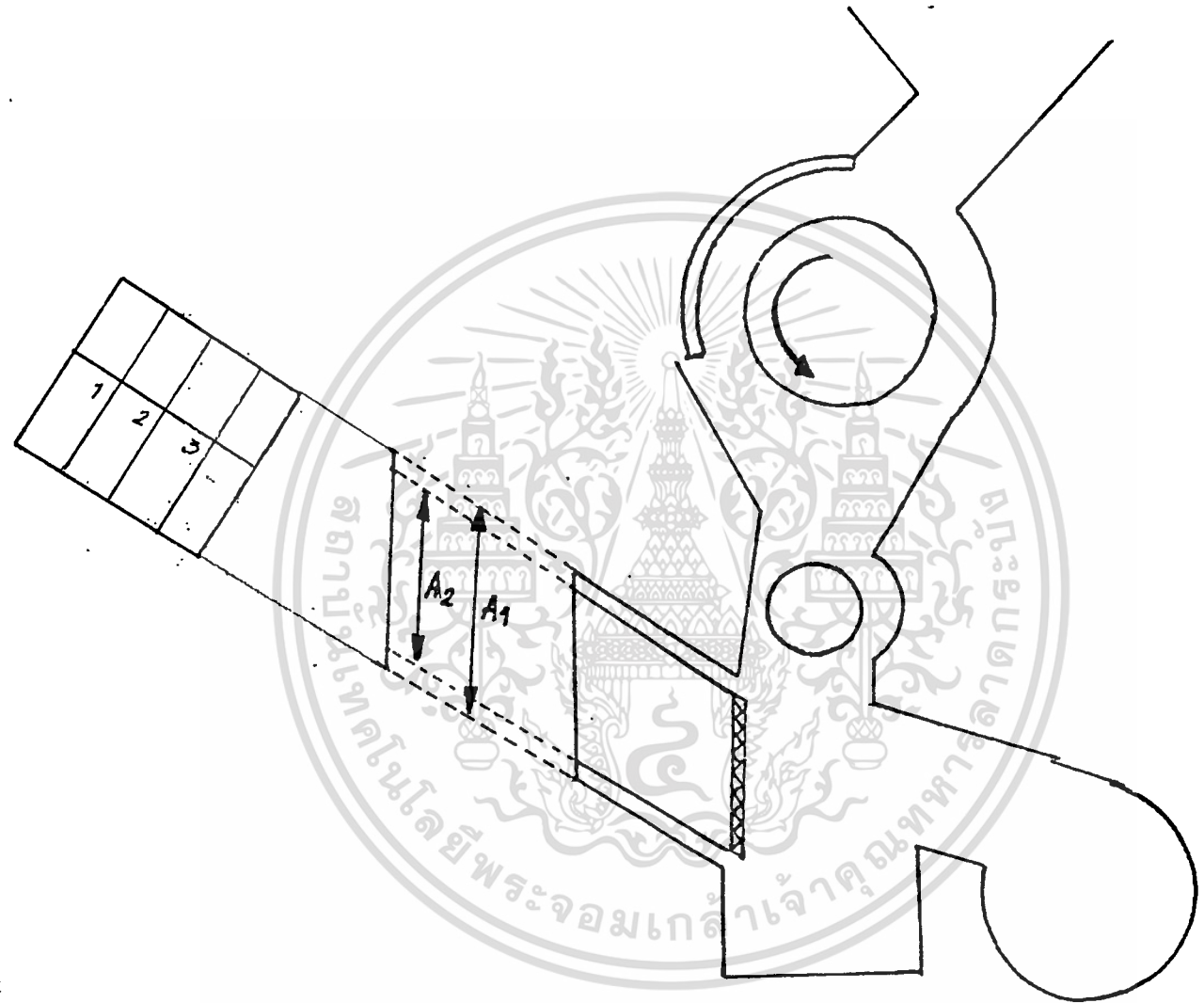
1. ถือเครื่องวัดอัตราเร็วลมอยู่ในตำแหน่งที่ใบพัดตั้งฉากกับทิศทางลมที่พัดออกมา

และให้วัดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของพื้นที่หน้าตัดช่องลมออก ดังแสดงรูปที่ 3.1

2. อ่านค่าอัตราเร็วลมที่ตำแหน่งดังกล่าว บันทึกผล และคำนวณค่าเฉลี่ยและ

บันทึกผลในตารางที่ 3.4

ไม่ว่าการณ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 จุดวัดพื้นที่ที่น้ำตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 อัตราเร็วลมที่ใช้แยกทำความสะอาดเมล็ดข้าวเหลือง (m/s)

ปริมาณที่เปิด ให้ลมเข้า	ตำแหน่ง ครั้งที่	1	2	3	เฉลี่ย
เปิดครึ่ง	1	10.5	10.0	10.0	10.25
	2	10.1	10.3	10.6	
	เฉลี่ย	10.3	10.15	10.3	
เปิดเต็ม	1	13.0	13.1	12.6	13.13
	2	13.2	13.5	13.4	
	เฉลี่ย	13.1	13.3	13.0	

ความเร็วลมและอัตราการไหลของอากาศ

พ.ท. หน้าตัดด้านใน (A_2) กว้าง 760 มม ยาว 317 มม

พ.ท. หน้าตัดด้านนอก (A_1) กว้าง 140 มม ยาว 355 มม

1. อัตราการไหลเมื่อเปิดให้ลมเข้าเพียงครึ่งหนึ่ง

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$(0.14 \times 0.355) \times 10.25 = (0.76 \times 0.317) V_2$$

$$V_2 = 2.11 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = A_1 V_1$$

$$= (0.14 \times 0.355) \times 10.25$$

$$Q_1 = 0.510 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. อัตราการไหลเมื่อเปิดให้ลมเข้าเต็มที่

$$\begin{aligned}
 A_1 V_1 &= A_2 V_2 \\
 (0.14 \times 0.355) \times 13.13 &= (0.76 \times 0.317) V_2 \\
 V_2 &= 2.71 \text{ m/s} \\
 Q_2 &= A_1 V_1 \\
 &= (0.14 \times 0.355) \times 13.13 \\
 Q_2 &= 0.652 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

เมื่อ

Q_1 และ Q_2 = อัตราการไหลของอากาศที่พื้นที่หน้าตัดด้านนอกและด้านในตามลำดับ (m^3/s)

A_1 และ A_2 = พื้นที่หน้าตัดด้านนอกและด้านใน ตามลำดับ (m^2)

V_1 และ V_2 = อัตราเร็วลมที่พื้นที่หน้าตัดด้านนอกและด้านใน ตามลำดับ (m/s)

3.3 การสุ่มตัวอย่างในแปลงเพาะปลูกข้าวเหลือง

วัตถุประสงค์

เพื่อทำการสุ่มตัวอย่างข้าวเหลืองมาใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. โครง PVC สีเหลืองขนาด $1\text{m} \times 1\text{m}$
2. กรรไกรสำหรับตัดต้นข้าวเหลือง
3. ถุงพลาสติกและยางรัด
4. เครื่องชั่งแบบจานขนาด 0-10 Kg และแบบตัวเลข (Digital)

ขนาด 0-100g.

วิธีทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำเป็นแบบเรียนหรือใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุลาก เพื่อนำมาใช้สุมพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างถั่วเหลืองในแปลงเพาะปลูก โดยการโยน
โครงสี่เหลี่ยมไปในแปลง โดยไม่เจาะจง ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งจะได้ต้นถั่วเหลือง 3 แถว ยาวแถว
ละ 1 m ดังรูปที่ 3.3

2. สุ่มตัวอย่างเพื่อเข้ามา

2.1 สำหรับใช้ในการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับต้นถั่วเหลือง โดยสุ่มตัว
อย่าง 6 m^2 ต่ออายุการปลูก 1 ระยะ ใน 1 m^2 จะแบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ตัวอย่าง

2.2 สำหรับใช้ในการทดสอบการนวด โดยสุ่มตัวอย่างมาให้ได้มากที่สุด

3. ตัดต้นถั่วเหลืองต้นที่โคนต้นติดพื้นดินเพื่อตัดนำตัวอย่างเก็บใส่ถุงพลาสติกรัดปากถุง
ให้แน่น ดังรูปที่ 3.4

4. ชั่งน้ำหนักของแต่ละถุง ดังรูปที่ 3.5 และบันทึกผลในตารางที่ 3.4

3.4 การศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับต้นถั่วเหลือง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาขนาดความกว้างและความสูงของต้นถั่วเหลืองที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ
2. เพื่อหาการกระจายฝักถั่วเหลืองที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ กัน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตลับเมตร
2. มีด
3. กรรไกร
4. กล้องพลาสติก

วิธีทดลอง

การทดลองทำที่ระยะการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองต่าง ๆ ดังนี้

T_1 หมายถึง ระยะเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (Peak flowering) รูปที่ 3.6

T_2 หมายถึง ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากออกดอก รูปที่ 3.7

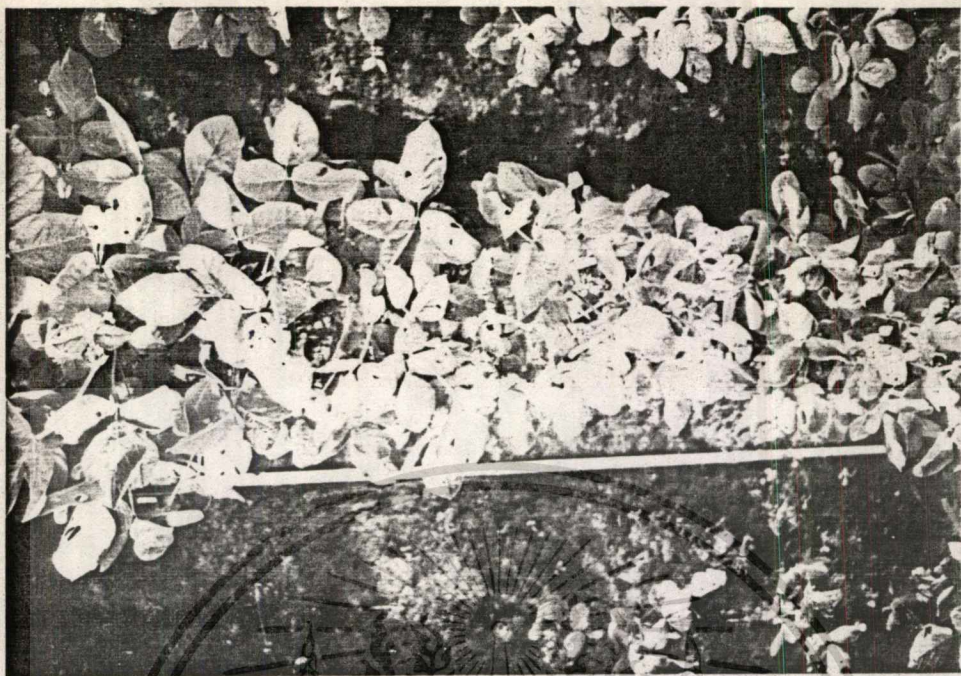
T_3 หมายถึง ระยะเวลา 5 สัปดาห์ หลังจากออกดอก รูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอกสารวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การสุมตัวอย่างต้นแก้วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.3 การวัดต้นถั่วเหลืองในระยะ 1 m

(ก) การวัดตามยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน (ข) การวัดตามขวาง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 น้ำหนัก ความสูงของต้นกล้วยเหลือง ความกว้างของพุ่ม ที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ

ระยะเจริญเติบโต ของต้นกล้วย	T1	T2	T3	T4	T5	T6
น้ำหนัก (g)	555.55	541.67	508.34	425.0	360.0	221.42
ความสูง (mm)	570.44	550.17	550.67	640.17	660.6	550.17
ความกว้าง (mm)	410.77	410.67	320.67	290.0	310.6	120.14

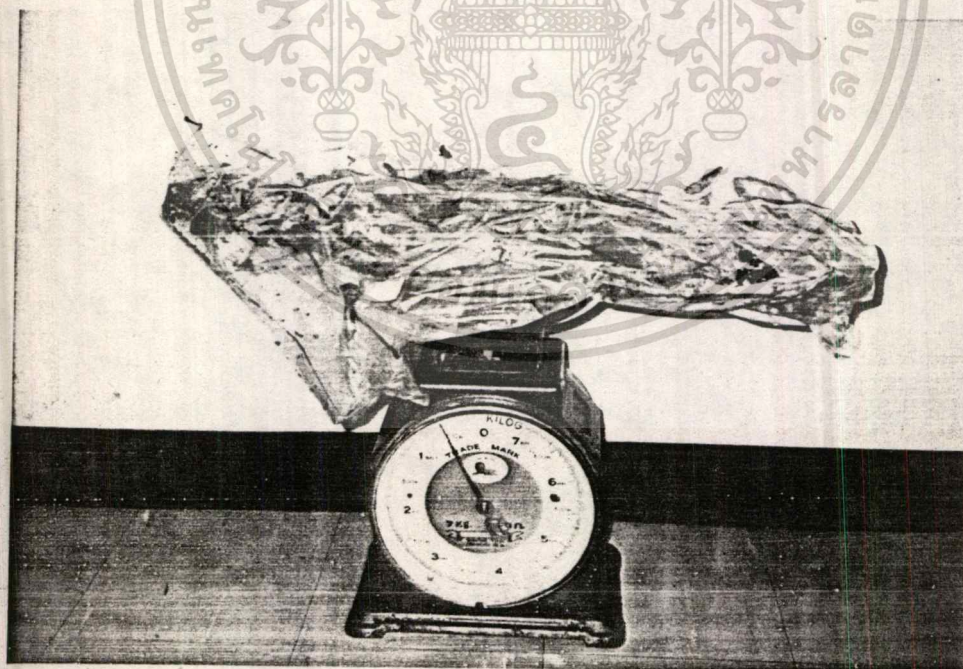
ตารางที่ 3.5 การกระจายฝักกล้วยต่อต้นและจำนวนต้นในแถวระยะ 1 m ที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ

ระยะเจริญเติบโต ของต้นกล้วย ระยะความสูง (mm)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0-50	1	0	0	0	0	0
50-200	13	4	3	4	3	4
200-350	17	9	8	9	9	10
350-500	11	5	5	6	7	7
500-650	4	0	0	1	3	2
มากกว่า 650	0	0	0	0	0	0
จำนวนต้น	12	26	17	12	14	14
จำนวนต้นล้ม	0	0	0	0	0	0
จำนวนต้นแกรน	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น.อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วิธีการเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3.5 วิธีการชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ลักษณะต้นถั่วเหลืองที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_1)

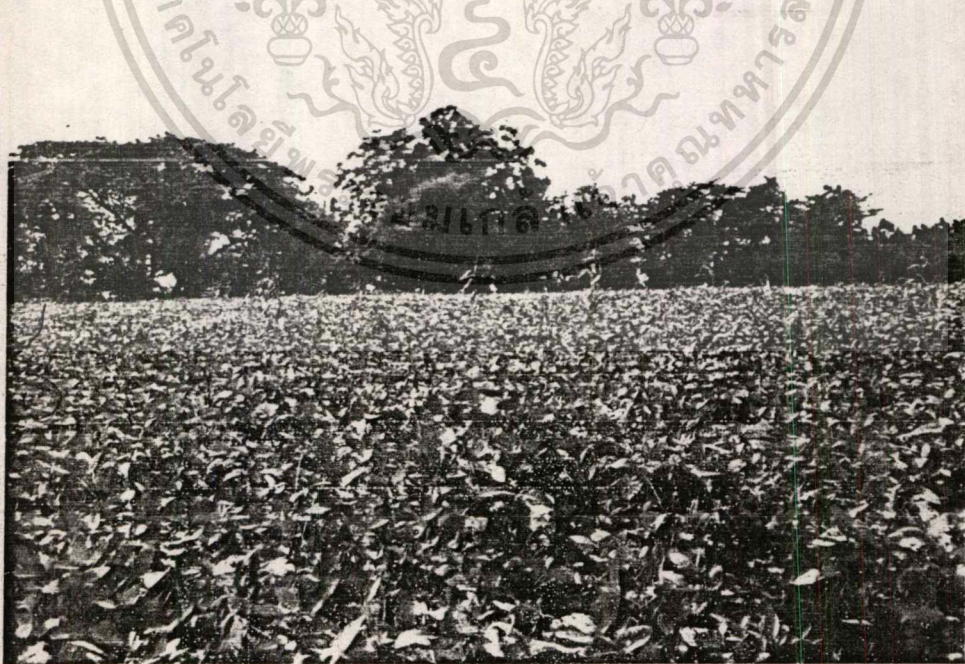


รูปที่ 3.7 ลักษณะต้นถั่วเหลืองที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ลักษณะต้นถั่วเหลืองที่ระยะเวลา 5 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_3)



รูปที่ 3.9 ลักษณะต้นถั่วเหลืองที่ระยะเวลา 6 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ลักษณะต้นข้าวเหลืองที่ระยะเวลา 7 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_7)



รูปที่ 3.11 ลักษณะต้นข้าวเหลืองที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังจากออกดอก (T_8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_4 หมายถึง ระยะเวลา 6 สัปดาห์ หลังจากออกดอก รูปที่ 3.9

T_5 หมายถึง ระยะเวลา 7 สัปดาห์ หลังจากออกดอก รูปที่ 3.10

T_6 หมายถึง ระยะเวลา 8 สัปดาห์ หลังจากออกดอก รูปที่ 3.11

1. วัดขนาดความกว้างของพุ่มและความสูงจากพื้นดินถึงปลายต้นแก้วเหลืองในแปลงแก้วเหลืองบันทึกผลในตารางที่ 3.4

2. นำตัวอย่างแก้วเหลืองเพื่อหาการกระจายฝักแก้วเหลืองโดย

2.1 นับจำนวนต้น ต้นที่ล้ม ต้นเกرن บันทึกผลในตารางที่ 3.5

2.2 แบ่งต้นแก้วมา 15 ต้นวัดความสูงของต้นแก้วเหลือง บันทึกผลแล้วนับจำนวนฝัก (pod) ที่ระยะความสูงจากโคน 50 mm และทุก 150 mm จนกระทั่งตลอดความสูงของต้น จนครบ 15 ต้น และบันทึกผลเช่นเดียวกับข้อ 2.1

2.3 เมื่อนับจำนวนฝักแล้วให้แกะเอาเมล็ดออกมา และนับจำนวนต่อ 1 ต้น บันทึกผล ในตารางที่ 3.6 และสุ่มตัวอย่างเมล็ด 10 เมล็ด มาชั่งน้ำหนัก และบันทึกผลในตารางที่ 3.7

2.4 นำเมล็ดของทั้ง 15 ต้น มารวมกัน เพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

3.5 การทดสอบการนวดแก้วเหลือง

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบการนวดแก้วเหลืองที่สภาพการทำงานต่าง ๆ

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องนวดแก้วเหลือง

บทนิยาม

1 การนวด หมายถึง การแยกเมล็ดแก้วเหลืองออกจากต้นและฝักแก้วเหลือง

2 เมล็ดแก้วเหลืองเต็ม หมายถึง เมล็ดแก้วเหลืองที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ด โดยไม่มีส่วนใดแตกหักหรือร้าว

3 เมล็ดแก้วเหลืองแตกหัก หมายถึง เมล็ดแก้วเหลืองที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งแตกร้าว

4 เมล็ดแก้วเหลืองที่ไม่ถูกนวด หมายถึง เมล็ดแก้วเหลืองที่ยังคงติดกับฝักแก้วเหลืองภายหลังผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าระบบการนวดแล้ว

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.6 จำนวนฝักและเมล็ดข้าวเหลืองต่อต้นโดยเฉลี่ย ที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ กัน

ระยะเจริญเติบโต ของต้นข้าว	T1	T2	T3	T4	T5	T6
จำนวนฝักต่อต้น	51	25	28	36	48	39
จำนวนเมล็ดข้าวเหลือง ต่อต้น	35	18	17	20	25	20

ตารางที่ 3.7 น้ำหนักเมล็ดข้าวเหลืองเฉลี่ยต่อ 10 เมล็ด ที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ กัน

ระยะเจริญเติบโต ของต้นข้าว	T1	T2	T3	T4	T5	T6
น้ำหนักเมล็ด 10 เมล็ด (g)	0.93	1.49	1.92	2.09	1.97	1.49

- 5 ประสิทธิภาพการนวด หมายถึง ปริมาณเมล็ดข้าวเหลืองที่ถูกนวดทั้งหมดที่ทุกช่องทางออกต่อ ปริมาณเมล็ดข้าวเหลืองที่ถูกป้อนทั้งหมด เป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก
- 6 ประสิทธิภาพการทำความสะอาด หมายถึง ปริมาณเมล็ดข้าวเหลืองที่ถูกนวดต่อปริมาณเมล็ดข้าว เหลืองและฝักข้าวเหลืองที่ไม่ถูกนวดที่ช่องทางออกเมล็ดข้าวเหลือง เป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก
- 7 การสูญเสียรวม หมายถึง เมล็ดข้าวเหลืองที่ถูกนวดที่ช่องทางออกอื่นนอกเหนือจากช่องทางออก เมล็ดข้าวเหลืองต่อปริมาณเมล็ดข้าวเหลืองที่ถูกป้อนทั้งหมด เป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก
- 8 การแตกหัก หมายถึง ปริมาณเมล็ดข้าวเหลืองแตกหักที่ทุกช่องทางออกต่อปริมาณเมล็ดข้าว เหลืองที่ถูกป้อนทั้งหมด เป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก
- 9 อัตราการทำงานเครื่องนวด หมายถึง ปริมาณของเมล็ดข้าวเหลืองเต็ม และเมล็ดข้าว เหลืองแตกหักที่ช่องทางออกเมล็ดข้าวเหลืองต่อหน่วยเวลา
- 10 อัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือก หมายถึง อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างเมล็ดข้าวเหลืองต่อเปลือก โดยคิดเป็นร้อยละ

การคำนวณ

การทดสอบการนวดเป็นการวัดนารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องนวดดังนี้

กำหนดค่าที่ใช้ในการคำนวณ ดังตารางที่ 3.8

1. ประสิทธิภาพการนวด

$$\text{ร้อยละ} = \frac{1 - (D_1 + D_2)}{T} \times 100$$

T คือ ปริมาณเมล็ดข้าวเหลืองที่ถูกป้อนทั้งหมด มีค่าเท่ากับ

$$A_1 + A_2 + B_1 + B_2 + D_1 + D_2$$

2. ประสิทธิภาพการทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ

=

$(A_2 + B_2)$

$A_2 + B_2 + C_2$

$\times 100$

3. การสูญเสียรวม

ร้อยละ

=

$(A_1 + B_1 + D_1)$

T

$\times 100$

4. การแตกหัก

ร้อยละ

=

$(B_1 + B_2)$

T

$\times 100$

ตารางที่ 3.8 สัญลักษณ์ปริมาณผลการวิเคราะห์ช่องทางออกต่าง ๆ

	ช่องทางออกเค้นต้นแก้วเหลือง	ช่องทางออกเมล็ดแก้วเหลือง
เมล็ดแก้วเหลืองเต็ม	A1	A2
เมล็ดแก้วเหลืองแตกหัก	B1	B2
ฝักแก้วเหลืองที่ไม่ถูกนวด	C1	C2
ปริมาณเมล็ดแก้วเหลืองที่ไม่ถูกนวด	D1	D2

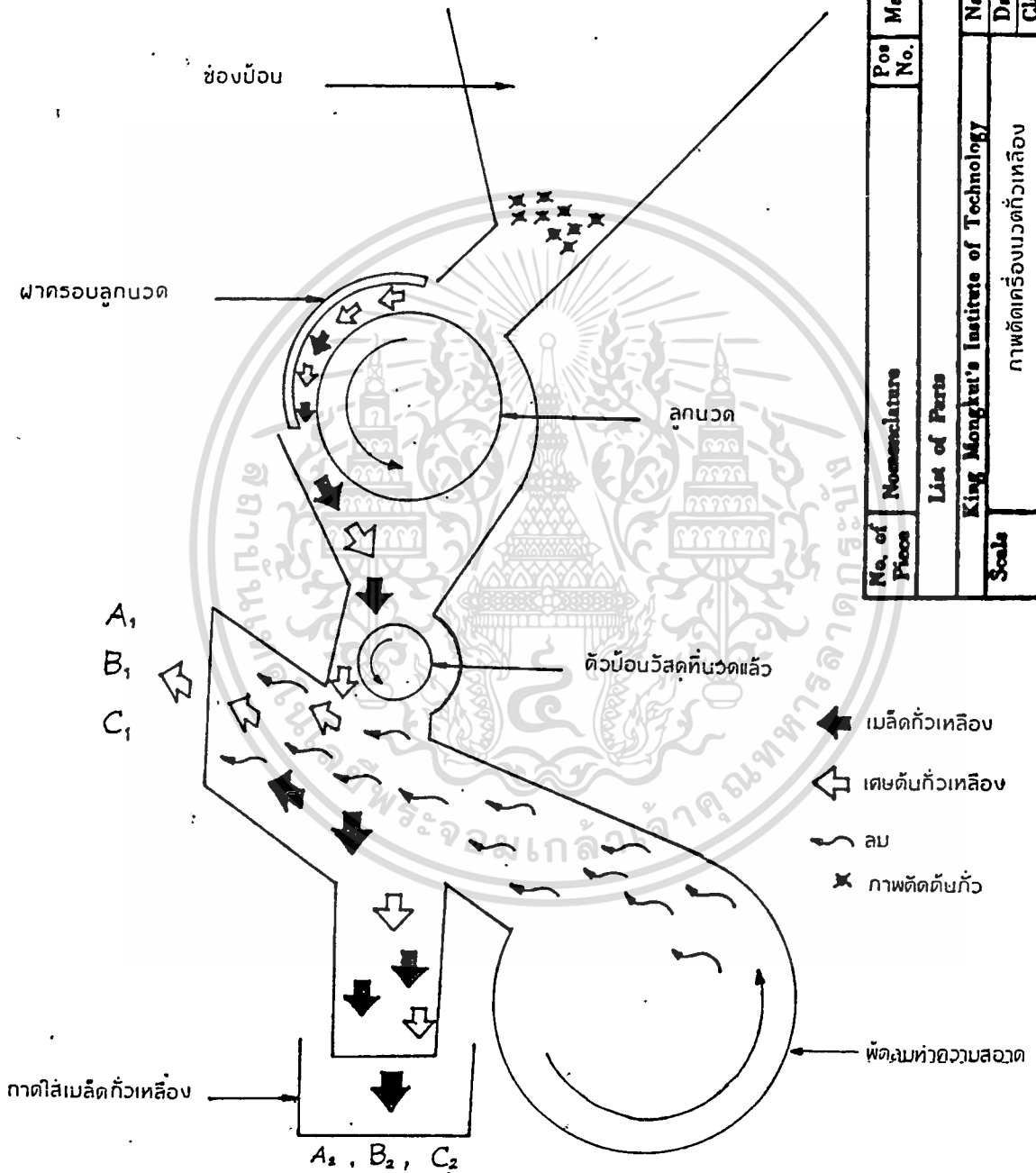
(ดูรูปที่ 3.12 ประกอบ)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
1.1 การเตรียมเครื่องนวด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85



No. of Piece		Nomenclature		Pos No.		Mat/Dim/Misc.	
List of Parts		King Mongkut's Institute of Technology		Name:		Date:	
Scale		ภาพตัดเครื่องเบบดัดกั่วเหลือง		Class:			

A_1, B_1, C_1 หมายถึงทางออกสำหรับเมล็ดกั่วเหลืองเต็ม เมล็ดกั่วเหลืองแตกหัก ผักกั่วไม่ถูกนวด
ที่ช่องทางออกเศษต้นกั่วเหลือง

A_2, B_2, C_2 หมายถึงทางออกสำหรับเมล็ดกั่วเหลืองเต็ม เมล็ดกั่วเหลืองแตกหัก ผักกั่วไม่ถูกนวด
ที่ช่องทางออกเมล็ดกั่วเหลืองเต็ม

- 1.1.1 วางเครื่องนวดบนแท่นแข็งที่ได้ระดับ ในบริเวณที่ไม่มีลมโกรก
- 1.1.2 ปรับแต่งชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างดังนี้
 - 1.1.2.1 ปรับระยะห่างระหว่างฝาครอบกับลูกนวด 20 mm. ซึ่งเป็นระยะแคบสุด
 - 1.1.2.2 ปรับความเร็วรอบของลูกนวดตามรอบที่ต้องการ ซึ่งจะ
ใช้ความเร็วรอบลูกนวด 3 ค่า คือ 920, 1480 และ
1980 rpm
ซึ่งคิดเป็นความเร็วเชิงเส้นของลูกนวดเท่ากับ 7.34
9.42 และ 11.81 m/s ตามลำดับ
 - 1.1.2.3 ปรับความตึงสายพาน
 - 1.1.2.4 เลือกชนิดของลูกนวดที่จะใช้และประกอบเข้ากับ
เครื่องนวด ซึ่งลูกนวดที่ใช้มี 2 ชนิด คือ
 1. ลูกนวดแบบครีป (Rasp-bar type)
 2. ลูกนวดแบบฟัน (Peg-tooth type)
 - 1.1.2.5 ปรับปริมาณลม โดยเปิดช่องรับอากาศให้ลมเข้ามา
เต็มที่ ซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ
 $0.652 \text{ m}^3/\text{s}$ (ความเร็วเท่ากับ 13.10 m/s)
และเปิดช่องรับอากาศประมาณครึ่งหนึ่ง ซึ่งมีอัตรา
การไหลอากาศเท่ากับ $0.510 \text{ m}^3/\text{s}$
(ความเร็วเท่ากับ 10.20 m/s)
- 1.1.1.6 ปรับมุมของกะบังลม โดยปรับให้กระแสลมผ่านออกได้
เต็มที่

1.2 การเตรียมถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองที่ใช้ทดสอบเป็นถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย 1

1.2.1 น้ำหนักฟอนถั่วเหลือง ทักฟอนละ 230 g

1.2.2 ความยาวเฉลี่ยของต้นถั่วเหลืองที่ป้อนสู่เครื่องนวด 200 -250 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบทำที่ระยะห่างระหว่างฝาครอบกับลูกนวดเท่ากับ 20 mm ที่ 3 ความเร็วรอบคือ 920, 1480 และ 1980 rpm และที่ 2 อัตราการไหลของอากาศคือ 0.510 และ 6128 m^3/s (ความเร็วเท่ากับ 10.2 m/s และ 13.1 m/s ตามลำดับ)

ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

2.1 ให้เครื่องนวดทำงานที่ความเร็วรอบของลูกนวดแต่ละค่าแล้วป้อนฟ่อนข้าวเหลือง (ทดลองทั้ง 3 ครั้งต่อ 1 ความเร็วรอบแล้วหาค่าเฉลี่ย)

2.2 เมื่อนวดข้าวเหลืองแต่ละครั้งเสร็จให้นำเมล็ดข้าวที่นวดได้ที่ช่องทางออกเมล็ดข้าวเหลืองและช่องทางออกเศษข้าวเหลืองนำมาชั่งน้ำหนักรวมและน้ำหนักเมล็ดแตกแล้วบันทึกผลในตารางที่ 3.9

2.3 นำข้าวเหลืองที่ไม่ถูกนวดพร้อมทั้งเศษข้าวเหลืองกลับไปในนวดใหม่อีกครั้งหนึ่ง แล้วนำเมล็ดที่นวดได้ที่ชั่งน้ำหนักรวมและน้ำหนักเมล็ดแตกแล้วบันทึกผลในตารางเช่นเดียวกับข้อ 2.2

2.4 ส่วนข้าวเหลืองที่ยังไม่ได้นวด ทั้งที่ช่องทางออกเมล็ดข้าวเหลืองและช่องทางออกเศษข้าวเหลืองให้แกะเมล็ดออกแล้วชั่งน้ำหนักและบันทึกผลลงในตารางเช่นเดียวกับข้อ 2

2.5 คำนวณค่าน้ำหนักเปลือก อัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือก เปอร์เซนต์ความนวด เปอร์เซนต์ความสะอาด เปอร์เซนต์เมล็ดแตก เปอร์เซนต์สูญเสียรวมและบันทึกผลเช่นเดียวกับข้อ 2.2

2.6 นำเมล็ดที่ได้จากการนวดมาวิเคราะห์คุณภาพทางความเสียหายเชิงกล (Mechanical damage) โดยวิธี Conductivity (ISTA, 1985)

3.6 วิเคราะห์คุณภาพ

วัตถุประสงค์

เพื่อวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดข้าวเหลือง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องบด
2. กระป๋องใส่ตัวอย่าง
3. ตู้อบ ชนิด Hot air oven
4. Desicator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

5. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Digital 0-100 g

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 การทดสอบการนำขวดแก้วเพื่อป้องกันสุญญากาศที่ 1 ที่ระยะห่างระหว่างฝาครอบหลอดและหลอด 20 mm ที่ความชื้น 5%

การทดลอง	สภาพการทดลอง		น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ขนาด (มม.)	สภาพการป้องกัน						น้ำหนักแห้งเดิม (กรัม)	ประสิทธิภาพการป้องกัน (%)			
	ความยาว (มม.)	อัตราส่วน (มม.)			น้ำหนักแห้งในอากาศ (%)			น้ำหนักแห้งในสุญญากาศ (%)				น้ำหนักแห้งเดิม (กรัม)	น้ำหนักแห้งเดิม (กรัม)	น้ำหนักแห้งเดิม (กรัม)	น้ำหนักแห้งเดิม (กรัม)
					น้ำหนักแห้งในอากาศ (%)	น้ำหนักแห้งในสุญญากาศ (%)	น้ำหนักแห้งในสุญญากาศ (%)	น้ำหนักแห้งในอากาศ (%)	น้ำหนักแห้งในสุญญากาศ (%)	น้ำหนักแห้งในสุญญากาศ (%)					
RB	920	0.652 13.1	230	1	86.5	-	0	27.5	-	0	18.9	97.1	1.38	87.83	0.37
				2	12.87	0	0	3.5	3.53	0	-			30.76	0
RB	920	0.51 10.2	230	1	75.33	-	0.05	12.9	-	0	33.9	107.9	1.14	72.32	0.51
				2	15.77	0.73	0.05	3.6	13.73	0	-			56.77	0.22
RB	1480	0.652 13.1	230	1	92.1	-	0	21.6	-	0	17.23	99.07	1.32	86.83	0.32
				2	10.7	0	0	3.63	2.83	0.07	-			88.04	1.14
RB	1480	0.51 10.2	230	1	99.73	-	0	19.0	-	0	9.27	102.0	1.26	92.75	0.08
				2	8.3	0.17	0	0.68	0.13	0	-			98.28	0
RB	1980	0.692 13.1	230	1	90.57	-	1.8	16.27	-	1.23	4.67	113.47	1.05	94.46	0.25
				2	2.17	0	0.37	0.9	0.23	0	-			67.02	10.57
RB	1980	0.51 10.2	230	1	93.17	-	1.9	22.8	-	1.43	5.23	105.47	1.41	95.79	0.09
				2	2.63	0.13	0.13	0.37	0.13	0.03	-			63.85	2.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่มีการตีพิมพ์ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

ตารางที่ 3.9 (ต่อ) ความสำเร็จ 5%

การทดลอง	ขนาดเครื่องวัด		น้ำหนักตัว (กรัม)	จำนวนครั้งที่วัด (ครั้ง)	ขนาดเครื่องวัด								น้ำหนักตัวเฉลี่ย	ประสิทธิภาพของเครื่อง			
					น้ำหนักตัว (กรัม)				น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กรัม)					น้ำหนักเฉลี่ย	น้ำหนักเฉลี่ย	น้ำหนักเฉลี่ย	น้ำหนักเฉลี่ย
	น้ำหนักตัว	น้ำหนักเฉลี่ย			น้ำหนักเฉลี่ย	น้ำหนักเฉลี่ย	น้ำหนักเฉลี่ย	น้ำหนักเฉลี่ย	น้ำหนักเฉลี่ย	น้ำหนักเฉลี่ย							
											น้ำหนักตัว	น้ำหนักเฉลี่ย					
TH	920	0.652 13.1	230	1	85.0	-	0.1	28.07	-	0	15.13	101.73	88.22	96.83	0.07	0.47	
				2	8.97	0.27	0	2.57	4.07	0	-		72.6		0.18		
TH	920	0.51 10.2	230	1	90.37	-	0.03	16.43	-	0	15.0	136.7	87.67	98.71	0.03	0.41	
				2	8.43	0.1	0.17	2.7	3.63	0	-		78.16		1.34		
TH	1480	0.652 13.1	230	1	94.13	-	0.77	26.03	-	1.13	4.57	103.37	96.39	99.17	1.11	0.14	
				2	3.83	0.03	0.07	0.43	0.1	0.1	-		96.46		3.47		
TH	1480	0.51 10.2	230	1	100.5	-	0.73	19.1	-	0.47	4.67	103.97	96.25	97.97	0.95	0.24	
				2	3.6	0.1	0	0.43	0.5	0.03	-		96.93		5.07		
TH	1980	0.652 13.1	230	1	96.33	-	3.73	28.37	-	5.13	5.87	90.57	95.67	96.51	6.49	0.08	
				2	4.97	0.13	0.17	0.57	0	0.03	-		97.09		3.83		
TH	1980	0.51 10.2	230	1	91.37	-	2.33	20.97	-	1.5	6.1	107.73	95.09	100	3.97	0.31	
				2	0.9	0	1.57	1.97	0	0	-		0		29.04		

ตารางที่ 3.9 (ต่อ) ที่ความถี่ 13%

การทดลอง	สารตั้งต้น		น้ำหนักตัว แห้ง (g)	ขนาดโพรง (cm)	สถานะการกระจาย						น้ำหนักตัว รวม (g)	โพรงผิว เปิด	โพรงผิว ปิด	ประสิทธิภาพของเครื่อง			
	ความยาว (cm)	ความกว้าง (cm)			โพรงผิวเปิด (cm)			โพรงผิวปิด (cm)						การวัด ความยาว	การวัด ความกว้าง	การวัด ความสูง	การวัด ความหนา
					ความยาว	ความกว้าง	ความสูง	ความยาว	ความกว้าง	ความสูง							
RB	920	0.652 13.1	230	1	58.0	-	0	25.4	-	0	17.93	128.67	0.76	82.19	98.62	0	0.35
RB	920	0.51 10.2	230	1	11.47	0.17	0	1.57	4.53	0	-	94.1	6.71	73.27	96.34	0.17	0.32
RB	1480	0.652 13.1	230	1	78.33	-	0	22.3	-	0	8.7	111.9	1.02	92.53	160	0	0.29
RB	1480	0.51 10.2	230	1	6.13	0	0	2.2	0.37	0	-	119.1	0.83	93.78	100	0	0.13
RB	1980	0.652 13.1	230	1	61.43	-	0.53	27.07	-	0.17	2.87	138.23	0.66	96.91	100	0.43	0.17
RB	1980	0.51 10.2	230	1	1.87	0	0	0.5	0.5	0	-	121.33	0.90	96.16	79.67	1.69	0.09
				2	3.13	0.83	0	0.07	0	0	-			13.01		0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางต้นสังกัด หากมีการนำข้อมูลไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตทางต้นสังกัด อาจก่อให้เกิดข้อพิพาททางกฎหมายได้

ตารางที่ 3.9 (ต่อ) ที่ความถี่ 13%

ภาพประกอบ	ขนาดเครื่องวัด		พื้นที่หน้าตัด (ไร่)	พื้นที่หน้าตัด ขนาดพื้นที่ (ไร่)	สถานะการใช้งาน						ใช้ทำสิ่งที่ไม่ใช่ แหล่งที่อยู่อาศัย และนอกภาค	พื้นที่ป่าเบญจ พรรณ	อัตราส่วนพื้นที่ ใช้ประโยชน์	ประเภทการใช้งานของเครื่องวัด					
	จำนวนไร่/บว	อัตราการใช้ประโยชน์ (ไร่/บว)			พื้นที่ป่าเบญจพรรณ		พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ		พื้นที่ป่าเบญจพรรณ	พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ				พื้นที่ป่าเบญจพรรณ	พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ	พื้นที่ป่าเบญจพรรณ	พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ	พื้นที่ป่าเบญจพรรณ	พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ
					พื้นที่ป่าเบญจพรรณ	พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ	พื้นที่ป่าเบญจพรรณ	พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ											
TH	920	0.692 13.1	236	1	85.83	-	0	20.67	-	0	13.07	1.09	88.94	93.30	0	0.34			
TH	920	0.51 10.2	230	1	78.5	-	0	14.63	-	0	13.5	0.87	86.82	94.91	0	0.29			
TH	1480	0.652 13.1	230	1	89.67	-	0	24.13	-	0	3.83	1.06	96.75	89.47	0	0.58			
TH	1480	0.51 10.2	230	1	93.23	-	0	16.33	-	0	6.67	1.14	94.61	95.24	0	0.09			
TH	1980	0.652 13.1	230	1	85.2	-	0.3	26.4	-	0.3	4.73	1.04	95.91	96.73	0.61	0.21			
TH	1980	0.51 10.2	230	1	91.33	-	1.23	14.4	-	0.23	3.43	0.93	96.59	93.27	1.32	0.67			

5. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Digital 0-100 g

6. กล้องพลาสติก

วิธีทดลอง

1. ความชื้น (Moisture Content)

คำจำกัดความ

1. การบด (Grinding)

ถ้าเมล็ดมีความชื้น 17% ให้บดได้ ถ้าเกินจาก 17% ต้องไปทำ pre-drying ก่อน (รายละเอียดอยู่ในข้อ 2)

ข้อควรระวังในการบด

1.1 เครื่องบดจะต้องไม่ดูดซับเมล็ดที่บดแล้ว

1.2 ในระหว่างการบดไม่ควรให้เมล็ดสัมผัสกับอากาศ

1.3 ความเร็วในการบดไม่ควรเร็วเกินไปจนเป็นเหตุให้เมล็ดที่ถูกบดเกิดความร้อนได้

2. การ Pre-drying

เหตุที่ต้องทำ Pre-drying เพราะเหตุว่าเมล็ดมีความชื้นมากกว่า 17% โดยทำที่ อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 5-10 นาที ขึ้นอยู่กับความชื้นในเมล็ด

หลังจากทำ pre-drying จะต้องนำกลับไปใส่ในกระป๋อง ทันทีเพื่อไม่ให้โดนความชื้นได้อีก

3. การเข้าตูอบที่อุณหภูมิต่ำ

ตูอบจะถูกตั้งไว้ที่ $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เมล็ดถูกอบ 17 ± 1 ชั่วโมง เสร็จแล้วนำมาเก็บไว้ใน desicator เพื่อรอให้เย็นเป็นเวลา 30-45 นาที

4. การเข้าตูอบที่อุณหภูมิสูง

วิธีนี้เหมือนกับการเข้าตูอบที่อุณหภูมิต่ำ จะต่างกันที่อุณหภูมิ จะเป็น $130-133^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนักกระป๋องใส่ตัวอย่าง
2. กรณีที่ต้อง Pre-drying นำเมล็ดไป pre-dry ก่อนที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. ชั่งน้ำหนักหลัง pre-drying
4. นำเมล็ดที่ pre-drying ไปบดแล้วแบ่งออกเป็น 2 ตัวอย่างๆ ละ 5g
5. แล้วนำไปเข้าตูบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
6. ชั่งน้ำหนักหลังอบ
7. นำข้อมูลที่ได้ในข้อ 1, 3, 6 มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น บันทึกผลในตารางที่ 3.10

การคำนวณความชื้น

1. กรณีไม่ได้ Pre-drying

$$\%MC = \frac{(M_2 - M_3)}{(M_2 - M_1)} \times 100$$

เมื่อ M_1 = น้ำหนักของกระป๋อง, g

M_2 = น้ำหนักของกระป๋อง และน้ำหนักเมล็ดก่อนเข้าตูบ, g

M_3 = น้ำหนักของกระป๋อง และน้ำหนักเมล็ดหลังเข้าตูบ, g

2. กรณี Pre-drying ก่อน

$$\%MC = \frac{S_1 + S_2 - (S_1 \times S_2)}{100}$$

เมื่อ S_1 = % ความชื้นตอน pre-drying

S_2 = % ความชื้นตอนอบ 103°C 16 ชั่วโมง

2. การทดสอบความเสียหายเชิงกล (Mechanical Damage Test)

มีการทดสอบโดยวิธี Conductivity Measurement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดสอบ

1. เติมน้ำกลั่นลงไปใน Flask แล้วปิดปาก Flask
2. เตรียมเมล็ดก่อนผ่านการนวดและหลังผ่านการนวด 50 เมล็ด (ถ้าไม่พอลดจำนวนลงได้) แล้วชั่งน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด นำไปใส่ใน Flask และเติมน้ำกลั่นไป 150 ml แล้วปิดปาก Flask ดังรูปที่ 3.13
3. แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาให้นำเครื่อง Conductometer มาทำการวัดค่า Conductivity ของข้อ 1 และ 2 นำมาคำนวณดังสูตร

$$\text{ค่าการนำไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำหนักเมล็ด} = \frac{\text{ค่าการนำไฟฟ้าของถ้วยเหลืองที่วัดได้} - \text{ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น}}{\text{น้ำหนักของเมล็ดทั้งหมด}}$$

($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}/\text{g}$)

ตัวอย่าง

นำข้อมูลจาก นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 920 rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s ความชื้น 5%

$$\begin{aligned} \text{ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้} &= 433.5 \left| \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}/\text{g} \right| \\ \text{ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น} &= 26.5 \left| \mu\text{S}/\text{cm}^{-1} \right| \\ \text{น้ำหนักของเมล็ดทั้งหมด} &= 64.06 \left| \text{g} \right| \end{aligned}$$

แทนค่าจะได้

$$\text{ค่าการนำไฟฟ้าต่อหน่วยน้ำหนัก} = (433.5 - 26.5) / 64.06 = 13.95 \left| \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}/\text{g} \right|$$

นำค่าที่ได้บันทึกผลในตารางที่ 3.11 และ 3.12 ซึ่งเป็นการทดสอบเมื่อเมล็ดถ้วยเหลืองมีความชื้นเมื่อเก็บเกี่ยว 5 และ 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 3.10 เปอร์เซนต์ความชื้นของเมล็ดข้าวเหลือง ที่ระยะเจริญเติบโตต่าง ๆ กัน

ระยะเจริญเติบโต ของต้นข้าว	T1	T2	T3	T4	T5	T6
% ความชื้น	77.7	66.34	62.0	52.5	41.5	32.0



รูปที่ 3.13 การวิเคราะห์คุณภาพโดยวิธี Conductivity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 ค่าการนำไฟฟ้าของถั่วเหลืองพันธุ์ฝักนึ่งที่ความชื้น 5%
ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น $64.06 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$

แบบการทดลอง	ค่าการนำไฟฟ้า $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}/\text{g}$
ถั่วเหลืองก่อนการทดสอบการนวด	19.15
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 920 rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	13.94
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 920 rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	15.04
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 920 rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	17.51
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 920 rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	14.62
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 1480rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	16.92
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 1480rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	17.71
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 1480rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	16.45
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 1480rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	17.65
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 1980rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	17.35
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 1980rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	15.16
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 1980rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	16.22
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบครีบ ความเร็วรอบ 1980rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	17.00
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 920 rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	15.17
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 920 rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	16.38
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 920 rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	16.99
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 920 rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	27.07
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 1480rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	19.43
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 1480rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	32.45
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 1480rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	21.39
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 1480rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	25.84
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 1980rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	17.19
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 1980rpm อัตราเร็วลม 13.1 m/s	20.53
นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 1980rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	21.05
นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบฟัน ความเร็วรอบ 1980rpm อัตราเร็วลม 10.2 m/s	22.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในงานวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.12 ค่าการนำไฟฟ้าของถั่วเหลืองที่สกัดด้วยน้ำที่ความชื้น 13%
ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกลั่น $19.7 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$

แบบการทดลอง				ค่าการนำไฟฟ้า $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}/\text{g}$
ถั่วเหลืองก่อนการทดสอบการนวด				14.67
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 920 rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	16.93
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 920 rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	17.12
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 920 rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	18.45
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 920 rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	18.92
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 1480rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	16.46
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 1480rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	17.58
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 1480rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	17.26
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 1480rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	20.54
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 1980rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	18.86
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 1980rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	23.17
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 1980rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	19.10
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบครีป	ความเร็วรอบ 1980rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	16.07
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 920 rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	13.46
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 920 rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	22.20
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 920 rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	15.82
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 920 rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	16.33
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 1480rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	17.09
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 1480rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	22.17
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 1480rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	16.37
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 1480rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	22.69
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 1980rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	16.77
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 1980rpm	อัตราเร็วลม 13.1 m/s	18.52
นวดครั้งที่ 1	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 1980rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	15.69
นวดครั้งที่ 2	โดยลูกนวดแบบแห้ง	ความเร็วรอบ 1980rpm	อัตราเร็วลม 10.2 m/s	18.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 สรุปผลการทดลอง

สัญลักษณ์ที่ใช้ในกราฟต่าง ๆ

RPM หมายถึง ความเร็วรอบ (Revolution per minute) rpm

RB_1 หมายถึง นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบครีบ

RB_2 หมายถึง นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบครีบ

TH_1 หมายถึง นวดครั้งที่ 1 โดยลูกนวดแบบฟัน

TH_2 หมายถึง นวดครั้งที่ 2 โดยลูกนวดแบบฟัน

BLOWER 13.1 m/s หมายถึง ใช้อัตราเร็วลม 13.1 m/s ของพัดลมทำความสะอาด

BLOWER 10.2 m/s หมายถึง ใช้อัตราเร็วลม 10.2 m/s ของพัดลมทำความสะอาด

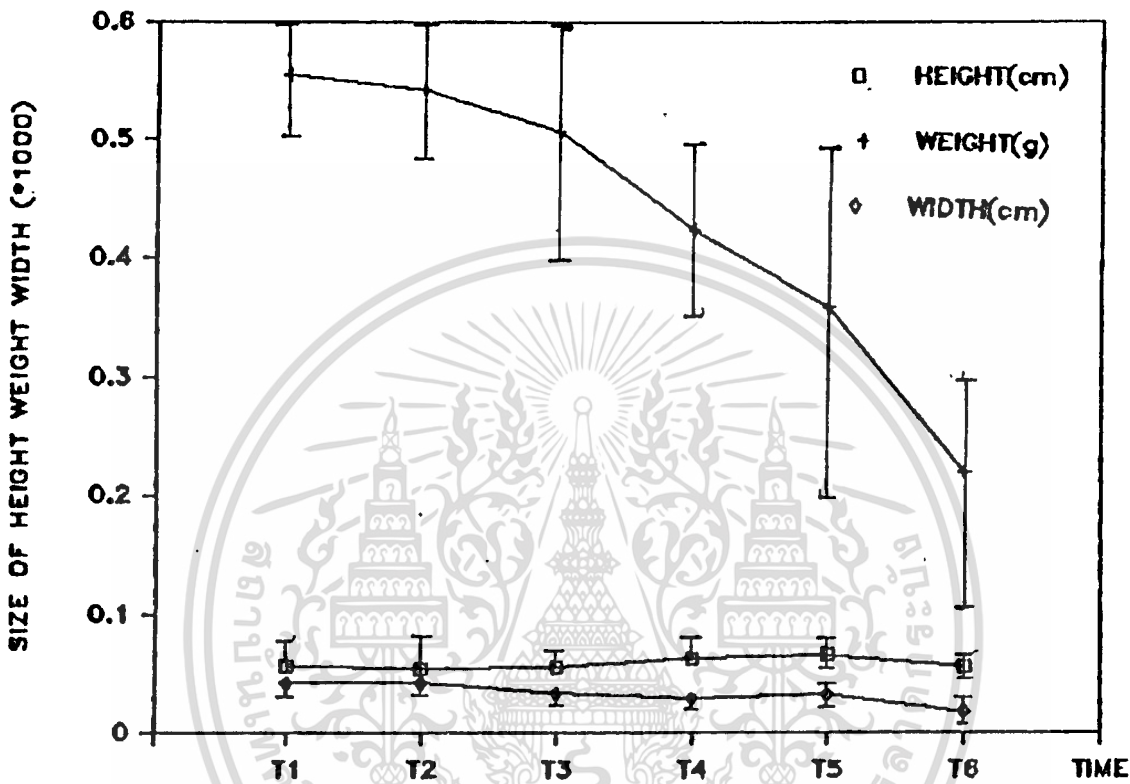
BT หมายถึง ก่อนนวด (Before thresh)

จากผลการทดลองในตารางที่ 3.4 ถึง 3.7 และตารางที่ 3.9-3.12 นำมาเขียนกราฟ ดังรูปที่ 3.14-3.39

3.7.1 ความสูง ความกว้าง น้ำหนักของต้นข้าวเหลือง

จากกราฟรูปที่ 3.14 ได้แสดงขนาดของความสูง ความกว้าง และน้ำหนักของต้นข้าวเหลืองใน $1 m^2$ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการปลูก เมื่อดูที่เส้นกราฟแสดงน้ำหนัก จะเห็นได้ชัดว่าในระยะแรกของการปลูก (T_1) คือในสัปดาห์ที่ 3 หลังจากออกดอก น้ำหนักของต้นข้าวเหลืองจะมีค่ามากและหลังจากนี้ น้ำหนักจะค่อย ๆ ลดต่ำลงเรื่อย ๆ จนถึงสัปดาห์ที่ 8 หลังออกดอก (T_8) ต้นข้าวเหลืองจะมีน้ำหนักลดลงต่ำที่สุด ซึ่งถ้าทำการศึกษาน้ำหนักต่อไปอีกหลังจาก T_8 แล้วจะพบว่าน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยลงคือน้ำหนักของต้นข้าวเหลืองจะมีการลดลงน้อย จนกระทั่งเกือบคงที่ก็ได้ สังเกตจากกราฟรูปที่ 3.14 จะเห็นว่าในช่วง $T_1 - T_3$ (สัปดาห์ที่ 3-5 หลังออกดอก) น้ำหนักของต้นข้าวเหลืองมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่น้อยกว่า ในช่วง $T_3 - T_8$ ซึ่งพิจารณาจากความชัน (slope) ของกราฟ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าในช่วงแรกต้นข้าวเหลืองยังมีความชื้นที่มากอยู่ น้ำหนักจึงมีค่ามากเมื่อถึงจุด ๆ หนึ่งคือ T_3 เมล็ดมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วความชื้นของต้นข้าวเหลืองจะค่อย ๆ ลดลงเป็นลำดับ

จากกราฟความสูงและความกว้างของต้นข้าวเหลืองที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการปลูก ความสูงและความกว้าง มีการพัฒนาแบบคล้ายตามกันกล่าวคือเมื่อความสูงเพิ่ม ความกว้างก็เพิ่มตามไปด้วย แต่มีบางจุดที่ไม่คล้ายตามกันคือช่วง $T_3 - T_5$ เนื่องจากว่าในแปลงต้นข้าวเหลืองไม่เท่ากันเป็นแถวหรือบางต้นมีการใช้ปุ๋ยไม่เท่ากันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สนใจในเรื่องนี้ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงขนาดความสูง ความกว้าง และน้ำหนักของต้นกล้วยเหลือง
(ใน 1 ตารางเมตร) ระยะเวลาตั้งแต่ 3 สัปดาห์ ถึง 8 สัปดาห์
หลังจากออกดอก

แปลงนี้ ต้นแก้วมีความสมบูรณ์ค่อนข้างน้อยจึงทำให้การให้น้ำทางด้านความสูง และความกว้างไม่ได้เท่าที่ควร

* ค่าความสูง ความกว้าง น้ำหนักของต้นแก้วเหลือง เป็นค่าที่ได้จากการวัดในแปลงต้นแก้วเหลือง

3.7.2 ความชื้นของเมล็ด

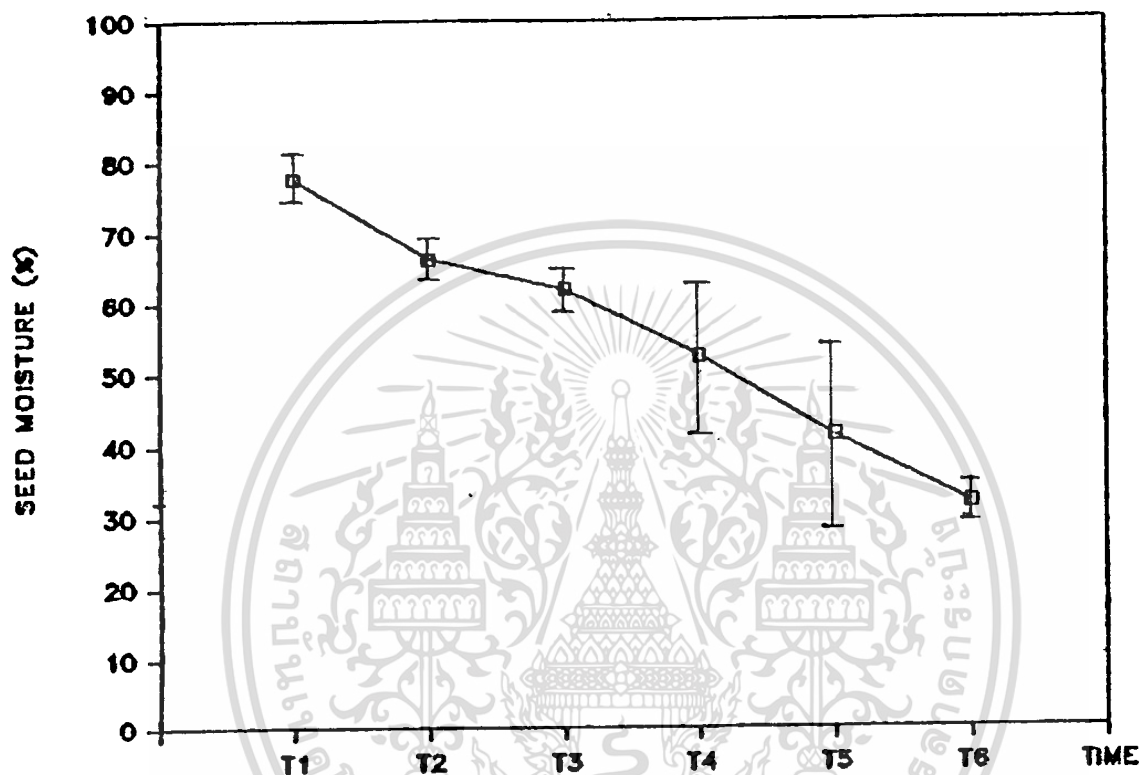
จากกราฟรูปที่ 3.15 แสดงให้เห็นถึงความชื้นภายในเมล็ดต้นแก้วเหลืองที่ระยะเวลาต่างๆ ของการปลูก ซึ่งอธิบายได้คล้าย ๆ กับกราฟแสดงน้ำหนักของต้นแก้วเหลือง ในระยะแรกคือ T_1 ความชื้นของเมล็ดต้นแก้วเหลืองจะมีค่ามาก (77.7 %) หลังจากนั้นความชื้นจะค่อย ๆ ลดลงจน ถึงที่ระยะ T_6 อาจกล่าวได้ว่าความชื้นภายในเมล็ดต้นแก้วเหลืองลดลงแปรผันตรงกับระยะเวลาของ การปลูก จะเห็นว่ากราฟนี้สอดคล้องกับกราฟแสดงน้ำหนักของต้นแก้วเหลือง (รูปที่ 3.14) คือใน ระยะแรก T_1-T_3 การลดความชื้นและน้ำหนักของเมล็ดเป็นไปอย่างช้า ๆ และหลังจาก T_3 เป็นต้นไป การลดความชื้นและน้ำหนักเป็นไปอย่างรวดเร็ว

3.7.3 น้ำหนักเมล็ดต้นแก้วเหลือง (ต่อ 1000 เมล็ด)

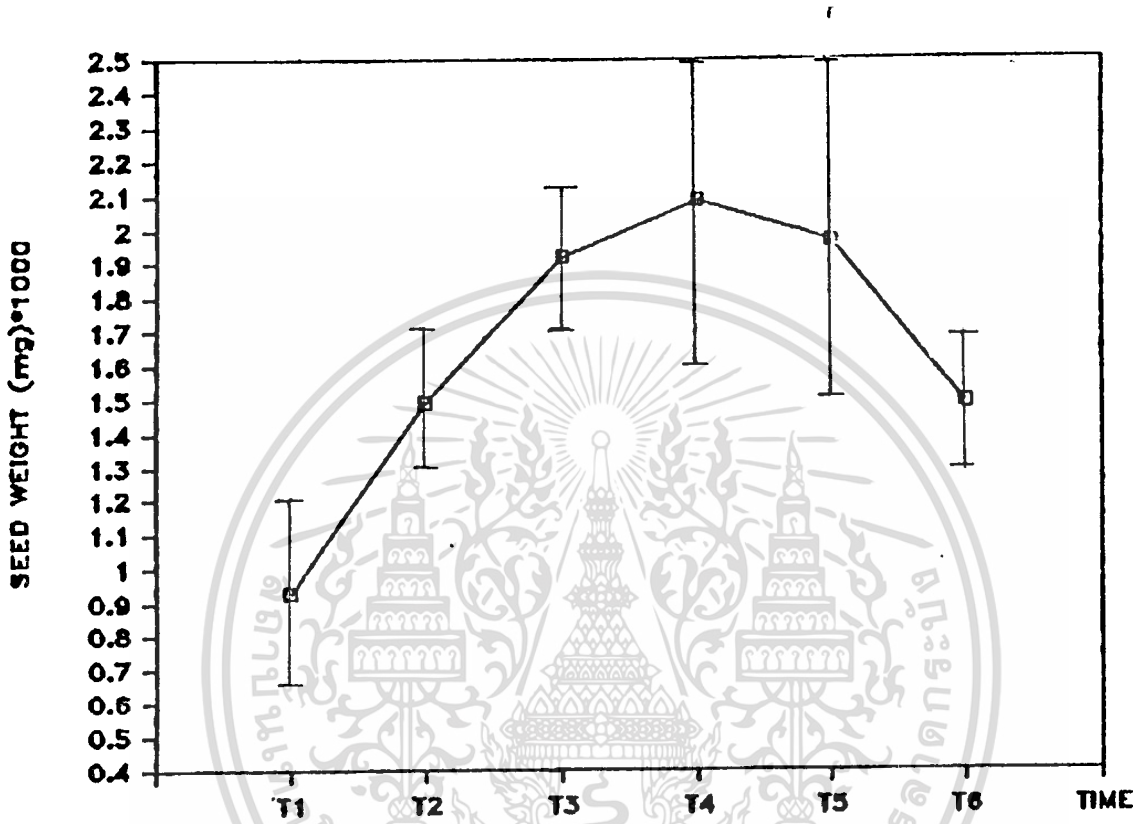
จากกราฟรูปที่ 3.16 แสดงน้ำหนักเมล็ดต้นแก้วเหลือง 1000 เมล็ด ที่ระยะเวลา ต่าง ๆ ของการปลูก (สาเหตุที่ทำการคือน้ำหนักเมล็ดที่ 1000 เมล็ด เนื่องจากเป็นการวัดตาม แบบมาตรฐานของISTA, 1985) จากกราฟจะเห็นว่าเริ่มแรกในระยะ T_1 น้ำหนักของเมล็ดจะยังมี ค่าน้อย (0.93 g) และจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลาสัปดาห์ที่ 6 หลังออกดอก (T_4) น้ำหนักจะมีค่าสูงสุด คือ 2.09 g และหลังจากนั้นเป็นต้นไปน้ำหนักของเมล็ดจะมีค่าน้อยลงเรื่อย ๆ จนถึงที่ระยะ T_6 จากช่วงระยะเวลา T_3-T_5 เป็นช่วงระยะเวลาที่เมล็ดมีการเจริญเติบโตสูง สุด จากน้ำหนักเมล็ดมีค่ามากที่สุดในช่วงนี้ ในช่วงแรกคือ T_1-T_3 เป็นช่วงระยะเวลาที่ เมล็ดกำลังมีการพัฒนาให้เป็นฝักที่สมบูรณ์และระยะเวลายุติท้ายคือ T_4-T_6 เมล็ดไม่มีการพัฒนา หรือมีน้อยช่วงนี้น้ำหนักจะค่อย ๆ ลดลงนั่นก็คือ ความชื้นภายในเมล็ดมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ กราฟความชื้นของเมล็ด

3.7.4 จำนวนฝักและเมล็ดบนต้นแก้วเหลือง

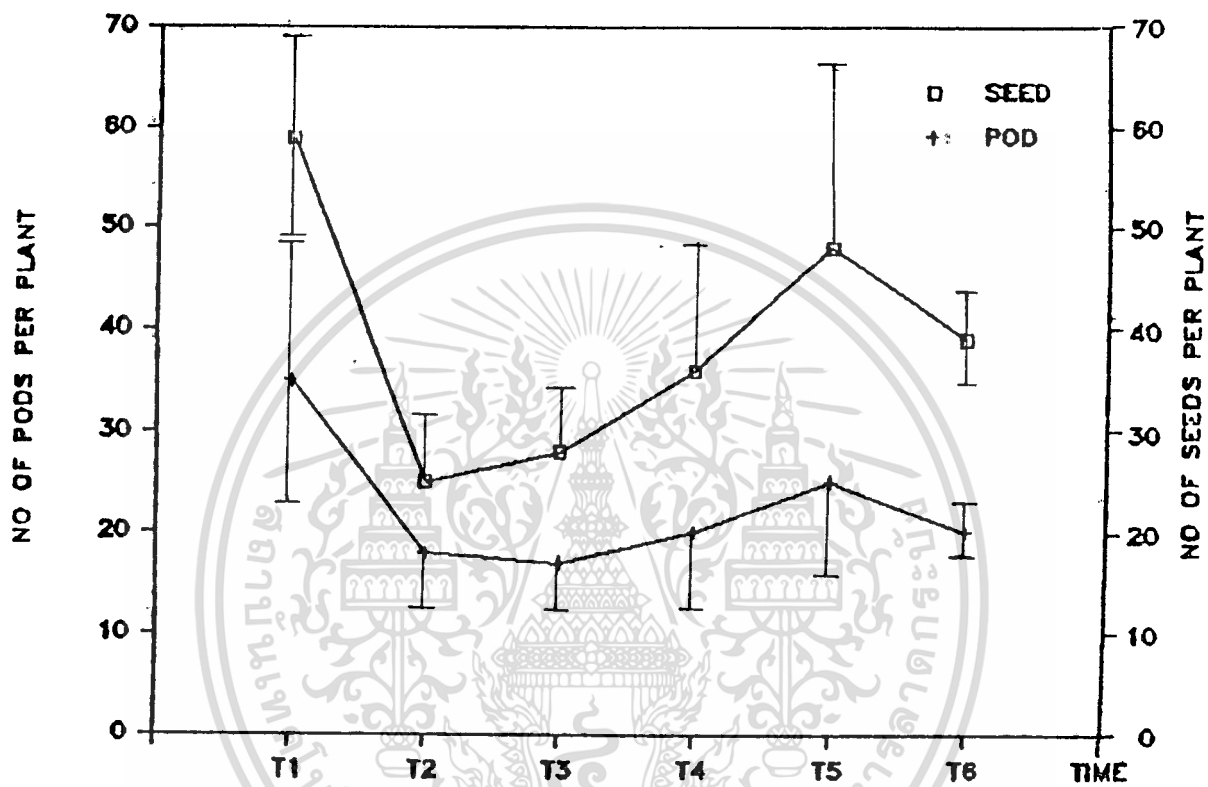
จากกราฟรูปที่ 3.17 แสดงให้เห็นถึงจำนวนฝักและเมล็ดบนต้นแก้วเหลืองที่ระยะ เวลาต่างๆ ซึ่งสอดคล้องกับกราฟแสดงน้ำหนักของต้นแก้วเหลือง (รูปที่ 3.16) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงความชื้นของเมล็ดถั่วเหลือง ในระยะเวลาตั้งแต่ 3 สัปดาห์ ถึง 8 สัปดาห์ หลังจากออกดอก



รูปที่ 3.16 แสดงน้ำหนักเมล็ดถึงเฉลี่ย (ต่อหนึ่งพันเมล็ด) ในระยะเวลาตั้งแต่ 3 สัปดาห์ ถึง 8 สัปดาห์ หลังจากกลดตกล



รูปที่ 3.17 | แสดงจำนวนฝักและเมล็ดกัญชากว่เหลือง ในระยะเวลาตั้งแต่ 3 สัปดาห์ถึง 8 สัปดาห์ หลังจากออกดอก

เวลาต่าง ๆ ของการปลูก จะเห็นว่ากราฟที่แสดงจำนวนฝักและเมล็ดจะคล้อยตามกันเสมอคือ เมื่อมีจำนวนฝักมากจำนวนเมล็ดจะมากตามไปด้วย จากกราฟที่ระยะเวลา T_1 จำนวนฝักและเมล็ดมีค่าสูงมากคือ 59 และ 35 ตามลำดับ ซึ่งตามความเป็นจริงควรจะมีค่าน้อยกว่าที่ระยะเวลา T_2 ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจาก

1. การนับฝักและเมล็ดที่ระยะเวลา T_1 ได้ทำการนับทุกฝัก ซึ่งในระยะเวลาแรกที่มีจำนวนฝักอ่อนมาก จนเมื่อระยะเวลาผ่านไปจนถึง T_2 การเจริญเติบโตของฝักจากที่ระยะเวลา T_1 เป็นต้นมา ฝักนั้น ๆ อาจจะไม่ได้มีการเจริญเติบโตมาเป็นฝักสมบูรณ์อีกได้ อาจเกิดการหลุดร่วงหรือเกิดจากหนอนหรือแมลงมากัดกิน ทำให้จำนวนฝักที่ระยะเวลา T_2 น้อยกว่าที่ระยะเวลา T_1

2. เนื่องจากการเจริญเติบโตของต้นข้าวเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ ตัวอย่างที่สุ่มมาอยู่ในบริเวณที่ยังไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร หรือมีการเจริญเติบโตช้ากว่าบริเวณอื่น ๆ

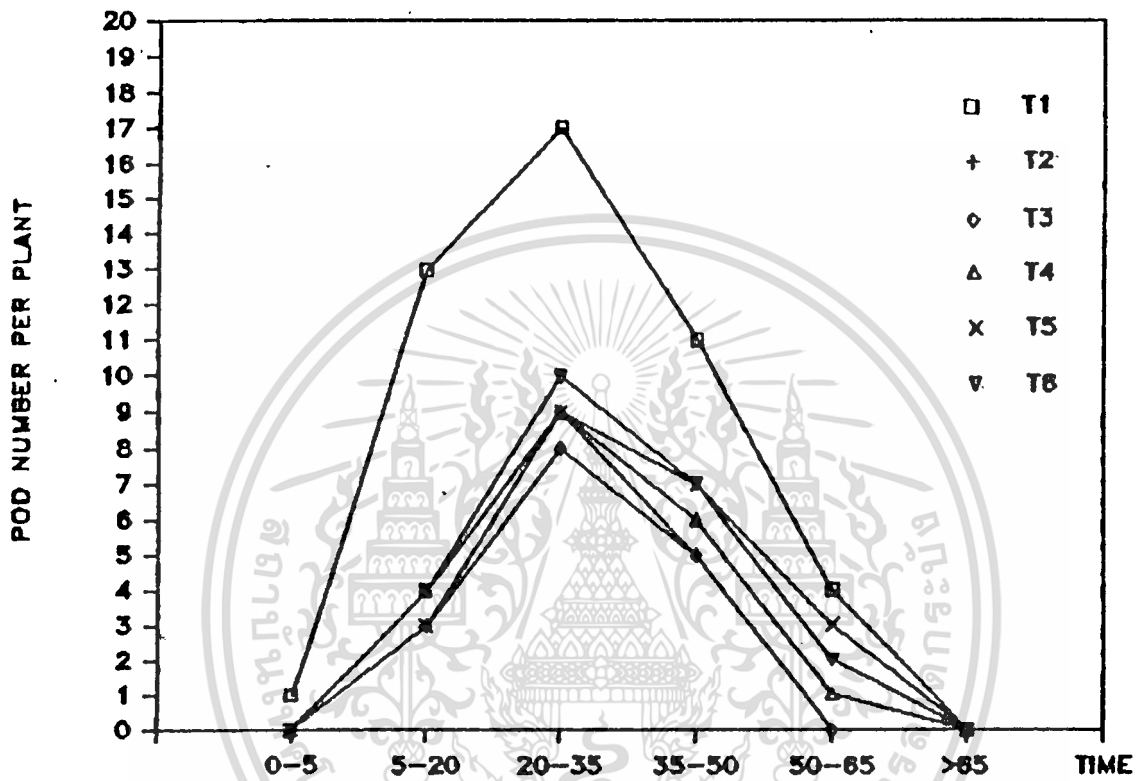
จากระยะเวลา $T_2 - T_0$ จำนวนฝักและเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยจาก 25 เป็น 48 และ 18 เป็น 25 ตามลำดับ และหลังจากนั้นจะลดลงมา

3.7.5 ปริมาณฝักข้าวที่ระดับความสูงแตกต่างกันจากพื้นดิน

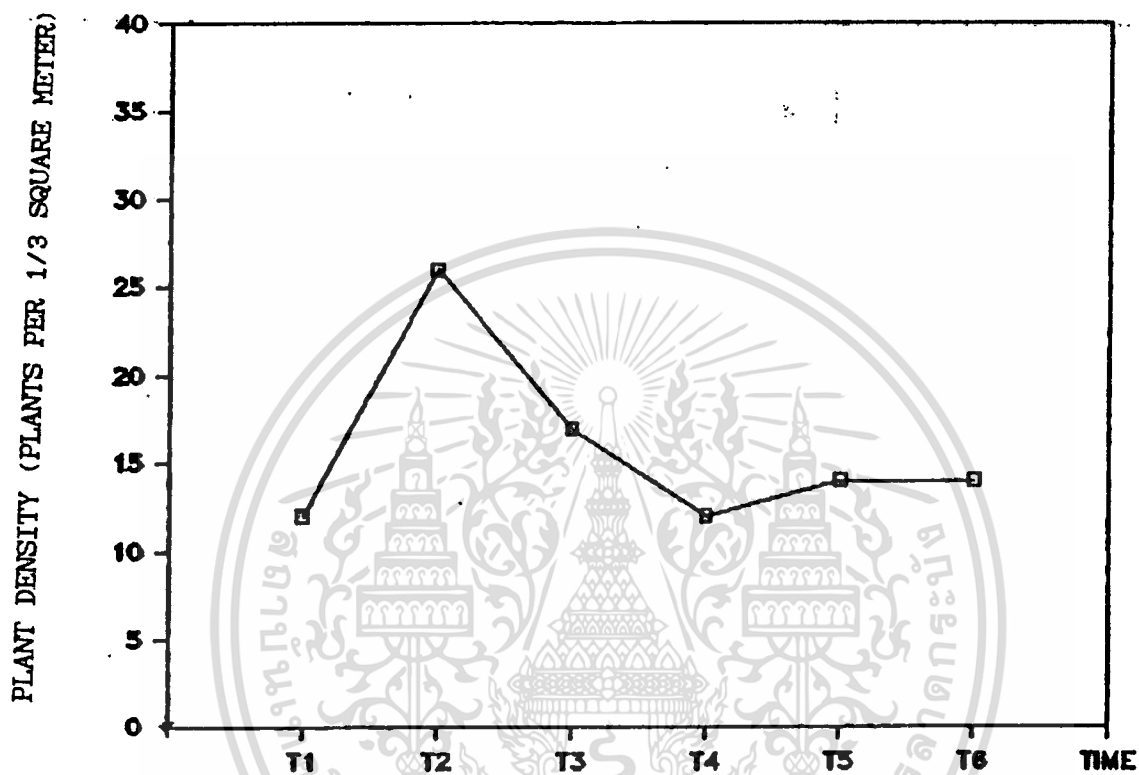
จากกราฟรูปที่ 3.18 แสดงปริมาณฝักข้าวที่ระดับความสูงแตกต่างกันจากพื้นดิน เห็นได้ว่าที่ระยะเวลา T_1 จะสอดคล้องกับกราฟรูปที่ 3.17 (แสดงจำนวนฝัก) ซึ่งในกราฟนี้ที่ระยะเวลา T_1 จำนวนฝักมีค่าแตกต่างจากระยะเวลา $T_2 - T_0$ คือจะมีค่ามาก เหตุผลเช่นเดียวกับที่อธิบายในกราฟรูปที่ 3.17 เมื่อมาดูที่ระยะเวลา $T_2 - T_0$ ปริมาณฝักข้าวที่ระยะต่าง ๆ จากพื้นดินมีค่าสอดคล้องกันคือมีค่าน้อยสุดที่ระยะ 0-5 cm (เท่ากับ 0) และมากกว่าเพิ่มขึ้นจะถึงที่ระยะ 20-35 cm จะมีค่าสูงสุด (เท่ากับ 10) หลังจากนั้นจะลดลงจนมีค่าต่ำสุดที่ระยะมากกว่า 65 cm. (เท่ากับ 0)

3.7.6 จำนวนต้นข้าวเหลืองในเนื้อที่ $1/3 \text{ m}^2$

จากกราฟรูปที่ 3.19 แสดงจำนวนต้นข้าวเหลืองในเนื้อที่ $1/3 \text{ m}^2$ (1 ตารางเมตรมี 3 แถว) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการปลูกจะเห็นว่าจำนวนต้นข้าวเหลืองในระยะทาง 1 m มีค่าใกล้เคียงกัน (12-17) แต่ที่ระยะเวลา T_2 มีค่ามากขึ้นคือเท่ากับ 26 (เหตุผลเช่นเดียวกับหัวข้อการคำนวณความเสียหายที่เกิดจากหนอนหรือแมลงกัดกิน) และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงปริมาณฝักถั่วที่ระดับความสูงแตกต่างกันจากพื้นดิน (0 ซม. คือ ระดับเดียวกับพื้นดิน) ในระยะเวลาดังแต่ 3 สัปดาห์ ถึง 8 สัปดาห์ หลังจากออกดอก



รูปที่ 3.19 แสดงจำนวนต้นกล้วยเหลืองในพื้นที่ 1/3 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 3.11) หมายถึง ตัวถ่วงเหลืองมีการกระจายสม่ำเสมอ

3.7.7 ปริมาณและคุณภาพการนวดเมล็ดถั่วเหลือง

จากกราฟสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. จากกราฟรูปที่ 3.20 และ 3.21 แสดงปริมาณการนวดเมล็ดถั่วเหลือง ที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 920 rpm 1480 rpm และ 1980 rpm ที่ความชื้น 13% โดยมีอัตราเร็วลม 13.1 m/s และ 10.2 m/s ตามลำดับ จากกราฟทั้ง 2 จะเห็นได้ว่า (พิจารณาเฉพาะการนวดครั้งแรกเท่านั้น เนื่องจากการนวดครั้งที่ 2 สภาพพืชต่างกัน) เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์การนวดที่ได้จะเพิ่มตามไปด้วย ทั้งการนวดโดยลูกนวดแบบครีป (Rasp-bar type) หรือแบบฟัน (Peg-tooth type) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นโอกาสที่เมล็ดจะโดนนวดมีมากขึ้น ทำให้ปริมาณเมล็ดที่ได้ที่ช่องทางออกเมล็ดมีเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเร็วรอบต่ำกว่า ซึ่งที่ความเร็วรอบต่ำนั้นเมล็ดมีโอกาสที่จะหลุดรอดจากการโดนนวดได้

2. จากกราฟรูปที่ 3.22 และ 3.23 ผลที่ได้เหมือนกับที่อธิบายมาแล้ว ในหัวข้อ 1 คือ เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์การนวดจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

3. เมื่อพิจารณาความชื้นต่อผลการนวดโดยเปรียบเทียบกราฟรูปที่ 3.20 และ 3.22 เห็นได้ว่า เปอร์เซนต์การนวดเพิ่มมากขึ้น ถ้าความชื้นของเมล็ดมีค่าน้อยลง สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากที่ความชื้นสูง ต้นและฝักยังมีความสดอยู่จึงมีความเหนียวและการเกาะตัวของเมล็ดกับฝักยังมีอยู่มาก การนวดแยกเมล็ดออกจากฝักจึงทำได้ยากกว่าที่ความชื้นต่ำ ส่วนที่ความชื้นต่ำ ความชื้นของเมล็ดและฝักลดลงมากแล้ว ทำให้ความเหนียวของฝักลดลง ฝักจะแตกและเมล็ดหลุดออกจากฝักได้ง่าย ทำให้เปอร์เซนต์การนวดที่ได้เพิ่มมากขึ้น

4. จากกราฟรูปที่ 3.20 และ 3.22

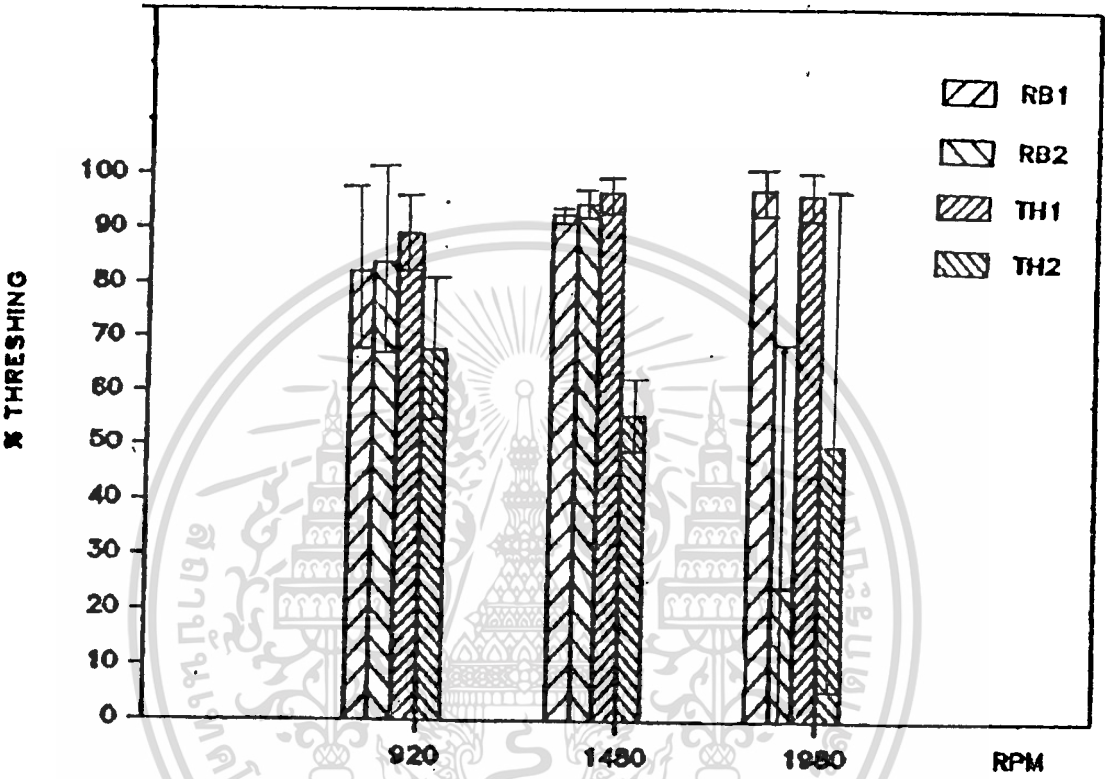
จะเห็นได้ว่าที่ความชื้นสูง (13 %) ลูกนวดแบบครีปจะให้ผลการนวดที่ต่ำกว่า ส่วนที่ความชื้นต่ำ (5%) ลูกนวดแบบฟันจะให้ผลการนวดที่ดีกว่า ซึ่งสาเหตุสามารถอธิบายได้ดังนี้

จากหลักการนวดทั่วไปนั้น แรงที่ใช้ในการนวดจะมีอยู่ 2 ชนิดคือ

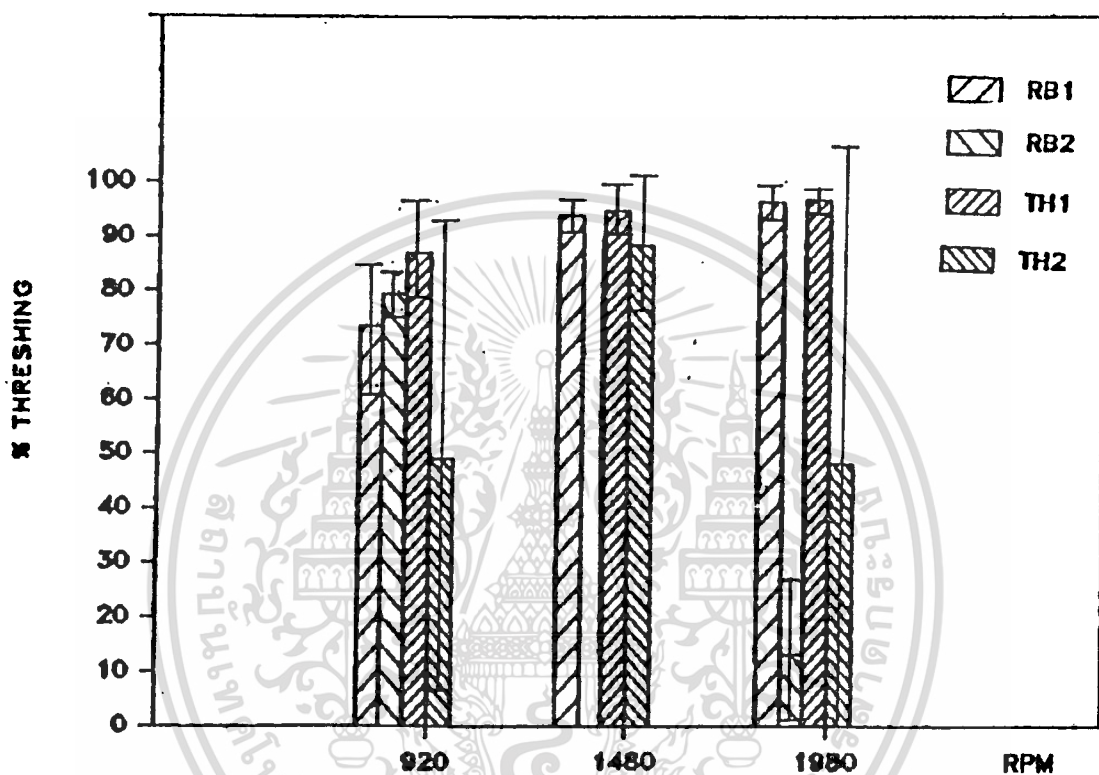
1. แรงเสียดทาน (Friction force)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

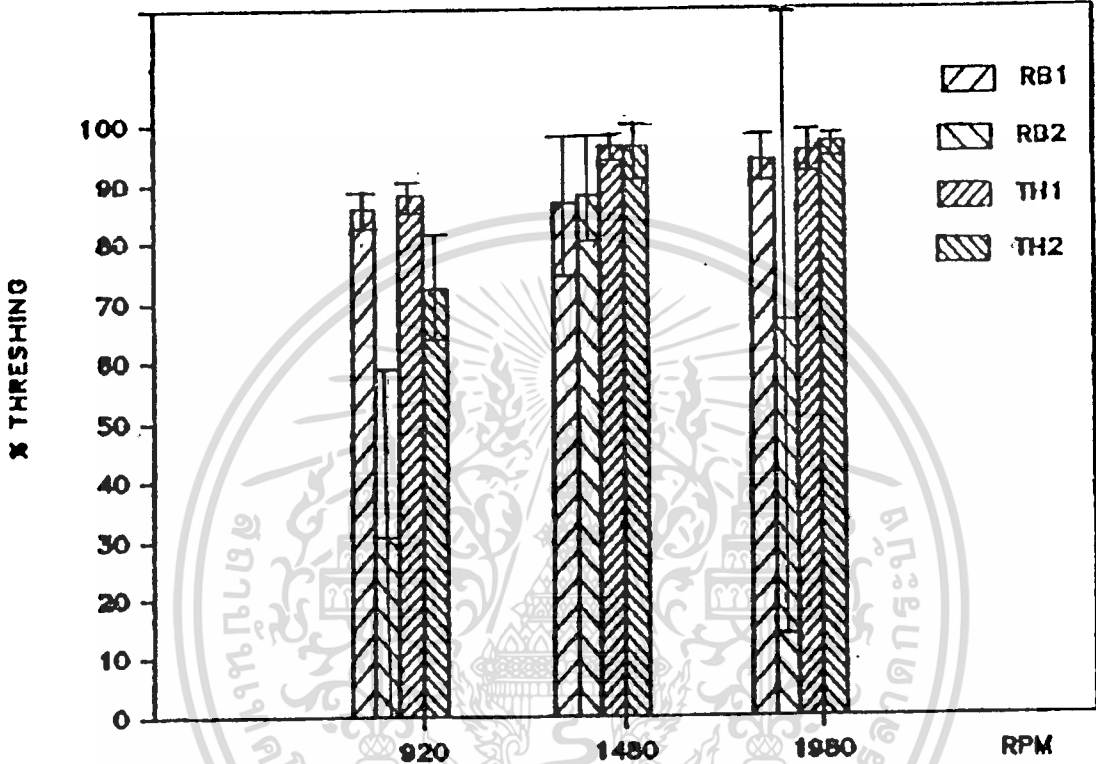
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



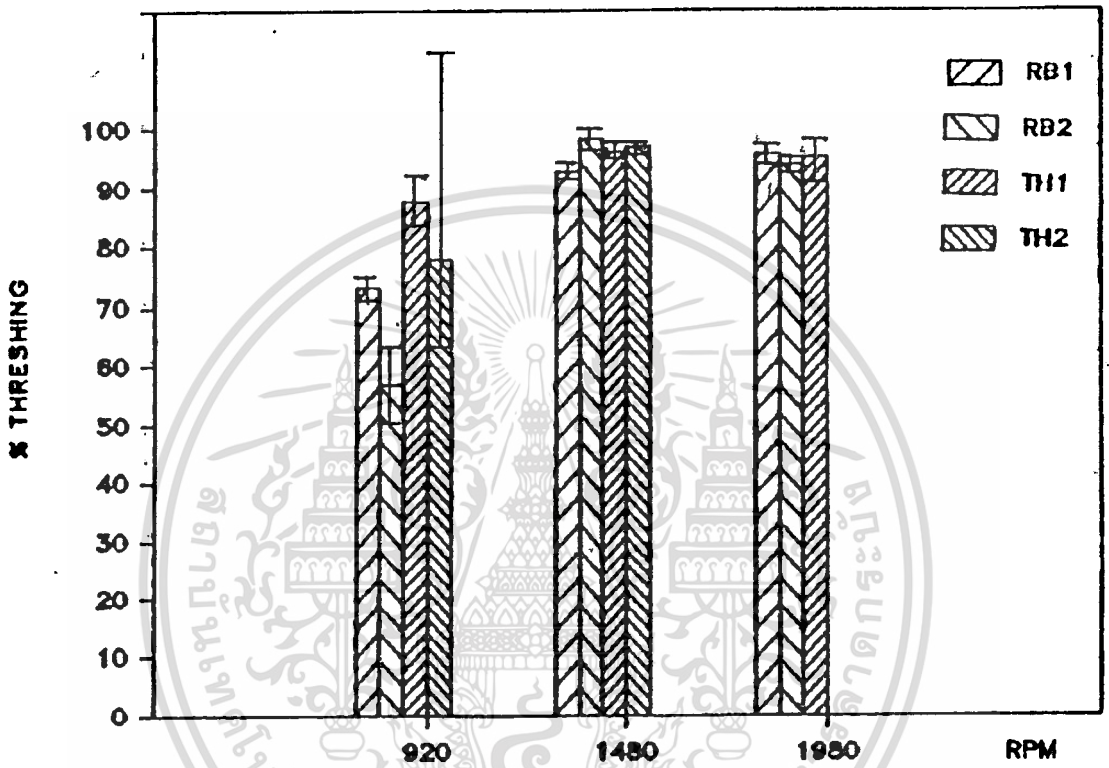
รูปที่ 3.20 แสดงปริมาณการนวดเมล็ดข้าวเหลืองพันธุ์ฝักบัว
ที่ความถี่ 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.21 แสดงปริมาณการนวดเมล็ดข้าวเหลืองพันธุ์ฝักบัว
ที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.22 แสดงปริมาณการนวดเมล็ดข้าวเหลืองพัลลุมที่ขึ้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.23 แสดงปริมาณการนวดเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ฝักนึ่ง
ที่ความชื้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที

2. แรงกระแทก (Impact force)

เมื่อใช้ลูกเหวี่ยงแบบครีปและป้อนวัสดุเข้ากับแกนลูกเหวี่ยง แรงที่ใช้ในการเหวี่ยงเป็นแรงเสียดทานระหว่างครีป ผิวลูกเหวี่ยงและฝาครอบลูกเหวี่ยงกับเฟือง หรือระหว่างเฟืองด้วยกันเองมากกว่าแรงกระแทกและแรงเสียดทานระหว่างเฟืองกับตัวเฟือง เมื่อเหวี่ยงที่มีความเร็วต่ำ ทำให้เมล็ดแยกออกจากฝักได้ง่าย

5. เมื่อพิจารณาอัตราเร็วลมที่ใช้แยกทำความสะอาดกับเปอร์เซ็นต์การ

เหวี่ยง มีความสัมพันธ์กันน้อยมาก กล่าวคือ ไม่ว่าจะเพิ่มหรือลดอัตราเร็วลม จะไม่มีผลกับเมล็ดที่ร่วงหล่นที่เหวี่ยงได้

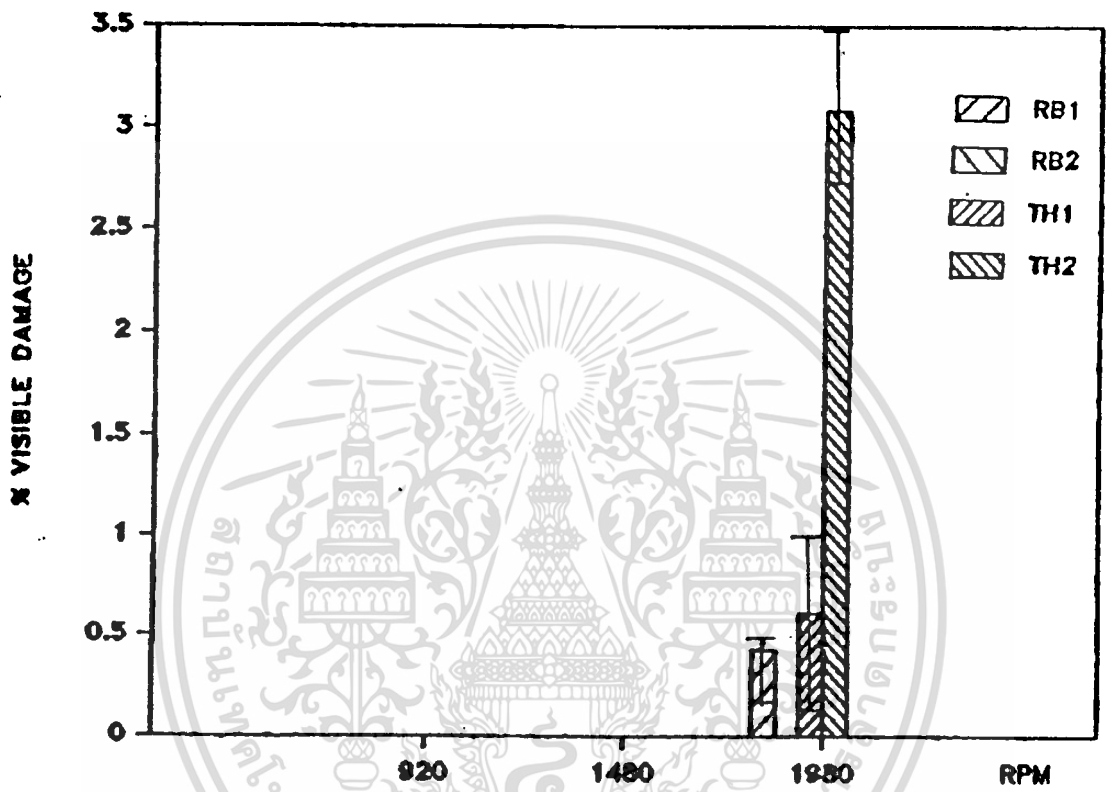
3.7.8 ปริมาณเมล็ดตกของหัวเหลือง

1. จากกราฟรูปที่ 3.24 ถึง 3.27 แสดงปริมาณเมล็ดตกของหัวเหลืองที่ความชื้น 13% และ 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 m/s และ 10.2 m/s ที่ความเร็วรอบ 3 ระดับคือ 920 rpm 1480 rpm และ 1980 rpm จากกราฟรูปที่ 3.24 จะเห็นว่าเมื่อความเร็วรอบลูกเหวี่ยงเพิ่มขึ้นปริมาณเมล็ดจะตกเพิ่มมากขึ้น เป็นเพราะว่าที่ความเร็วรอบสูงแรงและจำนวนครั้งที่ครีปหรือเฟืองที่มากกระทบกับฝักหัวจะมีมากปริมาณเมล็ดตกจึงมากตามไปด้วย

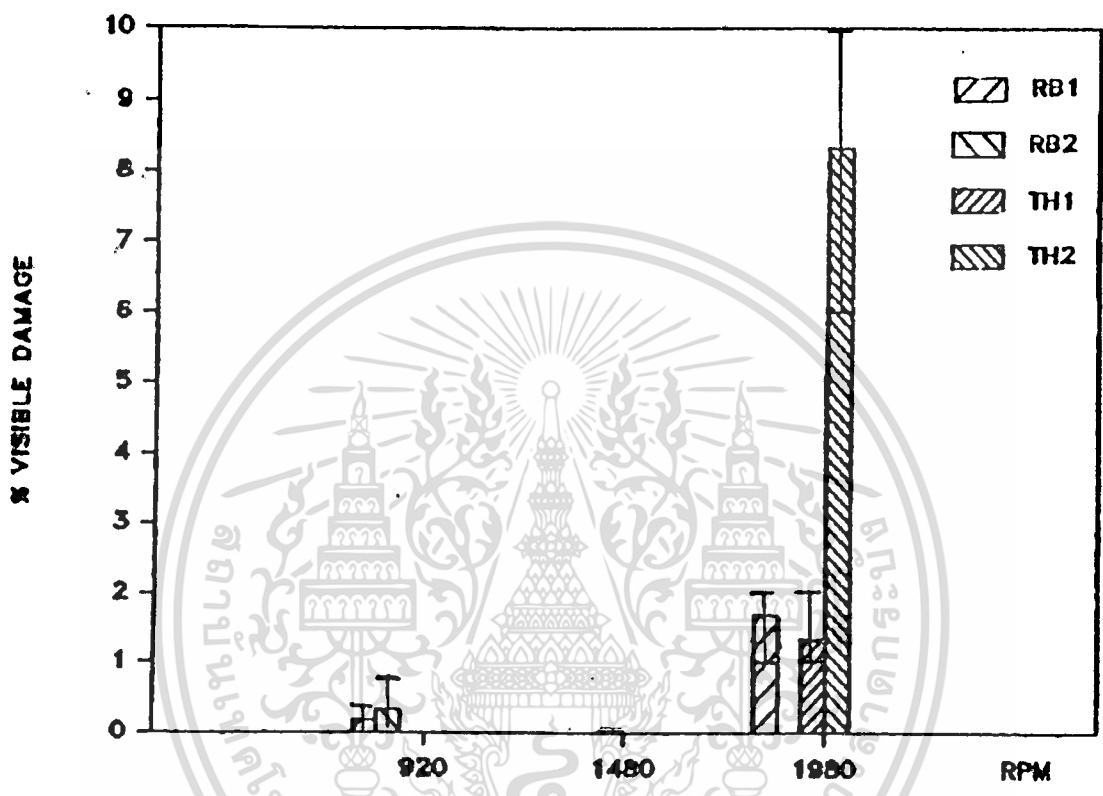
2. เมื่อเปรียบเทียบที่ชนิดของลูกเหวี่ยง ลูกเหวี่ยงแบบเฟืองจะให้ปริมาณเมล็ดตกที่มากกว่าแบบครีป เนื่องจากแรงที่ใช้ของลูกเหวี่ยงแบบเฟืองจะเป็นแรงกระแทกมากกว่า แต่แรงที่ใช้ของลูกเหวี่ยงแบบครีปจะเป็นแรงเสียดทาน ซึ่งแรงเสียดทานจะส่งแรงกระทำกับฝักน้อยกว่าแรงกระแทก การตกของเมล็ดจึงน้อยกว่า

3. เมื่อเปรียบเทียบที่ความชื้นดูจากกราฟรูปที่ 3.24 กับ 3.26 ที่ความชื้น 5% ลูกเหวี่ยงทั้ง 2 ชนิด จะให้ปริมาณเมล็ดตก (0-28.44) ที่มากกว่าที่ความชื้น 13% (0-8.33) เพราะที่ความชื้น 13% เปลือกของฝักยังมีความสดและความเหนียวอยู่ ซึ่งในส่วนนี้จะเปราะแตกต่อเมล็ดคือจะช่วยกันการกระแทกจากภายนอกได้ ทำให้เมล็ดเกิดความชื้นและแตกหักน้อยกว่าที่ความชื้น 5%

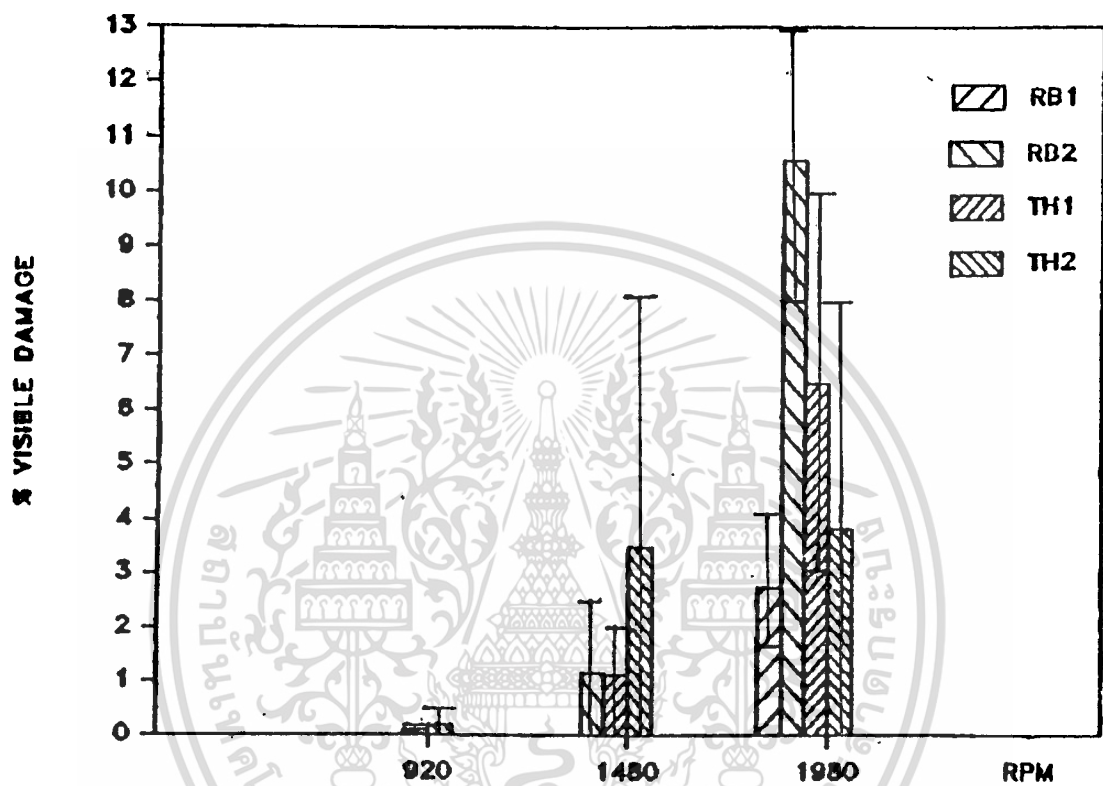
4. สำหรับอัตราเร็วลมไม่มีผลต่อปริมาณเมล็ดตก



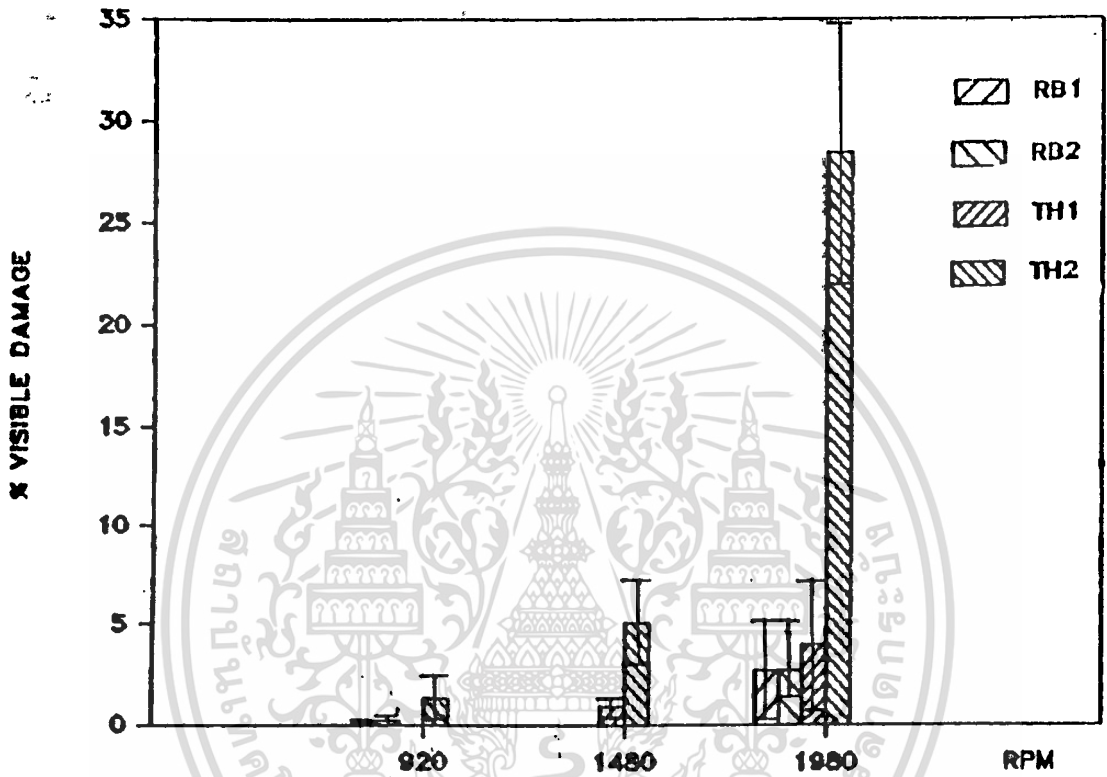
รูปที่ 3.24 | แสดงปริมาณเมล็ดแตกของถั่วเหลือง (พันธุ์ฝักบุง)
ที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.25 แสดงปริมาณเมล็ดแตกของถั่วเหลือง (พันธุ์ผู้คุ้ม) ที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.26 แสดงปริมาณเมล็ดแตกของถั่วเหลือง (พันธุ์ฝักบุง)
ที่ความชื้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.27 แสดงปริมาณเมล็ดแตกของข้าวเหลือง (พันธุ์ตักนึ่ง)
ที่ความชื้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที

3.7.9 คุณภาพการแยกและทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลือง

1. จากกราฟรูปที่ 3.28-3.31 แสดงคุณภาพการแยกและทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลือง ที่ความเร็วรอบ 3 ระดับคือ 920 rpm 1480 rpm และ 1980 rpm เมื่อพิจารณาถึงความเร็วรอบต่อเปอร์เซ็นต์การแยกและทำความสะอาด จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การแยกและทำความสะอาด ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความเร็วรอบมากนัก เช่นเดียวกับกับชนิดของลูกนวด จะไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การแยกและทำความสะอาด

2. ส่วนผลของความถี่ต่อคุณภาพการแยกและทำความสะอาด ที่ความถี่ 13% จะให้เปอร์เซ็นต์การทำความสะอาดน้อยกว่าที่ความถี่ 5% คือ

จากกราฟรูปที่ 3.28-3.31 เห็นได้ชัดเลยว่าที่ความถี่ 13% ให้เปอร์เซ็นต์การทำความสะอาด (79.67%-100%) ต่ำกว่าที่ความถี่ 5% (96.51%-100%) ทั้งนี้เนื่องจากที่ความถี่ 13% เมล็ดมีความถี่สูงกว่าเปลือก ผักกั่วที่ผ่านการนวดมีน้ำที่มาก การแยกให้ออกไปทางช่องทางออกเศษต้นถั่วเหลืองจึงเป็นไปได้ด้วยความลำบาก

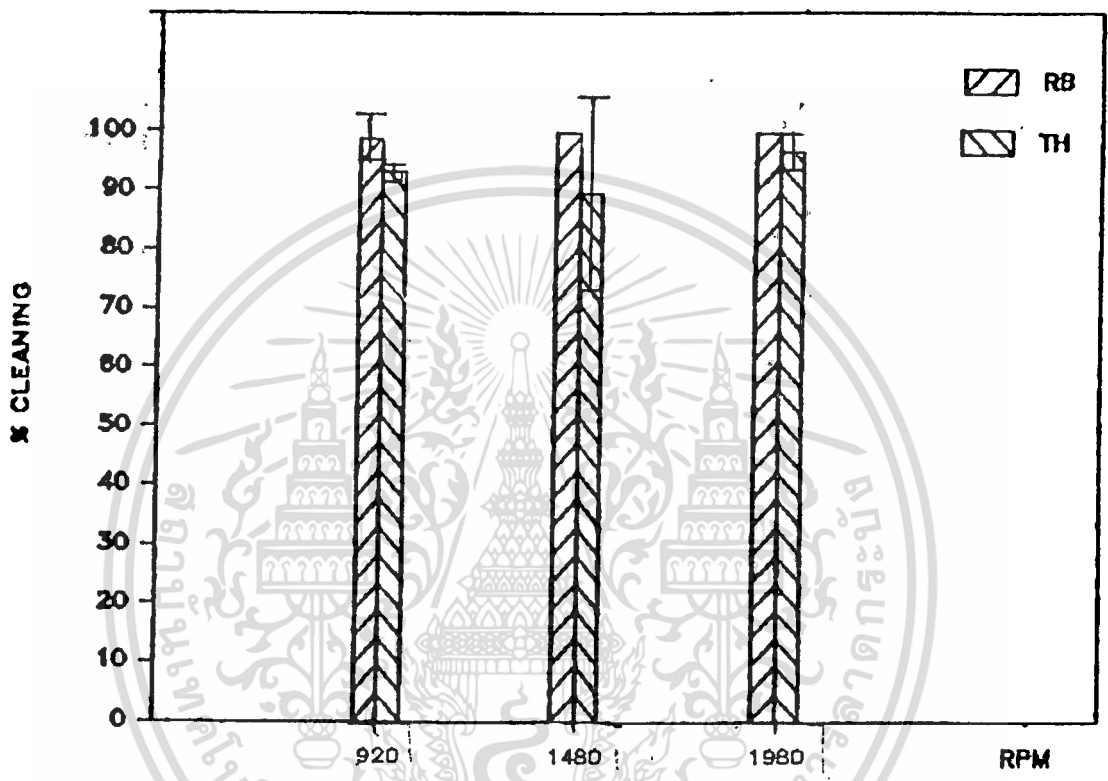
3. อัตราเร็วลม จะมีผลอย่างมากต่อเปอร์เซ็นต์การทำความสะอาด จะเห็นได้ชัดจากกราฟรูปที่ 3.30 กับ 3.31 เมื่อลดอัตราเร็วลมลง (จาก 13.1 m/s เป็น 10.2 m/s) เปอร์เซ็นต์การแยกและทำความสะอาดจะลดตามลงจาก 100% เป็น 98.17% และจาก 100% เป็น 89.47 ที่ 5% ความถี่และ 13% ความถี่ตามลำดับไปด้วย ที่เป็นเช่นนั้นเพราะว่าเมื่อลดอัตราเร็วลมลง จะไปลดปริมาณลมลงด้วย ซึ่งคิดจากสมการ $Q = AV$ ให้พื้นที่หน้าตัด A คงที่ ถ้าความเร็วลมลดลง ปริมาณลม (Q) ที่ได้จะลดลงตามไปด้วย ฉะนั้นเมื่อปริมาณลมลดน้อยลงโอกาสที่เมล็ดจะถูกเป่าออกไปก็มีน้อยลง

3.7.10 การสูญเสียรวมของถั่วเหลือง

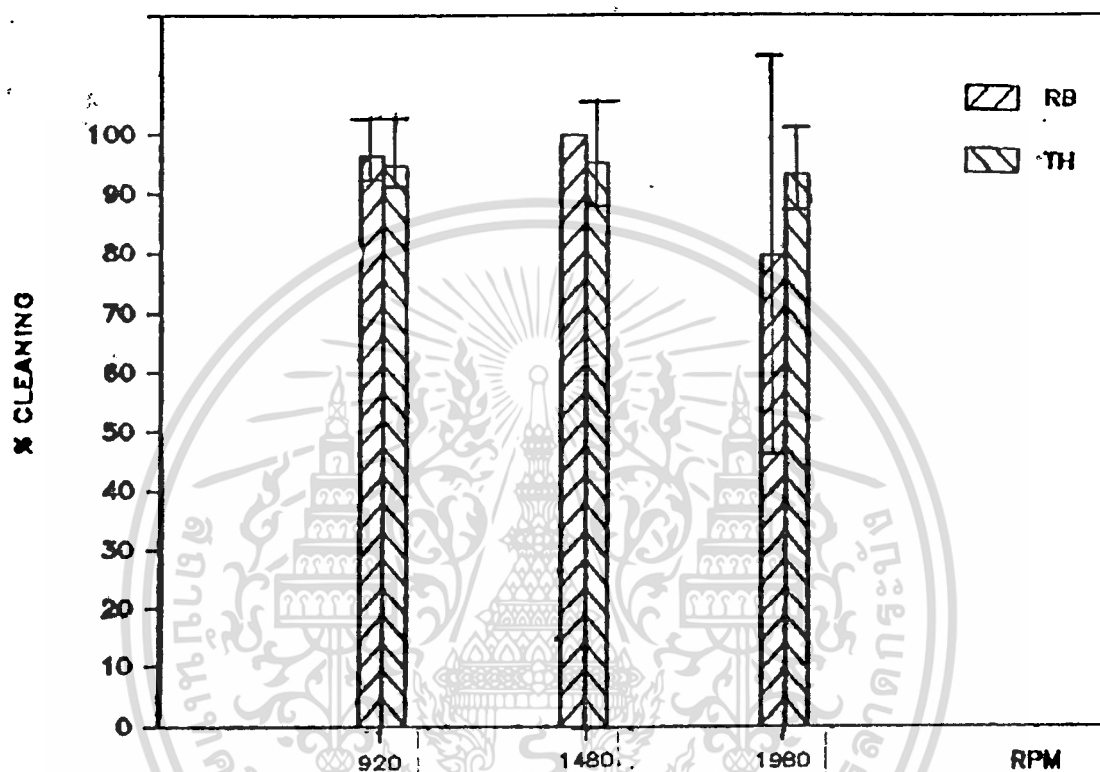
1. จากกราฟรูปที่ 3.32-3.35 แสดงการสูญเสียรวมของถั่วเหลือง ที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 920 rpm 1480 rpm และ 1980 rpm จะเห็นว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจะให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียรวมลดลง สำหรับลูกนวดทั้ง 2 ชนิดที่ความถี่ทั้ง 2 ค่า ซึ่งสามารถอธิบายจากสมการต่อไปนี้

$$\% \text{ การสูญเสียรวม} = A_1 + B_1 + D_1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
T
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

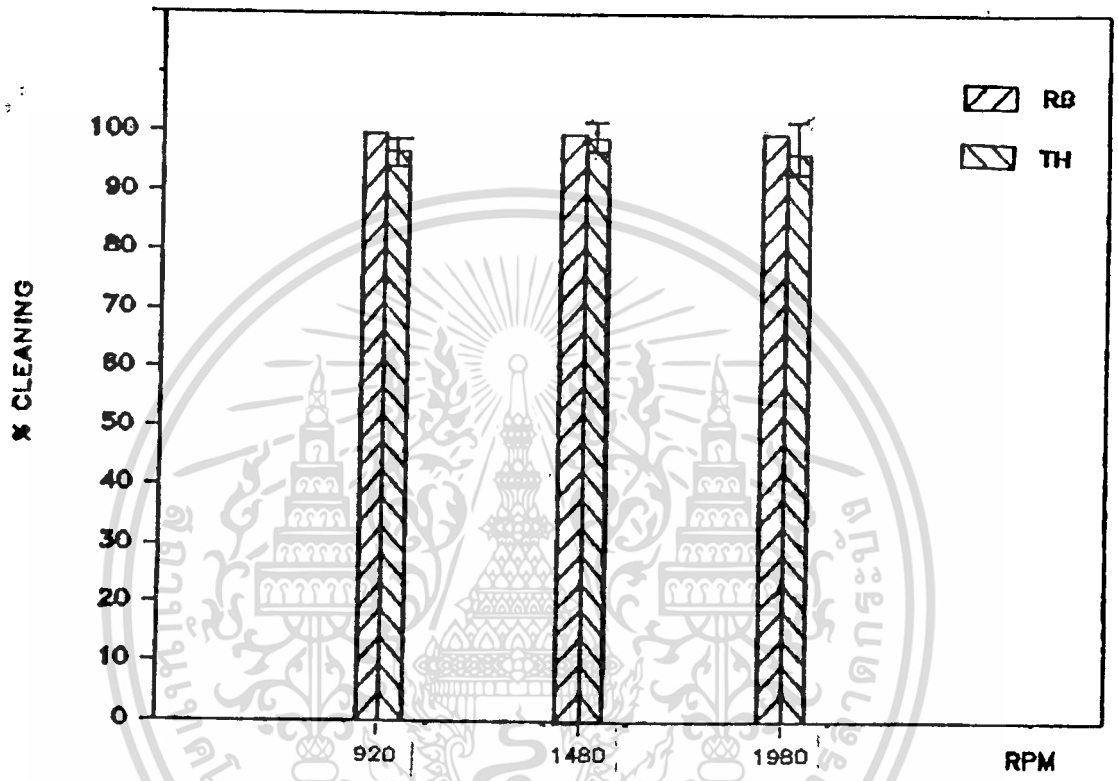


รูปที่ 3.28 แสดงคุณภาพการทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลือง (พันธุ์ยักบัง)
ที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที

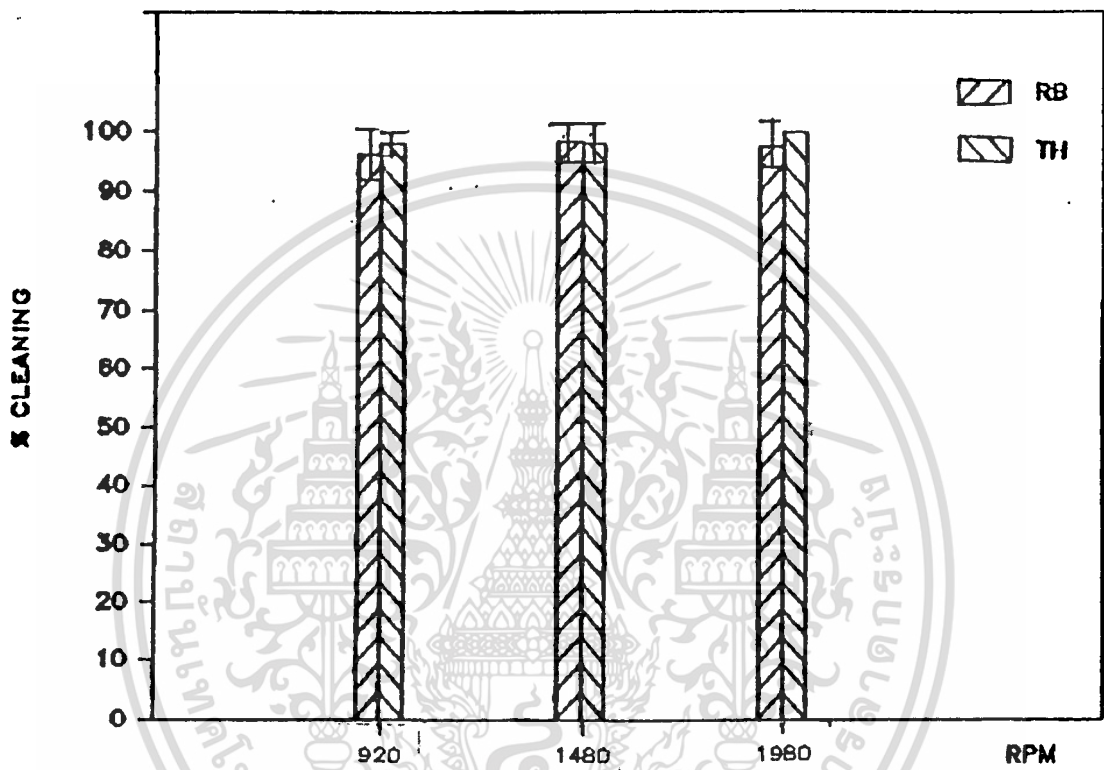


รูปที่ 3.29 | แสดงคุณภาพการทำความสะอาดเมล็ดข้าวเหลือง (พันธุ์ฝักบัว)

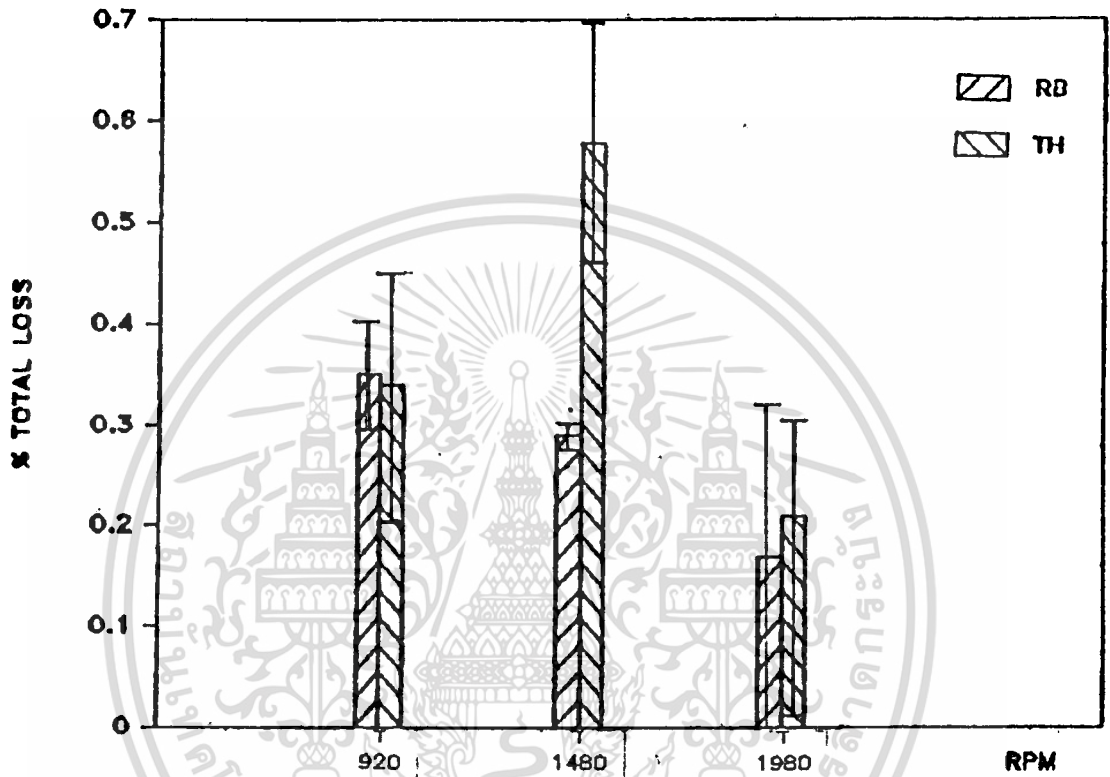
ที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที



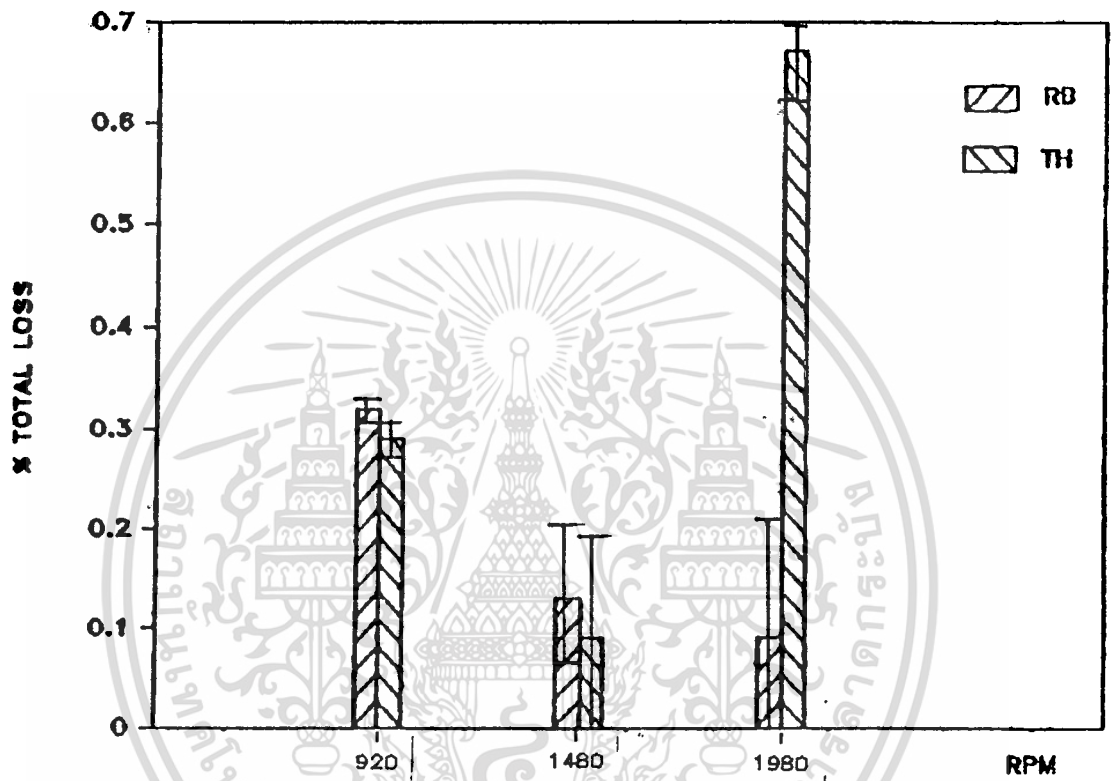
รูปที่ 3.30 | แสดงคุณภาพการทำความสะอาดเมล็ดถั่วเหลือง (พันธุ์ตึกทุ่ง)
ที่ความถี่ 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.31 แสดงคุณภาพการทำความสะอาดเมล็ดข้าวเหลือง (พันธุ์ผกบัง)
ที่ความชื้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที

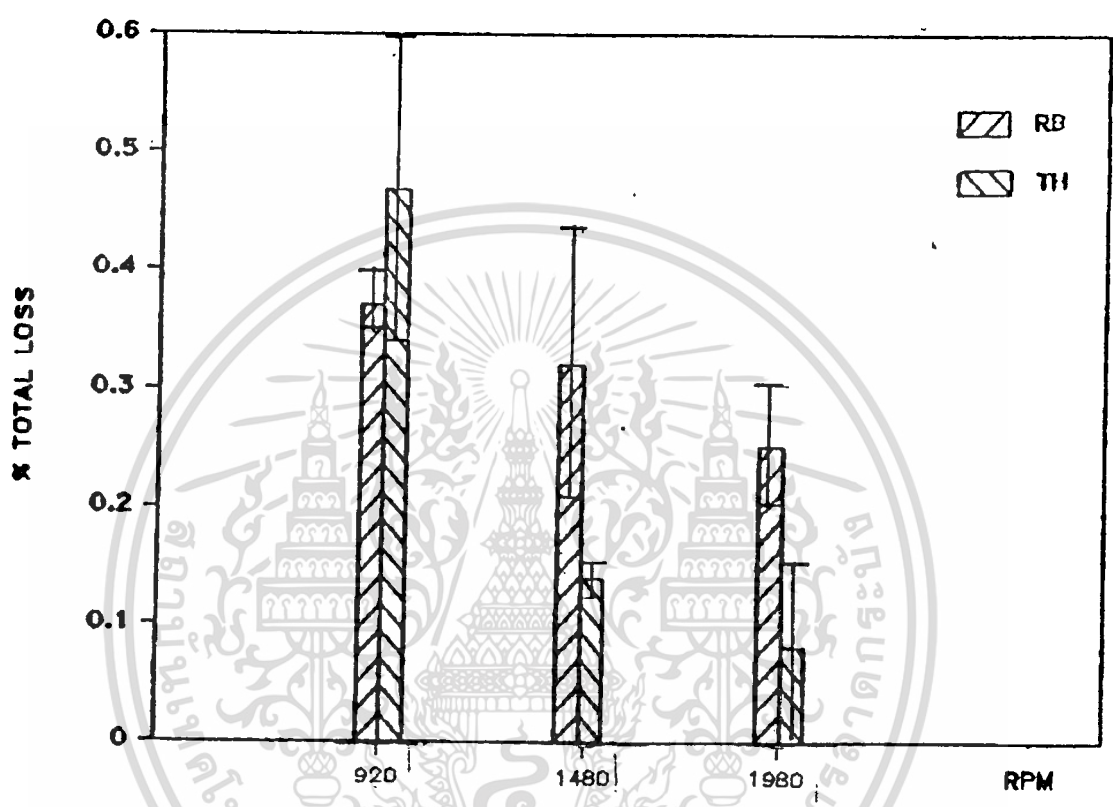


รูปที่ 3.32 แสดงการสูญเสียรวมของถั่วเหลือง (พันธุ์ตักbung)
ที่ความชื้น 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที

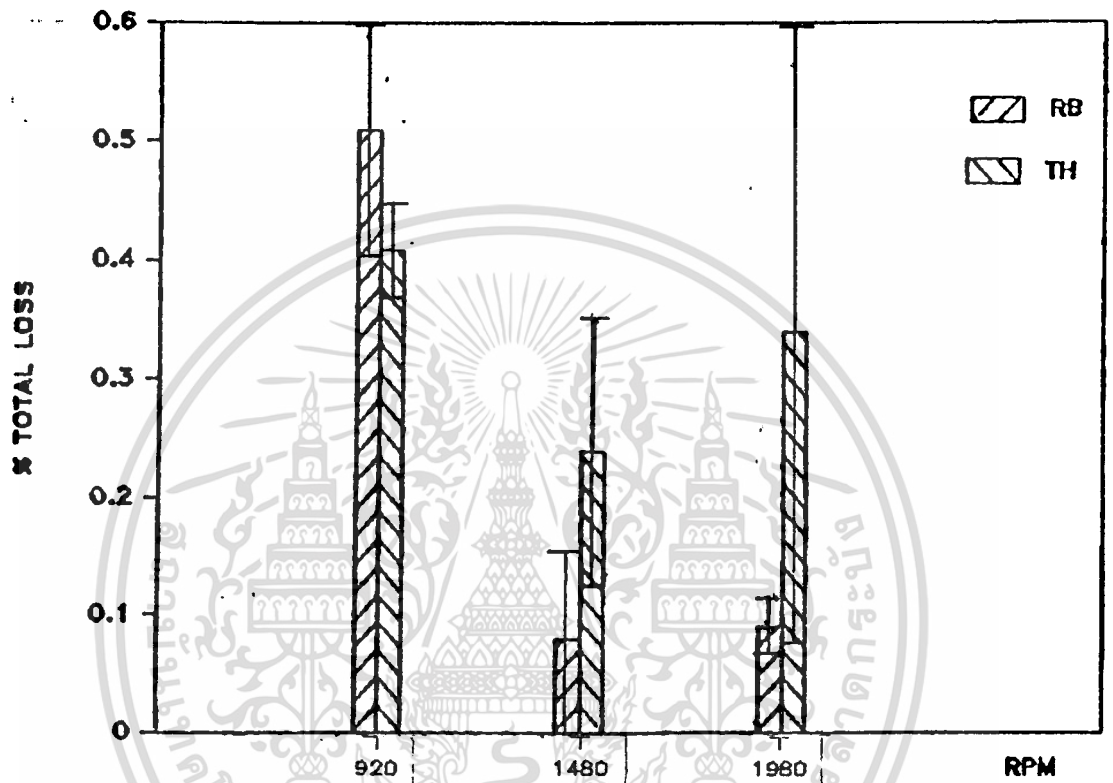


รูปที่ 3.33 แสดงการสูญเสียรวมของตัวเหลือง (พัลส์ตึกบู้ง)

ที่ความถี่ 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.34 แสดงการสูญเสียรวมของตัวเหลือง (จักรที่เพิกแข็ง)
ที่ความเร็ว 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.35 แสดงการสูญเสียรวมของถั่วเหลือง (โพแตสเซียม)
ที่ความชื้น 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที

- เมื่อ A_1 = เมล็ดถั่วเหลืองเต็มที่ย่อยทางออกเคสตันถั่วเหลือง
 B_1 = เมล็ดถั่วเหลืองแตกหักที่ย่อยทางออกเคสตันถั่วเหลือง
 D_1 = ปริมาณเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ถูกนวดที่ย่อยทางออกเคสตันถั่วเหลือง
 T = ปริมาณเมล็ดถั่วที่ถูกบดทั้งหมด

เมื่อพิจารณาจากสมการที่ความเร็วรอบสูงขึ้น ปริมาณเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ถูกนวดที่จะออกมาทางช่องทางออกเคสตันถั่วเหลืองจะน้อยลง จากที่อธิบายในหัวข้อ 3.13 เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นจะทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การนวดที่มากขึ้น ฉะนั้น D_1 มีค่าน้อยลง เมื่อคิด A_1 และ B_1 ที่ออกทางช่องทางออกเคสตันถั่วเหลืองคงที่ ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียรวมจึงมีค่าลดลง

3.7.11 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของถั่วเหลือง

ค่าการนำไฟฟ้า เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการละลายสารอาหารที่มีอยู่ภายในเมล็ดลงในน้ำกลั่น ถ้าเมล็ดใดมีค่าการนำไฟฟ้าสูงแสดงว่าเมล็ดนั้น ๆ มีการแตกหัก หรือร้าวมาก ซึ่งการวัดการแตกหัก ร้าว โดยวิธีนี้เป็นวิธีที่เราไม่สามารถมองเห็นรอยหักจากภายนอกได้

1. จากกราฟรูปที่ 3.36-3.39 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของถั่วเหลือง ที่ 3 ระดับความเร็วรอบคือ 920 rpm 1480 rpm และ 1980 rpm เมื่อความเร็วรอบถูกนวดเพิ่มมากขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าจะมีแนวโน้มมากขึ้นตามไปด้วย พิจารณาเฉพาะการนวดครั้งที่ 1 เนื่องจากการนวดครั้งที่ 2 สภาพถั่วเหลืองไม่เหมือนกัน สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากฝักถั่วมีโอกาสรับแรงจากลูกนวดได้มากครั้งขึ้นก่อนออกจากช่องนวดเมล็ดจึงเกิดการแตกหรือร้าวได้มาก

แต่จากการทดลองบางการทดลอง ได้แก่ รูปที่ 3.36 ความเร็วรอบ 1980 rpm ลูกนวดแบบฟัน รูปที่ 3.37 ความเร็วรอบ 1480 rpm ลูกนวดแบบครีบ และที่ความเร็วรอบ 1980 rpm ลูกนวดแบบฟัน รูปที่ 3.38 ความเร็วรอบ 1980 rpm ลูกนวดแบบฟัน และรูปที่ 3.39 ความเร็วรอบ 1480 rpm ลูกนวดแบบครีบ จะเห็นว่าค่าการนำไฟฟ้า มีค่าลดลง ที่เป็นเช่นนั้นเกิดเนื่องจาก ข้อผิดพลาดจากการทดลอง ขณะวัดค่าการนำไฟฟ้า

2. เมื่อพิจารณาถึงชนิดของลูกนวดและความชื้นของเมล็ด

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ชัดว่าลูกนวดแบบฟันจะให้ค่าการนำไฟฟ้า

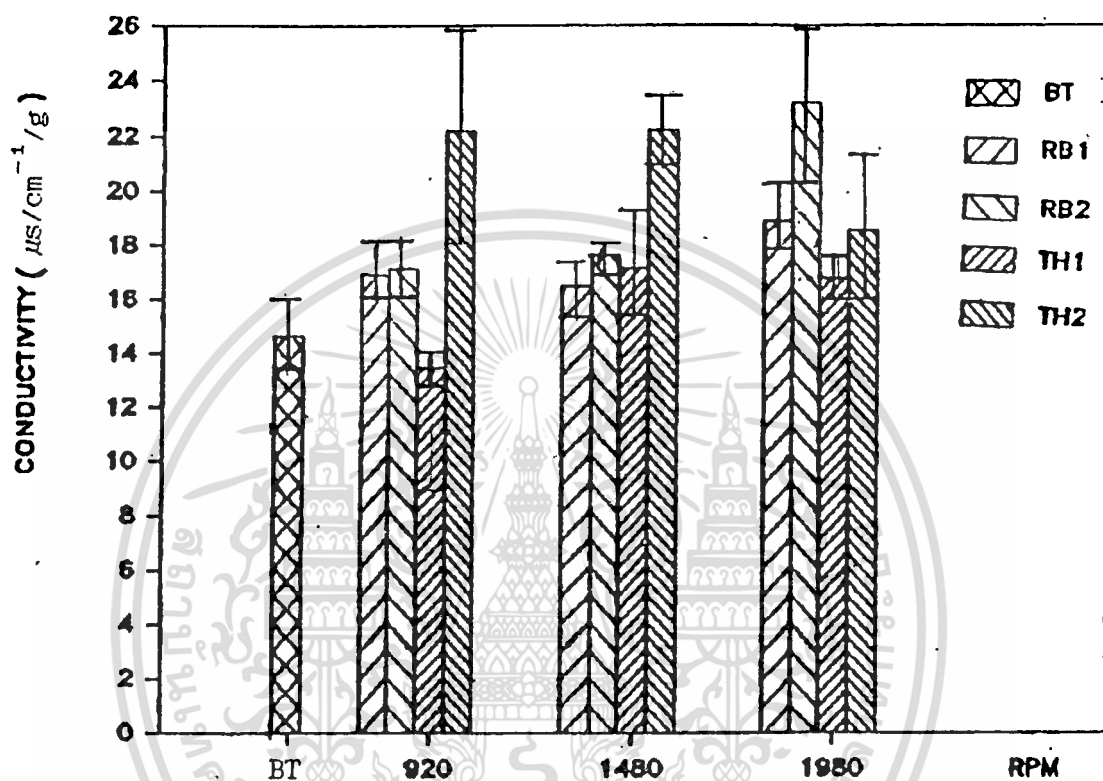
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (15.17-40.54 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}/\text{g}$) มากกว่าลูกนวดแบบครีบ (13.94-17.65 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}/\text{g}$) ที่ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้น 5% ยกเว้นที่ความถี่รอบ 920 rpm เนื่องจากการวัดโดยลูกหวดแบบแผ่นแรงที่ใช้ในการวัดส่วนใหญ่ คือแรงกระแทก เพราะฉะนั้นเมล็ดจึงมีการแตกหักหรือร้าว ได้มากกว่าการวัดโดยลูกหวดแบบครีบ

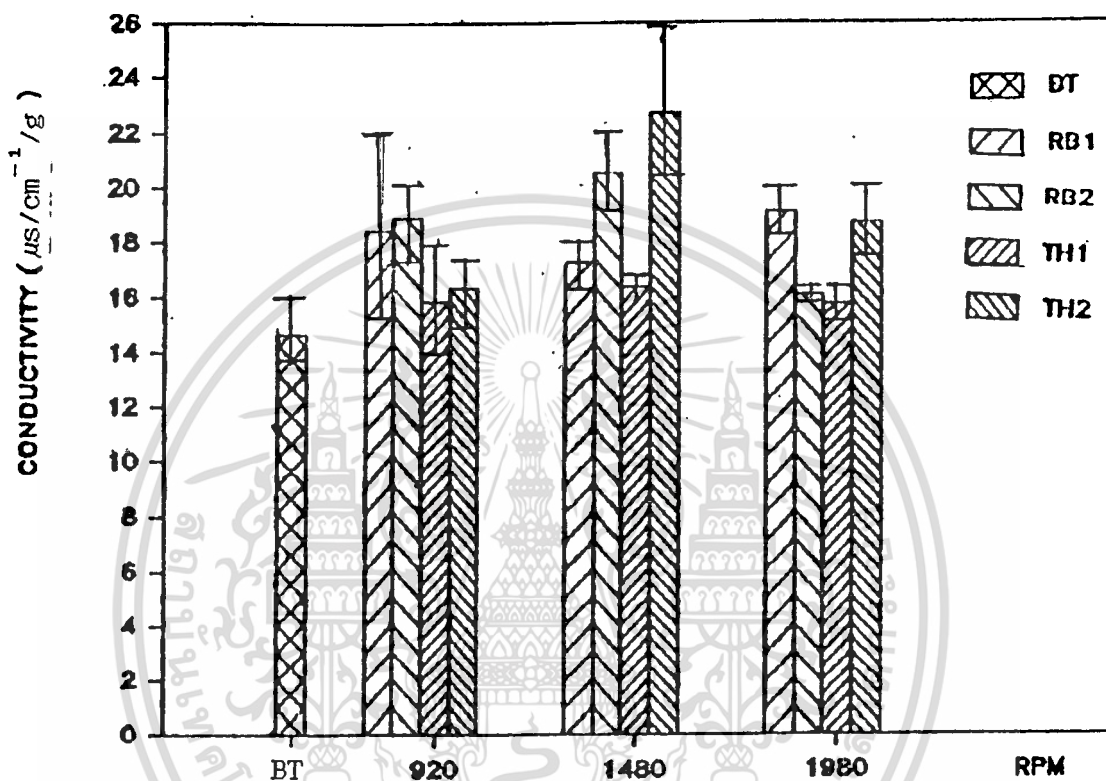
สำหรับลูกหวดแบบครีบจะให้ค่าการนำไฟฟ้า ($16.07\text{--}23.17 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}/\text{g}$) มากกว่าลูกหวดแบบแผ่น ที่ความชื้น 13% เพราะที่ความชื้น 13% ฝักกั้วรับแรงเสียดทานจากครีบเป็นส่วนใหญ่จึงมีความชื้น เนื่องจากแรงเสียดทานมาก

3. สำหรับอัตราเร็วลม ไม่มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้า

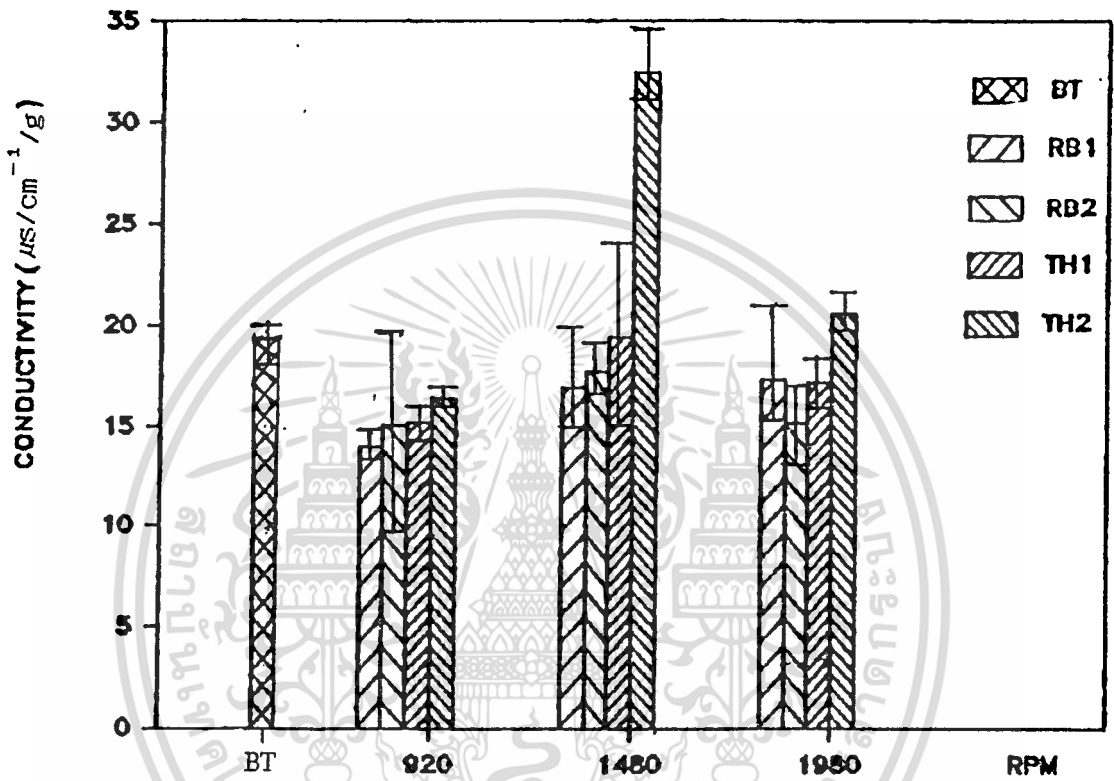




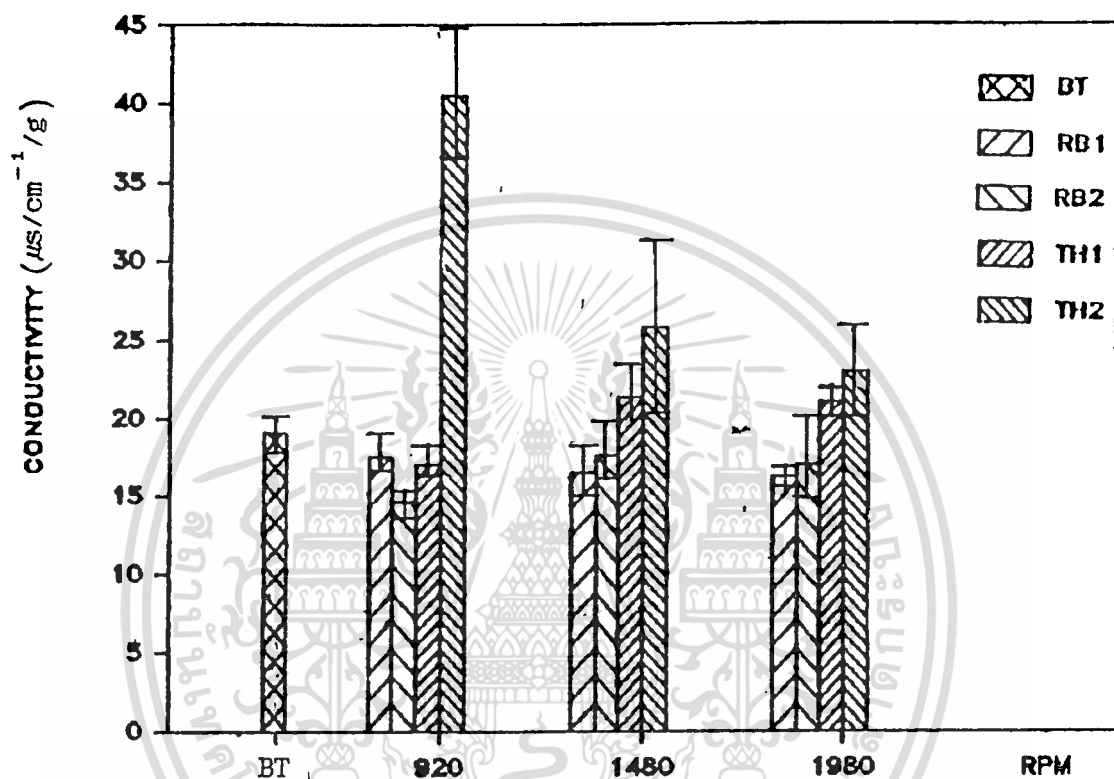
รูปที่ 3.36 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (CONDUCTIVITY) ของแก้วเคลือบ (แผ่นสี่เหลี่ยม) ที่ความถี่ 13% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.37 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (CONDUCTIVITY) ของถั่วเหลือง (พันธุ์ตักนึ่ง) ที่ความถี่ 13% โดยใช้สัตวาเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.38 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (CONDUCTIVITY) ของถ้วยเคลือบ (แผ่นฟิล์มบาง) ที่ความถี่ 5% โดยใช้อัตราเร็วลม 13.1 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.39 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (CONDUCTIVITY) ของถั่วเหลืองเก็บสุกย่าง ที่ความชื้น 5% โดยใช้เตาเร็วลม 10.2 เมตร/วินาที

บทที่ 4

การออกแบบ

4.1 กระบวนการออกแบบ



รูปที่ 4.1 แผนผังกระบวนการออกแบบ

ในกระบวนการออกแบบแบ่งขั้นตอนออกได้ดังรูปที่ 4.1 เริ่มต้นจากศึกษาปัญหาที่ต้องแก้ไขโดยการออกแบบจากนั้นจึงกำหนดจุดประสงค์และหลักการสำคัญและหลักเกณฑ์ย่อยในการออกแบบและนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และตรวจสอบมีความเป็นไปได้ แล้วเลือกแบบ จากนั้นจึงเริ่มเขียนแบบได้ เช่นกรณีการออกแบบชุดขนาดสำหรับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเหลือง ปัญหาคือการสูญเสียเมล็ดข้าวเหลืองในขั้นตอนการผลิตต่างๆ จึงมีความต้องการชุดเกี่ยวนวดข้าวเหลืองเพื่อแก้ปัญหาการออกแบบชุดขนาดจึงเป็นขั้นตอนที่หนึ่ง จุดประสงค์ของการออกแบบคือเพื่อทำชุดขนาดที่มีประสิทธิภาพดีสำหรับนวดข้าวเหลืองที่ส่งมาจากชุดเกี่ยวนวดของเครื่องเกี่ยวนวด จากนั้นวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้และคำนวณแบบ แล้วนำการตรวจสอบและเลือกแบบ เสร็จแล้วจึงเขียนแบบ

ในขั้นตอนการเขียนแบบนั้น ผังงานออกแบบ (Planing design) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(สุรินทร์ พงษ์ศุภสมิทธิ์, 2533) นับว่าเป็นขั้นตอนอันดับแรก และสำคัญอย่างมากต่อการออกแบบ โดยเฉพาะเพื่อพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร เพราะแผนผังเป็นที่รวมของทฤษฎีและเทคโนโลยีการออกแบบ ตลอดจนหลักการและแนวความคิดการพัฒนากันเกี่ยวข้องไว้ทั้งหมด การออกแบบไม่เพียงแต่ให้ผลิตภัณฑ์ประสิทธิภาพสูงสุด แต่ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านอื่นอีก วิศวกรแต่ละคนมีเทคนิคในการออกแบบที่แตกต่างกัน สิ่งที่ต้องคำนึง เช่น อัตราการผลิต ความปลอดภัย ขนาดที่เหมาะสม การซ่อมบำรุง ความแข็งแรง รูปร่าง เป็นต้น การออกแบบอันดับแรกวิศวกรผู้ออกแบบต้องกำหนดอุปกรณ์หลัก จากขั้นต้นตอนต่อมาต้องแสดงความสัมพันธ์ต่างๆ เหล่านี้ออกมาในลักษณะทฤษฎีการออกแบบทางวิศวกรรม ในรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์ที่มีองค์ประกอบต่าง ๆ เป็นตัวแปร โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของ คน-เครื่องจักร-สภาพแวดล้อม เมื่อตำแหน่งของคนและเครื่องจักรทำงานได้ดีที่สุดในสภาพแวดล้อมที่ต้องการ ดังนั้นเพื่อการเข้าใจลึกซึ้งในหลักการนี้ วิศวกรผู้ออกแบบต้องมีการประสานงานด้านการใช้เครื่องจักรกลเกษตรที่ตนจะออกแบบอย่างเพียงพอ และอาศัยข้อมูลจากเกษตรกรประกอบกับความรู้ทางวิศวกรรม จึงจะสามารถวิเคราะห์และกำหนดสมการออกแบบและค่าตัวแปรต่าง ๆ ในสมการได้อย่างเหมาะสม เมื่อเขียนผังงานออกแบบแล้วจึงออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ (Part design) ออกแบบการประกอบ (Assembly design) และออกแบบสมบูรณ์ (Complete design) ซึ่งเป็นการออกแบบส่วนที่มีการเชื่อมต่าง ๆ

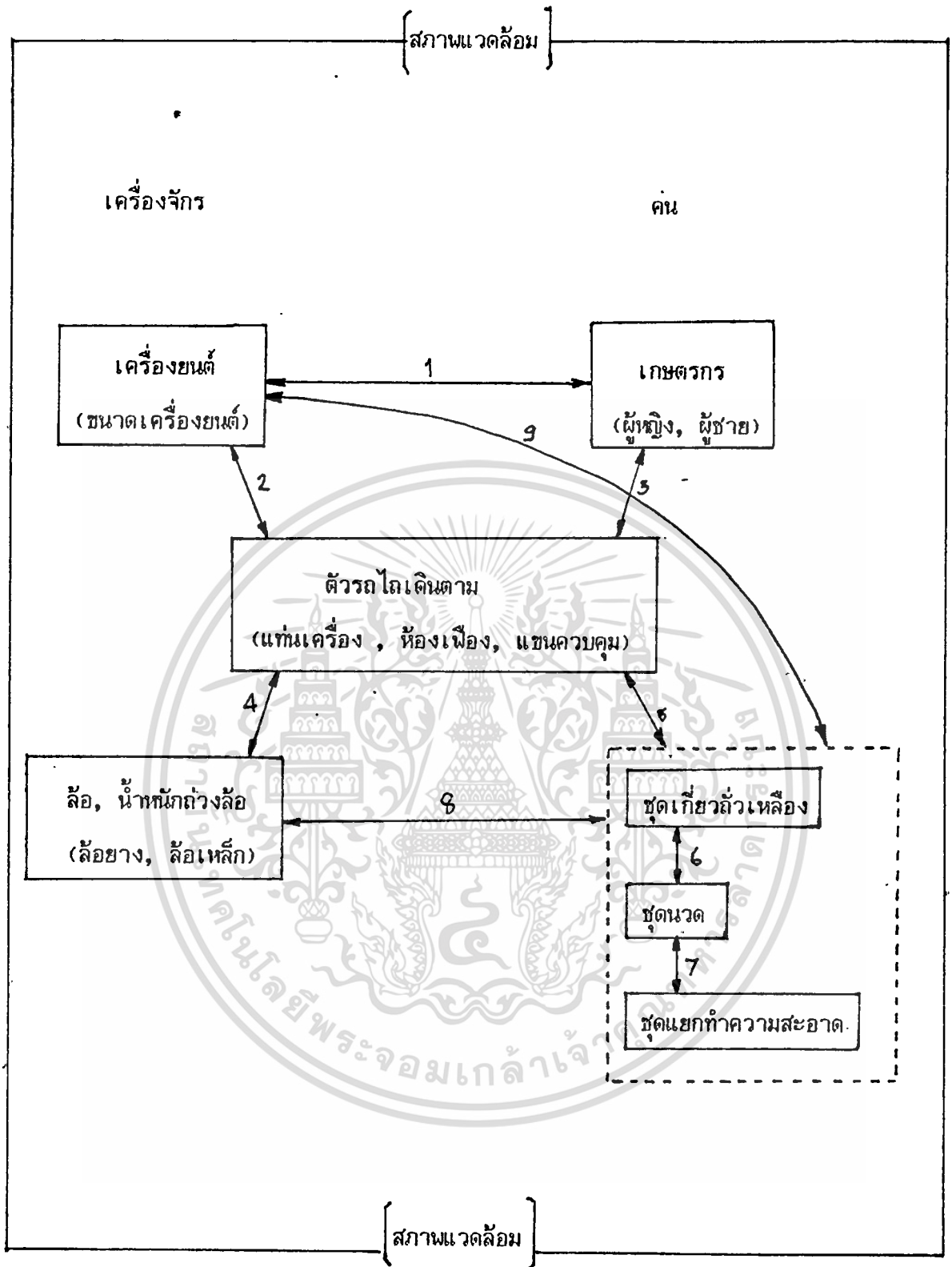
4.2 ระบบเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเหลือง

ในการออกแบบจะต้องพิจารณารายละเอียดเพื่อค้นหาหรือกำหนดองค์ประกอบที่จะมีผลกระทบต่อความเกี่ยวข้องของระบบ ดังรูปที่ 4.2 (ดัดแปลงจาก สุรินทร์ พงษ์ศุภสมิทธิ์, 2533) โดยคำนึงถึงสมรรถนะเครื่องจักร คุณภาพงาน ความสะดวกสบายและความปลอดภัยในการใช้งาน เป็นต้น เส้นแสดงความเกี่ยวข้องต่าง ๆ ของระบบเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเหลือง (ขอบเขตของโครงงานนี้อยู่ในส่วนลักษณะของชุดขนาดถั่วเหลือง จึงวิเคราะห์อย่างละเอียดในส่วนลักษณะชุดขนาดถั่วเหลืองเท่านั้น) รูปที่ 4.2 สามารถอธิบายได้ดังนี้

เส้นที่ 1 เครื่องยนต์ - เกษตรกร

ขนาดของเครื่องยนต์มีผลต่อขนาดตัวรถไถ เครื่องยนต์ที่ใช้ไม่ควรสูงเกินไป เพราะหากขนาดเครื่องยนต์สูงแล้ว การบังคับหรือควบคุมให้รถไถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนภาพความสัมพันธ์ของคน-เครื่องจักร-สถานแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นไปด้วยความลำบาก นอกจากให้การสัมผัสเกินและระดับเสียงของเครื่องยนต์จะทำให้เกิดปัญหาขึ้นด้วย

เส้นที่ 2 ตัวรถไถ - เครื่องยนต์

ขนาดของเฟืองในห้องเฟือง เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาลูกเบี้ยวและเพลาลูก โครงสร้างของห้องเฟือง ขนาดแท่นเครื่องตามขนาดของเครื่องยนต์ เป็นต้น

เส้นที่ 3 เกษตรกร - ตัวรถไถ

ความยาวของแขนควบคุม ตำแหน่งคันบังคับต่าง ๆ น้ำหนักของตัวรถ ความสมดุลย์ของตัวรถ ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับขนาดของเกษตรกร อายุ เพศ จะต้องพิจารณามิฉะนั้นอาจทำให้เกิดปัญหาในด้านความสะดวกสบาย ในการทำงานและความปลอดภัย

เส้นที่ 4 ลูก - ตัวรถไถ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาลูกเบี้ยว ตำแหน่งต่ำสุดของห้องเฟือง น้ำหนักของตัวรถ

เส้นที่ 5 ตัวรถไถ - ชุดเกียร์ชนิดตัวเลื่อน

ตำแหน่งและลักษณะของชุดเกียร์ชนิดตัวเลื่อน น้ำหนักของชุดเกียร์ อุปกรณ์ชนิดและแยกทำ ความสะอาดความสมดุลย์ระหว่างรถและชุดเกียร์และแยกทำ ความสะอาด ความกว้างของเครื่องชนิด

เส้นที่ 6 ชุดเกียร์ตัวเลื่อน - ชุดชนิดตัวเลื่อน

ชุดเกียร์และชุดชนิดสัมพันธ์กันดังนี้

1. ปริมาณตัวเลื่อนที่เก็บเกี่ยวได้ต่อเวลา เป็นสิ่งที่ช่วยกำหนดความสามารถชุดชนิด เพื่อให้อัตราการเกี่ยวสัมพันธ์กับอัตราการเก็บเกี่ยวและความเร็วในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า
2. อัตราการป้อนตัวเลื่อนสู่ชุดชนิด เมื่อชุดเกียร์ เก็บเกี่ยวต้นตัวเลื่อนขึ้นมา และป้อนเข้าสู่ชุดชนิด ต้องพิจารณาอัตราการป้อนให้พอดีหรือสัมพันธ์กับการเกี่ยวเพื่อไม่ให้เกิดการแออัดของต้นตัวเลื่อนภายในช่องชนิดหรือมีปริมาณในช่องชนิดน้อยเกินไป ซึ่งจะมีผลให้ประสิทธิภาพการเกี่ยวลดลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ลักษณะการป้อน โดยทั่วไปลักษณะการป้อนมี 3 วิธี คือ

- 3.1 การป้อนแบบขนานกับแกนลูกนวดหรือป้อนตามขวาง
- 3.2 การป้อนแบบตั้งฉากกับแกนลูกนวดหรือป้อนตามยาว
- 3.3 การป้อนแบบเฉียง

ในการป้อนแบ่งเป็นป้อนแบบนำปลายต้นถั่ว เข้าก่อนหรือนำทางด้านโคนต้นเข้าก่อน แต่ในการทดลองเป็นการป้อนแบบขนานกับแกนลูกนวด เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกนวดมีขนาดเล็ก หากป้อนแบบตั้งฉากกับแกนลูกนวด จะทำให้ต้นถั่วพันกับลูกนวดได้

4. ลักษณะทางกายภาพของต้นถั่วเหลือง ลักษณะทางกายภาพมีดังนี้

- 4.1 ความสูงของต้นถั่วที่ตัดแล้ว
- 4.2 ความกว้างของพุ่ม ความกว้างที่วัดได้ในแปลงเมื่อเข้าสู่ชุดแล้วจะประมาณให้ความกว้างลดลง 25 %
- 4.3 การกระจายฝัก
- 4.4 ความชื้น
- 4.5 อัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือก

เส้นที่ 7 ชุดนวดถั่วเหลือง - ชุดแยกทำความสะอาด

ชุดนวดและชุดแยกทำความสะอาดสัมพันธ์กัน คือ ชุดแยกทำความสะอาดต้องมีความสามารถที่จะแยกเศษต้นถั่วเหลืองกับเมล็ดถั่วที่นวดได้จากชุดนวด การแยกทำความสะอาดอาจใช้วิธีทางกลเช่น ระบบตะแกรงหรือระบบลม เช่น ถ้าปริมาณลมไม่พอจะทำให้เศษต้นถั่วเหลืองหล่นอยู่ในช่องทางออกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นจำนวนมาก มีผลให้ประสิทธิภาพการแยกทำความสะอาดด้อยลงไป แต่ถ้าหากปริมาณลมมากเกินไปจะทำให้มีการสูญเสียเมล็ดเต็มเมล็ดที่ช่องทางออกเศษถั่วเหลืองมาก

เส้นที่ 8 ล้อ - เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลือง

น้ำหนักและความสมดุลของเครื่องนวดสัมพันธ์กับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อชนิดของล้อ ลักษณะดอกยาง หน้ากว้างของล้อ

เส้นที่ 9 เครื่องยนต์ - เครื่องเกี่ยวหวดถั่วเหลือง

ลักษณะการถ่ายทอดกำลัง ชุดส่งกำลัง ความสมดุลระหว่างเครื่องยนต์กับเครื่องหวด นอกจากความเกี่ยวข้องต่าง ๆ แล้ว การออกแบบต้องคำนึงผลกระทบจาก-

สิ่งแวดล้อม อาทิ เช่น

1. ฤดู ต้องคำนึงถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะอากาศ สภาพดินและสภาพถั่วเหลือง ซึ่งเกี่ยวข้องกับชนิดของล้อที่ใช้
2. ลักษณะการปลูก ควรคำนึงถึงระยะห่างระหว่างต้นหรือความหนาแน่นต้น และ ระยะห่างระหว่างแถว
3. พันธุ์ของต้นถั่วเหลือง เช่นพันธุ์ สจ 1 สจ 2 สจ 4 สุโขทัย 1 เชียงใหม่ 60 ความสูง สภาพพุ่ม การติดฝัก และอัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือก
4. ดิน สภาพดินที่ปลูก ความอ่อน แข็งของดิน
5. อากาศ ลักษณะอากาศอื่น แห้งแล้ง

4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบชุดหวด สำหรับเครื่องเกี่ยวหวดถั่วเหลือง

4.3.1 คุณสมบัติของธัญพืช

1. ความชื้นของเมล็ดถั่วเหลือง จาก Japan Machinery Export's Association, 1989 ความชื้นในการเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 15-17% ซึ่งเป็นความชื้นที่ฝัก ถั่วเหลืองพร้อมที่จะแตก และจากการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง โดยใช้เครื่องเกี่ยวหวดถั่วเหลืองในประเทศอินเดีย ความชื้นในการเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 14-17% ค่าการสูญเสียมีค่า 1.8-3.2% (เป็นค่าการสูญเสียเนื่องจากการแตก ฝักติดที่ต้นและต้นล้ม)

2. น้ำหนักเมล็ดถั่วเหลืองที่มีความชื้น 14-17% สามารถประมาณได้จาก ตารางที่ 3.7 ถั่วเหลือง 1 เมล็ดมีน้ำหนัก 0.14 g ที่ความชื้น 32% ดังนั้น น้ำหนักมวลแห้งของถั่วเหลืองเป็น 0.095 g สามารถประมาณน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง 1 เมล็ดที่ความชื้น 14-17% ได้เท่ากับ 0.110 g - 0.114 g

3. จำนวนต้นถั่วเหลืองในแถวปลูกยาว 1 cm เท่ากับ 16 ต้น (ตารางที่ 3.5) หากเครื่องเกี่ยวหวดตัดที่ละ 2 แถว ได้ต้นถั่ว 32 ต้นต่อระยะทางเคลื่อนที่ 1 m

4. ความสูงของต้นถั่ว 60 cm (ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองในแปลง ของ

ถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย 1 เท่ากับ 58 cm)

5. ความกว้างของพุ่มต่อ 1 แถว 20 cm ถ้าตัด 2 แถวความกว้างเท่ากับ 40 cm (ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองในแปลง ของถั่วเหลืองพันธุ์สุโขทัย 1 เท่ากับ 18 cm ที่ระยะ T_0 ตารางที่ 3.4)

6. อัตราส่วนเมล็ดต่อเปลือกเท่ากับ 1.26 (ค่าเฉลี่ยจากตารางที่ 3.9)

7. สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานขณะเคลื่อนที่ (μ_k) และขณะอยู่กับที่ (μ_u) ของเมล็ดถั่วเหลืองกับวัสดุ(เหล็ก) (Spivakovsky และ Dyachkov, 1985) มีค่าดังนี้

$$\mu_k = 0.27$$

ส่วนสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างเมล็ดด้วยกันเอง มีค่าดังนี้

$$\mu_k = 0.62$$

$$\mu_u = 0.72$$

4.3.2 ปัจจัยเนื่องจากชุดเกี่ยวถั่วเหลือง การป้อนวัสดุเข้าสู่ชุดนวด

1. อัตราการป้อนจากชุดเกี่ยว ประมาณได้ดังนี้

$$\text{ความเร็วของรถเกี่ยวนวด} = 2.5 \text{ km/hr}$$

$$\text{อัตราการป้อน} = 2.5 \times 10^3 \text{ m/hr} \times 32 \text{ ตัน/m}$$

$$= 80,000 \text{ ตัน/hr}$$

$$\text{จำนวนตันใน 1 m} = 16 \text{ ตัน}$$

$$1 \text{ ตันมีเมล็ด} = 38 \text{ เมล็ด}$$

$$1 \text{ m (2 แถว) มีเมล็ดทั้งหมด} = 38 \text{ เมล็ด/ตัน} \times 32 \text{ ตัน/m}$$

$$(\text{ที่ } 17\% \text{ ความชื้น}) = 1,216 \text{ เมล็ด/m}$$

$$= 1,216 \text{ เมล็ด/m} \times 0.114 \text{ g/เมล็ด}$$

$$= 138.62 \text{ g/m}$$

$$\text{อัตราที่นวดได้ต่อเวลา} = 2.5 \times 10^3 \text{ m/hr} \times 138.62 \text{ g/m}$$

$$= 346.55 \text{ kg/hr}$$

2. การป้อน เป็นการป้อนแบบตามขวาง โดยให้ปลายตันเข้าก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แบบ

4.4.1 ผนังงานออกแบบ (Part design) ก่อนเป็นผนังงานออกแบบ ผู้ออกแบบต้องสามารถเขียนภาพร่าง 3 มิติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการออกแบบได้ ภาพ 3 มิติของการออกแบบชุดขนาดสำหรับเครื่องเวดถั่วเหลือง แสดงดังรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ส่วนการเวด
2. ส่วนแยกทำความสะอาด ส่วนนี้ออกแบบเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 ส่วนเกลียวทำความสะอาด

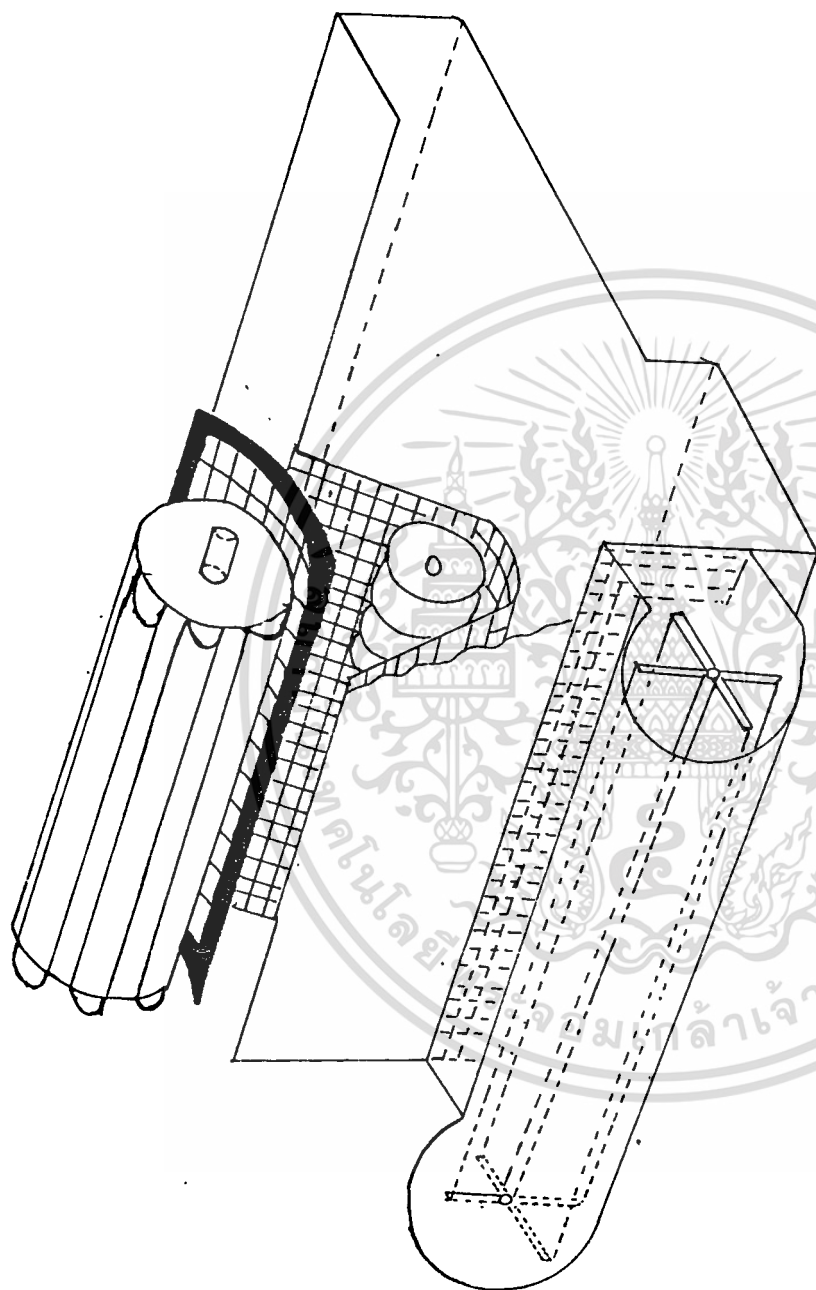
2.2 ส่วนพัดลมทำความสะอาด

ส่วนผนังงานออกแบบแสดงในรูปที่ 4.4 รายการชิ้นส่วนแสดงในตารางที่ 4.1 ในขอบข่ายของงานออกแบบครั้งนี้เพื่อกำหนดลักษณะของชุดขนาดเท่านั้น ไม่ได้รวมการกำหนดชนิดของวัสดุที่จะเลือกใช้

ตารางที่ 4.1 ชิ้นส่วน

รหัส	ชิ้นส่วน
A	ลูกขนาด ประกอบด้วย
A1	- ตัวลูกขนาด
A2	- ครีบลูกขนาด
A3	- เพลา, ลูกปืน
B	ฝาครอบ
C	ตะแกรงขนาด ประกอบด้วย
C1	- ครีบทะแกรงขนาด
C2	- เหล็กตะแกรง
C3	- เหล็กขอบ
D	เกลียวแยกทำความสะอาด ประกอบด้วย
D1	- ไบเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



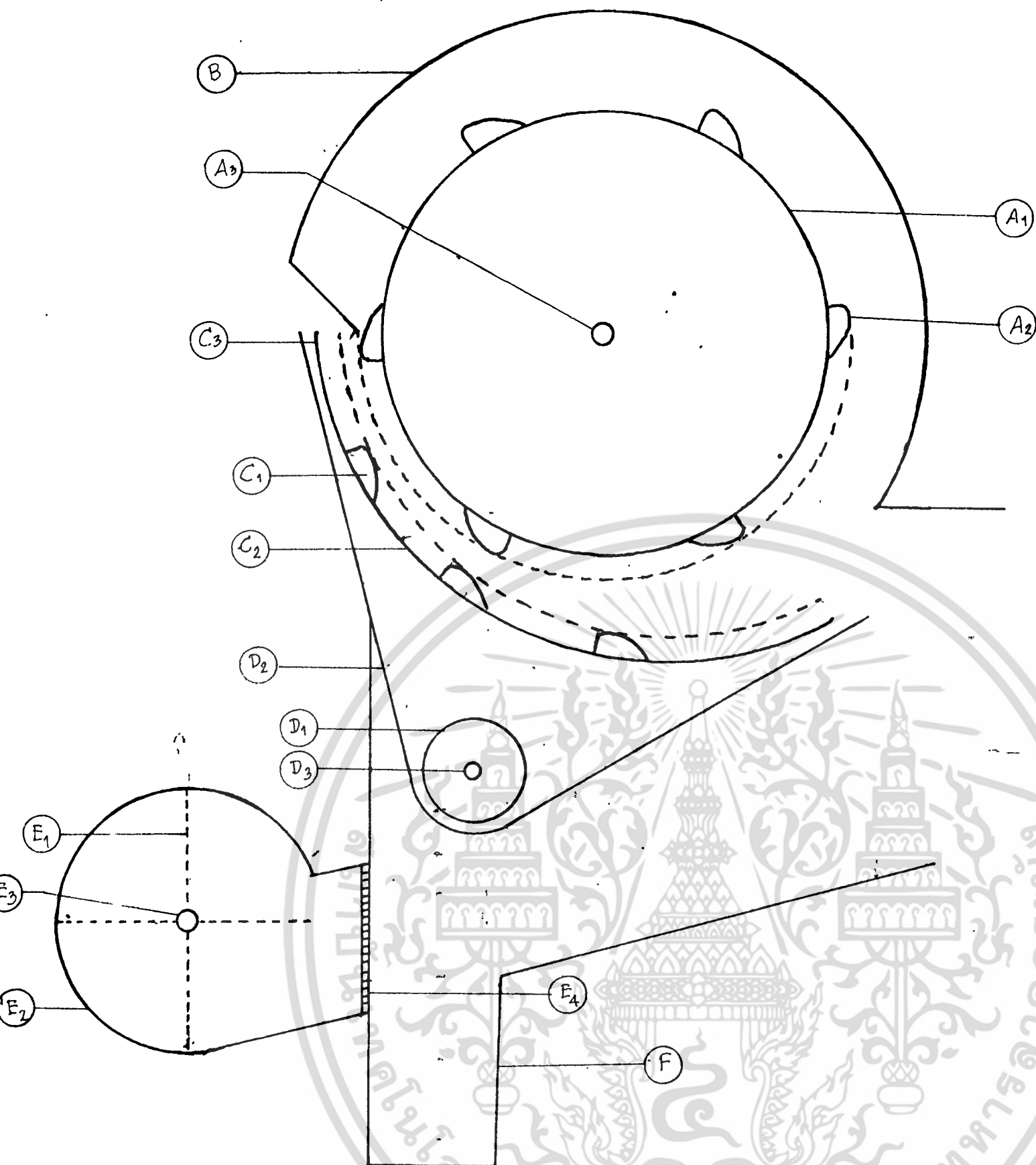
SCALE
NO SCALE

รูปที่ 4.3 ภาพสามมิติของชุดแฉกและแยกที่ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 ฟังก์ชันเลข

SCALE
1:4



NO. OF PIECE	LIST OF PARTS	POS.NO	DIM.
1	ช่องรองรับเหล็กและช่องขาออก	F	-
1	เพลลา	E ₃	-
1	ห้องพัดลม	E ₂	FLAT PLATE 1.75
4	ใบพัด	E ₁	FLAT PLATE 1.0
1	เพลลา	D ₃	-
1	รางเกลิยว.	D ₂	12x12 SCREEN ϕ 6.0
1	ใบเกลิยว	D ₁	FLAT PLATE 2.0 x ϕ 76
2	เหล็กขบ	C ₃	FLAT PLATE 1.0
1	เหล็กตะแกรง	C ₂	18x18 SCREEN ϕ 6.0
3	ดริบตะแกรงหวด	C ₁	CAST IRON
1	ฟาดรขบ	B	FLAT PLATE
1	เพลลา	A ₃	-
6	ดริบ ลูกหวด	A ₂	CAST IRON
1	ลูกหวด	A ₁	FLAT PLATE 4.6

รหัส	ชั้นส่วน
D2	- รางเกลียวสำหรับแยกทำความสะอาด
D3	- เฟลา, ลูกปืน
E	พัฒลมทำความสะอาด ประกอบด้วย
E1	- ใบพัด
E2	- ห้องพัฒลม
E3	- เฟลา
E4	- ตะแกรงกันวัสดุเข้าห้องพัฒลม

4.4.2 แบบชิ้นส่วนต่าง ๆ (Part design)

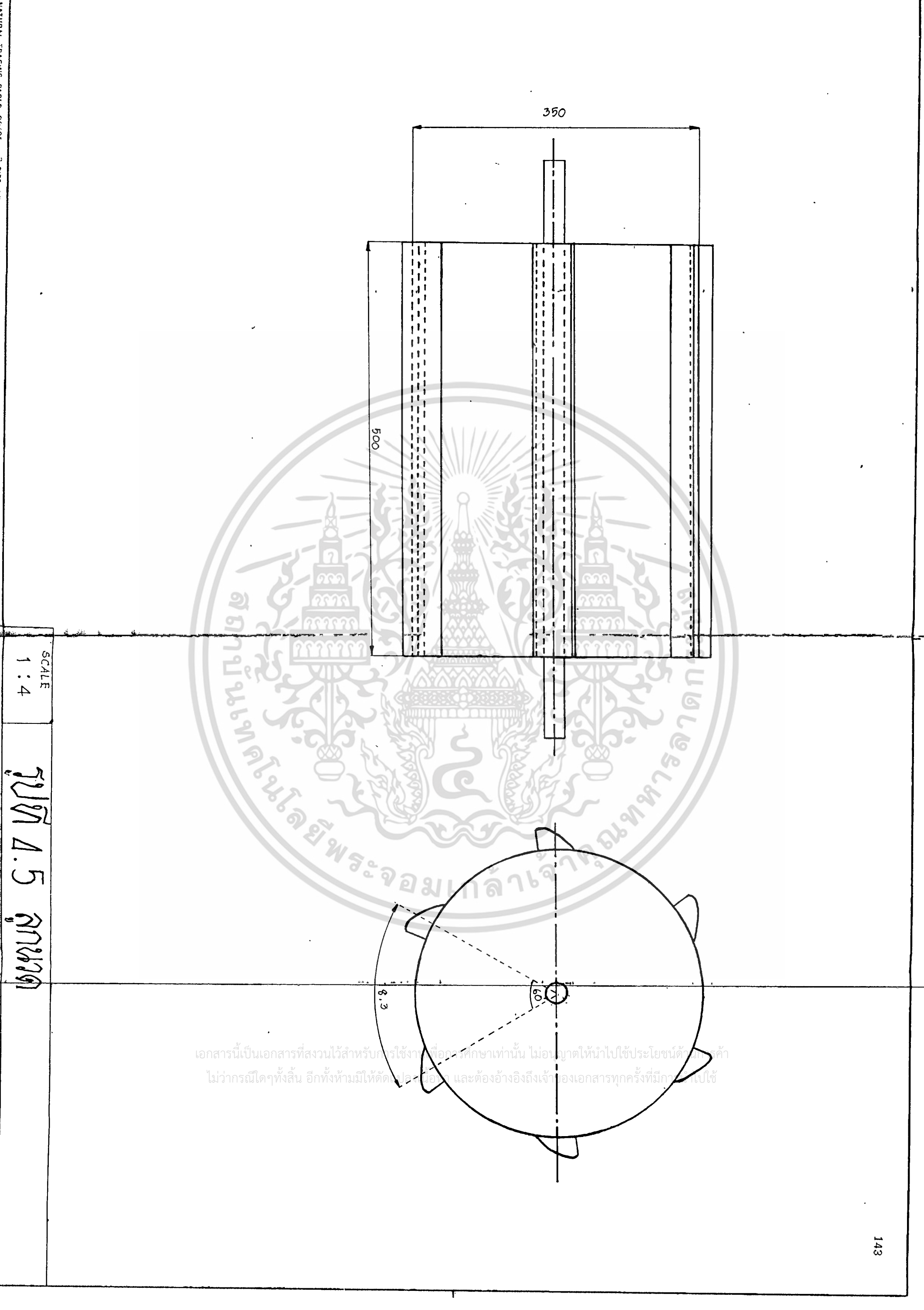
4.4.2.1 ชุดขนาด

4.4.2.1.1 ลูกขนาด (ดูรูปที่ 4.5)

1) ความยาวลูกขนาด 50 cm เนื่องจากความกว้างพุ่มที่ตัดเข้ามาเท่ากับ 40 cm ส่วนที่เหลืออีก 10 cm เพื่อเอาไว้สำหรับความกว้างที่เพิ่มขึ้นอีก 25%

2) เส้นผ่านศูนย์กลางลูกขนาด 35 cm (จาก Kubota Combine รุ่น DC-1) ซึ่งเครื่องรุ่นนี้ใช้กับถั่วเหลือง การเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 35 cm เนื่องจากต้นถั่วเหลืองสูง 60 cm แต่ขนาดเส้นรอบวงเท่ากับ 109 cm (หาจาก 2 πr) เพราะฉะนั้นการพันรอบลูกขนาดจึงไม่เกิดขึ้น

3) ชนิดของลูกขนาด ควรใช้เป็นแบบครีป เนื่องจากผลการทดลองขนาด โดยลูกขนาดแบบครีป ให้เปอร์เซ็นต์การนวดดีกว่าแบบอื่น ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง (82% - 97 %) ถึงแม้ว่า



350

500

50

50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีโอกาสนำไปใช้

SCALE
1 : 4

รูปที่ 4.5 ลูกขวด

เปอร์เซ็นต์การแตกหักโดยลูกนวดแบบครีบบจะมีค่ามากกว่า

แบบฟัน แต่มีค่าน้อยมาก (0% - 1.7% ที่ทุกความเร็วรอบ)

4) ครีบ (ดูรูปที่ 4.6) ความยาวครีบ 50 cm ความสูง 3 cm

ระยะห่างระหว่างครีบ 36.6 cm ความกว้างหาจาก

จาก

$$F_c > R'' = R' \cos(\psi + \alpha)$$

$$m \omega_{OA} > R' \cos(\psi + \alpha)$$

$$\omega > \frac{R' \cos(\psi + \alpha)}{mOA}$$

เมื่อ $\alpha + \psi < 90$ จะมีค่ามากกว่า 0 เนื่องจากมุม ψ มีค่าเฉพาะขึ้นอยู่กับพิกัดสัมผัสระหว่างวัตถุพืชรกับครีบ ดังนั้นมุม α เท่ากับมุมใด ๆ ที่ทำให้มุม $\alpha + \psi < 90$ เป็นจริง เลือกมุม α เท่ากับ 30



รูปที่ 4.6 การหาความกว้างของครีบและความโค้งของครีบ

จากรูปที่ 4.3

$$\tan 30^\circ = 3/x$$

$$x = 5.1 \text{ cm}$$

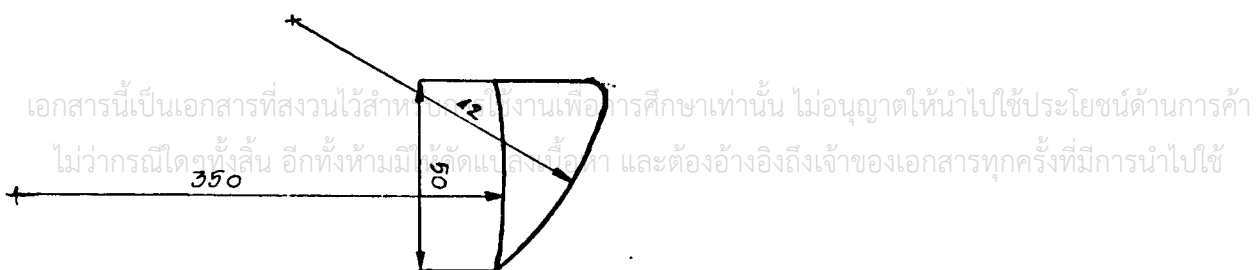
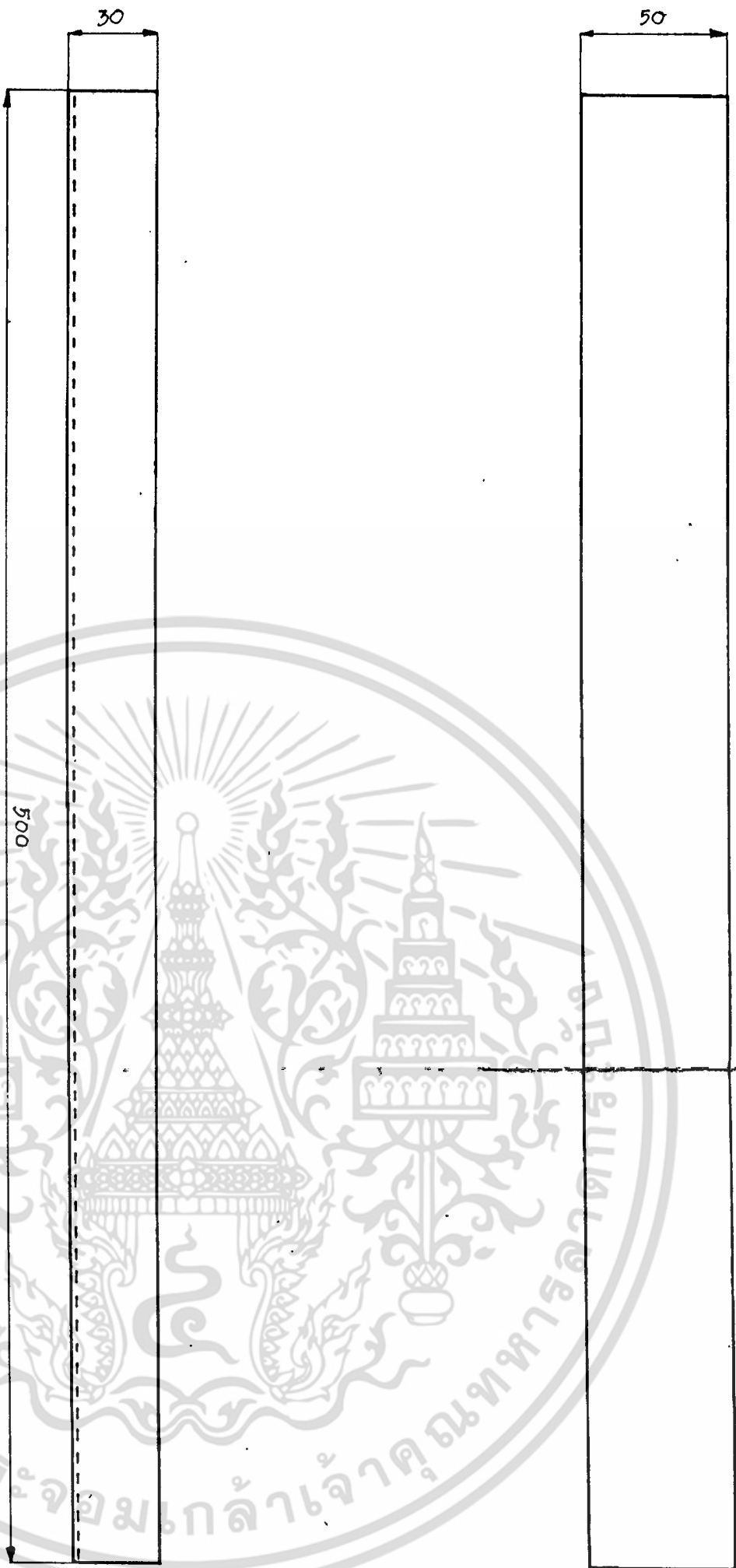
เลือกความกว้างของครีบมีค่าเท่ากับ 5 cm

รัศมีความโค้งของครีบเท่ากับ 8.7 cm โดยทำมุม 70° กับเส้นด้านตรงข้างมุมฉาก

5) จำนวนครีบ กำหนดให้ครีบลูกนวดเท่ากับ 6 (จาก Kubota

Combine รุ่น DC-1) จาก 2.1.3 ถ้าเพิ่มจำนวนครีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SCALE
1:2

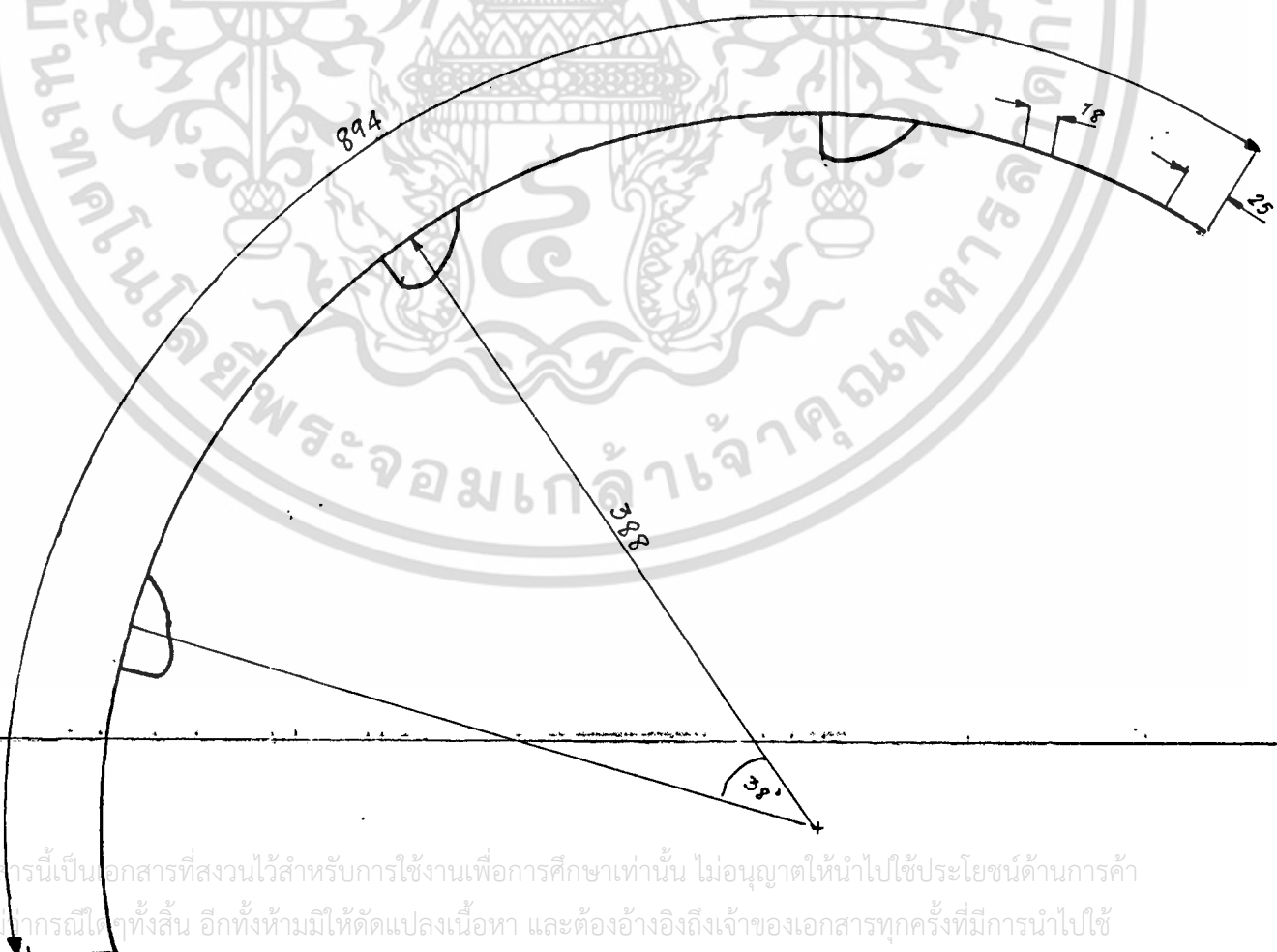
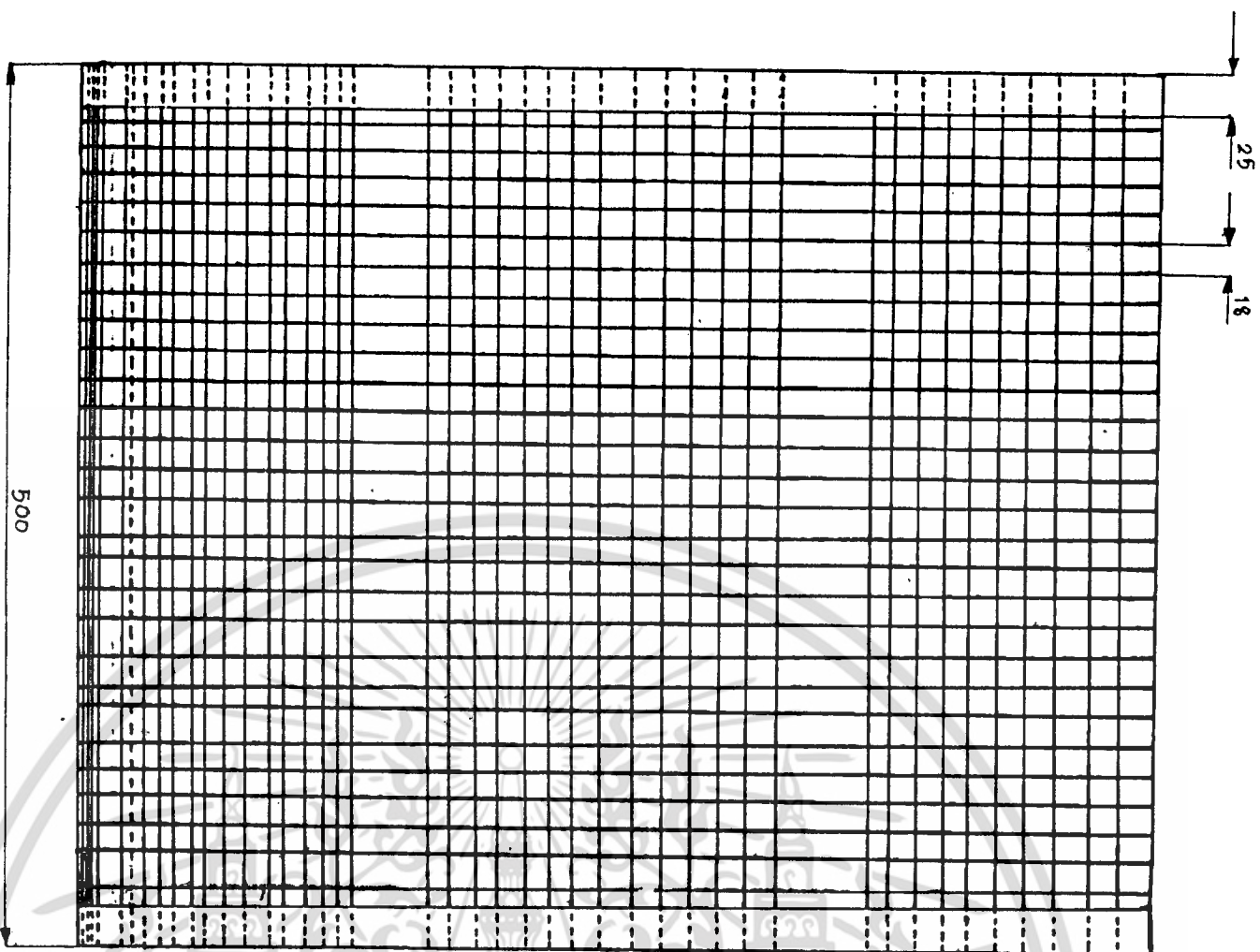
รูปที่ 4.7 กรอบภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิใช้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก 6 เป็น 8 ครั้ง จะทำให้ความสามารถในการดึงนำ
วัสดุของลูกขนาดลดลง (ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 550 mm)
6) ความเร็วเชิงเส้น จาก Singh, 1975 ความเร็วเชิงเส้นมีค่า
616-865 m/min คิดเป็นความเร็วรอบได้เท่ากับ 560 -
787 rpm (ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 cm) และจากการทดลอง
440-632 m/min ความเร็วรอบ 920-1980 rpm
(ที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 cm) ให้เปอร์เซ็นต์การนวด
82% - 97% เลือกใช้ความเร็วเชิงเส้น 600-800 m/min
เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การนวดที่ได้แตกต่างกันมาก คือ 15%
จึงควรเลือกความเร็วเชิงเส้นที่มากกว่าความเร็วเชิงเส้น
ต่ำสุด ดังนั้นจึงเลือกความเร็วเชิงเส้น 600-800 m/min
ซึ่งเป็นความเร็วเชิงเส้นที่ได้จากการทดลอง และจาก Singh,
1975

4.4.2.1.2 ตะแกรงนวด (ดูรูปที่ 4.7)

- 1) ตะแกรงนวด ขนาดช่องตะแกรง 18 mm x 18 mm (จาก
Takao และ Ichikawa, 1986) เพื่อให้เมล็ดถั่วเหลือง
และเศษสิ่งเจือปนสามารถลอดผ่านไปได้ มุมรองรับลูกขนาด
(α) ติดตั้งส่วนครึ่งล่างของลูกขนาดทำมุม 130° กับเส้นใน
แนวราบที่ผ่านจุดศูนย์กลางของวงกลม โดยวัดทวนเข็มนาฬิกา
ความยาวตะแกรงนวดเท่ากับ 60 cm กว้าง
50 cm ขนาดเหล็กขอบมีความกว้าง 2.5 cm ยาว 60 cm
ติดตั้งทั้งสี่ด้านของตะแกรงนวด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
ของเหล็กตะแกรงนวดเท่ากับ 2 มม. (0.6 cm)
- 2) ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดกับลูกขนาด ให้เท่ากับ
10-20 mm (จาก Bachchan Singh, K.N Singh
และ J.N Mishra, 1975) เลือกระยะห่างโดยวัดจาก
ปลายครึ่งลูกขนาดถึงปลายครึ่งตะแกรงนวดเท่ากับ 15 mm

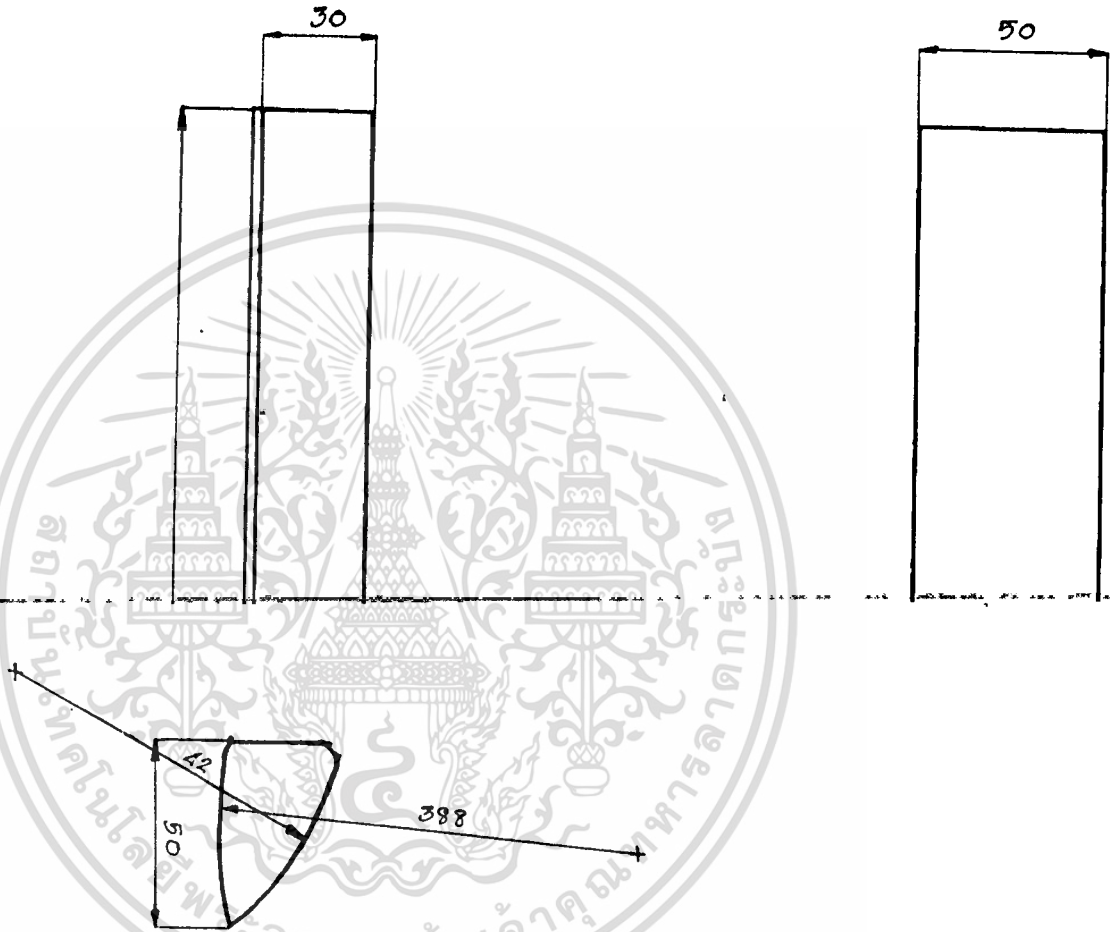


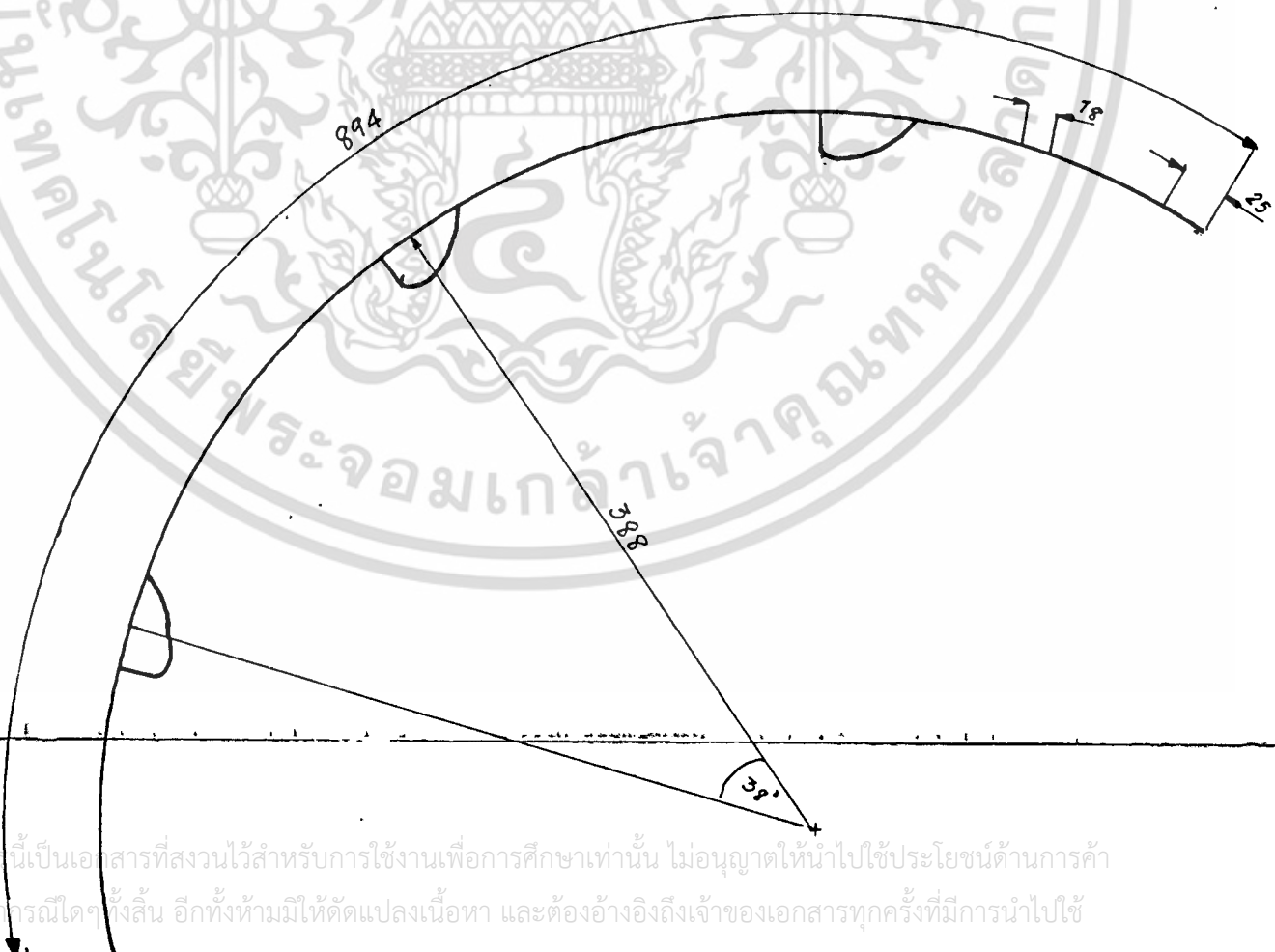
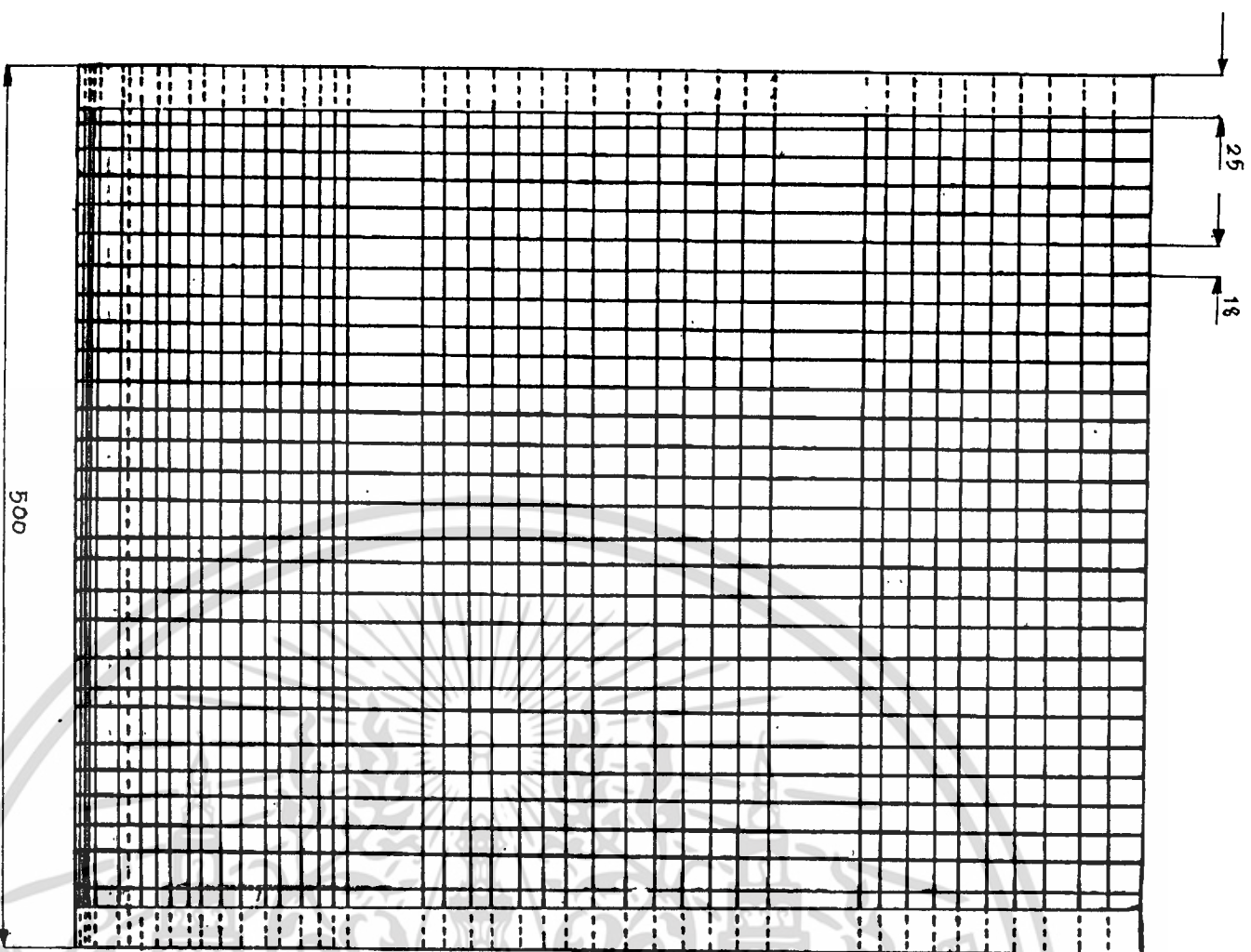
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ทำกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCALE
1:3

รูปที่ 4.8 ตะแกรงขนาด

๒๗๑

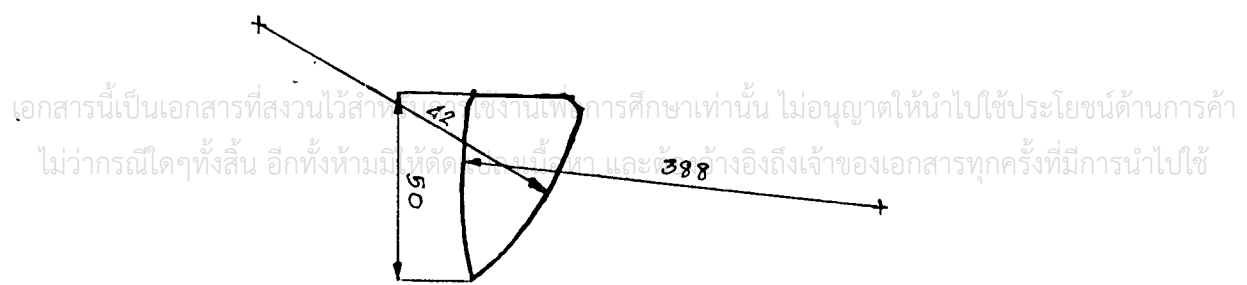
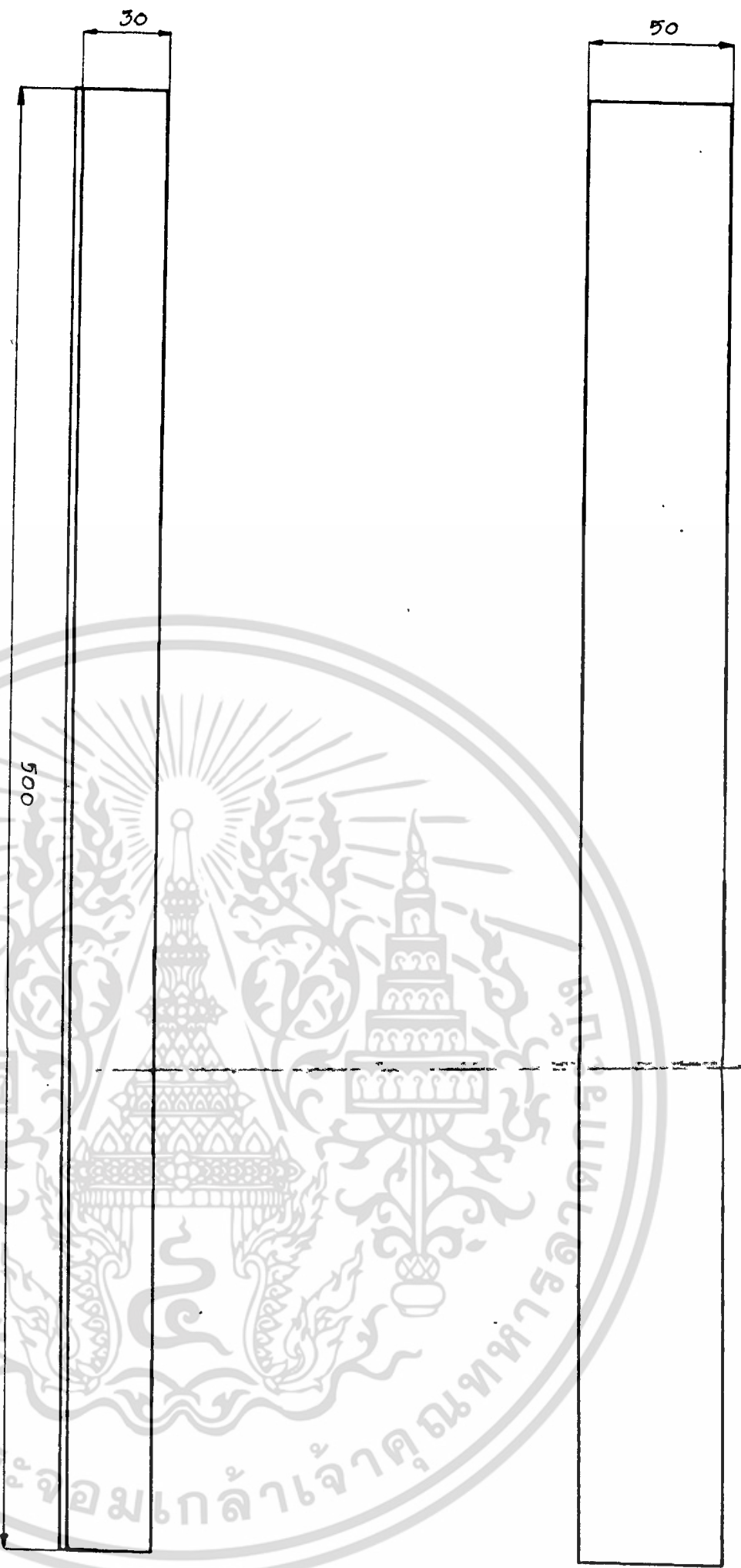




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCALE
1:3

รูปที่ 4.8 ตะแกรงขนาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCALE
1:2

รูปที่ 4.9 กรอบการงาน

ที่จุดกึ่งกลางตะแกรงขนาด ทำให้ระยะห่างที่ช่องทางเข้ามีขนาดความกว้าง 8 cm และระยะห่างที่ช่องทางออก 1.5 cm โดยวัดจากปลายครีบลูกขนาดถึงปลายครีบทะแกรงขนาด สาเหตุที่ขนาดความกว้างทางเข้าช่องขนาดมีขนาดความกว้างมากกว่าช่องทางออกเพื่อให้เหมาะสมกับวัสดุที่จะนำ ความชื้นของวัสดุและปริมาณวัชพืชที่เข้ามา อีกสาเหตุหนึ่งคือเมื่อช่องขนาดแคบขึ้นค่าการลื่นไถลลดลงและมีค่าต่ำสุดที่ช่องทางออกเนื่องจากแรงกระทำมีค่าสูงขึ้น

4.4.2.1.3 ฝาครอบ (ดูรูปที่ 4.9)

รัศมีความโค้งของฝาครอบเท่ากับ 25.5 cm ระยะห่างระหว่างฝาครอบกับลูกขนาดเท่ากับ 8 cm มุมติดตั้งฝาครอบลูกขนาดทำมุม 210° กับเส้นในแนวราบ โดยวัดตามเข็มนาฬิกา มุมติดตั้งของแผ่นเหล็กกันวัสดุเคลื่อนเข้าไปในฝาครอบลูกขนาดด้านทางช่องทางของเศษดินถั่วเหลืองทำมุม 45° กับเส้นในแนวราบ จุดที่วัดห่างจากผิวลูกขนาด 3.2 cm สาเหตุที่กำหนดให้เป็นมุม 45° เนื่องจากสัมประสิทธิ์ระหว่างดินพืชกับเหล็ก ไม่มีในการอ้างอิง จึงใช้สัมประสิทธิ์ระหว่างเมล็ดพืชกับเหล็กแทน ซึ่งมีค่า $\mu_k = 0.27$ คำนวณเป็นมุมได้เท่ากับ 15° แต่เพื่อสะดวกในการสร้างและเพื่อไม่ให้ดินพืชติดขัดทางช่องทางออก จึงกำหนดมุมให้มากกว่า 45° มาก ๆ เพราะว่าสัมประสิทธิ์ระหว่างเมล็ดพืชมีค่าน้อยกว่าดินพืช

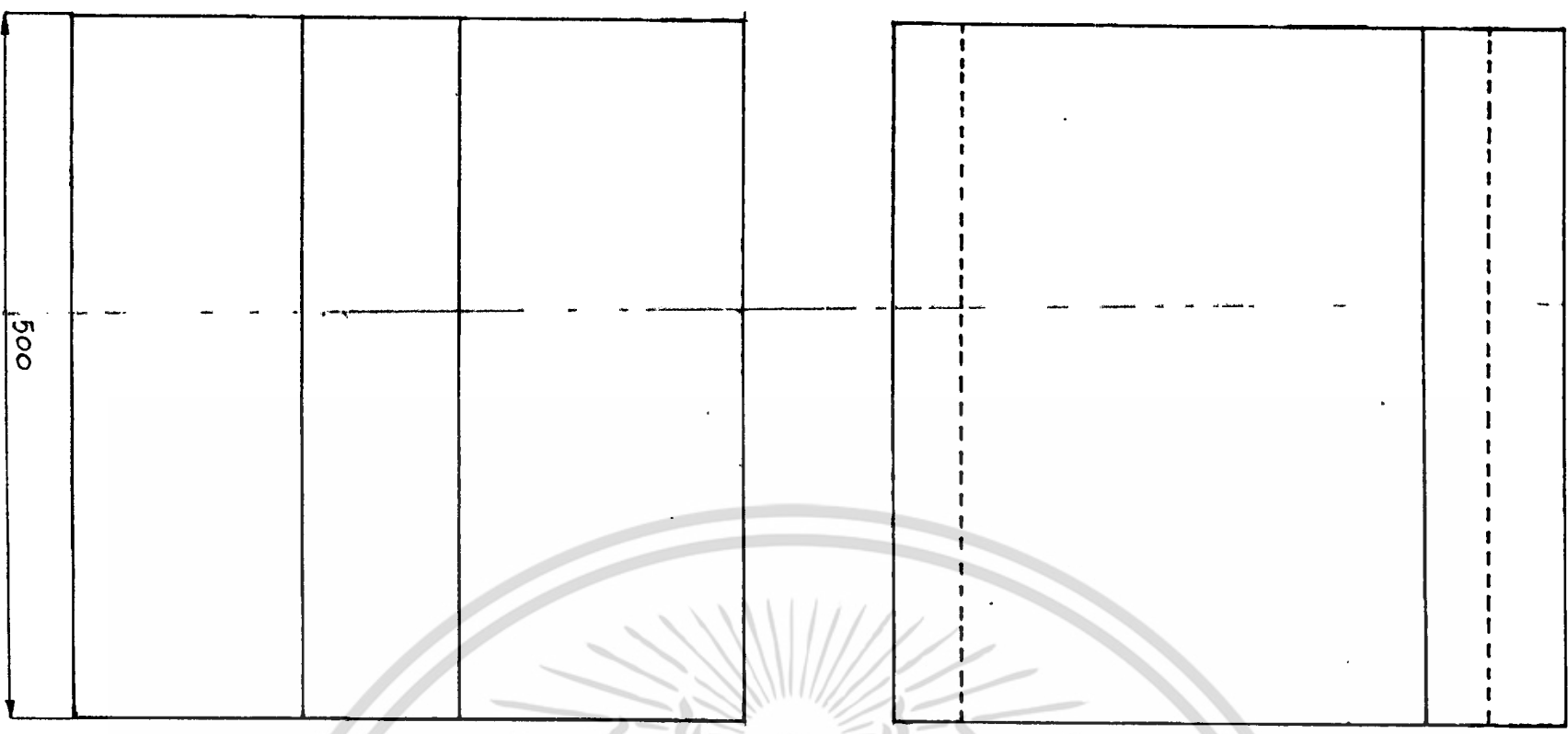
4.4.2.2 ชุดแยกทำความสะอาด

4.4.2.1.2 เกลีสวยแยกเมล็ดออกจากเศษดินและเปลือก (ดูรูปที่ 4.10)

- 1) การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว (Spivakavsky และ Dyachkov, 1985)

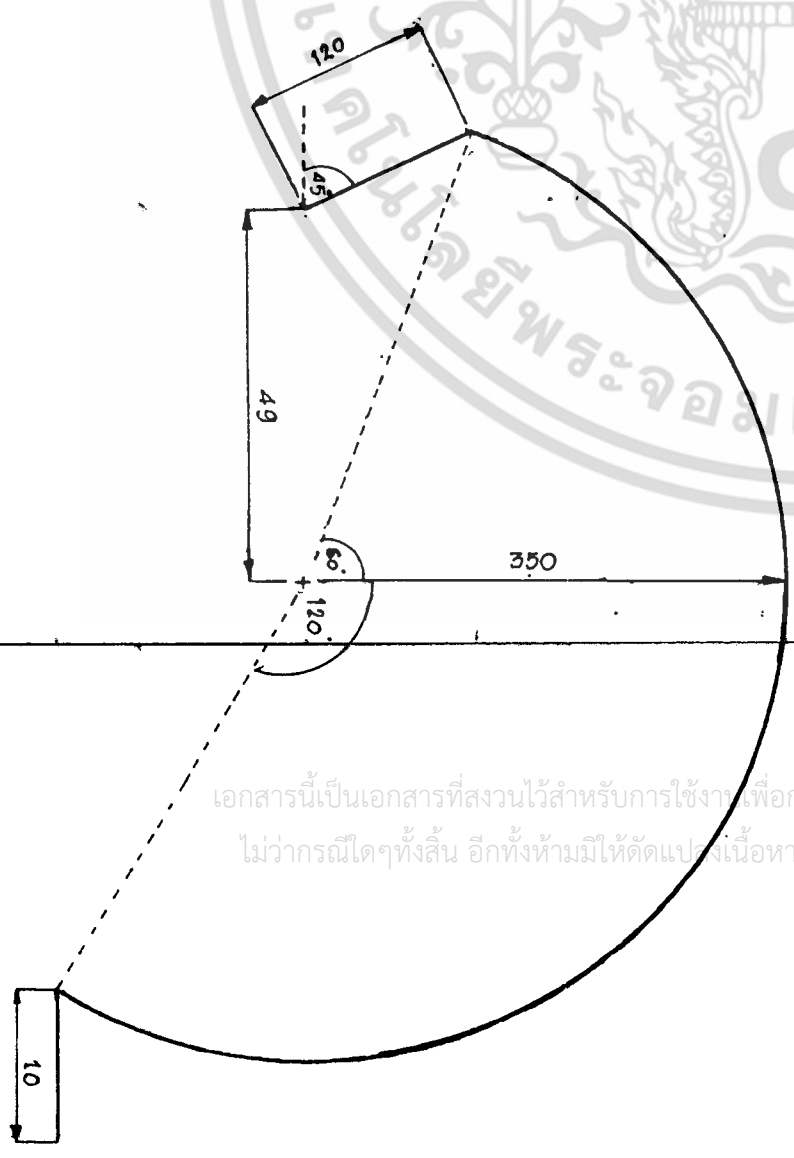
จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

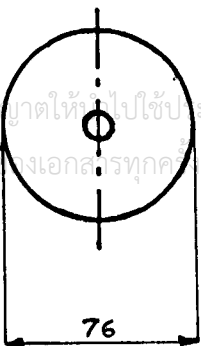


SCALE
1:5

รูปที่ 4.10 ฟาตรอย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCALE
1:4

รูปที่ 4.11 ใยเกลียว

$$I_v = \frac{60 \pi d^2 s n \phi k}{4}$$

เมื่อ

I_v = อัตราการลำเลียง (m^3/hr)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางเกลียว (m)

s = ขนาดพิทช์ (m)

n = ความเร็วรอบ (rpm)

ϕ = ค่าคงที่

k = ค่าคงที่ (ขึ้นกับมุมเอียงของเกลียว)

เพราะว่า

$$v = \frac{s n}{60}$$

$$I_v = \frac{60 \pi d^2 60 v \phi k}{4}$$

$$d^2 = \frac{4 I_v}{60 \pi 60 v \phi k}$$

เมื่อ

$$I_v = 346.55 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Bulk density} = 730.0 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$I_v = \frac{346.55 \times 1}{730} = 0.47 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$0.5 \text{ m}^3/\text{hr}$ (ใช้สกรู 1 ตัวคิดให้สกรูลำเลียง เต็มที่ 50%

ได้อัตราการลำเลียง $1.0 \text{ m}^3/\text{hr}$ ต่อ 1 ราง)

$v = 0.3 - 0.5 \text{ m/s}$ (กรณีวัสดุขนถ่ายเป็นอาหารสัตว์ ถ้า
เมล็ดพืช เป็นความเร็วในการลำเลียงวัสดุ)

(Spivakasky และ Dyachkov, 1985) เลือก

$v = 0.2 \text{ m/s}$ เพราะว่าความเร็ว 0.2 m/s

ช่วยแยกเมล็ดธัญพืชออกจากฟางและต้นพืชดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\phi = 0.4 - 0.5 \text{ สำหรับวัสดุขนถ่ายเบาและไม่แข็งคมเลย}$$

เลือก $\phi = 0.4$ (Spivakasky และ Dyachkov, 1985)

$$k = 1.0 \text{ (มุมลาดเอียงเป็น } 0^\circ) \text{ (Spivakasky และ Dyachkov, 1985)}$$

แทนค่า

$$d^2 = \frac{4 \times 1}{60 \times \pi \times 60 \times 0.2 \times 0.4 \times 1.0}$$

$$= 0.0044$$

$$d = 0.066 \text{ m}$$

เลือกเกลียวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.6 cm (3 in) เนื่องจากเพื่อให้สามารถหาเกลียวที่มีอยู่ตามท้องตลาดได้ และเกลียวที่ใช้เป็นแบบเกลียวเต็มใบ

2) ขนาดรางเกลียว (ดูรูปที่ 4.11)

เป็นเหล็กตะแกรงแผ่นเดียวกัน แต่ลักษณะการสร้างแบ่งเป็น

3 ส่วน คือ แผ่นเหล็กตะแกรงด้านซ้ายและขวา และตะแกรงกั้นราง แผ่นตะแกรงด้านซ้ายเอียงทำมุมกับแนวราบ 73° มีขนาด

ความกว้าง 14.4 cm ความยาว 60 cm แผ่นเหล็กด้านขวา

เอียงทำมุมกับแนวราบ 30° ขนาดความกว้าง 30.3 cm ยาว

60 cm ตะแกรงกั้นรางมีรัศมี 4.8 cm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

ของเหล็กกลม 2 ทุน (0.6 cm) ขนาดช่องตะแกรงรางเกลียว

12 mm x 12 mm

4.4.2.2.2 พัดลมแยกเมล็ดออกจากเศษตังและเปลือก (ดูรูปที่ 4.12)

1) การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพัดลมทำความสะอาด

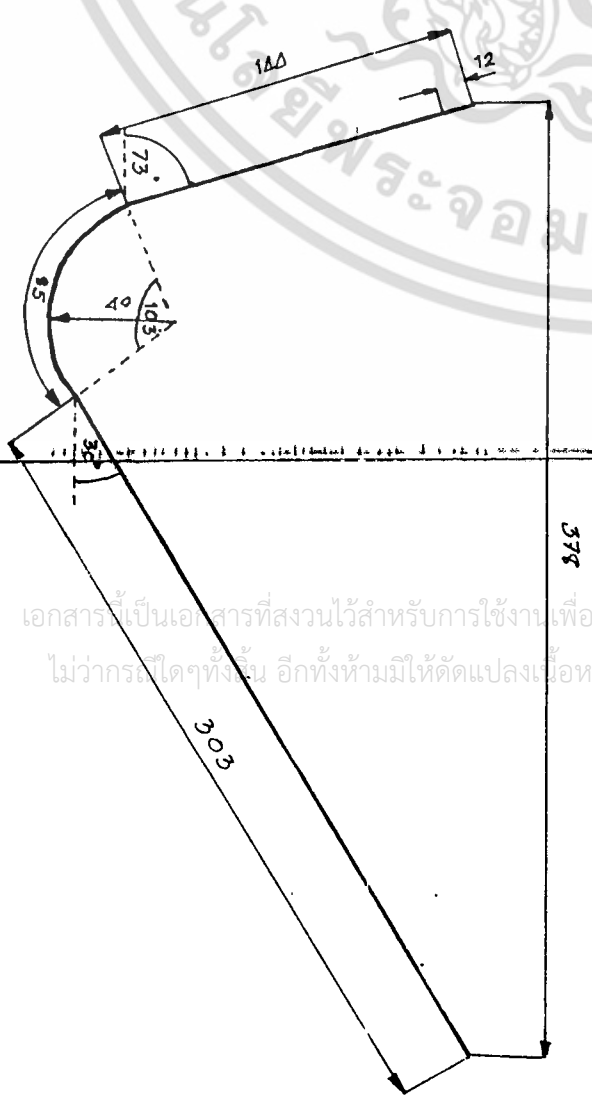
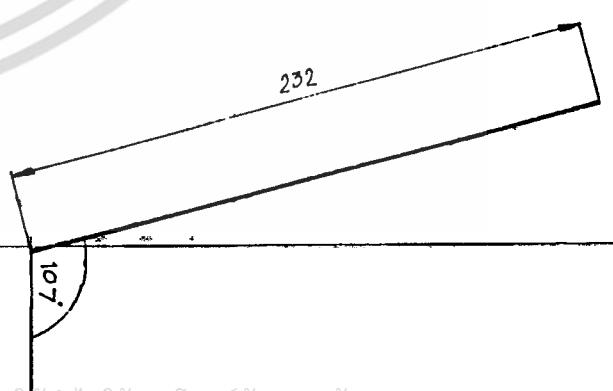
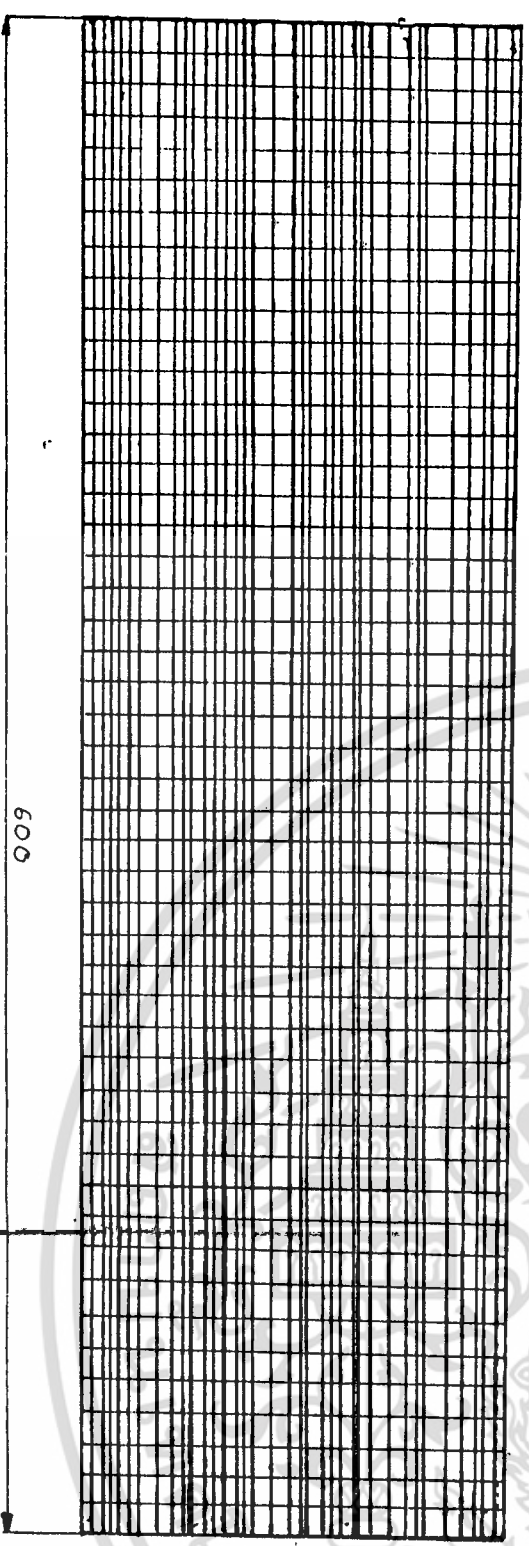
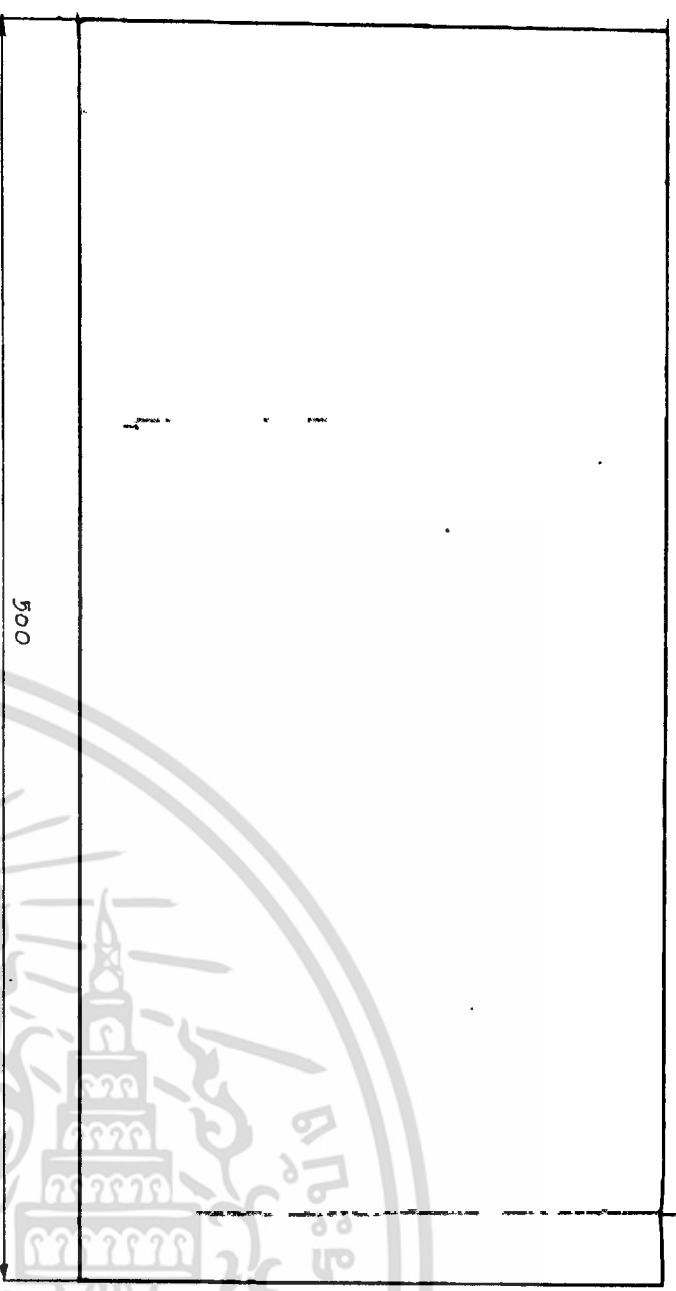
จาก

$$\text{Volume displacement} = \pi r^2 l \times \text{rpm}/60 = \text{flow rate (Q)}$$

เมื่อ

$$r = \text{รัศมีของพัดลมทำความสะอาด (m)}$$

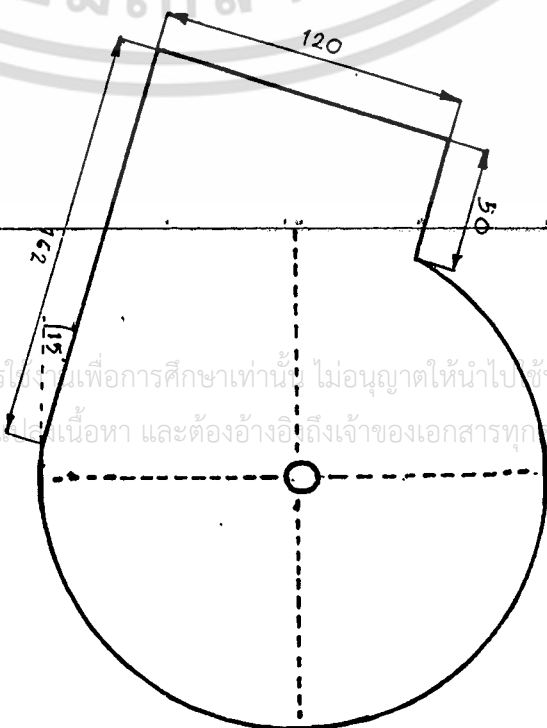
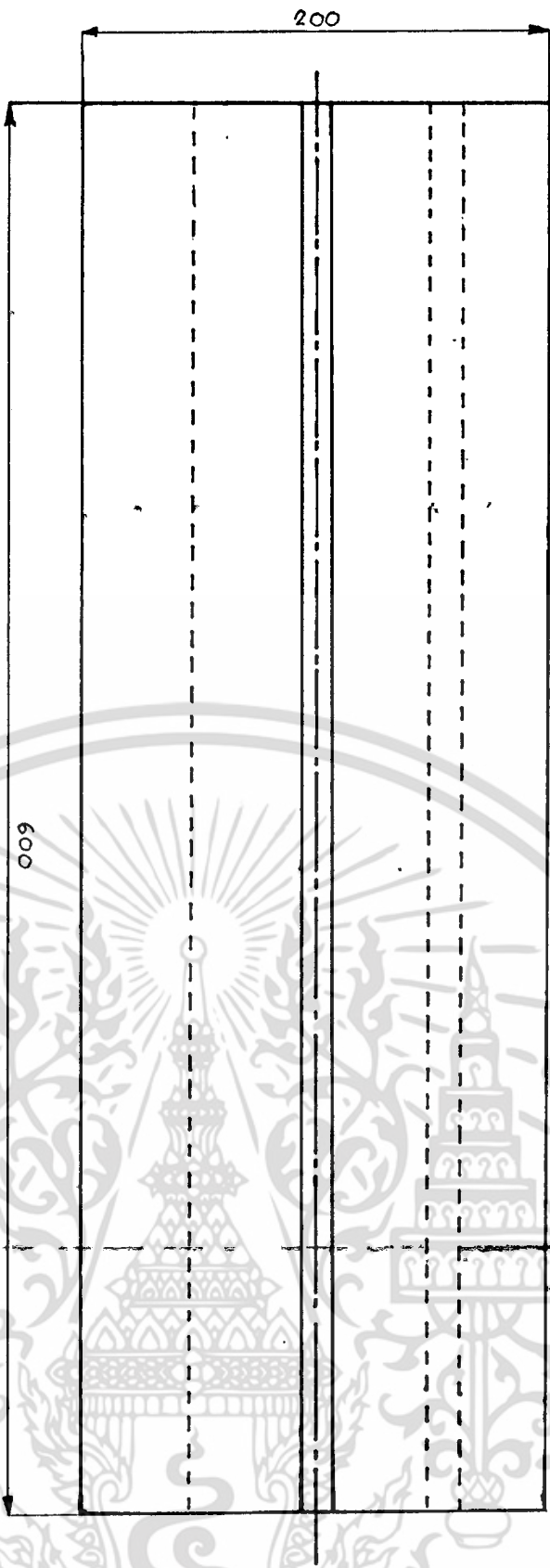
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCALE
1:4

รูปที่ 2.12 รางเกลียวและแผ่นกันชน (A และ B)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCALE
1 : 3

รูปที่ 13 มัดลมข้างทางโลหะ

l = ความยาวของพัดลมทำความสะอาด (m)

rpm = ความเร็วรอบของพัดลมทำความสะอาด เลือกให้เท่ากับ 2500 rpm

Q = อัตราการไหลของลม เมื่อเปิดให้ลมเข้าเต็มที่เท่ากับ $0.652 \text{ m}^3/\text{s}$

กำหนดให้ประสิทธิภาพของพัดลมทำความสะอาดเท่ากับ 70% เพราะฉะนั้น

อัตราการไหลจริงมีค่าเท่ากับ $0.932 \text{ m}^3/\text{s}$

แทนค่าได้

$$\pi r^2 \times 0.6 \times 2500 / 60 = 0.932$$

$$r = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

ดังนั้นเลือกขนาดใบพัดลมรัศมี 10 cm

2) การหาขนาดช่องทางออกลม

จาก

$$Q = Av$$

เมื่อ

Q = อัตราการไหลของลมเมื่อเปิดให้ลมเข้าเต็มที่ (m^3/s)

A = พื้นที่ช่องทางออกลม = กว้าง x ยาว (m)

v = ความเร็วของลม = 13.1 m/s

แทนค่าได้

$$0.932 = (\text{กว้าง} \times 0.6) \times 13.1$$

$$\text{ความกว้าง} = 0.116 \approx 0.12 \text{ m}$$

ขนาดความกว้างของช่องทางออกลมเท่ากับ 12 cm และมุมเอียงช่องทางออกของพัดลมทำมุมกับ

แนวราบ 15°

3) ขนาดห้องพัดลม

ห้องพัดลมมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

20.2 cm ยาว 60 cm ระยะห่างระหว่างผนังห้องพัดลมกับใบพัด

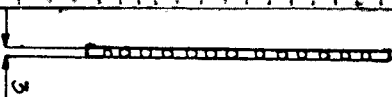
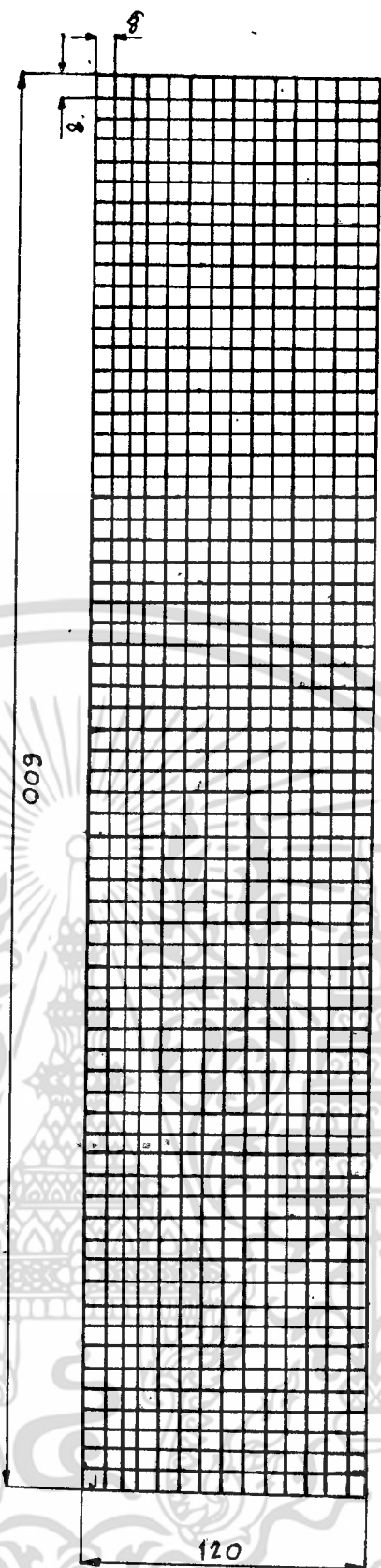
0.1 cm และมีช่องทางออกเป็นช่องสี่เหลี่ยม

4) ตะแกรงกันวัสดุ (ดูรูปที่ 4.13)

มีความกว้าง 12 cm ยาว 60 cm ขนาดช่องตะแกรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCALE

1 : 3

รูปที่ 4.14 ตะแกรงเหล็ก

8 mm x 8 mm เพื่อให้เศษสิ่งเจือปนและเมล็ดแก้วเหลือ
ล่องผ่านไปในห้องพัดลมได้ โดยติดตั้งติดกับช่องทางออกเมล็ด
แก้วเหลือ

4.4.3 แบบประกอบชิ้นส่วน (Assembly design) (ดูรูปที่ 4.14)

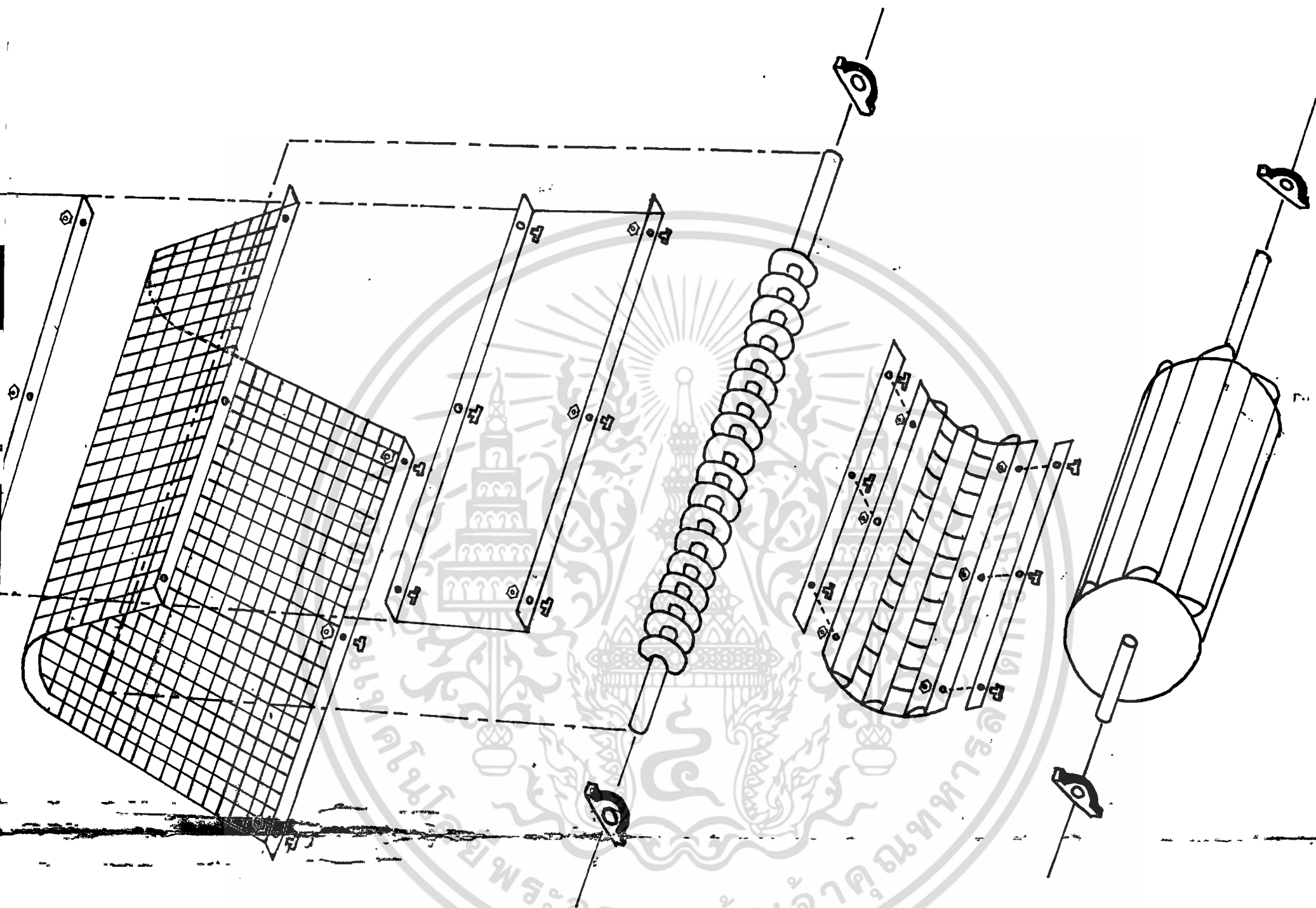
4.4.3.1 ชุดแนว

1. ลูกนวดยึดติดกับโครงโดยใช้สลักเกลียวและแป้นเกลียวของ
ตุ๊กตาที่สวมอยู่กับปลายเพลาลูกนวดทั้งสองข้าง
2. ตะแกรงนวดซึ่งอยู่ด้านใต้ลูกนวด ยึดติดกับโครงโดยใช้สลัก
เกลียว ที่มุมสองข้างและตรงกลางอีกหนึ่งจุด โดยมีระยะห่างระหว่างสลักเกลียวเท่ากับ 29.8 cm

4.4.3.2 ชุดแยกทำความสะอาด

1. เกลียว วิธีการยึดเกลียวติดกับโครงทำเช่นเดียวกับลูกนวด
2. รางเกลียวซึ่งอยู่ด้านล่างของเกลียว แยกเป็น 2 ส่วนคือ
ส่วนแรกเป็นแผ่นเหล็กกันข้าง ส่วนที่สองเป็นรางเกลียว แผ่นเหล็กกันข้างเป็นตัวกันวัสดุที่เคลื่อน
ลงมาจากตะแกรงนวดลงสู่เกลียวแยกทำความสะอาด การประกอบรางเกลียวและแผ่นกันข้างโดย
ใช้หน้าแปลนเป็นตัวเชื่อมและใช้สลักเกลียวเป็นตัวยึด
3. นัดลมทำความสะอาด แบ่งเป็นห้องพัดลมและใบพัด การ
ประกอบใบพัดเข้ากับห้องพัดลมโดยนำเพลามาใส่เข้าที่ห้องพัดลมทางด้านข้างด้านหนึ่งของห้องพัด
ลม และนำชิ้นส่วนรองรับใบพัดซึ่งสามารถติดใบพัดได้ 4 ใบ ทำมุมจากซึ่งกันและกันติดตั้งที่หัวและ
ท้ายภายในห้องพัดลม ชิ้นส่วนนี้ยึดแน่นกับแกนเพลาด้วยสกรูตัวหนอน จากนั้นนำ ใบพัดมาติดที่ชิ้นส่วน
ทั้งสี่ใบด้วยสลักเกลียว ที่ช่องทางออกของพัดลมมีหน้าแปลนติดอยู่โดยรอบ ที่หน้าแปลนติดตะแกรง
กันวัสดุเข้าไปในห้องพัดลม
4. ชุดพัดลม ประกอบกับชุดเกลียวแยกทำความสะอาด ควรใช้
แผ่นเหล็กเป็นตัวเชื่อม แผ่นเหล็กนี้ทำหน้าที่กันวัสดุไม่ให้กระจายออกมา ส่วนขนาดและลักษณะของ
การติดตั้งสามารถที่ดัดแปลงตามความเหมาะสม
5. ในที่นี้ตรงช่องรองรับเมล็ดและช่องทางออกเศษต้นและ
เปลือกไม่ได้เขียนแบบชิ้นส่วนไว้ เนื่องจากในการนำมาสร้างสามารถที่จะเปลี่ยนรูปร่างและขนาด
ให้เหมาะสมกับเครื่องได้ อย่างไรก็ตามที่ช่องทางออกต้องทำมุม 15° กับแนวราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ

SCALE
NO SCALE

รูปที่ 4.15 แบบประกอบชิ้นส่วน

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

5.1 บทสรุป

1. จากการทดลองและการตรวจเอกสารของผู้อื่นที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนวด ถั่วเหลือง และทฤษฎีของการนวด ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบชุดนวด ดังได้ อธิบายในหัวข้อ 4.3

2. แบบแสดงลักษณะและขนาดของชุดนวดถั่วเหลืองที่ใช้สำหรับเครื่องเกี่ยวนวด ได้ แก่ผังงานออกแบบชุดนวดและแยกทำความสะอาดถั่วเหลือง แบบรายละเอียดชิ้นส่วนต่าง ๆ และแบบการประกอบ ได้แสดงวิธีการออกแบบและแบบไว้ในหัวข้อ 4.4.1

3. ปัญหาที่เกิดขึ้น ในระหว่างการทำโครงการได้แก่

3.1 แหล่งถั่วเหลืองอยู่ไกล ทำให้การเดินทางลำบากและใช้เวลาในการ เดินทางมากการเก็บตัวอย่าง บางครั้งเก็บได้ไม่ทันเวลา และทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างเพิ่มได้

3.2 เนื่องจากเป็นงานที่ต้องเก็บตัวอย่างจำนวนมาก เพื่อให้ได้ผลทางสถิติ จำเป็นต้องใช้คนในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้เพียงพอและทันเวลา

3.3 ความไม่ชำนาญในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น การวัดค่าการนำ ไฟฟ้า การวัดอัตราการงอกของเมล็ด เป็นต้น ทำให้ต้องตัดพารามิเตอร์บางอย่างออกเนื่องจาก ผลของการทดลองมีข้อผิดพลาดมาก

5.2 บทวิจารณ์

1. โครงการนี้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาชุดนวดสำหรับเครื่องเกี่ยวนวดถั่ว เหลืองในแง่ของลำดับขั้นตอนในการออกแบบ และการทดสอบเพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้น นอกจากนี้ ยังทำให้ทราบถึงหลักการทำงานของชุดนวดและแยกทำความสะอาด

2. โครงการนี้จะมีคุณภาพดีกว่านี้หากผู้ดำเนินโครงการมีความชำนาญและเวลา เพียงพอที่จะศึกษาต่อไป เช่นการเลือกชนิดวัสดุ การถ่ายทอดและส่งกำลัง กรรมวิธีการผลิตให้ละเอียดยิ่งขึ้น รวมถึงการสร้างและทดสอบแบบที่ทำได้ทำไว้

ไม่ว่าการณ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้อเสนอแนะในการดำเนินโครงการต่อไป หลังจากที่ได้สร้างและทดสอบชุด
 นวนและแยกทำความสะดวกนี้แล้ว ควรศึกษาและออกแบบเครื่องเกี่ยวให้สัมพันธ์กับการทำงานกับ
 ชุดนวด และแยกทำความสะดวก และนำระบบเครื่องเกี่ยว ชุดนวดและระบบถ่ายทอดกำลังและ
 ต้นกำลังมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน



ภาคผนวก

A1 เครื่องนวดข้าวเหลืองที่ใช้ในการทดสอบ

1. คำนำ

เครื่องนวดที่ใช้มีขนาดเล็ก สะดวกในการเคลื่อนย้ายและใช้งานสำหรับการนวดฟ่อน ธัญพืชที่ละฟ่อน จึงเหมาะสำหรับแปลงทดลองและห้องปฏิบัติการสามารถเปลี่ยนลูกนวดได้ 2 แบบคือ

1.1 ลูกนวดแบบฟัน มีฝาครอบติดฟันไว้เช่นกัน โดยที่ฟันของลูกนวดจะวางสลับกันเยื้องอยู่กึ่งกลางฟันของฝาครอบ ทำให้เกิดการสางเมล็ดนอกเหนือจากการนวด โดยแรงที่เกิดจากความเร็วยรอบของลูกนวด ลูกนวดแบบนี้มีฟันที่หน้าตัด 2 แบบ คือหน้าตัดกลม และหน้าตัดสี่เหลี่ยม

1.2 ลูกนวดแบบครีป มีครีปซึ่งทำจากยางติดอยู่บนลูกนวดในลักษณะขนานกับแกนลูกนวด ซึ่งในการนวดจะให้แรงเฉือน ทำให้เมล็ดหลุดออกจากฝักได้

การปรับแต่ง

1. ความตึงของสายพาน

- สายพานรูปตัววี นัมเบอร์ 4L-550 จากพัดลมไปยัง pulley ขนาด 8" ของลูกนวด ให้ปรับแต่งสายพานที่ Idler pulley

- สายพานรูปตัววี นัมเบอร์ 4L-500 จากพัดลมไปยัง pulley 3" หรือ 8" ของลูกนวด ให้ปรับแต่งสายพานที่ Idler pulley

- สายพานขับเคลื่อน (4L-300, 4L-320, 4L-340 ขึ้นกับต้นกำลังและกลุ่ม pulley ที่นำมาใช้รวมกัน) การปรับแต่งให้ทวนที่ฐานมอเตอร์ออกแล้ว ยกฐานมอเตอร์ขึ้นเมื่อได้ความตึงของสายพานที่เหมาะสมแล้วจึงขันน็อตมอเตอร์ให้แน่น

2. ความเร็วของลูกนวด

เครื่องนวดจะติดตั้ง Step pulley และ pulley ขนาด 8" ที่เพลาลูกนวด การใช้สายพานรูปตัววีและ Idler pulley เพื่อสามารถเปลี่ยนความเร็วของลูกนวดให้ใช้งานได้ตามต้องการ เมื่อต้องการความเร็วลูกนวดช้าที่สุดจนไม่สามารถใช้ Step pulley

ได้แล้ว ให้ใช้ pulley ขนาด 8" ขั้นสูงของ pulley ที่เพลาลูกนวดให้ทวนแล้วเลื่อนให้ตรงไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ pulley ที่เลือกใช้บนเพลาลูกนวด ใช้สายพานรูปตัววีโยงไปยัง pulley ของนัตลม pulley ของลูกนวดและ Idler pulley ซึ่งชุดสกรูบนเพลานัตลมให้แน่น ถ้าต้องการความเร็วของลูกนวดเร็วที่สุดจนไม่สามารถใช้ Step pulley แล้วให้ใช้ pulley พิเศษขนาด 3" ติดตั้งที่เพลาลูกนวดพร้อมกับใช้สายพานรูปตัววีพิเศษ เช่นกัน

3. ลูกนวดและฝาครอบ

ลูกนวดและฝาครอบเปลี่ยนใหม่ได้ ถอดน็อต pillow block bearing ของลูกนวด แล้วขยกลูกนวดออกไป การเปลี่ยนฝาครอบให้ถอดน้ำมันแล้วใส่ฝาครอบใหม่ที่เหมาะสมกับลูกนวด ฝาครอบบานพับจะทำให้ง่ายและสะดวกรวดเร็วในการตรวจสอบห้องลูกนวด โดยไม่ต้องหยุดเครื่องนวด หลังจากหยุดเครื่องนวดแล้วสามารถจะเปิดฝาครอบออกเพื่อทำความสะอาดด้านพีชที่ฟันลูกนวดและอุดตะกอนห้องลูกนวด สามารถปรับระยะห่างระหว่างลูกนวดและฝาครอบได้

4. การแยกเมล็ดจากเศษตเีปชโดยนัตลม

ปริมาณของกระแสดลมจะควบคุม โดยการปรับ แผ่นปิดช่องทางเข้าของอากาศของนัตลม ทิศทางของกระแสดลมถูกควบคุมโดย กะบังลม ของนัตลม

A2 การสัมภาษณ์เกษตรกรในจังหวัดลพบุรี เมื่อวันที่ 24 กันยายน 2533

บทสัมภาษณ์	เกษตรกร รายที่ 1	เกษตรกร รายที่ 2
ชื่อ ที่อยู่	นายสมปอง ทับทิมน้อย อายุ 43 ปี บ.76 ม.5 ต.หัวยี่หวุ่น อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี	นายจุน ทำนวย อายุ 38 ปี บ.37 ม.6 ต.ม่วงค่อม อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี
การใช้ประโยชน์พื้นที่ใน อดีต	ปลูกฝ้ายและข้าวโพด มาก่อน	ปลูก ข้าวโพดมาก่อน
จำนวนพื้นที่ที่ใช้ปลูก	5 ไร่	10 ไร่
ผลผลิตต่อไร่	300-500 กิโลกรัมต่อไร่	250-300 กิโลกรัมต่อไร่
พันธุ์ที่ใช้ปลูก	พันธุ์เชียงใหม่ 60	พันธุ์เชียงใหม่ 60
จำนวนเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ต่อไร่	20-25 กิโลกรัมต่อไร่ (เกษตรกรจังหวัดบอกลให้ใช้ 7 กิโลกรัมต่อไร่)	30 กิโลกรัมต่อไร่
ราคาถั่วที่ขายได้ (ต่อกิโลกรัม)	7-9.50 บาท ต่อกิโลกรัม ถ้าคิดเป็น ถึง ๆ ละ 160 บาท	8-9 บาทต่อกิโลกรัม
ฤดูปลูก	ปลูกเฉพาะต้นฤดูฝนอย่างเดียว ฤดูอื่นปลูกไม่ได้เพราะไม่มีน้ำ	ปลูกตอนฤดูฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสัมภาษณ์	เกษตรกร รายที่ 1	เกษตรกร รายที่ 2
วิธีการเตรียมดิน	1. ลงพรวน 3 ไถตะไปก่อน ลึกประมาณ 3 in 2. ตามด้วยพรวน 7 ไถแปรลึก 3 in	1. ลงพรวน 3 ไถตะ 1 ที่ 2. ลงพรวน 7 ไถแปร
วิธีการหยอด	การหยอดต้องรอให้ฝนตก และดูสภาพของดิน พอดินเปียกและเมื่อรถหยอดเมล็ดวิ่งแล้วไม่ติดจึงทำการหยอด แต่การหยอดจะจ้างคนอื่น ค่าจ้างไร่ละ 45 บาท	การหยอดจะใช้รถหยอดก็ได้ แต่ต้องจ้างคนอื่นทำที่หยอดเองใช้คน 2 คน ใช้รถไถนาเล็กขนาด 8HP เวลาหยอดใช้ 2 พานไถลงไปลึก 2-3 cm หยอดแล้วกลบ การไถไม่ควรไถลึกเกินไปจะทำให้เมล็ดไม่งอก
วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์	เวลาทำไม่ค่อยมีการเตรียมเท่าไร แต่ถ้าจะทำก็จะเอาไปคลุกโรโซเบียม แต่การคลุกไม่มีผลอะไรมากนัก จึงไม่ค่อยได้ทำ	ใช้วิธีคลุกโรโซเบียม ก่อนปลูกก็ได้ ใช้ 1 ถุง ต่อ 1 ถึง (15 kg)
การเลือกเมล็ดพันธุ์	1. ใช้วิธีกำเมล็ดพันธุ์ไว้ในน้ำ ร่อนเปลือก ย่น ถ้ามีเมล็ดที่เปลือกหนาแสดงว่าเมล็ดพันธุ์ชนิดนี้มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง 2. ดูที่ตาของเมล็ดถั่ว จะต้องมีลักษณะที่ดีคือ ตาต้องไม่ลึบ ต้องอวบใหญ่	ไม่ค่อยเลือกมากเท่าไร
ข้อดีพันธุ์เชียงใหม่ 60	1. เปอร์เซ็นต์การงอกสูง 2. ไม่มีปัญหาฝักแตก 3. ต้านทานโรคดี	1. ให้ผลผลิตสูง 2. ต้านทานโรคดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสัมภาษณ์	เกษตรกร รายที่ 1	เกษตรกร รายที่ 2
ข้อเสีย	ชั้นยาก	-
ใช้การหยอดหรือหว่าน	ใช้วิธีหยอดอย่างเดียว แบบหว่านไม่เคยทำการหยอด ถ้าหยอดได้ต้นยังดี ที่ทำอยู่ตอนนี้หยอดลึกประมาณ 10 cm แต่ถ้าหยอดได้ 5 cm ได้ยิ่งดีใหญ่ แต่ทำไต่ยาก	ใช้หยอด แบบหว่านไม่เคยทำ มันช้า ถ้าใช้รถหยอดจะได้ 5 ไร่ต่อวัน
ระยะห่างระหว่างแถวหรือร่อง	ระยะห่างระหว่างแถวประมาณ 40 cm ส่วนระยะห่างระหว่างต้นจะติดกัน ไปเลย เพื่อไม่ให้เสียเนื้อที่	ระยะห่างระหว่างต้นจะไม่จำกัด อาจถี่ก็ได้ (ถ้าใช้ผานหลายผาน) ระยะระหว่างร่องแถว 40 cm
ระยะเวลาในการงอก	ประมาณ 3 วัน เมล็ดจะงอกโผล่ออกมาให้เห็น	ใช้เวลา 3 วัน
สภาพอากาศที่ปลูก	ถั่วเหลืองชอบอากาศชื้น ถ้าต้นถั่วแข็งแรงดี น้ำท่วมชงก็ไม่เป็นไร อยู่ได้ประมาณ 7 วัน	ชอบอากาศชื้น มีฝนลง
ชนิดของศัตรูพืชและการกำจัด	1. เพลี้ย ใช้ยาไมโตฟอส 2. หนอนเจาะ ใช้ยาไธทอย ซิมบุซ 3. เชื้อรา ใช้ปูนขาวโรยกันไว้ก่อน ถ้าราเกิดแล้วจะแก้ไม่หายต้องถอนทิ้งอย่างเดียว	ฉีดยาฆ่าแมลง 1 ครั้งต่ออาทิตย์ หรือ 15 วันครั้งก็ได้ ถ้ามีหนอนกวน ต้องฉีดบ่อย ศัตรูพืชมีหนอนกินใบ หนอนม้วนใบ หนอนเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะกรณีของหน่วยงานเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การเงิน การธนาคาร หรือการอื่นใดที่มิได้ระบุไว้ข้างต้น หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานต้นสังกัด ถือว่าผิดกฎหมาย และต้องรับผิดชอบต่อผลกระทบที่เกิดขึ้น

บทสัมภาษณ์	เกษตรกร รายที่ 1	เกษตรกร รายที่ 2
		ฝักต้องใช้ยาฆ่าลัน (Monocrotophos) 1 ขวด ใช้ได้ 10 ไร่ (100 cc)
การดูแล	1. หว่านปุ๋ย 2. ใส่ Hormone	ใส่ปุ๋ย Hormone ชื่อ เอ.บี โโมน (A.B. MONE)
ช่วงการเก็บเกี่ยว	จะเก็บราว ๆ เดือนกันยายน-ตุลาคม หรือ ช่วงต้นเดือนตุลาคม สภาพก่อนการเก็บเกี่ยว นั้น ใบจะร่วงหมด แท่งมีสีเหมือนฟาง	เดือน กันยายน ที่ปลูกนี้ปลูกมา ตั้งแต่ต้นกันยายน พอช่วงปลาย กรกฎาคม จะออกดอก และหลังจากนั้น 7 วันจะติดฝัก ดอกจะไม่ค่อยร่วงนอกจากโดนหนอนกัด อย่างเดียว ฝักจะโตช้ากว่าเมล็ด ใช้เวลา 1 เดือน (นับจากออกดอก) เมื่อฝักสุกแล้ว จะรอจนแห้ง จึงเกี่ยว ถ้าฝนตกเกี่ยวไม่ได้ เพราะเมื่อเกี่ยวมาแล้วจะไม่มีแดดให้ตาก
วิธีการเก็บเกี่ยว	จะใช้เคียว บางทีก็ถอนทั้งต้น แต่มีข้อเสีย คือ ดินจะติดมากับราก 1 ไร่จะใช้คน 1 คน แต่จะจ้างคนอื่นเกี่ยวมากกว่า	จะใช้เคียว การตัดต้องตัดตั้ง แต่โคนเพราะจะทำให้ฝักไม่ไม่ค่อยหล่น ถ้าเป็นพันธุ์ OCB เมื่อฝักแก่แล้วจะแตกทันที ค่าจ้างในการเกี่ยว 1 คนต่อไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต ถือว่าผิดกฎหมาย และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสัมภาษณ์	เกษตรกร รายที่ 1	เกษตรกร รายที่ 2
		1 ไร่ ค่าจ้าง 100 บาทต่อวัน
การเก็บเกี่ยวก่อนจะดีหรือไม่	การเก็บเกี่ยวจะไม่ดี เนื่องจาก ผักยังสดเกินไป	ไม่ดีเพราะผักยังไม่แห้ง เมล็ดโตไม่เต็มที่
วิธีการนวด	จ้างคนอื่นนวด ค่าจ้างกระสอบละ 45-50 บาท (1 กระสอบหนัก 105-110 kg)	จ้างคนอื่นนวด ค่าจ้าง 40 บาทต่อ 1 กระสอบ (100 kg) ใช้เวลาเวดครึ่งชั่วโมง อาจน้อยกว่านี้ได้ แต่ไม่เกินไป
การสูญเสีย	ไม่ค่อยมีมากนัก นอกจากเมล็ดโดนเป่าออกไปทางปล่องพร้อมกับต้นข้าว	ส่วนใหญ่โดนเผา
ค่าใช้จ่ายต่อไร่	1500 บาทต่อไร่	750 บาทต่อไร่ (เกษตรกรจังหวัดคำนวณให้)
ราคาขายได้ต่อไร่	1 ไร่ขายได้ 3,000 บาท 5 ไร่จะได้ 16-17 กระสอบ 1 กระสอบราคา 900 บาท ถึง ๆ ละ 108-120 บาท	—
รายละเอียดค่าใช้จ่าย	1 ปุ๋ย 15-30-15 กล่องละ 45 บาท ใช้ฉีด 1 ทน แต่ต้องฉีดทั้งหมด 7 ทน 2 ยารฆ่าแมลง 100 บาทต่อไร่ 3 ยารฆ่าหญ้า 340 บาทต่อ 3 ไร่เศษ ใช้ฆ่า	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสัมภาษณ์	เกษตรกร รายที่ 1	เกษตรกร รายที่ 2
	ครึ่งเดียว 4 ค่าจ้างไถตะ 80 บาทต่อไร่ 5 ค่าไถแปร 70 บาทต่อไร่ 6 ค่าหยอด 45 บาทต่อไร่ 7 ค่าน้ำมันเบนซิน 15 ลิตรต่อ 33 ไร่ 1 ลิตร 9 บาท	-



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการผลิตถั่วเหลือง

แหล่งปลูก

ถั่วเหลืองเป็นพืชที่สามารถขึ้นได้ดีในประเทศไทย ซึ่งมีแหล่งปลูกได้แก่ จังหวัดทางภาคเหนือและภาคกลางตอนเหนือเช่น จังหวัดสุโขทัย เชียงใหม่ เพชรบูรณ์ แพร่ ลำปาง ตาก กำแพงเพชร ลพบุรี สระบุรี ส่วนในภาคกลางเช่น จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง กาญจนบุรี สุพรรณบุรี ราชบุรี ปราณบุรี ฉะเชิงเทรา และมีการขยายการปลูกไปทางภาคตะวันออกถึงเหนือ เช่น จังหวัดเลย และบางจังหวัด เช่น นครราชสีมา ชัยภูมิ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี มหาสารคาม อุดรธานี เป็นต้น ในการปลูกอาจใช้เป็นพืชหมุนเวียนกับพืชชนิดอื่นได้ เช่น ปอ เป็นต้น

การเตรียมดิน มี 2 วิธี คือ

1. ไถตะ 1 ครั้ง และ แปร 1 ครั้ง เพื่อฆ่าวัชพืช และทำแนวปลูก
2. ถ้าปลูกในดินร่วนในแปลงนาหรือปลูกตามข้าวโพด ไม่จำเป็นต้องมีการเตรียมดิน

พันธุ์ของถั่วเหลือง มีหลายพันธุ์ เช่น

1. พันธุ์ สจ.1
2. พันธุ์ สจ.2
3. พันธุ์ สจ.4
4. พันธุ์ สจ.5
5. พันธุ์สุโขทัย 1
6. พันธุ์เชียงใหม่ 60

ในการปลูกต้องเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพของดินฟ้าอากาศ

ฤดูกาลปลูก แบ่งเป็น 3 ฤดู

1. ปลูกในฤดูแล้งหลังฤดูการทำนา เริ่มเดือนธันวาคม ถึงเดือนมกราคม
2. ปลูกในต้นฤดูฝน เริ่มเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนมิถุนายน
3. ปลูกในปลายฤดูฝน เริ่มเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนสิงหาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการปลูกถั่วเหลือง สามารถสรุปเป็นรูปแบบระบบการปลูกได้ดังแสดงในรูปคือ

รูปแบบระบบการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทย

ฤดูกาลเพาะปลูก	มค. กพ. มีค. เม.ย. พค. มิ.ย. กค. สค. กย. ตค. พย. ธค.
1. ฤดูแล้ง	<---ถั่วเหลือง---> <-----ข้าว----->
2. ต้นฤดูฝน	<-----ถั่วเหลือง-----><---ถั่วเขียวผิวมัน--->
	ถั่วเขียวผิวดำ
	ข้าวฟ่าง
	ฝ้าย
3. ปลายฤดูฝน	<---ข้าวโพด---><---ถั่วเหลือง--->
	ถั่วเขียว

วิธีการปลูก

1. ในสภาพที่มีการเตรียมดินทำร่องน้ำทุก ๆ 3-5 ๓ แล้วทำแนวปลูกบนสันร่อง โดยหยอดเมล็ดให้ลึก 1-2 in ระยะระหว่างแถว 50 cm หลุมละ 4-6 เมล็ด
2. ในสภาพไม่เตรียมดิน ควรปลูกโดยการหว่าน แต่มีข้อเสียคือเมล็ดจะเสียโดยเน่าหรือแห้งตายไปประมาณครึ่งหนึ่งของเมล็ดที่ปลูก

การดูแลรักษา

1. การให้น้ำ ควรให้น้ำ 7-10 วันต่อครั้ง และการให้ไม่ควรให้น้ำขังในแปลงนานเกินไป
2. การพรวนดินและดายหญ้า ควรทำเป็นระยะ การดายหญ้าควรทำอย่างน้อย 2 ครั้ง จนกว่าต้นถั่วเริ่มออกดอกจึงหยุด ปัจจุบันมีการใช้หญ้ากำจัดวัชพืชแล้ว
3. การบำรุงดิน ปุ๋ยที่ใช้ควรใช้ปุ๋ยอัตราส่วน 1:3:2 ใส่ในอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บเกี่ยวและการนวด

การพิจารณาในการเก็บเกี่ยว โดยสังเกตจากสีของผิว ถ้าเปลี่ยนสีจากสีเขียวไปเป็นสีฟาง แสดงว่าฝักแก่แล้วก็เริ่มทำการเก็บเกี่ยวได้

วิธีการเก็บเกี่ยว โดยตัดที่โคนต้น นำมามัดเป็นพ่อนแล้วกองทิ้งไว้ จนใบเหลืองร่วง ถ้ายังไม่พร้อมนวดนำไปเก็บไว้ในโรงเรือน

การนวด ทำได้หลายวิธี เช่น การฟาดข้างพ่อน ใช้แทรกเตอร์กับ แต่ปัจจุบันได้มีการนำเครื่องนวดออกมาใช้ ซึ่งทำงานได้รวดเร็ว และไม่เสียเวลา

การตากและการเก็บรักษา

หลังจากนวด ควรทำความสะอาดเมล็ดและนำเมล็ดไปเกลี่ยตากบนลานคอนกรีต ไม่ควรนำไปตากบนดินที่ขึ้น ในฤดูแล้งตากไว้ 5-7 แดด เมล็ดจะมีความชื้นประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ แต่ในฤดูฝนควรผึ่งเมล็ดไว้ในที่ร่ม เกลี่ยเมล็ดให้ถูกลมอย่างสม่ำเสมอ

ข้อควรคำนึงในการเก็บ

1. การป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูเมล็ดพันธุ์ โดยการรมยา Phostoxin
2. เมล็ดที่เก็บอาจมีความชื้นเปลี่ยนแปลงได้จากการดูดความชื้นบริเวณอากาศรอบๆ

จึงควรนำเมล็ดออกผึ่งแดดเป็นครั้งคราว

3. ไม่ควรวางเมล็ดบนพื้นดินหรือซีเมนต์โดยตรง

ประโยชน์ถั่วเหลือง

1. แปรรูปเป็นอาหาร เช่น ถั่วงอก เต้าหู้ เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว เนยถั่วเหลือง
2. สกัดเอาน้ำมัน มาประกอบอาหาร ใช้ในอุตสาหกรรมทำสบู่ ฝ้าน้ำมัน หมักพิมพ์ ยา
3. เมล็ดที่อัดหรือเอาน้ำมันออกแล้ว ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมเกษตรนี้ได้รับส่งลงด้วยความเรียบร้อย ทั้งนี้ด้วยความ
อนุเคราะห์จากผู้ที่ได้ช่วยเหลือทั้งทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ซึ่ง
เป็นผลให้โครงการประสบความสำเร็จได้ ดังจะขอกล่าวนามดังนี้ เจ้าหน้าที่ภาควิชา
อุตสาหกรรมเกษตรที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ การวิเคราะห์คุณภาพ พืชพันธ์ที่ได้ช่วยอย่าง
มากในการพิมพ์ปฏิทินฉบับนี้ และที่สำคัญคือ อ.ปานแก้ว สิริสมบูรณ์ อ.วรรณา ตั้งเจริญชัย
ขอให้ความดีทั้งหลายคลอเคล้าให้ท่านผู้มีพระคุณทุกท่าน ประสบแต่ความสุข ความเจริญทุกท่านไป



เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มโรงงานเกษตรพัฒนา, "คู่มือการใช้เครื่องนวดข้าวเกษตรพัฒนา", กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาเกษตร, 2523, หน้า 31-32.
2. คณะปฏิบัติงานโครงการ กร.อ ในการส่งเสริมการผลิตและจำหน่ายถั่วเหลือง, "ความรู้เกี่ยวกับถั่วเหลืองสำหรับประชาชน", 2528, 63 หน้า.
3. จารุวัฒน์ มงคลชนตรศ และสายันต์ ขาวสะอาด, "เครื่องนวดถั่วเหลือง", วารสารวิศวกรรมเกษตร, ฉบับเดือนตุลาคม-ธันวาคม, 2528, หน้า 45-52.
4. ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, "กลศาสตร์วิศวกรรม", วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคธนบุรี, 2526, 507 หน้า.
5. ช่าง ถนัดงาน และ วรวิทย์ อิงภากรณ์, "การออกแบบเครื่องจักรกล" บริษัทเอนิเคอเคชั่น จำกัด, 2533, 354 หน้า.
6. นิศากร พลับรูการ และ สุปล ธารุรักษ์, "การปลูกถั่วเหลือง", กองส่งเสริมการเกษตร, 2529, 18 หน้า.
7. นิชัย สราญรมย์, "ความรู้พื้นฐานสำหรับการศึกษาระดับปริญญาตรี", 2528, หน้า 153-159.
8. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องนวดถั่วเหลือง (STANDARD FOR SOYBEAN THRESHER)", กระทรวงเกษตร-อุตสาหกรรม, 2533, 15 หน้า.
9. สุรินทร์ พงษ์ศุภสมิทธิ, "เทคโนโลยีการออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร-ไถพรวนและล้อเหล็กสำหรับรถไถเดินตาม", การประชุมวิชาการเทคโนโลยี สำหรับการพัฒนาระบบครั้งที่ 5, ภาควิชาเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533, 15 หน้า.
10. ศูนย์สถิติการเกษตร, "สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2531/2532", สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2532, 166 หน้า.
11. A.E. Ghaly, "A Stationary Threshing Machine: Design, Construction and Performance Evaluation", J. AMA., Vol.16, No.3, 1985,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

pp. 19-40.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. A.G Berlge, D.M Bilsland and P.M Holman, "Belt Thresher with Adjustable Threshing Action", Trans. of ASAE, Vol.29, No.2, 1986, pp.413-415.
13. B. Vander Weerd and G.J. Doelman, "Shelling Dwarf Bean Seed with a Friction Shellor", Zaadbelangen, Vol.34, No.4, 1981, pp.70-72.
14. Bachchan Singh, K.N Singh and J.N Mishra, "Combine Operation for Minimum Losses", Department of Agricultural Engineering, College of Technology Govind Ballabh Pant University of Agriculture & Technology PANTNAGAR, Distt NAINITAL, 1975, pp.38-39.
15. D.F Grabe, "Report of the Seed Moisture Committee 1983-1986," J. Seed Science & Technology, 1987, pp.418-462.
16. G.E Thierstein and O.P Singhal, "Development of an Axial-Flow Thresher with Multi-Crop Potential" J.AMA, Vol.18, No3, 1987, pp.57-65.
17. Gerarge H.Martin, "Kinematics and Dynamics of Machine," Mc. Graw-Hill International Book Company, 492 p., 1982.
18. Japan Machinery Exports' Association, "Japan Agriculture Machinery & Engines", 1989, pp.73.
19. J.S Panwar and S.K Tandon, "Status of Mechanization of Harvesting and Threshing of Soybean in India," J.AMA., Vol.20, No.1, 1989, pp.55-60.
20. M.A Siddique and P.B Goodwin, "Conductivity Measurements on Single Seeds to Predict the Germination of French bean", J. Seed Science & Technology, 1988, pp.643-652.
21. N.N. Moshenin, "Physical Properties of Plant and Animal Materials", 1968, pp.1-100.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Materials", Gordon and Breach Science Publishers, Inc.

New York, USA., 1989, pp.495-541

22. International Seed Testing Association, "Moisture Content ", J. Seed Science and Technology, International Rule of Seed Testing 1985", Vol.13, No.2, 1985, pp.338-341.
23. Takao Sugiyama and Tomohiko Ichikawa, "Development of a New Combine Equipped with Screw Type Threshing and Separating Mechanisms", J.IARQ, Vol.20, No.1, 1986, pp.31-36.
24. V.Dyachkov and A.Spivakavsky, "Conveying Machine Volume 2", MIR Publishers Moscow, 1985, pp. 1 - 206.

