

การศึกษาปัจจัยของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง

THE STUDY OF FACTORS FOR RICE SEED CLEANING MACHINE

WITH EXPERIMENTAL DESIGN METHOD

วราภรณ์ ชนะพรมา^{1*}

^{1*}สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Waraporn Chanapromma^{1*}

^{1*}Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: Waraporn.ch@uru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว และหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลอง โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง Plackett–Burman Design มากรองปัจจัยขั้นแรก ผลลัพธ์ที่ได้มี 2 ปัจจัยที่มีผลในระดับนัยสำคัญต่อความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีความชื้นที่ 12.7% คือ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว และความเร็วของแรงลม จากนั้นผู้วิจัยได้ปรับการทดลองเพื่อศึกษาถึงระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยการใช้การออกแบบและทดลองแบบ 3^k Factorial Design โดยกำหนดระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว 1.0, 3.0 และ 5.0 เซนติเมตร และความเร็วลม 21.0, 27.0 และ 32.0 เมตรต่อวินาที พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด คือ ความเร็วลม โดยที่ความเร็วลม 21 เมตรต่อวินาที จะได้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่สะอาดที่สุด จากนั้นหาค่าที่เหมาะสมจากการความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้ฟังก์ชันถดถอย ผลการทดลองพบว่า ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวจากเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้นจะต้องใช้ความกว้างของช่องปล่อยข้าวที่ 1 เซนติเมตร และความเร็วแรงลมที่ 21 เมตรต่อวินาที ถึงจะได้เมล็ดพันธุ์ที่สะอาดที่สุด ผู้วิจัยได้ทดลองซ้ำและปรับตั้งค่าที่ได้ตามค่าที่ออกแบบการทดลอง ผลที่ได้จากเครื่องทำความสะอาดจะได้เมล็ดพันธุ์ดีเฉลี่ย 18.9 กิโลกรัม จากปริมาณเมล็ดพันธุ์ดีทั้งหมด 19 กิโลกรัม

คำสำคัญ: เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว, การออกแบบการทดลอง, การทดลองแบบแฟกต์เกดเบอร์แมน

Abstract

This research aimed to study level factors for rice seed cleaning machine and find the linear relationship of factors with Plackett–Burman experiment design. The results obtained from the analysis employing the Plackett–Burman design illustrated that only two factors. The width of the rice release channel and the wind speed, had a statistically significant impact on deformation at a significant level of 0.05. Then 3^k factorial design with regression equation was consequently applied to analyze the width of the rice release channel at 1.0, 3.0, 5.0 cm and

the wind speed at 21.0, 27.0, 32.0 m/s. The optimal level of the rice release channel and the wind speed were 1.0 cm. and 21 m/s respectively. After the implementation, the rice seed cleaning machine will get an average of 18.9 kilograms of good seed from a total of 19 kilograms of good seed.

Keywords: Rice Seed Cleaning Machine, Plackett–Burman Design, Experimental Design

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร พืชเศรษฐกิจส่วนใหญ่ที่นิยมปลูกในประเทศไทย คือ ข้าว ข้าวโพด ถั่ว มันสำปะหลัง และอ้อย การเพาะปลูกข้าวของเกษตรกรจะนิยมปลูกโดยใช้เมล็ดพันธุ์ โดยเป็นเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ผ่านมา ซึ่งมีทั้งเศษฟาง เศษหญ้า เศษหิน และข้าวลีบปนอยู่ด้วย ข้าวเหล่านี้ก่อนจะนำไปทำเมล็ดพันธุ์ข้าวจะต้องทำความสะอาดเสียก่อนเพื่อให้ได้ข้าวที่มีความบริสุทธิ์ปราศจากสิ่งเจือปน ซึ่งแต่เดิมนั้นชาวนาจะใช้กระด้งและตะแกรงในการทำความสะอาด ซึ่งต้องใช้เวลาในการทำงานนาน และต้องใช้แรงงานจำนวนมาก เมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้นั้นหากมีการเจือปนของสิ่งต่างๆ เช่น ข้าววัชพืช เมล็ดหญ้า ความไม่สมบูรณ์ของเมล็ด และเมล็ดพันธุ์ข้าวต่างสายพันธุ์ การเจือปนของสิ่งเหล่านี้จะส่งผลให้การเพาะปลูกของเกษตรกรนั้นได้ผลผลิตที่น้อยลง (ณฤตล อนุรัตน์ และวรวรรณ นกน้อย, 2559) ข้าววัชพืชหรือวัชพืชต่างๆ มีผลในส่วนของอาการเจริญเติบโตของต้นข้าว ทำให้การเจริญเติบโตของต้นข้าวนั้นไม่สม่ำเสมอและไม่สมบูรณ์ โดยพรชัย เหลืองอาภาพงศ์ (2540) ได้ทำการศึกษา พบวัชพืชที่มีในรายงานวัชพืชของประเทศไทยมีวัชพืชในนาข้าวที่จัดว่าเป็นวัชพืชร้ายแรง คือ หญ้าข้าวนก หญ้านกสีชมพู ถั่วผี และหญ้าข้าวผี (*Oryza rufipogon* Griff) การดูแลรักษาลำบากจะทำให้เกิดโรคระบาดในข้าวได้ง่าย และหากเมล็ดข้าวพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์หรือเมล็ดพันธุ์ที่เสียหายที่เกิดจากการเก็บเกี่ยว หรือการเก็บรักษาที่มีความชื้นมากกว่าหรือน้อยกว่า 14% ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551 ระบุข้อกำหนดมาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว (กรมการค้าข้าว, 2561) ก่อนนำมาเป็นข้าวพันธุ์นั้นทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าว ด้วยยุคสมัยที่เปลี่ยนไปทำให้เกิดนวัตกรรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกมากมาย ส่งผลให้มีการประดิษฐ์คิดค้น ผลิต และจำหน่ายเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์หลายรูปแบบด้วยกัน ขึ้นอยู่กับขนาด ราคา และวิธีการใช้งาน เช่น การออกแบบรางลำเลียงเมล็ดพันธุ์ด้วยองศาที่แตกต่างต่อการสีหรือของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ (Camacho, J. et al., 2007) โดยการศึกษาความเร็วลมที่เหมาะสมในการเป่าสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าว (รพีพรรณ เหล็กหมื่นไวย, 2562) และมีตัวแปรหลายตัวแปรในการสร้างและออกแบบเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ให้ปรับและตั้งค่าได้อย่างเหมาะสม การใช้วิธีของการออกแบบการทดลอง Plackett–Burman มาใช้ในการกรองปัจจัย และการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลมาใช้ในการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมเป็นวิธีการที่ประหยัดเวลา (วิทยา สุมะลี และระพี กาญจนะ, 2561) การออกแบบการทดลองนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Plackett และ Burman ในปี ค.ศ. 1946 เพื่อใช้คัดเลือกปัจจัยออกบางส่วน

(Screening Factors) เพื่อลดจำนวนปัจจัยลงเหลือเฉพาะ (ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, 2551) ด้วยหลักการออกแบบเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สร้างขึ้นมีลักษณะการทำงาน ด้วยวิธีการปล่อยข้าวตามแรงโน้มถ่วงและมีใบพัดลมช่วยเป่าพัดพาฝุ่นละอองออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้น ในการที่จะได้ข้าวปราศจากฝุ่นเมล็ดพันธุ์ข้าวมีการตกกระทบและเมล็ดข้าวดีบางส่วนได้ถูกพัดพาออกไปด้วย และยังมีปัจจัยมากมายที่ต้องศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ผู้วิจัย จึงต้องการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวและหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้น ของปัจจัยจากการออกแบบการทดลองเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวและ หาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลอง

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 การทดลองความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าวกับเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ใช้พันธุ์ข้าว ที่เพาะปลูกทั่วไปของอำเภอพิชัย และอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ แต่ละครั้งจะใช้ข้าวสุ่มหยิบ ทำซ้ำจำนวน 3-4 ครั้ง

3.2 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนทำการทดลองนำเข้าเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว กำหนดเปอร์เซ็นต์ไว้ไม่เกิน 14%

3.3 ปัจจัยที่ทดลองเป็นค่าที่สามารถปรับค่าได้ เช่น ความกว้างช่องปล่อยข้าว แรงลม องศาของแท่นรับข้าว น้ำหนักข้าวที่ทำการทดสอบ

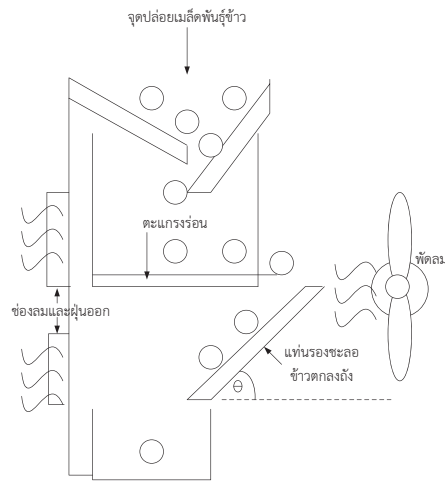
3.4 ใช้วิธีการออกแบบการทดลองที่ 3 ระดับ สูง กลาง ต่ำ หรือการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3^k Level

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุอุปกรณ์

4.1.1 เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว

เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวนี้สามารถกำจัดเศษฝุ่น วัชพืช และฝุ่นออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวให้มากที่สุด ฝุ่นแรงได้มากกว่าฝัดโดยการใช้มือ ภาพที่ 1 เป็นการจำลองการทำงานของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยข้อดีของเครื่องที่เห็นได้ชัด คือ เป็นเครื่องที่ต้องมีฝุ่นฟุ้งน้อยที่สุด โดยปัจจัยที่หาความสัมพันธ์และสามารถปรับค่าได้เบื้องต้น คือ ความเร็วของตะแกรงร่อน ขนาดพัดลม จำนวนพัดลม และองศาของแท่นชะลอข้าวตกลงถึง



ภาพที่ 1 จำลองการทำงาน และเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่จะศึกษาปัจจัยความสัมพันธ์

4.1.2 การเตรียมตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว

กำหนดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยวัดค่าความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านเครื่อง Rice Moisture Tester โดยกำหนดไว้ไม่เกิน 14% ในงานวิจัยเป็นข้าวพันธุ์ กข ที่มีความชื้น 12.7% โดยประมาณ ชั่งน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนการทดลองโดยใส่เมล็ดพันธุ์ดีและเศษวัชพืช เมล็ดพันธุ์ลีบ โดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักข้าวที่จะทำการทดลอง

เมล็ดพันธุ์ดี (กิโลกรัม)	เมล็ดพันธุ์ลีบ (กิโลกรัม)	น้ำหนักรวม (กิโลกรัม)
14	1	15
24	1	25

หมายเหตุ: เมล็ดพันธุ์ลีบ คือ ข้าวไม่เต็มเมล็ด หรือแกลบ

4.2 วิธีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการของ Plackett-Burman Design เพื่อกรองข้อมูลโดยมีปัจจัยที่ทำการทดลอง 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ กระทำการทดลอง 2 ซ้ำ รวมการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 24 ครั้ง โดยมีปัจจัยและระดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยและระดับที่ทำการทดลองเพื่อกรองข้อมูล

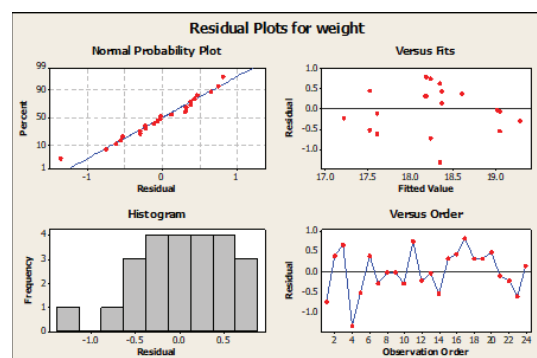
ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		ระดับต่ำ	ระดับสูง	
ความกว้างของช่องปล่อยข้าว	A	2	5	เซนติเมตร
น้ำหนักของวัตถุดิบที่ปล่อยไปในปล่องต่อครั้ง	B	15	25	กิโลกรัม
องศาของแท่นรองข้าว	C	45	60	องศา
ตะแกรงรองข้าว	D	ไม่มี	มี	-
ความเร็วลม	E	21	32	เมตร/วินาที

5. ผลการทดลอง

5.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับการทดลองเพื่อกรองปัจจัย

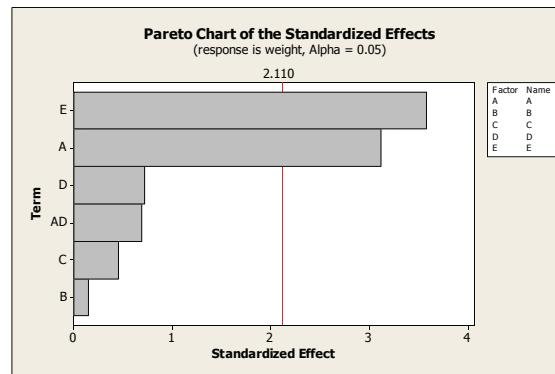
จากการใช้เทคนิคการกรองข้อมูลแบบ Plankett-Burman Design ทำให้สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยทั้งหมด โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลอยู่ใกล้เคียงกับเส้นปกติ สามารถอนุมานได้ว่าข้อมูลนี้มีความเหมาะสม ข้อมูลจากกราฟ Versus Fitted Value เป็นการตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยดูจากการกระจายของจุดที่แทนข้อมูล ซึ่งจากลักษณะของกราฟสามารถอธิบายได้ว่า มีการกระจายอย่างเป็นอิสระต่อกัน ข้อมูลจากกราฟ Histogram จะแสดงในลักษณะของระฆังคว่ำ สามารถประมาณได้ว่า มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบปกติ ข้อมูลจากกราฟ Versus Order เป็นการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability) โดยใช้แผนภูมิกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ซึ่งพบว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวสม่ำเสมอทั้งทางบวกและทางลบ แสดงว่าข้อมูลมีความเป็นเสถียรภาพ

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	5	8.6854	8.82966	1.76593	4.76	0.007
ความกว้าง	1	3.6038	3.60375	3.60375	9.71	0.006
น้ำหนักข้าว	1	0.0704	0.00778	0.00778	0.02	0.887
องศา	1	0.2204	0.07683	0.07683	0.21	0.655
ตะแกรง	1	0.0204	0.19003	0.19003	0.51	0.484
แรงลม	1	4.7704	4.75063	4.75063	12.80	0.002
2-Way Interactions	1	0.1736	0.17361	0.17361	0.47	0.503
ความกว้าง*ตะแกรง	1	0.1736	0.17361	0.17361	0.47	0.503
Residual Error	17	6.3106	6.31056	0.37121		
Lack of Fit	5	2.2656	2.26556	0.45311	1.34	0.311
Pure Error	12	4.0450	4.04500	0.33708		



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ภาพที่ 4 Residual Plots for น้ำหนักข้าวที่ได้



ภาพที่ 5 Pareto Chart ของน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวดี

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักข้าวดีที่ได้หลังจากทดลองผ่านเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยโปรแกรมทางสถิติ ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่ามีอยู่ 2 ค่า ที่น้อยกว่าค่า P-Value คือ ปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักพันธุ์ข้าว คือ ความกว้างของช่องปล่อยข้าว (A) และความเร็วของแรงลม (E) สามารถดูแผนภูมิพาเรโตในภาพที่ 5 ประกอบเพื่อดูผลความสัมพันธ์ นั้นหมายความว่า ปัจจัยความกว้างช่องปล่อยข้าวกับความเร็วลม มีอิทธิพลที่ส่งผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน หมายความว่าทั้งสองปัจจัยต่างก็มีผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นนำผลการทดลองที่ได้มาศึกษาในระดับปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุด

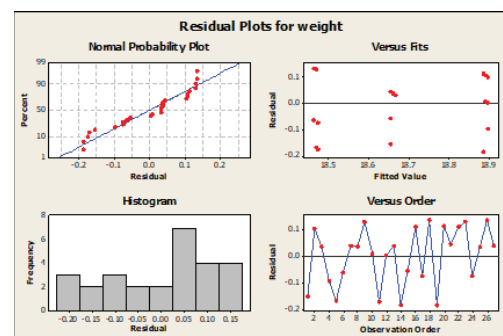
5.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับการทดลองเพื่อศึกษาระดับตัวแปร

Analysis of Variance for น้ำหนักข้าวดี

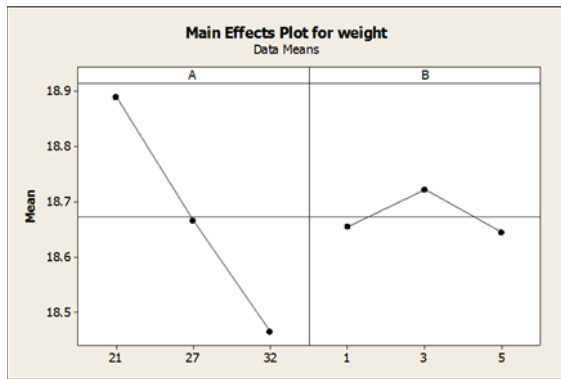
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
แรงลม (A)	2	0.80296	0.80296	0.40148	36.13	0.000
ความกว้าง (B)	2	0.03185	0.03185	0.01593	1.43	0.264
แรงลม (A) * ความกว้าง (B)	4	0.07704	0.07704	0.01926	1.73	0.187
Error	18	0.20000	0.20000	0.01111		
Total	26	1.11185				

S = 0.105409 R-Sq = 82.01% R-Sq(adj) = 74.02%

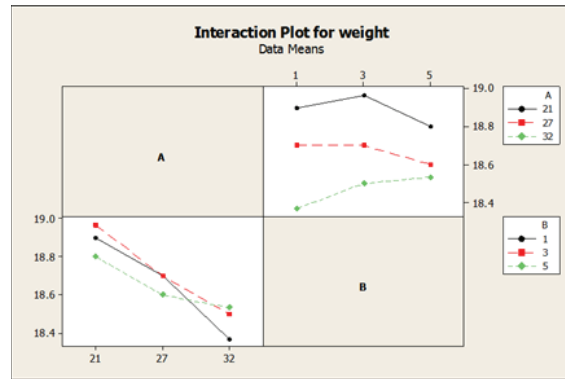
ภาพที่ 6 วิเคราะห์ความเป็นปกติของข้อมูล



ภาพที่ 7 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ของปัจจัยแรงลม



ภาพที่ 9 กราฟแสดงอิทธิพลร่วมแต่ละคู่ของปัจจัยและความกว้างช่องปล่อยข้าว

ตัวแปรที่นำมาทดลองซ้ำเพื่อดูความสัมพันธ์ของตัวแปร ผู้วิจัยใช้ระดับปัจจัยที่ 3 ระดับ กระทำ 3 รอบซ้ำ การทดลองทั้งหมด 27 ครั้ง สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังภาพที่ 6 และ 7 จะเห็นว่าปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักข้าวที่ดีได้ คือ แรงลม (A) มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 นั้นหมายความว่า ปัจจัยแรงลมเท่านั้นที่มีผลโดยตรงกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ และเมื่อพิจารณาผลความสัมพันธ์ในกราฟ ความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักในภาพที่ 8 จะเห็นว่าปัจจัยแรงลมเมื่อใช้ความเร็วลมน้อยจะส่งผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวมากที่สุด และปัจจัยช่องปล่อยข้าว เส้นกราฟขึ้นชันไม่มาก จึงสรุปได้ว่าปัจจัยนี้ไม่ส่งผลกับความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าว และในภาพที่ 9 อิทธิพลร่วมของปัจจัยระหว่างความเร็วลมกับความกว้างช่องปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นไม่มีผลต่อความสะอาดของเมล็ดพันธุ์ข้าว

6. สรุปผล

จากวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวและหาค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยจากการออกแบบการทดลอง จากเครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นมีปัจจัยที่อาจมีผลกับการทดลอง ดังนี้ ความกว้างช่องปล่อยข้าว น้ำหนักของวัตถุดิบที่ปล่อยไปในปล่องต่อครั้ง องศาของแท่นรองข้าว ตะแกรงรองข้าว และความเร็วลม จึงทำการกรองปัจจัยขั้นต้นโดยพบว่า ความกว้างของช่องปล่อยข้าวและความเร็วลม มีผลมากที่สุด จากนั้นทดลองซ้ำเพื่อดูความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ดี คือ ความเร็วลม และหาค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยด้วยฟังก์ชันของสมการถดถอย โดยสมการการทำนายระดับค่าที่เหมาะสมในรูปของปัจจัยต่างๆ เพื่อที่จะใช้พยากรณ์ค่าที่ปรับตั้งค่าให้ได้เมล็ดพันธุ์ข้าวสะอาดเป็นไปตามที่ต้องการได้ดังสมการที่ (1)

$$\text{น้ำหนักเมล็ดพันธุ์ข้าวดี} = 19.7 - 0.0383 \times \text{ความเร็วลม} - 0.0028 \times \text{ความกว้างช่องปล่อยข้าว} \quad (1)$$

และนำข้อมูลไปทดลองจริง โดยทำการทดลองทั้งหมด 10 รอบ เพื่อยืนยันความถูกต้องของสมการ ทำให้พบว่า เมื่อแทนค่าความเร็วลมที่ 21 เมตรต่อวินาที และความกว้างช่องที่ 1 เซนติเมตร จะได้จำนวน เมล็ดพันธุ์ข้าวที่สะอาดมากที่สุด เท่ากับ 18.9 กิโลกรัม จากปริมาณเมล็ดพันธุ์ดีทั้งหมด 19 กิโลกรัม

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมการค้าข้าว. (2561). เมล็ดพันธุ์และการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว. สืบค้น 15 ตุลาคม 2561, จาก <http://www.rice-thailand.go.th/rkb/seed/index.php-file=content.php&id=3.html>
- ณฤตล ผนูรัตน์ และวรวรรณ นกน้อย. (2559). การศึกษาและพัฒนาเครื่องคัดข้าวพันธุ์คุณภาพสำหรับโรงสีสำหรับชุมชน (รายงานการวิจัย). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551). การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง. กรุงเทพฯ: ท็อป.
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. (2540). วัชพืชศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไร่เขียว.
- รพีพรรณ เหล็กหมื่นไวย. (2562). การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าวในครัวเรือน. วารสารบริหารธุรกิจอุตสาหกรรม, 1(2), 36–46.
- วิทยา สุมะลิ และระพี กาญจนะ. (2561). การลดของเสียในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 25(1), 156–165.
- Camacho, J., Lewis, R., and Dwyer-Joyce, R. S. (2007). Wear of a chute in a rice sorting machine. *Wear*, 263(1–6), 65–73.