

เครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดหน่อไม้ไผ่ตง

ศุภโชค แสงสว่าง^{1*} บัณฑิต สุขสวัสดิ์² และ จักรพันธ์ เกาทอง¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดหน่อไม้ไผ่ตง (เพื่อแก้ปัญหาการผลิตหน่อไม้สดเพื่อจำหน่ายของเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและลดต้นทุนในการผลิต) ตัวเครื่องประกอบด้วยส่วนการทำงาน 3 ส่วน คือ ส่วนลำเลียงหน่อไม้เข้าสู่เครื่อง ส่วนทำความสะอาด และส่วนการคัดขนาด โดยทั้ง 3 ส่วนทำงานสัมพันธ์ต่อเนื่องกันไป จากการทดสอบพบว่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของหน่อไม้ขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วนของความเร็วรอบของแปรงขัดทั้งสองและความเร็วรอบของแปรงในส่วนทำความสะอาด โดยมีค่าสูงสุดเมื่ออัตราส่วนความเร็วรอบของแปรงขัดทั้งสองเท่ากับ 3.2 : 1 และความเร็ว

รอบของแปรงขัดทั้งสองเท่ากับ 543.74 และ 169.92 รอบต่อนาทีตามลำดับ ผลการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องพบว่า อัตราการทำงานของเครื่องเท่ากับ 662.59 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความถูกต้องในการคัดขนาด 75.24% เปอร์เซ็นต์ความสะอาด 96.33% ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ 1.94 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์พบว่าค่าใช้จ่ายในการทำงานด้วยเครื่องเท่ากับ 0.08 บาทต่อกิโลกรัม การใช้งานค้มน้ำมันที่ 127.64 ชั่วโมงต่อปี และระยะเวลาค้มน้ำมันเท่ากับ 15.99 เดือน สำหรับการทำงาน 150 วันต่อปี ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง

คำสำคัญ: การทำความสะอาด การคัดขนาด หน่อไม้ไผ่ตง

¹ อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตเครื่องจักรกลอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0-3721-7327 อีเมล: supachokes@hotmail.com



Sweet Bamboo Shoot Cleaning and Sizing Machine

Supachoke Saengswarn^{1*} Bandit Suksawat² and Chakaphan Ngaouwthong¹

Abstract

The objective of this research was to design and construct sweet bamboo shoots cleaning and sizing machine to solve the production problems, increase its performance and reduce the production costs. The machine was divided into 3 parts; conveying, cleaning and sizing. All parts can operate concurrently. It was found that the cleaning percentage depended on the revolution speed ratio of a couple of brushes and that of the cleaning ones. The highest cleaning percentage appeared when the revolution speed ratio of brushes was rated at 3.2 : 1 and that of the couple

of brushes was at 543.74 and 169.92 rpm . The result of performance testing revealed that the working rate of the machine was at 662.59 kg/hr, 75.24% for sizing correction and 96.33% for cleaning percentage, including electricity consumption at 1.94 kW-hr. Moreover, economic analysis results showed that the working cost was rated at 0.08 baht/kg, with the break even point and break even time of 127.64 hrs/year and 15.99 months, respectively, for 150 work days/year and 6 work hours/day.

Keywords: Cleaning, Sizing, Sweet Bamboo Shoot

¹ Lecturer, Department of Design and Production Technology of Agricultural Industry, Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok.

² Assistant Professor, Department of Teacher Training in Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

* Corresponding Author, Tel. 0-3721-7327, E-mail: supachokes@hotmail.com

1. บทนำ

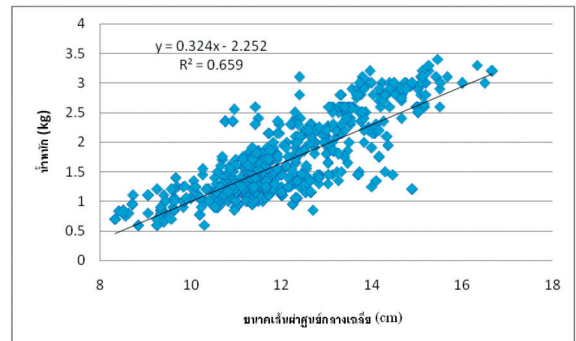
หน่อไม้ไผ่ตง นับเป็นพืชเศรษฐกิจหลักประเภทหนึ่งของประเทศโดยเฉพาะในจังหวัดปราจีนบุรี ทำรายได้ให้กับเกษตรกรในจังหวัดอย่างสูง ในปี พ.ศ. 2550 มีพื้นที่ปลูกทั้งหมดภายในจังหวัด 46,196 ไร่ ได้ผลผลิต 76,321 ตัน ทำรายได้ไม่ต่ำกว่า 500 ล้านบาท [1] ในด้านการผลิตส่วนใหญ่นิยมผลิตในรูปหน่อไม้สดส่งขายให้กับพ่อค้าคนกลาง โดยพ่อค้าคนกลางจะเหมาซื้อทั้งสวนในราคาต่ำเพราะเป็นราคาแบบเหมารวมหลายขนาด ภายหลังการเก็บเกี่ยวหน่อไม้จะถูกทำความสะอาด โดยการขัดขนหน่อไม้ออกให้หมด ล้างทำความสะอาด แขน้ำยาฟอกขาว คัดขนาด แล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติกใส เพื่อส่งขายต่อไปจากที่กล่าวมาแล้วพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่มีรายได้จากการผลิตหน่อไม้ไม่สูงนัก เนื่องจากการพบกับความยุ่งยากในขั้นตอนกระบวนการผลิตก่อนส่งขาย เพราะต้องใช้แรงงานคนจำนวนมาก ซึ่งอาจไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการสร้างเครื่องมือช่วยในการผลิตหน่อไม้สดให้ผลิตได้เร็วขึ้น ใช้แรงงานน้อย ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถผลิตหน่อไม้และส่งขายเองได้ ทำให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยเรื่องทำความสะอาดและคัดขนาดหน่อไม้ไผ่ตงนี้

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน คือ การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการออกแบบ การออกแบบเครื่องต้นแบบ และการทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ

2.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการออกแบบ

2.1.1 การศึกษาข้อมูลทางกายภาพของหน่อไม้ไผ่ตง ผู้วิจัยได้สุ่มวัดขนาดและน้ำหนักของหน่อไม้ไผ่ตงสดก่อนการทำความสะอาดภายในจังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 872 หน่อ โดยแบ่งหน่อไม้เป็น 3 ขนาด ตามมาตรฐานของชาวบ้าน ได้แก่ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ซึ่งจะได้ข้อมูลดังตารางที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ยกับน้ำหนักของหน่อไม้

ตารางที่ 1 ขนาดและน้ำหนักของหน่อไม้ไผ่ตงที่ได้จากการสุ่มวัด

ค่าที่พิจารณา	หน่อไม้ขนาดเล็ก	หน่อไม้ขนาดกลาง	หน่อไม้ขนาดใหญ่
น้ำหนักเฉลี่ย (kg)	1.00	1.32	2.27
เส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ย (cm)	10.26	11.61	13.13
ความสูงเฉลี่ย (cm)	35.70	39.20	42.86
ความยาวเฉลี่ย (cm)	38.37	42.92	47.14

ตารางที่ 2 ช่วงของขนาดและน้ำหนักของหน่อไม้ไผ่ตงตามขนาดต่างๆ

ค่าที่พิจารณา	หน่อไม้ขนาดเล็ก	หน่อไม้ขนาดกลาง	หน่อไม้ขนาดใหญ่
น้ำหนัก (kg)	0.60 - 1.10	1.11 - 1.50	1.51 - 3.40
เส้นผ่าศูนย์กลางโคน (cm)	8.33 - 12.77	9.26 - 14.90	10.66 - 16.67
ความสูง (cm)	20.00 - 48.00	15.00 - 60.00	23.00 - 68.00
ความยาว (cm)	23.00 - 50.00	30.00 - 61.00	30.00 - 70.00

จากการเก็บข้อมูลวัดขนาดหน่อไม้ 872 หน่อ โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ยและชั่งน้ำหนักของหน่อไม้ เมื่อนำค่าทั้งสองมาหาความสัมพันธ์กันพบว่า มี R Square เท่ากับ 0.659 ดังแสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 3 ค่าทางสถิติของเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ย และน้ำหนักหน่อไม้

พารามิเตอร์	Minimum	Mean	Maximum	S.D.
เส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ย	8.33	11.90	16.67	1.63
น้ำหนักหน่อไม้	0.60	1.61	3.40	0.65

ค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ยต่ำสุด ค่ากลาง และค่าสูงสุด รวมถึงค่า S.D. แสดงไว้ในตารางที่ 3 โดยค่าเฉลี่ยกลางมีค่าเท่ากับ 11.90 ในการแบ่งขนาดของหน่อไม้ด้วยค่าเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ใช้หลักการ 6 σ มาใช้ โดยการแบ่งขนาดในครั้งนี้ได้กำหนดให้ใช้ค่า S.D. ที่วัดออกจากค่าเฉลี่ยกลาง ± 1 S.D. ถือว่าเป็นช่วงของค่าขนาดหน่อไม้ขนาดกลาง ส่วนหน่อขนาดใหญ่คือ ค่าเฉลี่ย +1S.D. ขึ้นไป และหน่อขนาดเล็กมีค่าตั้งแต่ ค่าเฉลี่ย -1S.D. ลงมา ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การแบ่งช่วงการคัดขนาดด้วยค่าเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ย

Size	เล็ก	กลาง	ใหญ่
เส้นผ่าศูนย์กลาง โคนเฉลี่ย (mm)	ต่ำกว่า 10.28	10.28 - 13.50	13.51 ขึ้นไป
น้ำหนักจากการแบ่งช่วงด้วยเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ย (kg)	0.60 - 1.55 (0.94)	0.60 - 3.20 (1.52)	1.20 - 3.40 (2.58)
น้ำหนักจริง (วิธีการเดิมของเกษตรกร) (kg)	0.60 - 1.10 (0.94)	1.11 - 1.50 (1.32)	1.51 - 3.40 (2.27)
ความแตกต่างน้ำหนักเฉลี่ย (%)	0.41	15.12	13.87

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่าเฉลี่ย

ทดสอบความแตกต่างระหว่างการคัดขนาดด้วยน้ำหนัก (วิธีการเดิมที่เกษตรกรใช้) กับวิธีที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนเฉลี่ย ดังนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยของการแบ่งขนาด กับค่าน้ำหนักที่เป็นวิธีการเดิมในการแบ่งขนาดของเกษตรกร ผลจากการเปรียบเทียบพบว่า หน่อขนาดเล็กที่

แบ่งขนาดด้วยวิธีการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ยกับวิธีแบ่งขนาดโดยการชั่งน้ำหนักของเกษตรกรมีค่าความแตกต่างของค่าน้ำหนักเฉลี่ยเพียง 0.41% ส่วนหน่อขนาดกลางและขนาดใหญ่มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยแตกต่างกัน 15.12% และ 13.87% ตามลำดับ สรุปจึงถือได้ว่าวิธีการคัดขนาดด้วยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนเฉลี่ยนี้สามารถใช้แทนวิธีการคัดขนาดด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักได้โดยมีค่าความผิดพลาดสูงสุดประมาณ 15% ดังตารางที่ 4

จากนั้นค่าจากตารางที่ 4 จะถูกใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหน่อไม้ก่อนที่จะนำมาทำความสะอาดด้วยเครื่องขัดขนาดหน่อไม้ต่อไป

2.1.2 การศึกษาข้อมูลในการผลิตหน่อไม้ไผ่ตงสด ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามและเก็บข้อมูลการผลิตหน่อไม้ไผ่ตงสดเพื่อจำหน่ายจากผู้ประกอบการภายในจังหวัดปราจีนบุรี เพื่อนำข้อมูลที่ได้นี้ไปใช้ในการออกแบบ โดยข้อมูลนี้ประกอบด้วยกรรมวิธีการผลิต ปัญหาที่พบในการผลิต ราคาผลผลิต

2.1.2.1 กรรมวิธีการผลิตหน่อไม้ไผ่ตงสด การผลิตหน่อไม้ไผ่ตงสดต้องผลิตแบบวันต่อวัน เพื่อให้หน่อไม้ยังสดเมื่อไปถึงมือผู้บริโภค โดยเกษตรกรจะตัดหน่อไม้ส่งผู้ประกอบการรายย่อยให้ทำการล้าง ขัดเอาขนของหน่อไม้ออกไป และตัดแต่ง เพื่อให้ดูสะอาด จากนั้นจึงแช่ด้วยสารฟอกขาว เพื่อให้ดูขาวนวลรับประทานแล้วจึงคัดขนาดและบรรจุใส่ถุงเพื่อรอไปจำหน่ายในตลาดขายส่งต่อไป

2.1.2.2 ราคาผลผลิต ราคาในการซื้อ-ขาย หน่อไม้ขึ้นอยู่กับจำนวนหน่อไม้ในแต่ละช่วงเดือน โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงฤดูกาล ดังนี้

1) ต้นฤดูกาล (มีนาคม-พฤษภาคม) หน่อไม้ที่เริ่มออกในช่วงนี้เป็นหน่อไม้ที่เกษตรกรใช้วิธีการรดน้ำ ใส่ปุ๋ย และตัดแต่งกิ่ง เพื่อให้หน่อไม้ออกก่อนฤดูกาล หน่อไม้ก่อนขั้ราคาโลกรั่มละ 20-30 บาท หน่อไม้หลังขั้ราคาโลกรั่มละ 22-32 บาท

2) กลางฤดูกาล (พฤษภาคม-ตุลาคม) ช่วงนี้หน่อไม้จะออกมามากทำให้ราคาต่ำ หน่อไม้ก่อนขั้ราคาโลกรั่มละ

3-6 บาท หน่อไม้หลังขัด ราคา กิโลกรัมละ 5-8 บาท

3) ปลายฤดูกาล (สิงหาคม-ตุลาคม) หน่อไม้จะลดลงช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ถ้าฤดูฝนหมดเร็ว หน่อไม้ก็จะหมดเร็วไปด้วย หน่อไม้ก่อนขัดราคา กิโลกรัมละ 12-15 บาท หน่อไม้หลังขัดราคา กิโลกรัมละ 14-17 บาท ค่าแรงงานในการขัดขน ตัดแต่งและล้างทำความสะอาด ประมาณ 0.2 บาทต่อกิโลกรัม

2.1.2.3 ปัญหาที่พบในการผลิต

1) ใช้แรงงานในการผลิตมากทำให้ต้นทุนสูง
2) ใช้เวลาในการผลิตนานจากการสำรวจพบว่า อัตราการขัดขนหน่อไม้โดยใช้เวลาคน 1 คนจะสามารถขัดขนหน่อไม้ได้จำนวน 336.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3) คุณภาพของสินค้าไม่สม่ำเสมอ คือความสะอาดของหน่อไม้แต่ละหน่อจะมีความสะอาดไม่เท่ากันซึ่งขึ้นอยู่กับแรงที่ใช้ขัดและความละเอียดถี่ถ้วนของผู้ขัด จากการวัดค่าความสะอาดพบว่าค่าความสะอาดเฉลี่ยที่ได้จากการใช้แรงงานคนในการขัดเท่ากับ 70%

4) เกิดปัญหาอาการแพ้ขนหน่อไม้ในแรงงานบางคน ซึ่งจะเกิดเป็นผื่นแดงและมีอาการคัน ทำให้มีปัญหาในระหว่างทำงานไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่ พบว่ามีการแก้ปัญหาโดยการใส่ผ้ากันเปื้อนและถุงมือในระหว่างทำงาน

2.2 การออกแบบเครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่ ส่วนลำเลียงหน่อไม้เข้าสู่เครื่อง ส่วนทำความสะอาด และส่วนคัดขนาด

2.2.1 ส่วนลำเลียงหน่อไม้เข้าสู่เครื่องเป็นกระบะที่มีชุดครีบกวาดลำเลียงขับเคลื่อนด้วยโซ่และต้นกำลังขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 0.25 แรงม้า ทำหน้าที่ลำเลียงหน่อไม้ในกระบะขึ้นสู่เครื่องที่เลขน่ออย่างต่อเนื่อง

จากการทดลองพบว่า ส่วนทำความสะอาดจะทำงานได้ดี มีประสิทธิภาพสูง เมื่อเรานำด้านปลายหน่อไม้เข้าสู่ส่วนทำความสะอาด เนื่องจากจะทำให้หน่อไม้สัมผัส



รูปที่ 2 ส่วนลำเลียงหน่อไม้เข้าสู่เครื่อง

กับขนแปรงได้ดีขึ้น ดังนั้นทางคณะวิจัยจึงได้ออกแบบชุดกลับหน่อไม้ เพื่อทำหน้าที่กลับหน่อไม้ที่ถูกนำมาจากชุดครีบกวาดลำเลียง ให้เอาด้านปลายเข้าสู่ส่วนทำความสะอาดชุดกลับหน่อไม้เป็นชุดเกลียวลำเลียงวางซ้อนกันสองชุดถูกขับโดยมอเตอร์ตัวเดียวกับส่วนลำเลียงหน่อไม้เข้าสู่เครื่อง โดยชุดเกลียวลำเลียงชุดบน (ชุดแรก) ประกอบด้วยเกลียวลำเลียง 1 คู่ ยาว 1 เมตร ระยะพิทช์ 5 เซนติเมตร วางตัวทำมุมเอียงลง 3 องศาจากแนวระดับและวางตัวทำมุมซึ่งกันและกันประมาณ 4 องศาในระนาบเดียวกัน (ถ่างออกจากกัน) โดยที่เกลียวซ้าย หมุนตามเข็มนาฬิกาและเกลียวขวา หมุนทวนเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วรอบเท่ากันที่ 150 รอบต่อนาที และเกลียวชุดล่างประกอบด้วยเกลียวลำเลียงสองตัว คือ เกลียวขวา และเกลียวซ้าย ซึ่งเกลียวทั้งสองยาว 1 เมตร ระยะพิทช์ 5 เซนติเมตร วางตัวทำมุมเอียงลง 3 องศาจากแนวระดับและวางตัวขนานกันในระนาบเดียวกัน โดยที่เกลียวขวา หมุนทวนเข็มนาฬิกาและเกลียวซ้าย หมุนตามเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วรอบเท่ากันที่ 211 รอบต่อนาที โดยส่วนของอุปกรณ์กลับหน่อไม้ ทำหน้าที่กลับหน่อไม้ให้หน่อไม้ทุกหน่อที่จะเข้าสู่ส่วนทำความสะอาดโดยเอาด้านปลายหน่อไม้เข้าเครื่อง เพื่อประสิทธิภาพการทำความสะอาดที่ดี ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 3 ส่วนทำความสะอาด

2.2.2 ส่วนทำความสะอาด

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงจากเครื่องขัดขนหน่อไม้ของนครินทร์และคณะ [2] โดยใช้แปรงขัดทรงกระบอก 2 อัน ยาวอันละ 1 เมตร ขนแปรงทำจากพลาสติกโพลิเอไมด์ (Poly Amild) ยาว 4 เซนติเมตร และเพิ่มชุดขนแปรงยาว 5 เซนติเมตรแทรกลงในขนแปรงหลัก ทำเป็นเกลียววนซ้าย ระยะพิตซ์ 15 เซนติเมตร เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวพาหน่อไม้ให้เคลื่อนที่ไปขณะขัด ใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 3 แรงม้า แปรงทั้งสองหมุนตามเข็มนาฬิกาด้วยความเร็วรอบต่างกัน เพื่อให้หน่อไม้หมุนตัวขณะขัด เพื่อเพิ่มความสะดวก และมีอุปกรณ์ฉีดน้ำเพื่อล้างเอาเศษขนของหน่อไม้จากการขัดให้หลุดออกจากหน่อไม้ โดยออกแบบให้ใช้หัวฉีดที่ฉีดน้ำออกมาเป็นรูปกรวย จำนวน 8 ตัว เรียงตามแนวยาวด้านบนของชุดแปรงขัด และชุดหัวฉีดนี้รับน้ำมาจากปั้มน้ำแบบลูกสูบขนาด 1 แรงม้า ความดัน 10 บาร์ ใช้มอเตอร์ตัวเดียวกันกับส่วนทำความสะอาด เป็นต้นกำลัง อัตราการไหล 2,685 ลิตรต่อชั่วโมง ความดันจากน้ำนี้ยังกดหน่อไม้ให้อยู่กับที่ในระหว่างการขัดอีกด้วย ระบบน้ำที่ใช้ฉีดล้างเป็นระบบน้ำวน โดยน้ำที่ได้ผ่านการล้างหน่อไม้จะตกลงสู่ภาชนะรองรับน้ำอยู่และถูกดูดโดยปั้ม โดยผ่านตัวกรองก่อนจะนำไปฉีดล้างหน่อไม้ให้หน่อต่อไป จึงทำให้ประหยัดน้ำ และสามารถเปลี่ยนน้ำได้โดยง่าย ดังรูปที่ 3

เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับส่วนทำความสะอาดของเครื่องเป็นหลัก ดังนั้นจึงต้องหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของส่วนทำความสะอาดเพื่อให้

ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด วัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด ซึ่งมีนิยามดังนี้

$$\text{ค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด (\%)} = \frac{\text{พื้นที่ผิวของหน่อไม้ที่ถูกเครื่องขัดจนสะอาด}}{\text{พื้นที่ผิวของหน่อไม้ทั้งหมด}} \times 100$$

ทดสอบประสิทธิภาพของส่วนทำความสะอาดหน่อไม้โดยกำหนดตัวแปรต่างไว้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวแปรที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย
Y	เปอร์เซ็นต์ความสะอาด	%
X1	ความเร็วรอบของแปรงขัด	rpm
X2	อัตราส่วนความเร็วรอบของแปรงขัด	-
X3	องศามุมเอียงของแปรงขัดขน	องศา
X4	ขนาดของหน่อไม้	-
X5	น้ำหนักหน่อไม้	kg
X6	พื้นที่ผิวหน่อไม้	cm ²
X7	ความยาวของหน่อไม้	cm
X8	พื้นที่ขนก่อนขัด	cm ²

กำหนดให้เป็นการทดลองแบบ Factorial 4×3 โดยพิจารณาเฉพาะ 4 ตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าในการทดลองได้ มีระดับของปัจจัย 3 ระดับ พิจารณาแยกตัวแปรออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มโครงสร้างเครื่องจักร (X1 ถึง X3) และกลุ่มคุณสมบัติของหน่อไม้ (X4) ทดสอบซ้ำ 3 ซ้ำ แสดงค่าดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าในแต่ละระดับของปัจจัยของตัวแปร X1 - X4

ตัวแปร	ค่าในแต่ละระดับของปัจจัย		
X1	127.44	169.92	205.90
X2	2.4	3.2	4.0
X3	2	3	4
X4	เล็ก = 1	กลาง = 2	ใหญ่ = 3

การวิเคราะห์ผลการทดสอบประสิทธิภาพส่วน
ทำความสะอาดห้องไม่้จะถูกวิเคราะห์ดังนี้

1) การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมการถดถอย
ประสิทธิภาพการทำความสะอาดห้องไม่้ของส่วน
ทำความสะอาดห้องไม่้โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์
การถดถอยแบบหลายตัวแปร

ผลจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย
แบบหลายตัวแปรดังแสดงในตารางด้านล่างสามารถนำ
สัมประสิทธิ์มาเขียนเป็นสมการการถดถอยได้ดังนี้

$$Y = 108 - 0.0173 X1 + 0.446 X2 - 0.953 X3 - 5.39 X4 + 2.34 X5 - 0.238 X6 - 0.0597 X7 + 0.00098 X8$$

สำหรับสมการข้างต้นนี้มีค่า R Square = 81.3%
แสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระทั้งหมดที่มีต่อตัวแปรตาม
เพราะจากค่าที่ได้ 81.3% แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้งหมด
มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามถึง 81.3% ส่วนอีก 18.7% จะเป็น
อิทธิพลจากตัวแปรอื่น ๆ

2) การทดสอบสมมติฐานตัวแปรอิสระที่ใช้ในการ
พยากรณ์ของการถดถอย

สมมติฐานทางสถิติ

H_0 : ตัวแปรอิสระตัวที่ i ไม่สามารถพยากรณ์

H_1 : ตัวแปรอิสระตัวที่ i สามารถพยากรณ์

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) = 0.05

ตารางที่ 7 สรุปความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผล
ต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด

Parameters	P-value	สรุป
Intercept	1.1396E-124*	Significance
X1	9.15102E-06*	Significance
X2	0.015018802*	Significance
X3	1.50906E-08*	Significance
X4	4.39688E-24*	Significance
X5	0.001138768	Significance
X6	0.23881463	not
X7	0.070867172	not
X8	0.46094108	not

*หมายเหตุ Significance ที่ P-value < α

จากตารางที่ 7 สรุปผลได้ว่า ตัวแปร ความเร็วรอบ
ของแปรงขัด (X1) อัตราส่วนความเร็วรอบของแปรงขัด
(X2) องศาของแปรงขัด (X3) ขนาดของห้องไม่้
(X4) และน้ำหนักของห้องไม่้ (X5) มีอิทธิพลต่อค่า
เปอร์เซ็นต์ความสะอาดห้องไม่้จากส่วนทำความสะอาด
ห้องไม่้ที่ได้ออกแบบ แต่พื้นที่ผิวของห้องไม่้ (X6) ความยาว
ของห้องไม่้ (X7) และพื้นที่ขนของห้องไม่้ (X8) ไม่มี
อิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ความสะอาด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรในสมการ
ถดถอยจะพบว่า น้ำหนักของห้องไม่้จะมีอิทธิพลต่อค่า
เปอร์เซ็นต์ความสะอาดห้องไม่้มากที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์
เท่ากับ 2.34 ส่วนตัวแปรที่มีผลในลำดับถัดมาคือ
ค่าอัตราส่วนความเร็วรอบของแปรงขัดมีค่าสัมประสิทธิ์
เท่ากับ 0.446 และพื้นที่ขนของห้องไม่้ก่อนขัดมีอิทธิพลต่อ
ค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของห้องไม่้ด้วยเช่นกัน โดยมี
ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.00098 เมื่อพิจารณาเฉพาะตาม
กลุ่มของตัวแปรคือสามารถสรุปได้ดังนี้คือ กลุ่มตัวแปร
ทางด้านโครงสร้างเครื่อง มีค่าอัตราส่วนความเร็วรอบ
ของแปรงเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความ
สะอาด ทั้งนี้เนื่องจากอัตราส่วนความเร็วรอบของแปรง
ที่แตกต่างกันมากจะส่งผลให้แปรงขัดสามารถทำการขัด
ได้ดีขึ้น และเมื่อพิจารณากลุ่มคุณสมบัติของห้องไม่้พบว่า
น้ำหนักของห้องไม่้เมื่อมีน้ำหนักมากจะช่วยให้มีแรง
กดทับลงบนแปรงขัดมากขึ้นจึงส่งผลให้มีพื้นที่การแนบ
ของขนแปรงกับพื้นที่ผิวของห้องไม่้เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น
เปอร์เซ็นต์ความสะอาดจึงสูงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่พื้นที่
ผิวของห้องไม่้สามารถพิจารณาได้ว่ามีค่าสัมประสิทธิ์น้อย
มากจึงไม่จำเป็นต้องนำพิจารณาในครั้งนี้

3) ผลการวิเคราะห์ Correlation ของแต่ละตัวแปร
จากตารางที่ 8 สรุปผลการวิเคราะห์ Correlation ของ
แต่ละตัวแปร พบว่าค่า Y มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่า
X2 เพียงตัวแปรเดียวเท่านั้น ซึ่งมีค่า Correlation เท่ากับ
0.0811 แสดงให้เห็นว่าถ้ามีการเพิ่มค่าอัตราส่วนความเร็ว
รอบของแปรงขัดให้สูงขึ้นก็จะส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์
ความสะอาดของเครื่องมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 8 สรุปผลการวิเคราะห์ Correlation ของแต่ละตัวแปร

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Y	1.0000								
X1	-0.1224	1.0000							
X2	0.0811	0.0000	1.0000						
X3	-0.2457	0.0000	0.0000	1.0000					
X4	-0.8436	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000				
X5	-0.6337	0.0076	0.0450	-0.2075	0.8791	1.0000			
X6	-0.7649	-0.0141	0.0083	-0.0579	0.9474	0.9175	1.0000		
X7	-0.3471	-0.1030	0.0968	-0.3012	0.5585	0.7346	0.5482	1.0000	
X8	-0.5903	-0.0602	0.0578	-0.2166	0.8347	0.9339	0.8540	0.7608	1.0000

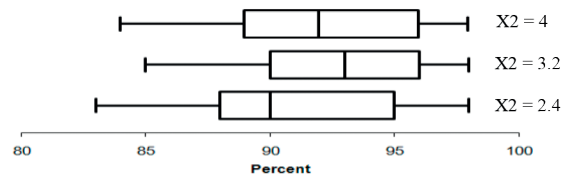
เมื่อพิจารณาแยกแต่ละตัวแปรพบว่า ตัวแปร X1 (ความเร็วรอบ) มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกกับตัวแปร X5 (น้ำหนักของหน่อไม้) ซึ่งสามารถแปลผลได้ว่า ถ้าน้ำหนักของหน่อไม้เพิ่มขึ้นจะต้องทำการเพิ่มความเร็วรอบด้วยเช่นกันแต่อัตราการเพิ่มขึ้นนี้มีค่า Correlation ที่อยู่ในระดับต่ำคือ 0.0076 และเมื่อพิจารณาตัวแปร X2 พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าสมบัติทางกายภาพของหน่อไม้ ได้แก่ X5, X6, X7 และ X8 คือ น้ำหนักของหน่อไม้ พื้นที่ผิวของหน่อไม้ ความยาวของหน่อไม้ และพื้นที่ขนก่อนขัดด้วยค่า Correlation เท่ากับ 0.0450, 0.0083, 0.0968 และ 0.0578 ตามลำดับ

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าตัวแปร X2 เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบและพัฒนาเครื่องขัดขนหน่อไม้ให้มีประสิทธิภาพการขัดขนหน่อไม้ได้อย่างแท้จริง

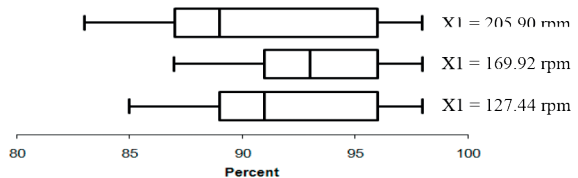
4) ผลการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของเครื่องขัดขนหน่อไม้

จากการที่ได้ทำการวิเคราะห์ Correlation ของแต่ละตัวดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งพบว่า X1 และ X2 ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด ดังนั้นในหัวข้อนี้จะได้ทำการวิเคราะห์หาค่า X1 และ X2 ที่สามารถให้เปอร์เซ็นต์ความสะอาดได้สูงสุด

จากการพล็อตกราฟหาค่ากลาง (Median) ของประสิทธิภาพที่เกิดจากปรับเปลี่ยนค่าตัวแปร X2 เป็น 3 ระดับ คือ 2.4, 3.2 และ 4 พบว่าที่ค่า X2 = 3.2 จะให้ค่ากลางของเปอร์เซ็นต์ความสะอาดได้สูงสุดคือ 93% และ



รูปที่ 4 ค่า X2 ที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด



รูปที่ 5 ค่า X1 ที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด

นอกจากนี้ยังมีช่วงห่างระหว่างค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดมีค่าน้อยที่สุดอีกด้วย ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 อัตราส่วนความเร็วรอบของแปรงขัด (X2) ที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด

	Group		
	X2=2.4	X2=3.2	X2=4
Count	81	81	81
Minimum	83	85	84
Lower quartile	88	90	89
Median	90	93	92
Upper quartile	95	96	96
Maximum	98	98	98
Range	15	13	14
IQR	7	6	7

จากการวิเคราะห์หาค่าความเร็วรอบที่ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ความสะอาดมากที่สุดดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่าค่าความเร็วรอบของแปรงขัดเท่ากับ 169.92 rpm จะมีค่ากลาง (Median) เปอร์เซ็นต์ความสะอาดในการขัดขนมากที่สุดคือ 93% โดยมีค่าช่วงห่างระหว่างค่ามากที่สุดกับค่าน้อยที่สุดมีค่าน้อยที่สุดมีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นที่ความเร็วรอบ 169.92 rpm จึงสรุปได้ว่าค่าความเร็วรอบดังกล่าวนี้เป็นค่าที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดมากที่สุด

ตารางที่ 10 ความเร็วรอบของแปรงขัด (X1) ที่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด

	Group		
	X1=127.44	X1= 169.92	X3 = 205.90
Count	81	81	81
Minimum	85	87	83
Lower quartile	89	91	87
Median	91	93	89
Upper quartile	96	96	96
Maximum	98	98	98
Range	13	11	15
IQR	7	5	9

2.2.3 ส่วนคัตขนาด

ส่วนคัตขนาดนี้ต่อจากส่วนทำความสะอาดเพื่อคัตขนาด โดยใช้เส้นผ่าศูนย์กลางโคนหน่อเป็นเกณฑ์ รูปที่ 6 แสดงเครื่องคัตขนาดหน่อไม้ของยุทธภูมิและศุภชัย [3] ทำงานโดยหน่อไม้จะถูกวางบนชุดลำเลียงซึ่งประกอบด้วยเกลียวลำเลียง 2 ตัว (ตัวหนึ่งเป็นเกลียวซ้าย อีกตัวหนึ่งเป็นเกลียวขวา) ทำจากยาง ยาว 2 เมตร ระยะพิตช์ 15 เซนติเมตร (เพื่อให้หน่อไม้ขนาดใหญ่สามารถถูกพาโดยเกลียวลำเลียงได้) โดยทั้ง 2 ตัวจะหมุนไปในทิศทางเดียวกันที่ความเร็วรอบเท่ากันที่ 73 รอบต่อนาที โดยใช้ต้นกำลังเดียวกันกับส่วนทำความสะอาดและเกลียวลำเลียงทั้ง 2 ตัวจะวางทำมุมกัน 3 องศา จึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเกลียวในช่วงแรกจะแคบและจะห่างออกจากกันในช่วงปลาย เพื่อให้หน่อไม้ที่มีขนาดเล็กตกลง



รูปที่ 6 ส่วนคัตขนาด



รูปที่ 7 เครื่องทำความสะอาดและคัตขนาดหน่อไม้ไผ่

ก่อนในช่วงแรกและหน่อไม้ที่มีขนาดโตกว่าถูกลำเลียงมาและตกลงในส่วนช่วงปลายเป็นลำดับต่อไป

2.3 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบ

เครื่องต้นแบบที่สมบูรณ์ (รูปที่ 7) ถูกทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบ โดยการทดสอบทำความสะอาดและคัตขนาดหน่อไม้จำนวน 105 กิโลกรัม ทำซ้ำ 3 ซ้ำ ที่ความเร็วรอบของแปรงขัด 169.92 rpm และอัตราส่วนความเร็วรอบของแปรงขัด 3.2

เพื่อหาสมรรถนะของเครื่อง ค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาด อัตราพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัตขนาด ได้ค่าดังตารางที่ 11 โดย

ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัตขนาด = $\frac{\text{จำนวนหน่อไม้ที่ถูกคัตขนาดอย่างถูกต้อง}}{\text{จำนวนหน่อไม้ทั้งหมด}} \times 100$

3. ผลการทดลอง

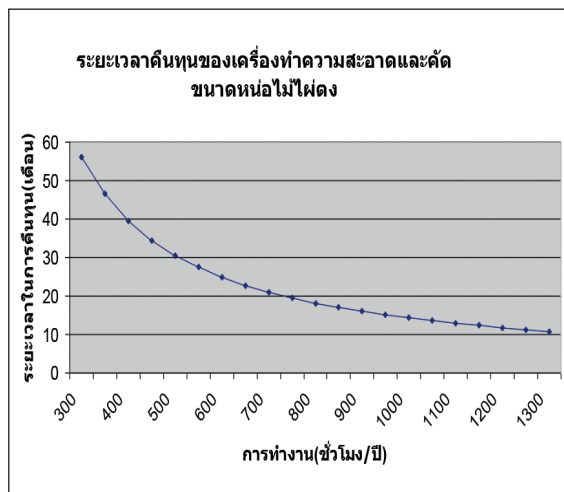
3.1 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่อง

ตารางที่ 11 สมรรถนะของเครื่องทำความสะอาดและคัตขนาดหน่อไม้ไผ่ตง

ค่า	เปอร์เซ็นต์ความสะอาด (%)	ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย/hr)	อัตราการทำงาน (kg/hr)	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัตขนาด (%)
เฉลี่ย	96.33	1.94	662.59	75.24

3.2 จุดคุ้มทุนของเครื่อง

จากการทดสอบเครื่องทำความสะอาดและคัตขนาดหน่อไม้ไผ่ตง เมื่อใช้คนทำงาน 1 คนอัตราค่าจ้างแรงงานในจังหวัดปราจีนบุรี วันละ 163 บาท (ประกาศวันที่ 1 มกราคม 2551) สามารถวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ขณะทำงานได้ 1.94 กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราการทำงานของเครื่อง 662.59 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อกำหนดการใช้งานของเครื่อง 6 ชั่วโมงต่อวัน ทำงานปีละ 150 วัน (เฉพาะช่วงที่มีหน่อไม้) ปริมาณการใช้น้ำ 2,685 ลิตรต่อชั่วโมง สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ได้เท่ากับ 0.08 บาทต่อกิโลกรัม การใช้งานคุ้มทุนของเครื่องทำความสะอาดและคัตขนาดหน่อไม้ไผ่ตง [4] เท่ากับ 127.64 ชั่วโมงต่อปี และระยะเวลาคืนทุนของเครื่อง เท่ากับ 15.99 เดือน (150 วันต่อปี วันละ 6 ชั่วโมง) แต่ถ้าเพิ่มชั่วโมงการทำงานระยะเวลาคืนทุนก็จะลดลง ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างชั่วโมงการทำงานกับระยะเวลาคืนทุน

4. สรุป

เครื่องทำความสะอาดและคัตขนาดหน่อไม้ไผ่ตง ประกอบด้วยส่วนทำงานหลัก 3 ส่วนทำงานต่อเนื่องกัน คือ ส่วนลำเลียงหน่อไม้เข้าเครื่อง ส่วนทำความสะอาด และส่วนคัตขนาด ซึ่งสามารถใช้แทนแรงงานคนในกระบวนการเตรียมหน่อไม้สดก่อนส่งขายได้เป็นอย่างดี จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าตัวแปรที่มีผลต่อความสะอาดของหน่อไม้คือค่าความเร็วรอบของแปรงขัดและค่าอัตราส่วนความเร็วรอบของแปรงขัดทั้งสอง อัตราส่วนความเร็วรอบของแปรงขัดทั้งสอง 3.2:1 ความเร็วรอบของแปรงขัดทั้งสองเท่ากับ 543.74 และ 169.92 รอบต่อนาทีตามลำดับ จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดสูงสุด จากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องพบว่าอัตราการทำงาน 662.59 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความถูกต้องในการคัตขนาด 75.24% เปอร์เซ็นต์ความสะอาด 96.33% ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ 1.94 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และที่ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง 0.08 บาทต่อกิโลกรัมจะมีจุดคุ้มทุนเท่ากับ 127.64 ชั่วโมงต่อปี ส่วนระยะเวลาคืนทุนถ้าทำงาน 900 ชั่วโมงต่อปี (150 วัน วันละ 6 ชั่วโมง) จะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 15.99 เดือน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตเครื่องจักรกลอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Agriculture Extension, "The planting of sweet bamboo," The printery of Agricultural Cooperative Meeting of Thailand Ltd., Bangkok, 1994 (in Thai).
- [2] N. Lekchaum, et al., "The development of bamboo shoot polishing machine," Thesis D.Ind. Tech. King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2009 (in Thai).
- [3] Y. Naksook and S. Waitip, "Bamboo shoot sizing machine," Thesis D.Ind.Tech. King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2009 (in Thai).
- [4] D. Hunt, *Farm Power and Machinery Management*, Iowa State University, 1995.