TAM-05

การพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้า

ธีรพงศ์ ผลโพธิ์[1]และ *กฤษณ์ ผลโพธิ์[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 1 ถนนฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

ผู้เขียนติดต่อ: ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ E-mail: kpteerap@kmitl.ac.th, t_pholpo@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าโดยใช้วงจรนิวแมติกซึ่งควบคุมด้วยProgrammable Logic Controller (PLC) เครื่องหยอดเมล็ดนี้มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ 1.โครงสร้างของเครื่อง 2.ส่วนควบคุมด้วยPLC 3.ส่วนการทำงานด้วยระบบนิวแมติกเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้านี้มีลักษณะการทำงานคือเมื่อเริ่มเปิดเครื่องกระบอกสูบตัวที่ 1 ดึงถาดเพาะกล้าเข้าเครื่องหยอดกระบอกสูบตัวที่ 2 จะบังคับแผงกดหลุมซึ่งทำหน้าที่กดเป็นหลุมในถาดเพาะกล้าในแนวตั้งตามจำนวนหัวเข็มดูดเมล็ดจากนั้นกระบอกสูบตัวที่ 3 จะทำหน้าที่บังคับแผงหัวเข็มดูดเมล็ดเคลื่อนขึ้น-ลงในแนวตั้ง เพื่อดูดเมล็ดและปล่อยเมล็ดตามวงจรการทำงาน ซึ่งจะมีหัวเข็มดูดเมล็ดจำนวน 25 เข็ม โดยที่กระบอกสูบตัวที่ 4 จะมีหน้าที่เคลื่อนแผงเมล็ดและช่องปล่อยเมล็ด(ที่อยู่คู่กันตามจำนวนหัวเข็ม)ให้สลับไป-มา เพื่อให้แผงหัวเข็มดูดจากแผงเมล็ดและช่องปล่อยเมล็ดลงถาดเพาะกล้าจากนั้นกระบอกสูบตัวที่ 1 จะเลื่อนถาดที่จะหยอดเมล็ดเข้าเครื่องหยอดและจะดันถาดทีหยอดแล้วออกจากตัวเครื่องหยอดไปพร้อมๆกัน ผลการทดลองเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ฯมีประสิทธิภาพในการหยอดสูงสุดเท่ากับ 91.98 % ของหัวเข็มเบอร์ 18 สามารถหยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะกล้าได้ 94.7 ถาดต่อชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับใช้แรงงานคนสามารถหยอดเมล็ดได้ดีกว่าแรงงานคน 3.46 เท่า

คำสำคัญ:เครื่องหยอดเมล็ด; นิวแมติก; เมล็ดผักกาดเขียว; Programmable Logic Controller(PLC)

1. บทนำ

การปลูกพืชผักเพื่อบริโภคสดในอดีตมีวิธีการปลูกมีอยู่ 2 แบบ คือ การปลูกด้วยการหยอดเมล็ดลงบนแปลงปลูกและการเพาะเมล็ดให้เป็นต้นกล้าก่อนที่จะย้ายลงไปปลูกในแปลง ความแตกต่างในการปลูกผักทั้ง 2 วิธีนี้อยู่ที่ปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์ในการปลูก จากวิธีแรกเป็นการปลูกด้วยเมล็ด โดยตรงลงบนแปลงปลูกหลังจากต้นงอกออกมาแล้ว หากพบว่าต้นกล้ามีระยะการปลูกชิดกันเกินไปก็จำเป็นต้องถอนต้นกล้าบางส่วนทิ้งเพื่อทำให้ต้นกล้าที่เหลือเจริญงอกงามได้ดี ส่วนการปลูกแบบย้ายกล้านั้นจะสิ้นเปลืองเมล็ดพันธุ์น้อยกว่าเนื่องจากไม่มีการถอนทิ้งดังนั้นสาหรับการปลูกผักที่มีราคาแพงนั้นการปลูกแบบเพาะเป็นต้นกล้าจึงเหมาะสมอย่างยิ่ง สำหรับปริมาณการบริโภคผักในประเทศ มีประมาณ 3.7 ล้านตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าไม่น้อยกว่า 18,600 ล้านบาท (คิดจากการบริโภค 60 ก.ก./คน/ปี และราคาเฉลี่ย 5 บาท/ก.ก.) [1]

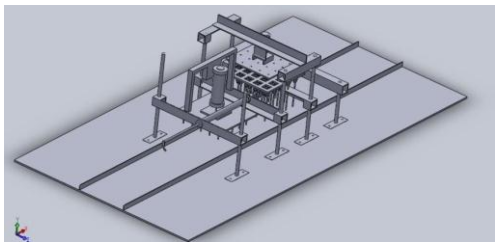
ในปัจจุบันระบบการปลูกแบบเพาะกล้าได้รับความนิยมและแพร่หลายขึ้นเรื่อยๆ ในพืชผักบางชนิดที่มีราคาแพงนั้นจะมีการขายผักในลักษณะต้นกล้าเพื่อให้เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจปลูกผักกินเอง โดยซื้อไปทำการปลูกและดูแลจนสามารถบริโภคได้ ธุรกิจดังกล่าวเริ่มเป็นที่แพร่หลายมากขึ้นในประเทศไทย โดยเฉพาะการปลูกแบบดังนั้นหากมีการออกแบบสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์พืชลงบนถาดเพาะได้เองโดยใช้เทคโนโลยีภายในประเทศก็จะทำให้กลุ่มธุรกิจขนาดเล็ก (SME) ของไทยสามารถเพาะต้นกล้าผักได้ ในปัจจุบันมีวิธีการหยอดเมล็ดพันธุ์ลงบนถาดเพาะกล้าของกลุ่มธุรกิจขนาดเล็กยังคงเป็นการใช้แรงงานคนซึ่งมีข้อบกพร่องในการทำงานคือความล่าช้าในการทำงานประมาณ 15 ถาดต่อชั่วโมง หรือ120 ถาดต่อวัน (อิทธิรักษ์

ราชรักษ์และคณะ, 2554)[2]และการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักขนาดเล็กๆนั้นหากใช้คนหยอดจะเกิดปัญหาการหยอดเมล็ดลงในแต่ละหลุมมากเกินไปสิ้นเปลืองเมล็ดพันธุ์พืชอย่างมาก ส่งผลให้ต้นทุนของต้นกล้าที่ใช้คนปลูกมีมากกว่าแบบใช้เครื่อง โดยเฉพาะในปัจจุบันนี้มีการปลูกผักแบบโฮโดรโปนิกส์(Hydroponics) เครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าจะช่วยให้ทำงานได้รวดเร็วและมีความแม่นยำ แต่ปัจจุบันนี้ยังมีประสิทธิภาพไม่ดีพอ จึงทำให้มีการใช้ไม่แพร่หลาย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำเครื่องนี้โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาเครื่องหยอดเมล็ดลงถาดเพาะกล้าโดยใช้วงจรนิวแมติกในการทำงานโดยมีเครื่องควบคุมเชิงตรรกที่สามารถโปรแกรมได้หรือที่เรียกว่าโปรแกรมเมเบิ้ลโลจิกคอลโทลเลอร์(Programmable Logic Controller ,PLC) ในการทำงานแบบอัตโนมัติ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

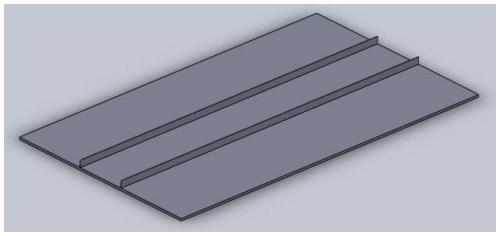
1. การออกแบบชุดโครงสร้างของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ เป็นการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solid Works 2010 แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชุดโครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องหยอด

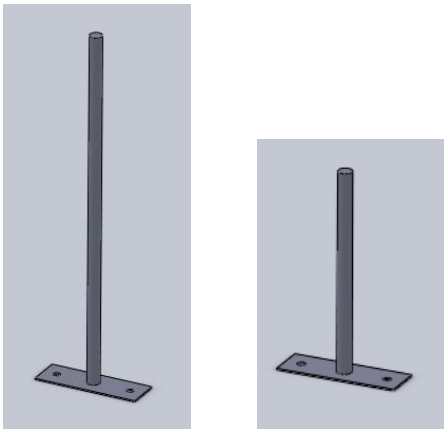
เมล็ดพันธุ์ชุดโครงสร้างของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์นี้แบ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1.1 แผ่นฐานรองรับโครงสร้าง ทำมาจากไม้อัดขนาด 120เซนติเมตร x 240เซนติเมตร x 1เซนติเมตร และร่องสำหรับเลื่อนถาดเป็นเหล็กฉากอย่างบางขนาด 2.54 เซนติเมตร x 2.54 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผ่นฐานรองรับโครงสร้างเครื่องหยอดเมล็ด

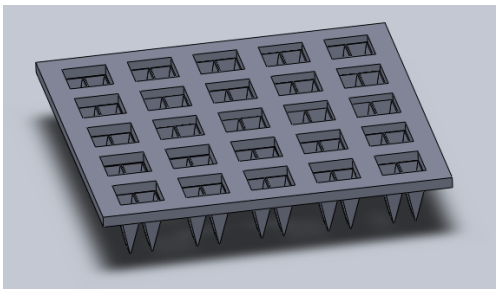
1.2 ชุดเสาโครงเครื่องฯ ทำมาจากเหล็กเกลียวตลอดขนาด2.54 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร จำนวน 6 ต้น และ เหล็กเกลียวตลอดขนาด 2.54 เซนติเมตร ยาว 25 เซนติเมตรจำนวน 2 ต้น เสาทั้งสองขนาดเชื่อมติดกับแผ่นเหล็กแบนขนาด 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 3



A B

รูปที่ 3 ชุดเสาโครงเครื่องหยอดเมล็ด (A) เสาเกลียวยาว และ(B) เสาเกลียวสั้น

1.3 ชุดถาดใส่เมล็ดพันธุ์และช่องปล่อยเมล็ด ทำมาจากแผ่นอะคริลิคใส ขนาด 32 เซนติเมตร x 32 เซนติเมตร x 1 เซนติเมตร มีจำนวน 25 ช่อง (ตามหัวเข็ม) ขนาด 4 เซนติเมตร x 4 เซนติเมตร แต่ละช่องจะแบ่งเป็นสองหลุมๆ แรกจะเป็นหลุมใส่เมล็ดหลุมที่สองจะเป็นหลุมปล่อยเมล็ดลงถาดกล้า แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดถาดใส่เมล็ดและปล่อยเมล็ดพันธุ์

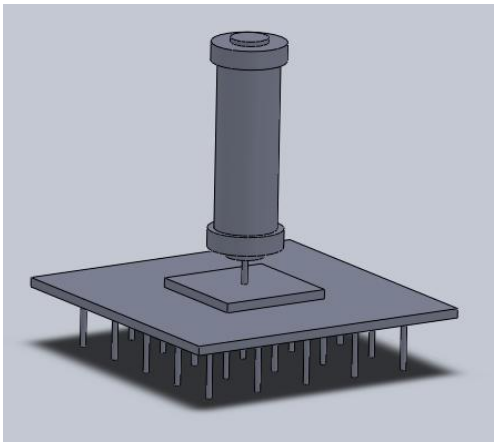
1.4 ถาดเพาะกล้าขนาด 27 เซนติเมตร x 53 เซนติเมตร มีหลุมจำนวน 50 หลุมต่อถาด(ในการทำงานใช้ 25 หลุมต่อครั้ง) แต่ละหลุมมีขนาด 4.5 เซนติเมตร x 4.5 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 5(ก) และมีกระบอกสูบนิวแมติก

ขนาด Ø 25 มิลลิเมตร ระยะก้านสูบ 300 มิลลิเมตร จำนวน 1 กระบอกเพื่อเลื่อนถาดเพาะกล้าเข้าเครื่องและเลื่อนออกเมื่อหยอดเมล็ดเสร็จแล้วดังรูปที่ 5(ข)

ก ข

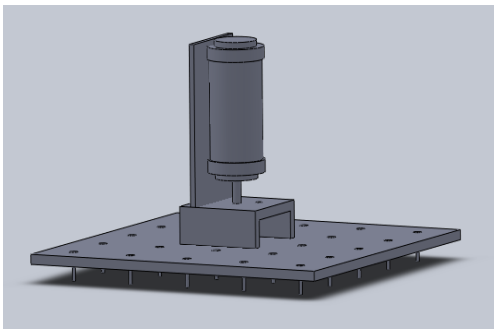
รูปที่ 5 แสดงถาดเพาะกล้า(ก) กระบอกสูบนิวแมติก(ข)

1.5 ชุดแผงกดหลุมทำมาจากแผ่นอะคริลิคใสขนาด 32 เซนติเมตร x 32 เซนติเมตร x 0.8 เซนติเมตร มีแท่งกดทำหลุมทรงกระบอกจำนวน 25 แท่ง ขนาด 1.2 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร และใช้กระบอกสูบนิวแมติกขนาด Ø 30 มิลลิเมตร ระยะก้านสูบ 150 มิลลิเมตร เพื่อเลื่อนแผงกดหลุมขึ้น-ลง แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กระบอกสูบนิวแมติกและแผงกดหลุม

1.6 ชุดแผงดูดและปล่อยเมล็ดเมล็ด ทำมาจากแผ่นอะคริลิคขนาด 32 เซนติเมตร x 32 เซนติเมตร x 0.8 เซนติเมตร พร้อมชุดหัวเข็มที่ดูดเมล็ดพันธุ์ ซึ่งใช้หัวเข็มเบอร์ 18 (ขนาดØรูเข็ม 1.2 มิลลิเมตร ยาว 48.5มิลลิเมตร) และเบอร์ 21 (ขนาดØรูเข็ม 0.8 มิลลิเมตร ยาว 48.5 มิลลิเมตร)[4] แรงดูดที่ใช้อยู่ระหว่าง 500 – 600 mmHg และติดตั้งกระบอกสูบนิวแมติกขนาด Ø 30 มิลลิเมตร ระยะก้านสูบ 150 มิลลิเมตร เพื่อเลื่อนแผงดูดและปล่อยเมล็ดขึ้น-ลง แสดงดังรูปที่ 7



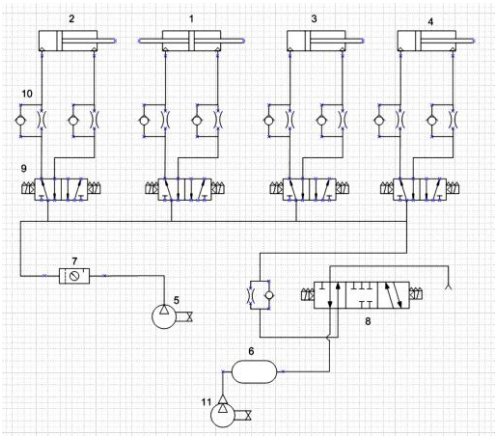
รูปที่ 7 แสดงกระบอกสูบนิวแมติกและแผงแผงดูดและ

ปล่อยเมล็ด

2. การออกแบบวงจรนิวแมติก

ในการทำงานแสดงดังรูปที่ 8 และมีส่วนประกอบของวงจรนิวแมติก ดังนี้

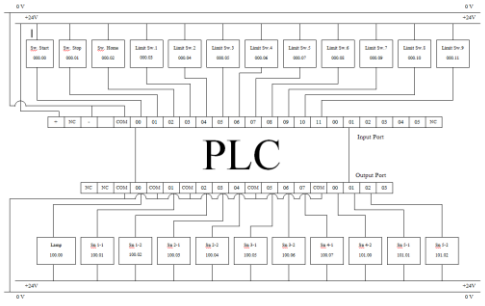
1. กระบอกสูบนิวแมติกทำงานสองทางแบบ Double acting เป็นตัวเลื่อนถาดเพาะกล้าเข้าเครื่องฯ ขนาด Ø 25 มิลลิเมตร ระยะก้านสูบ 300 มิลลิเมตร จำนวน 1 กระบอก
2. กระบอกสูบนิวแมติกแบบ Double acting ชุดกดหลุมหยอดเมล็ด ขนาด Ø 30 มิลลิเมตร ระยะก้านสูบ 150 มิลลิเมตร จำนวน 1 กระบอก
3. กระบอกสูบนิวแมติกแบบ Double acting เป็นตัวเลื่อนชุดถาดใส่เมล็ดพันธุ์และช่องปล่อยเมล็ด และชุดแผงดูดและปล่อยเมล็ด ขนาด Ø 25 มิลลิเมตร ระยะก้านสูบ 150 มิลลิเมตร จำนวน 2 กระบอก
4. เครื่องอัดอากาศหรือคอมเพรสเซอร์ ขนาดมอเตอร์ 1 hp 1 เฟส AC 220 V
5. ถังเก็บสุญญากาศขนาด 50 ลิตร
6. ชุดปรับคุณภาพลมอัด 1ชุด
7. วาว์ลดับเบิ้ลโซลินอยวาล์ว5/3 จำนวน1 ตัว
8. วาว์ลดับเบิ้ลโซลินอยวาล์ว5/2 จำนวน4 ตัว
9. วาล์วปรับความเร็วกระบอกสูบจำนวน9 ตัว
10. ปั๊มสุญญากาศ ขนาดมอเตอร์ 1 hp 1 เฟส AC 220 V



รูปที่ 8 แสดงวงจรนิวแมติกที่ออกแบบ

3. วงจร PLC

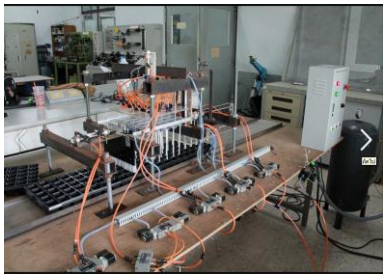
ที่ออกแบบเพื่อใช้ควบคุมการทำงานวงจรนิวแมติกและการเปิด-ปิดการดูด-ปล่อยเมล็ดในในขณะทำงานของปั๊มสุญญากาศ โดยมีวงจรดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงวงจร PLC ที่ออกแบบ

4. เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์

ผักกาดเขียวกวางตุ้ง เมื่อนำส่วนต่างมาประกอบเป็นตัวเครื่องหยอดแล้ว จะเป็นตัวเครื่องหยอดดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 8 แสดงเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวกวางตุ้ง

2.2 วิธีการ

1. หาค่ามิติ (Dimension) ของเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวกวางตุ้ง โดยหาขนาดจากเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (Geometer Mean Diameter, GMD) โดยวัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุด (a) เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับa (b) และเส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับa และ b (c) นำมาคำนวณจากสูตร (ปานมนัส และคณะ, 2538)[3] โดยในการหาค่ามิติจากเมล็ดพันธุ์ผักกาดจำนวน 100 เมล็ด แล้วบันทึกผล

$$GMD = (abc)^{1/3} \qquad (1)$$

เมื่อ a = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุด
b = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ a
c = เส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ a และ b

2. ทดลองหาค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ ของหัวเข็มเบอร์ 18 และ 21

ขนาดมิติ (GMD) ของเมล็ดผักกาดฯนี้ โดยทดลองจำนวน 25 เข็มๆละ3 ครั้งของเข็มทั้งสองเบอร์ แล้วจดบันทึกและค่าใดมีค่าสูงกว่าก็นำมาหาค่าแรงดูดเมล็ดต่อไป แล้วจดบันทึก โดยใช้ถาดทดลอง จำนวน 10 ถาด (ถาดละ 50 หลุม) จำนวน 10 ครั้ง จากสมการ

$$\eta_{th} = \frac{X}{50} \times 100 \qquad (2)$$

X =จำนวนหลุมที่เมล็ดลง

3. ทดลองหาประสิทธิภาพการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวกวางตุ้ง โดยใช้ค่าที่ความสามารถในการหยอดเมล็ดของเข็มเบอร์ที่มีประสิทธิภาพของการดูดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ สูงสุดจากทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ ของหัวเข็มเบอร์ 18 และ 21 จากสมการ

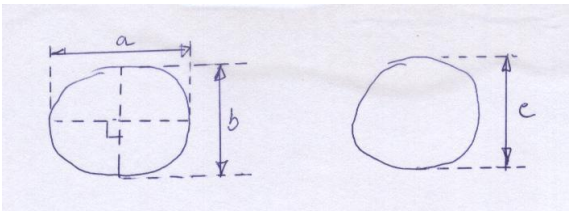
$$\eta_{th} = \frac{y}{50} \times 100 \qquad (3)$$

y =จำนวนหลุมที่เมล็ดลง 1 เมล็ด

4. ทดลองหาค่าเปรียบความสามารถเครื่องหยอดกับคนหยอดโดยการใช้นาฬิกาจับเวลาในการหยอดต่อถาด (50 หลุมต่อถาด) ใช้คนทดลองจำนวน 10 คนๆละ3 ครั้ง โดยเป็นผู้ชายจำนวน 5 คน และ เป็นผู้หญิงจำนวน 5 คน แล้วบันทึกผล

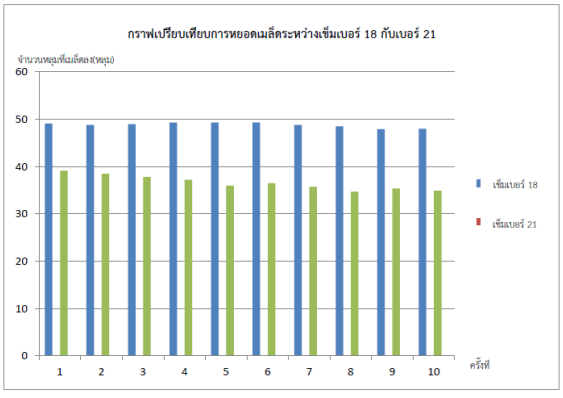
3. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ค่ามิติ (Dimension) ของเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวกวางตุ้งที่วัดได้จากเมล็ดพันธุ์ผักกาดจำนวน 100 เมล็ด มีการวัดแสดงดังรูปที่ 1 มีค่าเฉลี่ย GMD= 1.70±0.10 ซึ่งเข็มที่ใช้ทั้งสองเบอร์มีขนาด Ø รูเข็มเล็กกว่าค่ามิติของเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ ดังนั้นจึงเลือกใช้หัวเข็มทั้งสองขนาดมาหาค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวกวางตุ้ง



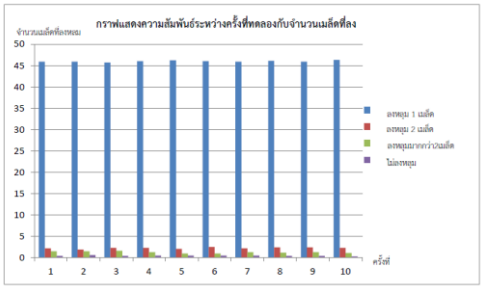
รูปที่ 1 แสดงการวัดค่ามิติ(GMD)

2. จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 18 และ 21 ตามลำดับนั้น พบว่า ประสิทธิภาพของการดูดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 18 เฉลี่ย 49.16±3.67 หลุมต่อถาด หรือมีประสิทธิภาพ 97.6% สูงกว่าหัวเข็มเบอร์ 21 เฉลี่ย 36.58±1.84 หลุมต่อถาด หรือมีประสิทธิภาพ 73.16% ดังนั้นแสดงว่าประสิทธิภาพของการดูดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯของหัวเข็มเบอร์ 18 ดีกว่า เบอร์ 21 แสดงดังรูปกราฟที่ 1 และเมื่อค่าแรงดูดของหัวเข็มเบอร์ 18 ดีกว่าจึงนำมาหาค่า ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 12.71±0.23 mmHg.



รูปกราฟที่ 1 แสดงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 18 และ 21

3. จากผลการการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการดูดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯของหัวเข็มเบอร์ 18 ดีกว่า เบอร์ 21 ดังนั้นจึงนำหัวเข็มเบอร์ 18 มาหาค่าประสิทธิภาพการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ จากการทดลอง พบว่าการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ ในถาด 50 หลุม มีผลจากการทดลองดังนี้ 1) เมล็ดลงหลุม 1 เมล็ดต่อหลุม, 2) เมล็ดลง 2 เมล็ดต่อหลุม, 3)เมล็ดลงมากกว่า 2 เมล็ดต่อหลุม และ4)เมล็ดลงไม่ลงหลุม ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 45.99, 2.26, 1.28 และ 0.45 หลุมต่อถาด ตามลาดับ หรือคิดเป็น 91.98%, 4.52%, 2.56% และ 0.9 % ตามลำดับ จากรูปกราฟที่ 2 พบว่าในการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯ ลง 1 เมล็ดต่อหลุมมีประสิทธิภาพสูงกว่าค่าอื่นๆ



รูปกราฟที่ 2 แสดงประสิทธิภาพการหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯของหัวเข็มเบอร์ 18

4. ผลจากการเปรียบเวลาเครื่องหยอดกับคนหยอดต่อ 1 ถาด (50 หลุมต่อถาด) พบว่าเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดฯนี้ ใช้เวลาในการหยอดเมล็ดน้อยกว่าแรงงานคน 3.45 เท่า ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1แสดงเปรียบเทียบเวลาคนกับเครื่องหยอดฯ

การหยอดแบบ	ค่าเฉลี่ยเวลา (วินาที)/ถาด
เครื่องหยอดฯ	38.01±0.32
คนหยอดฯ	131.00±13.58

4. สรุป

จากการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ลงถาดเพาะกล้าพบว่า หัวเข็มเบอร์ 18 มีประสิทธิภาพการหยอดเมล็ดลงหลุมคิดเป็น 91.98% มีความสามารถหยอดเมล็ดพันธุ์ลงถาดเพาะกล้าได้ 94.7 ถาดต่อชั่วโมง และหยอดเมล็ดฯได้ดีกว่าแรงงานคน 3.45 เท่า

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย (อาจารย์ ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ และ นายกฤษณ์ ผลโพธิ์) และคณะผู้ช่วยวิจัย (นายทศพร เรือนแก้ว นายปราชญา อินทร์ด้วง และนายปราโมทย์ มณีโชติ) ขอขอบคุณที่การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากงบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555.

6.เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. (2547). การนำผลการวิจัยผักสู่การปฏิบัติเชิงพาณิชย์. http://kmag.ku.ac.th/technical/vegetable/index-1.html เข้าดูเมื่อวันที่ 09/02/2555.

[2] อิทธิรักษ์ ราชรักษ์, นารีรัตน์ สัตย์ซื่อ, ณัฐพล ปานมา และหทัยชนก วัฒโณ (2554). เครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักลงถาดเพาะกล้าแบบอัตโนมัติ, นิทรรศการและงานวิจัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม

[3] ปานมนัส ศิริสมบูรณ์และคณะ (2538).สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีววัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ.น.41, 43, 54.

[4]) เข็มฉีดยาปราศจากเชื้อชนิดใช้ครั้งเดียว มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1398-2511) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(ISBN 978-974-292-563-S) น. 8-9.