บทความวิจัย

การออกแบบและสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำด้วยผักตบชวา

รัฏฐชัย สายรวมญาติ[1]*, วรลักษณ์ สุริวงษ์[1] พัชราภรณ์ อินริราย[1] และ ธวัลรัตน์ สัมฤทธิ์[1]

[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

ผักตบชวา (water hyacinth) เป็นวัชพืชที่มีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำต่างๆ เพื่อลดปัญหาดังกล่าวรวมถึงเพื่อเพิ่มพื้นที่สำหรับการเพาะปลูก งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของแพปลูกพืชลอยน้ำและมวลที่ทำให้แพจมพอดี เพื่อทำนายสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำด้วยผักตบชวาต่อไป ผลการศึกษาพบว่า เมื่อนำลำต้นผักตบชวาไปตากแห้ง ได้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของผักตบชวาแห้งมีค่าเท่ากับ 0.111 ก/ซม^3 แสดงถึงความสามารถในการลอยตัวที่ดีของผักตบชวา และเมื่อนำไปคำนวณหาแรงลอยตัวและมวลที่ทำให้แพจมพอดีที่ความหนาของแพ 4 6 8 และ 10 ซม. พบว่า แพสามารถรับน้ำหนักของมวลได้เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาของแพ โดยรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่ากับ 6.72 กก. ที่ความหนาของแพ 10 ซม. และให้สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรง คือ $y = 0.7398x - 1.089$ ค่า R^2 เท่ากับ 0.9495 และเมื่อทำการออกแบบและสร้างแพให้มีขนาดความกว้าง 50 ซม. ยาว 50 ซม. จากการใช้ลำต้นผักตบชวามาผูกติดกันและเรียงซ้อนทับกันเป็นชั้นตาม 4 ระดับความหนาที่ออกแบบไว้ ผลการทดลองพบว่า แพที่มีความหนา 10 ซม. สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่ากับ 7.19 กก. และให้สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรง คือ $y = 0.8259x - 1.0343$ ค่า R^2 0.9983 และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่ามวลที่ทำให้แพจมพอดีที่ได้จากการคำนวณกับการทดลอง ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.162 – 1.029 นั่นคือ สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่ทำนายได้จากทั้งสองวิธี มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อมีการนำดินเหนียวที่มีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 2.09 ก/ซม^3 หนา 30 ซม. วางบนแพสำหรับปลูกผักลอยน้ำ ต้องมีการออกแบบและสร้างแพให้มีความหนา 191.04 ซม. ที่จะทำให้แพเกิดการจมพอดี ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำ อีกทั้งการศึกษาในครั้งนี้ยังเป็นแนวทางในการช่วยลดปัญหาของผักตบชวาในแหล่งน้ำและเพิ่มพื้นที่ในการเพาะปลูกต่อไปได้

คำสำคัญ : แพปลูกพืชลอยน้ำ, ผักตบชวา และ แรงลอยตัว

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: rattachai09@gmail.com

Design and build a float plantation by water hyacinth

Rattachai Sayrumyat[1]*, Voraluck Suriwong[1], Patcharaporn Inrirai[1] and Thawanrat Sumrit[1]

[1]Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok, *65000, Thailand*

Abstract

The water hyacinth which is a weed of rapid growth and is a cause of water pollutions. To solve this problem and provide benefit in term the area under cultivation increasing, this research is focus to study the relationship between floating raft crops thickness and the mass raft drowned fit. Another objective was to investigate the suitable linear equation of above relationship from computational method and experimental method. The results shown that the average density of dried water hyacinth was equal to 0.111 g/cm^3 which could not drown. Next, the buoyancy force and mass raft drowned fit were calculated in each raft thickness level, including 4 6 8 and 10 cm. The result from computational method could explained that the raft of water hyacinth to support the weight of the mass increased with increasing thickness of the raft. The raft thickness 10 cm, it could support the maximum weight of the mass at 6.72 kg and predict the linear equation to y = 0.7398x - 1.089, R^2 = 0.9495. For the experimental method, the floating rafts were designed the width and length was equal 50 cm on both sides and desired thickness were divided into four levels as same as the computational method. The stem of water hyacinth stacked layers in each thickness level and test weights that fit raft drowned. The results showed that the floating raft got the maximum support weight at 7.192 kg at 10 cm thickness and predict the linear equation to y = 0.8259x - 1.0343, R^2 =0.9983. Moreover, the standard deviation was less (0.162 – 1.029) by the mass raft drowned fit comparing between the computational method and the experimental method, or the both method was not significantly differences in $p \leq 0.05$. When a clay which its bulk density is 2.09 g/cm^3 and 30 cm of thickness, was placed on the floating raft crops. The raft's thickness is 191.04 cm that can make it drown, must be designed and built. Therefore, they were further applied the linear equation of both method to construct and design floating raft crops. Moreover, this study is a way to solve the problem of water hyacinth and increase a planting area.

Keywords : floating raft crops, water hyacinth and buoyancy force

* Corresponding author: E-mail: rattachai09@gmail.com

บทนำ

การปลูกพืชลอยน้ำ เป็นการเพาะปลูกพืชบนแพที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ เนื่องจากประเทศไทยมักประสบปัญหาด้านอุทกภัยบ่อยครั้ง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบด้านที่อยู่อาศัย เกษตรกรได้รับความเสียหายจากแปลงเพาะปลูก หรือขาดแคลนอาหาร อีกทั้งมีแหล่งน้ำธรรมชาติมากมายทั่วทุกภาค การปลูกพืชลอยน้ำจึงสามารถแก้ปัญหาทางด้านการใช้ชีวิตในช่วงการเกิดอุทกภัย และเป็นการจัดการแหล่งน้ำที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์ได้ โดยเริ่มจากการเตรียมดินหรือเตรียมวัชพืชตากแห้งที่มีอยู่ในแหล่งธรรมชาติมาทำแปลงหรือแพลอยน้ำ และปลูกพืชหรือผักสวนครัว เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวมา

ประกอบอาหาร และส่งไปขายเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ นอกจากนั้นการปลูกพืชลอยน้ำยังสามารถบำบัดน้ำเสีย และสร้างวิวทิวทัศน์ให้กับแหล่งน้ำได้อีกด้วย (Zhao *et al.*, 2012)

ผักตบชวา เป็นวัชพืชหรือพืชน้ำล้มลุกชนิดหนึ่ง สามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำ ในปัจจุบันผักตบชวาในแหล่งน้ำธรรมชาติมีจำนวนมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมไม่สวยงาม ระบบนิเวศเสียหาย ที่อยู่อาศัยใกล้แหล่งน้ำประสบปัญหากับการใช้ประโยชน์และการดำเนินชีวิต อีกทั้งส่งผลให้กีดขวางทางจราจรทางน้ำ แต่ผักตบชวาช่วยทำให้น้ำสะอาดขึ้น สะสมพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ และยังลดปัญหาที่เกิดจากวัชพืชในน้ำ (Malik, 2007) ซึ่งปัจจัยกำหนดการเจริญเติบโตของผักตบชวา คือ ระดับสารอาหาร อุณหภูมิ และน้ำ และมีปัญหาสิ่งแวดล้อม โดย Wilson *et al.* (2005) ได้เสนอเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ สำหรับ ฟิไล วรรณ (2550) ได้ทำการสร้างแปลงผักลอยน้ำขึ้นมา โดยใช้ผักตบชวาที่อัดแน่นจนเป็นแปลงสำหรับปลูกผัก ได้นำไม้ไผ่มากั้นเป็นบล็อค แล้วรวบรวมผักตบชวาสด ทำการอัดแน่นเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากผักตบชวาอีกด้านหนึ่ง

งานวิจัยนี้จึงมีการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของแพปลูกพืชลอยน้ำ และมวลที่ทำให้แพจมพอดี เพื่อทำนายสมการความสัมพันธ์ที่เหมาะสมสำหรับการนำผักตบชวาแห้งไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำ โดยการทำนายความหนาของแพ หากนำดินมาใช้สำหรับการปลูกผักที่มีระบบรากตื้น ประมาณ 30 ซม. (กิตติ, 2555) โดยทำนายจากความหนาแน่นรวมของดินบริเวณมหาวิทยาลัยพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก เพื่อเป็นการช่วยลดปัญหาของผักตบชวาในแหล่งน้ำ และเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมผักตบชวา

ทำการเลือกผักตบชวาที่มีความสมบูรณ์ ตัดแยกส่วนที่เป็นใบ และรากออก ให้เหลือเฉพาะส่วนของลำต้น ความสูง 50 ซม. โดยพิจารณาเลือกขนาดลำต้นให้เท่าๆ กัน จากนั้นทำการเตรียมผักตบชวา จำนวน 5 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างนำไปชั่งน้ำหนักให้ได้เท่ากับ 1 กก.

2. การทำแห้งผักตบชวา

นำผักตบชวาทั้ง 5 ตัวอย่าง มาทำให้แห้งด้วยวิธีธรรมชาติ คือ การผึ่งแดด ในช่วงเวลา 9.00 – 16.00 น. ของทุกวัน โดยทำการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างก่อนที่จะนำออกไปผึ่งแดด (ภาพที่ 1) พร้อมทั้งจดบันทึกน้ำหนัก และสภาพอากาศของแต่ละวัน ทำการผึ่งแดดให้แห้งจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างคงที่ (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 1 การทำแห้งด้วยการผึ่งแดด

ภาพที่ 2 ตัวอย่างลำต้นผักตบชวาแห้ง

3. การหาความหนาแน่นของผักตบชวา

นำตัวอย่างผักตบชวาแห้งที่ทราบน้ำหนักมาหาปริมาตร ด้วยวิธีการแทนที่ด้วยน้ำ จดบันทึกและคำนวณหาความหนาแน่นรวมของผักตบชวาแห้ง

4. การออกแบบสร้างแพลอยน้ำ

การสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำจากผักตบชวา ทำได้โดยการสร้างแพย่อย โดยนำลำต้นของตัวอย่างผักตบชวาแห้งมัดด้วยเชือกเข้าด้วยกัน จนกระทั่งแพย่อยมีขนาด กว้าง 50 ซม. ยาว 50 ซม. ความสูง 2 ซม. จากนั้น นำแพย่อยมาวางซ้อนกันให้มีความหนา 4 6 8 และ 10 ซม. ทำการชั่งน้ำหนักและจดบันทึก โดยแพดังกล่าวใช้สำหรับการคำนวณและทดลอง ในลำดับต่อไป (ภาพที่ 3)

ภาพที่ 3 แพปลูกพืชลอยน้ำจากผักตบชวา

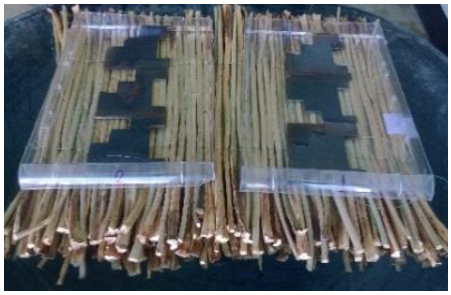
5. การคำนวณหาแรงลอยตัวและมวลที่ทำให้จมพอดี

การคำนวณหาแรงลอยตัว (เสรี, 2542) จากปริมาตรของแต่ละแพ และน้ำหนักจำเพาะของน้ำ (γ) ที่อุณหภูมิที่ 25 °ซ. เท่ากับ 9,779 นิวตัน/ม^3 ด้วยสมการ

$$F_B = \gamma \forall \quad ...(1)$$

เมื่อ F_B = แรงลอยตัว (นิวตัน)
γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (นิวตัน/ม^3)
$\forall$ = ปริมาณของไหลที่ถูกแทนที่ (ม^3)

การทดสอบหามวลที่ทำให้แพจม ด้วยวิธีเติมน้ำในอ่างพลาสติกที่มีความกว้าง 65 ซม. ยาว 70 ซม. ให้เต็ม เตรียมอุปกรณ์ใช้เป็นตุ้มน้ำหนัก ที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 305 - 1,835 ก. เพื่อทดสอบน้ำหนักของแพปลูกพืชจมพอดี จากนั้นชั่งน้ำหนักของถาดสำหรับใส่ตุ้มน้ำหนักบนแพปลูกพืชจำนวน 2 ถาด และเริ่มทดลอง โดยนำแพไปวางลงบนผิวน้ำในอ่างน้ำที่เตรียมไว้ และวางถาดสำหรับรองรับตุ้มน้ำหนักลงบนแพที่มีความหนา 4 6 8 และ 10 ซม. ตามลำดับ วางตุ้มน้ำหนักลงในถาดด้วยการจัดวางแบบกระจายตัวเท่าๆ กัน ทำการวางตุ้มน้ำหนักเพิ่ม จนกระทั่งแพปลูกพืชนั้นเสมอกับผิวน้ำ หรือจมพอดี (ภาพที่ 4) จากนั้นทำการบันทึกมวลของตุ้มน้ำหนักที่วางลงไปทั้งหมดของแต่ละแพ โดยทำการทดลองทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง จากนั้นนำมวลที่ทำให้แพจมพอดีมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการคำนวณต่อไป



ภาพที่ 4 การทดลองหาแรงลอยตัว

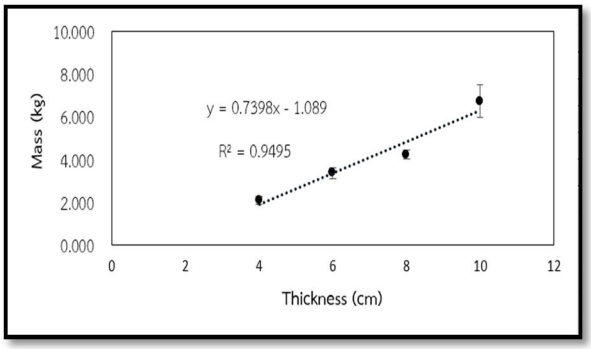
6. การประเมินเนื้อดิน และความหนาแน่นรวมของดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดิน บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก แบบไม่รบกวนโครงสร้าง และแบบรบกวนโครงสร้าง ที่ระดับความลึก 20 ซม. จากผิวดิน สำหรับวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (bulk density) ตาม Grossman and Reinsch (2002) และสำหรับประเมินเนื้อดิน ด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงกลโดยไฮโดรมิเตอร์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2536) ตามลำดับ

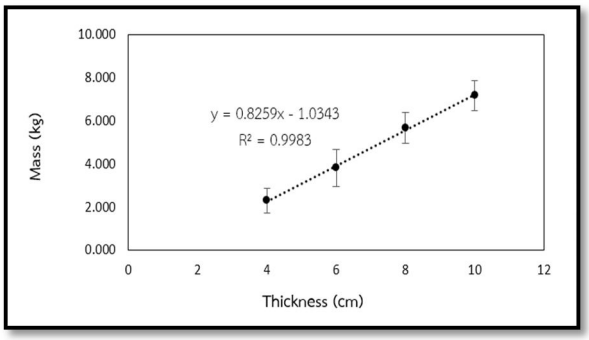
ทำนายความหนาของแพปลูกพืชลอยน้ำ จากความหนาแน่นรวมของดิน โดยกำหนดให้ดินที่จะถูกวางอยู่แพปลูกพืชลอยน้ำ มีความหนา 30 ซม. สำหรับผักที่มีระบบรากตื้น

ผลการวิจัย

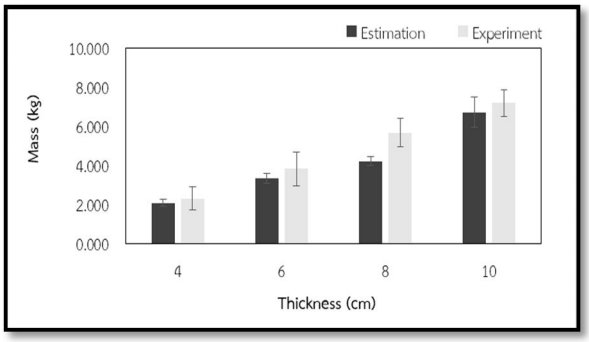
ผลการคำนวณแรงลอยตัว และมวลที่ทำให้แพปลูกพืชลอยน้ำ ที่มีความหนา 4 6 8 และ 10 ซม. จมพอดี ที่มีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยเท่ากับ 0.111 ก/ซม^3 พบว่า แพปลูกพืชลอยน้ำมีแรงลอยตัว 20.353 32.857 41.380 และ 65.897 นิวตัน ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยมวลที่ทำให้จมพอดีเท่ากับ 2.075 3.350 4.218 และ 6.717 กก. ตามลำดับ จากนั้นทำการทดลองหามวลที่ทำให้แพปลูกพืชจมพอดี ที่ระดับความหนาต่างๆ ของแพ พบว่า มีค่าเฉลี่ยมวลที่ทำให้จมพอดีเท่ากับ 2.304 3.819 5.673 และ 7.192 กก. และได้ทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและมวลที่ทำให้แพจมพอดี (ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6) จากกราฟที่ได้ผลจากการคำนวณ จะได้สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรง $y = 0.7398x - 1.089$ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) เท่ากับ 0.9495 และจากการทดลองได้ $y = 0.8259x - 1.0343$ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9983 จะเห็นได้ว่าค่า R^2 เป็นพารามิเตอร์ทางสถิติช่วยบ่งบอกความแม่นยำของการคำนวณและการทดลอง โดยค่าที่เข้าใกล้ 1.0 แสดงว่าผลดังกล่าวมีความแม่นยำ ดังนั้นสามารถนำผลการคำนวณ และการทดลองจริงมาใช้ในการพิจารณาทำจริงหรือประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆ ได้ และจากการศึกษายังพบอีกว่า เมื่อความหนาของแพเพิ่มขึ้น มวลที่ทำให้แพปลูกพืชลอยน้ำจมพอดีก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากความหนาของแพที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าแรงลอยตัวเพิ่มขึ้นด้วย จึงสามารถรับน้ำหนักได้ดี และเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 7 พบว่า ค่ามวลที่ทำให้แพจมพอดีที่ได้จากการคำนวณ มีค่าต่ำกว่าการทดลองเพียงเล็กน้อย เนื่องการพิจารณาการจมพอดีในการทดลองเป็นการสังเกต จึงส่งผลต่อค่ามวลที่ทำให้แพจมพอดี แต่เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) พบว่า มีค่าที่ค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.162, 0.332, 1.029 และ 0.335 ที่ความหนา 4, 6, 8 และ 10 ซม. ตามลำดับ นั่นแสดงว่า สมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่ได้จากทั้งสองวิธีการมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและมวลที่ทำให้แพจมพอดี จากการคำนวณ



ภาพที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและมวลที่ทำให้แพจมพอดี จากการทดลอง



ภาพที่ 7 กราฟแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ระหว่างค่ามวลที่ทำให้แพจมพอดีที่ได้จากการคำนวณ และการทดลอง

จากการเก็บตัวอย่างดินบริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก พบว่า มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (clay) (sand 4.36 % silt 10.03 % clay 85.61 %) มีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 2.09 ก/ซม^3 เมื่อทำการทำนายความหนาของแพปลูกพืชลอยน้ำ โดยกำหนดให้นำดินดังกล่าว หนา 30 ซม. วางบนแพ จากการทำนายโดยสมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนา และมวลที่ทำให้แพจมพอดี จากการทดลอง พบว่า ต้องมีการออกแบบ และสร้างแพให้มีความหนา 191.04 ซม. จะทำให้แพจมพอดี ซึ่งมีความเป็นไปได้ เพียงแต่ต้องใช้ผักตบชวาจำนวนมาก และแพจะมีความหนามาก

สรุปผลการวิจัย

ค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของผักตบชวาแห้ง 0.111 ก/ซม^3 ที่ได้จากการตากแห้ง เมื่อนำไปคำนวณหาค่าแรงลอยตัวและมวลที่ทำให้แพปลูกพืชจมพอดี ที่ความหนา 4 6 8 และ 10 ซม. พบว่า ที่ความหนา 10 ซม. คำนวณค่ามวลเฉลี่ยในการรับน้ำหนักได้มากที่สุด และให้สมการที่มีค่าความแม่นยำทางสถิติสูง และเมื่อทำการออกแบบและทดลองสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำด้วยผักตบชวาแห้ง โดยนำลำต้นของผักตบชวาแห้งมัดด้วยเชือกเข้าด้วยกันให้มีขนาดความกว้าง 50 ซม. ยาว 50 ซม. และมีความหนาเท่ากับที่กำหนดไว้ พบว่า ค่ามวลที่ทำให้แพปลูกพืชจมพอดีที่ได้จากวิธีการคำนวณและการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของแพและมวลที่ทำให้แพจมพอดีไปในเชิงบวก นั่นคือ แพจะสามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น เมื่อความหนาของแพเพิ่มขึ้น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า สมการที่ได้จากการทำนายด้วยวิธีการคำนวณและวิธีการทดลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาผักตบชวาในแหล่งน้ำได้ ด้วยแนวคิดการนำลำต้นของผักตบชวามาทำให้แห้งแล้วประยุกต์สร้างเป็นแพลอยน้ำสำหรับการปลูกพืช เนื่องจากผักตบชวาเป็นวัชพืชที่สามารถลอยน้ำได้ดีเพราะมีทุ่นลอย หากทำการสร้างแพปลูกพืชลอยน้ำให้มีความสามารถรับมวลหรือน้ำหนักได้มาก ก็ต้องทำการออกแบบให้ระดับชั้นความหนาเพิ่มขึ้น เมื่อมีการนำดินเหนียวที่มีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 2.09 ก/ซม^3 หนา 30 ซม. วางบนแพสำหรับปลูกผักลอยน้ำ ต้องมีการออกแบบ และสร้างแพให้มีความหนา 191.04 ซม. จะทำให้แพจมพอดี นอกจากนี้การนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์ ยังส่งผลให้แหล่งน้ำธรรมชาติกลับมามีทิวทัศน์ที่สวยงาม ลดปัญหาการกีดขวางการจราจรทางน้ำ อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชเพื่อหารายได้หรือการดำรงชีวิตในช่วงฤดูฝนที่มักมีปัญหาด้านอุทกภัยได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงผ่านไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามทุกท่าน ที่ให้ความกรุณาและช่วยเหลือ อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กิตติ บุญเลิศนิรันดร์. 2555. เทคโนโลยีการผลิตผัก. มิตรภาพการพิมพ์: กรุงเทพฯ. 238 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2536. คู่มือปฏิบัติการวิชาปฐพีวิทยาเบื้องต้น โดยใช้ระบบโสตทัศนูปกรณ์. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ. 119 หน้า.

พิไลวรรณ ประพฤติ. 2550. แปลงผักลอยน้ำ. (สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2556) Available from: URL: http://share. psu.ac.th/blog/coasta-activities/433.

เสรี ศุภราทิตย์. 2542. กลศาสตร์ของไหล. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต: ปทุมธานี.

Grossman R.B. and T.G. Reinsch. 2002. The Soil Phase. In J.H. Dane and G.C. Topp (ed.) Method of soil analysis. Part 4: Physical methods. Soil Science Society of American: Medison, Wisconsin. 1,663 pp.

Malik, A. 2007. Environmental challenge vis a vis opportunity: The case of water hyacinth. Environment International 33(1): 122-138.

Wilson, J.R., Holst, N., Rees, M. 2005. Determinants and patterns of population growth in water hyacinth. Aquatic Botany 81(1): 51-67.

Zhao, F., Xi, S., Yang, X., Yang, W., Li, J., Gu, B., He, Z. 2012. Purifying eutrophic river waters with integrated floating island systems. Ecological Engineering 40: 53-60.