การใช้อินทรีย์วัสดุเพื่อทดแทนการใช้พีทมอสและเพอร์ไลท์ในระบบการปลูกพืชทดแทนดิน

Utilization of organic material as peatmoss and perlite in substrate culture system

โดย

เพียงใจ เจียรวิชญกุล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ปีงบประมาณ 2562

ผลงานนี้เป็นความรับผิดชอบของผู้วิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีเป็นอย่างสูงที่สนับสนุนทุนวิจัยจนโครงการแล้วเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ที่ได้ช่วยเหลือจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เพียงใจ เจียรวิชญกุล

30 กันยายน 2562

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

หัวข้อวิจัย การใช้อินทรีย์วัสดุเพื่อทดแทนการใช้พีทมอสและเพอร์ไลท์ในระบบการปลูกพืชทดแทนดิน

ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพียงใจ เจียรวิชญกุล

คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัย ราชภัฏเทพสตรี

ปี 2562

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนของอินทรีย์วัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยหมักผักตบชวาและแกลบดำที่เหมาะสมเพื่อทดแทนพีทมอสและเพอร์ไลท์สำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบการปลูกพืชทดแทนดิน โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ จำนวน 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 ได้แก่ ผักกาดหอม 3 พันธุ์ (กรีนคอส กรีนโอ๊ก และเรดคอรอล) ปัจจัยที่ 2 คืออัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ 10 อัตรา (6 : 0 : 1 : 3 : 0 (ควบคุม) 3 : 3 : 1: 3 : 0, 3 : 3 : 1 : 2 : 1, 3 : 3: 1 : 1: 2, 4 : 2 : 1: 3 : 0, 4 : 2 : 1 : 2 : 1, 4 : 2: 1 : 1: 2, 5 : 1 : 1: 3 : 0, 5 : 1 : 1 : 2 : 1, 3 : 3: 1 : 1: 2 โดยปริมาตร) จากการศึกษาพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักผักตบชวาทำให้ความหนาแน่นรวม ความพรุนรวม และปริมาตรของช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์ของวัสดุปลูกเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแกลบดำจะทำให้ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกลดลง ส่วนคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูกพบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของปุ๋ยหมักผักตบชวาทำให้ความเป็นกรดด่าง ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าการใช้วัสดุปลูกอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 ทำให้ผักกาดหอมมีความยาวใบ พื้นที่ใบ ความยาวต้น ความยาวรากและน้ำหนักแห้งต้นสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยหมักผักตบชวาและแกลบดำ (ควบคุม)

คำสำคัญ อินทรีย์วัสดุ พีทมอส เพอร์ไลท์ ผักกาดหอม ระบบปลูกพืชทดแทนดิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Research Title	Utilization of organic material as peatmoss and perlite in substrate culture system
Researcher	Peangjai Jianwitchayakul
Faculty	Science and Technology
University	Thepsatri Rajabhat University
Year	2019

Abstract

This study aimed to investigate 2 organic materials (water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (S. Mart.) Solms) compost (WHC) and rice husk charcoal) as peat and perlite substitute for lettuce (*Lactuca sativa* L.) in substrate culture system. The experiment design was factorial in CRD with 2 factors ie : 1) 3 varieties of lettuce (green cos, green ok and red coral) 2) 10 difference ratio of peat moss WHC vermiculite perlite and rice husk charcoal (6 : 0 : 1 : 3 : 0 (control) 3 : 3 : 1: 3 : 0, 3 : 3 : 1 : 2 : 1, 3 : 3: 1 : 1: 2, 4 : 2 : 1: 3 : 0, 4 : 2 : 1 : 2 : 1, 4 : 2: 1 : 1: 2, 5 : 1 : 1: 3 : 0, 5 : 1 : 1 : 2 : 1, 3 : 3: 1 : 1: 2 by volume). The result showed that bulk density, total porosity and water holding capacity tend to increase with the increasing of WHC proportion whereas increasing of rice husk charcoal tend to decrease bulk density. However, the chemical properties of substrates found that pH, total Nitrogen and total Potassium increased with the increased volume of WHC. Substrate containing 5 : 1 : 1 : 3 : 0 gave the higher leaf length, leaf area, shoot length, root length and plant dry weight when compare with control.

Keywords: organic materials, peatmoss, perlite, lettuce, substrate culture system

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญ

		หน้า
สารบัญ		ก
สารบัญตาราง		ข
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
	ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2	**เอกสารที่เกี่ยวข้อง**	**4**
บทที่ 3	**อุปกรณ์และวิธีการวิจัย**	**12**
	อุปกรณ์	12
	วิธีดำเนินการวิจัย	12
บทที่ 4	**ผลการวิจัย**	**18**
	การสุกแก่ของปุ๋ยหมักผักตบชวา	18
	คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก	19
	คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูก	23
	ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม	24
	ผลผลิตของผักกาดหอม	26
	อภิปรายผล	36
บทที่ 5	**สรุป**	**39**
เอกสารอ้างอิง		**40**

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงดัชนีการสุกแก่ของปุ๋ยหมักผักตบชวา	20
2	แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูกเมื่อมีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน	21
3	แสดงคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูกเมื่อมีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน	30
4	แสดงจำนวนใบของผักกาดหอมเมื่อปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมัก ผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน	31
5	แสดงความสูง (เซนติเมตร) ของผักกาดหอมเมื่อปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน	32
6	แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ (เปอร์เซ็นต์) ของผักกาดหอมเมื่อปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน	33
7	แสดงผลผลิตของผักกาดหอมเมื่อปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมัก ผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน	34

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 1
บทนำ

ธุรกิจการปลูกพืชไร้ดินโดยใช้วัสดุปลูกทดแทนดินเป็นธุรกิจที่กำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากภาคเอกชนเป็นผู้ริเริ่มลงทุนและนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น พันธุ์พืช วิธีเพาะกล้า และการจัดการอื่น ๆ จนปัจจุบันการปลูกพืชไร้ดินเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง ประกอบกับมีหน่วยงานราชการคือกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์เข้ามาดูแลและตรวจสอบ ออกใบรับรองการตรวจสอบเกี่ยวกับการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ผักและผลไม้ตามฟาร์มที่ได้รับใบรับรองจึงสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภคจนทำให้ธุรกิจการปลูกพืชไร้ดินในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก แต่ปัญหาที่พบคือวัสดุที่ใช้ในการปลูกพืชไร้ดินส่วนใหญ่บางอย่างมีราคาแพงเนื่องจากนำเข้าจากต่างประเทศทำให้ต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง และวัสดุปลูกบางชนิดสลายตัวยากจนเกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้หากไม่มีการควบคุมดูแลที่ดีพอ จึงได้มีแนวคิดในการนำเอาวัสดุที่ไม่ใช้ ได้แก่วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์

พีทมอส (peat moss) คือซากของพืชหรือพืชที่ขึ้นตามหนองบึงซึ่งทับถมอยู่ใต้ผิวน้ำเป็นเวลานานจนอยู่ในสภาพผุเปื่อย (สนั่น, 2526) ซึ่งคุณสมบัติเด่นของพีทมอสคือมีค่าการอุ้มน้ำ (water holding capacity: WHC) สูง มีความพรุนสม่ำเสมอ ปราศจากเมล็ดวัชพืช โรคพืช และมีความหนาแน่นรวม (bulk density) ต่ำ รวมถึงมีปริมาณธาตุอาหารต่ำ (Schilewski, 2008, Michel, 2010) พีทมอสเป็นวัสดุที่นำมาเข้ามาจากต่างประเทศจึงมีราคาแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูง ในขณะเดียวกัน การนำพีทมอสมาใช้ประโยชน์จะต้องขุดพีทมอสออกมาจากแหล่งน้ำแล้วปล่อยให้แห้งจึงเป็นสาเหตุให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังนั้นนักวิทยาศาสตร์ จึงได้มีการค้นคว้าหาวัสดุชนิดอื่น โดยเฉพาะวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือขยะอินทรีย์หรืออินทรีย์วัสดุมาใช้เป็นวัสดุทดแทนพีทมอส นอกจากนี้ Hieri *et al.*, (2014) รายงานว่าอินทรีย์วัสดุที่จะนำมาใช้ในการปลูกพืชควรนำมาหมักก่อนนำไปใช้เพื่อเป็นการกำจัดสารพิษ เมล็ดวัชพืชและสารที่ไม่พึงประสงค์ออกจากอินทรีย์วัสดุเหล่านั้น

เพอร์ไลท์ (perlite) มีกำเนิดจากหินภูเขาไฟแล้วนำมาย่อยและร่อนให้มีขนาดที่ต้องการ มีน้ำหนักเบา มีความจุในการอุ้มน้ำต่ำ มีความหนาแน่นต่ำ มีซิลิกา มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ นิยมนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกโดยตรงหรือผสมกับพีทมอส ข้อเสียของเพอร์ไลท์คือมีน้ำหนักเบา หากนำมาผสมกับวัสดุปลูกอื่น ๆ และให้น้ำมากเกินไปอาจทำให้เกิดการขังน้ำ นอกจากนี้ ยังมีผลกระทบต่อปอดของผู้ใช้เนื่องจากมีขนาดเล็ก อีกทั้งยังมีราคาแพง

ผักตบชวาเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่หาได้ง่ายและมีอยู่ทั่วไปตามแม่น้ำลำคลอง อีกทั้งยังขยายพันธุ์ได้ง่ายจนมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกลายเป็นขยะวัชพืช ทำให้เกิดอุปสรรคกีดขวางทางระบายน้ำทำให้รัฐบาลต้องเสียงบประมาณในการกำจัดเป็นจำนวนเงินหลายล้านบาทต่อปี จนในปัจจุบันได้มีผู้นำผักตบชวามาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ รวมทั้งการนำมาทำปุ๋ยเนื่องจากผักตบชวามีธาตุโพแทสเซียมจำนวนมากและมีธาตุไนโตรเจนกับฟอสฟอรัสพอสมควร ขึ้นอยู่กับสภาพน้ำที่ขึ้น จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักแบบไม่กลับกองจากผักตบชวาพบว่ามีปริมาณธาตุอาหารได้ตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร ดังนั้น การนำปุ๋ยหมักจากผักตบชวามาใช้พีทมอสจึงเป็นทางเลือกใหม่แบบหนึ่ง

แกลบดำหรือขี้เถ้าแกลบหมายถึงเปลือกข้าวหรือแกลบที่ถูกเผาไหม้เป็นถ่าน มีน้ำหนักเบา มีความพรุนมากและมีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชคือซิลิกา การใส่ขี้เถ้าแกลบลงไปในดินจะทำให้การอุ้มน้ำของดินดีขึ้น มีความพรุนมากขึ้น การแลกเปลี่ยนประจุของธาตุโปแตสเซียมและแคลเซียมสูงขึ้น การที่แกลบดำมีคุณสมบัติคล้ายกับเพอร์ไลท์นี้เอง Nelson (2012) จึงได้รายงานว่าแกลบดำสามารถนำมาใช้แทนเพอร์ไลท์ได้

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและแกลบดำที่เหมาะสมในการทดแทนการใช้พีทมอสและเพอร์ไลท์ ทั้งคุณสมบัติด้านกายภาพ เคมี ตลอดจนการเจริญเติบโตของพืชซึ่งในที่นี้จะใช้ผักกาดหอม 3 ชนิด เนื่องจากเป็นพืชที่นิยมปลูกในระบบการปลูกพืชโดยใช้วัสดุทดแทนดิน (substrate culture) เพื่อเป็นแนวทางการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและขยะอินทรีย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อทราบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปลูกแทนดินที่มีปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและแกลบดำเป็นองค์ประกอบ
2. เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและแกลบดำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชในการใช้เป็นวัสดุปลูกแทนดิน

ขอบเขตของโครงการวิจัย

เก็บและรวบรวมผักตบชวาและแกลบดำในอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี หลังจากนั้นนำผักตบชวามาทำเป็นปุ๋ยหมักและเตรียมวัสดุปลูกโดยใช้ปุ๋ยหมักจากผักตบชวา พีทมอส เพอร์ไลท์ แกลบดำ และเวอร์มิคูไลท์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัสดุ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ปลูกของวัสดุปลูก และทดสอบประสิทธิภาพของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัด 3 ชนิด

ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

จังหวัดลพบุรีเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาการระบาดของผักตบชวาและแกลบดำที่เหลือใช้จากโรงสีจำนวนมาก หากนำวัสดุอินทรีย์เหล่านี้มาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชในระบบการปลูกพืชทดแทนดิน นอกจากจะเป็นการลดปัญหาการระบาดของผักตบชวาและขยะอินทรีย์จากแกลบดำแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผักตบชวาและแกลบดำ รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกรในการนำเข้าวัสดุปลูกจากต่างประเทศอีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

การปลูกพืชในวัสดุปลูกแทนดิน (soilless culture media) คือการปลูกพืชในวัสดุอื่น ๆ แทนดิน โดยในที่นี้หมายถึงทั้งที่เป็นอินทรียสารและอนินทรีย์สารที่จะต้องไม่มีธาตุอาหารสะสมอยู่ (สุรพงศ์, 2561) โดยพืชสามารถเจริญเติบโตบนวัสดุปลูกที่ใช้เป็นที่ยึดเกาะและจากการได้รับสารละลายธาตุอาหารพืชที่มีน้ำผสมสารละลายธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางรากพืช (การปลูกพืชไร้ดิน, 2561)

การปลูกพืชในวัสดุแทนดินยังเป็นการปลูกที่ช่วยแก้ไขปัญหาการขาดออกซิเจนที่รากในพืชต่าง ๆ ซึ่งการปลูกพืชแบบแช่ในสารละลายในพื้นที่อากาศร้อนมักประสบปัญหาอุณหภูมิของน้ำสูงเกินไป ทำให้รากพืชขาดออกซิเจนจนทำให้พืชนั้นอ่อนแอ และเกิดโรคขึ้นได้ง่าย

Zen hydroponics (2558) รายงานว่าการปลูกพืชโดยการใช้วัสดุทดแทนดินเป็นการนำวัสดุชนิดต่าง ๆ มาใช้ทำเพื่อให้รากพืชยึดเกาะพยุงลำต้นไว้ได้โดยวัสดุปลูกที่เราจะนำมาใช้ทดแทนดินดีนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

1. มีอัตราส่วนพื้นที่ของอากาศและน้ำเหมาะสม อัตราส่วนประมาณ 50 : 50 หมายถึงวัสดุที่มีการระบายอากาศและน้ำได้ดีหรือมีความพรุนสูงไม่เป็นวัสดุที่มีการสะสมความร้อน
2. โครงสร้างของวัสดุปลูกไม่อัดตัวกันแน่นหรือยุบตัวง่ายเมื่อถูกน้ำและใช้ไประยะหนึ่ง
3. วัสดุต้องไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีเมื่อสัมผัสกับธาตุอาหารพืชจนเกิดอันตรายกับพืช
4. เป็นวัสดุที่สะอาด ไม่มีการสะสมของเชื้อโรคหรือแมลง
5. เป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพงจนเกินไป

ประเภทของวัสดุปลูก

ดิเรก (2550) ได้จำแนกวัสดุปลูกตามแหล่งที่มาหรือแหล่งกำเนิดได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1. วัสดุปลูกที่เป็นอนินทรีย์สาร สามารถจำแนกได้ดังนี้

1.1 วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ทราย หินเกล็ด กรวด หินภูเขาไฟหรือภูไมซ์ (pumice) หินชิสท์ (schist)

1.2 วัสดุที่ผ่านกระบวนการโดยใช้ความร้อนทำให้วัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น ดินเผา (ceramic) เม็ดดินเผา (expanded clay) ที่ได้จากการเผาเม็ดดินเหนียวที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ใยหินหรือร็อควูล (rock wool) ที่ได้จากการหลอมหินภูเขาไฟที่ทำให้เป็นเส้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ใยแล้วผสมด้วยสารเรซิน เพอร์ไลท์ (perlite) ที่ได้จากทรายที่มีต้นกำเนิดจากภูเขาที่อุณหภูมิสูง 1,200 องศาเซลเซียส เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) ที่ได้จากการเผาแร่ไมก้าที่อุณหภูมิสูง 800 องศาเซลเซียส ถ่านแกลบที่ได้จากการเผาแกลบสด เป็นต้น

1.3 วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม/โรงสี เช่น เศษอิฐจากการทำอิฐมอญ เศษดินเผาจากโรงงานเครื่องปั้นดินเผา จากโรงสี เช่น ขี้เถ้าแกลบหรือถ่านละเอียด รวมทั้งเศษพืช เช่น ซังข้าวโพดเผา

1.4 วัสดุสังเคราะห์ เช่น เม็ดโฟม แผ่นโฟม แผ่นฟองน้ำ สารดูดความชื้นและเส้นใยพลาสติก

2. **วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร** ได้แก่ วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฟางข้าว ขุยและเส้นใยมะพร้าว เปลือกถั่ว เปลือกไม้ พีท วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ขี้เลื่อยจากไม้ของโรงงานแปรรูป กากชานอ้อยหรือกากตะกอนจากโรงงานน้ำตาล วัสดุเหลือใช้จากโรงสี เช่น แกลบสด วัสดุเหลือใช้จากโรงงานกระดาษ

วัสดุปลูกที่เป็นอินทรียสารและอินทรียวัตถุที่กล่าวมานี้อาจใช้อย่างเดียวหรือใช้ผสมกันก็ได้เรียกว่า “ซอยเลสมิกซ์” (soilless mix)

ตัวอย่างของวัสดุปลูก

พีทมอส (peat moss) พีทมอส เกิดจากการผุเปื่อยของพืชที่เกิดขึ้นเองหรือพัดพามาจากแหล่งอื่นและตายทับถมในหนองน้ำ บึง ทะเลสาบน้ำจืดหรือแอ่งน้ำในสภาพน้ำขัง คุณสมบัติของพีทมอสจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ให้กำเนิด อัตราการผุเปื่อย ปริมาณดินที่ปะปน ความเป็นกรด และภูมิอากาศท้องถิ่น พีทมอสมีหลายชนิด แต่ชนิดที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันคือ *Sphagnum* spp. ซึ่งมีสีน้ำตาล น้ำหนักเบา อุ้มน้ำได้ดี แต่มีความเป็นกรดสูง (pH 3.8-4.2) มีอินทรียวัตถุมาก มีน้ำมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และในปัจจุบันประเทศไทยมีพีทมอสที่จำหน่ายเป็นการค้าทั้งในรูปแบบของพีทมอสล้วน และรูปแบบที่ผสมเป็นเครื่องปลูกแล้ว แต่มีราคาสูง เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ (มุกดา, 2547)

แกลบดำหรือขี้เถ้าแกลบ (rice husk charcoal) เป็นผลพลอยได้จากโรงสีข้าวเป็นส่วนของเปลือกข้าวที่ถูกเผาไหม้ วัสดุที่ได้มีสีดำซึ่งได้จากการเผาแกลบสดที่มีสารประกอบซิลิกาเป็นสารประกอบหลักอยู่ร้อยละ 95 มีความพรุนมาก น้ำหนักเบา มีพื้นที่ผิวมาก มีคุณสมบัติดูดซับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

นิยมใช้ถ่านแกลบผสมเครื่องปลูก เพื่อปรับปรุงการระบายอากาศของเครื่องปลูก ต้องมีการให้ความชุ่มชื้นบ่อย ๆ สม่ำเสมอ (ภัทราและคณะ, 2551)

เพอร์ไลท์ (perlite) เป็นแร่ที่ได้จากหินภูเขาไฟที่มีซิลิกา (SiO_2) เป็นองค์ประกอบจำนวนมาก แหล่งที่มาของเพอร์ไลท์ที่พบมากได้แก่บริเวณที่มีหินภูเขาไฟและมีการทับถมของหินลาวา (lava) ที่ถูกพ่นออกมาในขณะที่เกิดการระเบิดของหินภูเขาไฟ สินแร่เพอร์ไลท์ที่ขุดได้จากบริเวณดังกล่าวจะถูกนำมาบด ร่อนขนาดเพื่อให้ได้เม็ดหรือผงที่มีขนาดตามที่ต้องการแล้วนำไปเผาในเตาเผาโดยใช้ความร้อนประมาณ 760 องศาเซลเซียส ซึ่งความร้อนจากการเผาจะทำให้ความชื้นที่มีในเนื้ออนุภาคแร่ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 2-6 เปลี่ยนสถานภาพเป็นไอน้ำแล้วเกิดความดันดันให้อนุภาคแร่ให้เกิดการขยายตัวหรือพองตัวขึ้นประมาณ 4-20 เท่าตัวของปริมาตรเดิม โดยเกิดการพองตัวเป็นเม็ดกลม ๆ และมีสีขาวคล้ายเมล็ดข้าวโพดคั่วหรือฟองน้ำที่มีน้ำหนักเบามาก (ปิยะ, 2553)

สมบัติทางกายภาพและเคมีโดยทั่ว ๆ ไปของเพอร์ไลท์ที่เผาแล้วมีสีขาว ไม่มีกลิ่น มีน้ำหนักเบามาก คือระหว่าง 80-100 กิโลกรัมต่อคิวบิกเมตร มีความจุในการอุ้มน้ำต่ำ เพราะผิวหน้าของเม็ดจะปกคลุมด้วยช่องว่างขนาดเล็กที่มีพื้นที่ผิวสูง ส่วนช่องว่างภายในเม็ดแต่ละเม็ดจะถูกเชื่อมติดกันด้วยความร้อนระหว่างการเผาทำให้สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารที่ละลายน้ำได้เฉพาะในบริเวณช่องว่างที่ผิวเม็ดและช่องว่างระหว่างเม็ดเท่านั้น แร่เพอร์ไลท์ชนิดหยาบโดยทั่ว ๆ ไปมีความพรุนรวม (total porosity) ประมาณร้อยละ 70 และในปริมาณนี้ประมาณร้อยละ 60 เป็นช่องว่างระบายอากาศ (aeration porosity) ทำให้ดินที่มีสมบัติระบายอากาศและน้ำไม่ดี เมื่อผสมเพอร์ไลท์แล้วจะมีการระบายอากาศและน้ำได้ดีขึ้น แร่เพอร์ไลท์โดยทั่ว ๆ ไปมีปฏิกิริยา (pH) เป็นกลางหรือมี pH ระหว่าง 6.5-7.5 มีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมาก ไม่มีสมบัติเป็นสารบัฟเฟอร์ (buffering material) และมีธาตุอาหารพืชเป็นองค์ประกอบน้อยมาก นิยมใช้เพอร์ไลท์เป็นวัสดุปลูกโดยตรงหรือใช้ผสมกับวัสดุชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพีทมอส (ปิยะ, 2553)

2. คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่เหมาะสม

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

2.1.1 ความคงทนของวัสดุปลูก ควรเป็นวัสดุปลูกที่มีการยุบตัวน้อย วัสดุที่เป็นอินทรีย์วัตถุมักจะย่อยสลายเร็วอาจมีปัญหาในเรื่องการยุบตัวอยู่บ้าง วิทยา (2531) กล่าวว่าลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความคงทนของวัสดุปลูกอินทรีย์คือ วัสดุปลูกอินทรีย์นั้นจะต้องผุเปื่อยได้ช้า ถ้าผุเปื่อยเร็ว

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เกี่ยวข้องกับความคงทนของวัสดุปลูกอินทรีย์คือ วัสดุปลูกอินทรีย์นั้นจะต้องผุเปื่อยได้ช้า ถ้าผุเปื่อยเร็วอาจเป็นอันตรายต่อพืชปลูกได้ และอัตราส่วนของ C : N วัสดุปลูกอินทรีย์ที่มีอัตราส่วน C : N สูงอัตราการผุเปื่อยจะเป็นไปอย่างช้า ๆ เช่น ขี้เลื่อย มี C : N 1000 : 1

2.1.2 การระบายอากาศและการเก็บความชื้น (air porosity and water holding capacity) การระบายอากาศเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของวัสดุปลูกเนื่องจากรากพืชเจริญดีเมื่อมีการระบายอากาศดี มีระดับความชื้นและธาตุอาหารอย่างเพียงพอและเหมาะสม รากพืชจะเจริญได้ดีที่สุดเมื่อมีการระบายอากาศดี มีระดับความชื้นและธาตุอาหารอย่างพอเพียงและเหมาะสม การกระจายขนาดของช่องว่างมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในวัสดุปลูกที่ดูดยึดไว้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงขนาดเล็กจะเกิดการขังน้ำ (Brown and Pokorny, 1975) วัสดุปลูกที่มีความเหมาะสมมีช่องว่างอากาศ 10-20 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 35-50 เปอร์เซ็นต์ (Criley and Watanabe, 1976) ถ้าหากช่องว่างอากาศมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำในวัสดุจะลดลงจนพืชขาดน้ำได้ง่าย (Self, 1976)

2.1.3 ความจุในการอุ้มน้ำของวัสดุปลูก พืชที่ปลูกรากพืชสามารถเจริญชอนไชได้เฉพาะวัสดุปลูกในกระถางเท่านั้น ดังนั้น น้ำที่พืชใช้จึงได้จากวัสดุปลูกในกระถาง ถ้าวัสดุปลูกมีความสามารถในการบรรจุน้ำไว้ได้มาก พืชก็สามารถใช้น้ำได้ดีไม่แสดงอาการขาดน้ำ แต่ถ้าวัสดุปลูกไม่มีความสามารถในการอุ้มน้ำหรือดูดยึดน้ำได้น้อย พืชปลูกจะขาดน้ำแสดงอาการเหี่ยวเฉาให้เห็น การเพิ่มความจุในการดูดยึดน้ำที่ยึดน้ำของวัสดุปลูก จะต้องไม่ไปลดการระบายอากาศของวัสดุปลูกที่เหมาะสมอยู่แล้ว ความจุในการดูดยึดน้ำที่เหมาะสมสมควรอยู่ในช่วง 30-60 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร หรือ 183 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร (Criley and Watanabe, 1976)

2.1.4 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density = Db) ของวัสดุปลูก มีผลต่อการยึดของรากพืชและทำให้พืชปลูกยืนต้นอยู่ได้ ในการปลูกพืชแบบทดแทนดิน ความหนาแน่นรวมของดินอยู่ช่วง 1.0-1.6 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ในขณะแห้ง ซึ่งต่างจากวัสดุปลูกที่อยู่ในภาชนะ ซึ่งช่วงที่ยอมรับได้คือช่วง 0.64-1.2 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร หลังรดน้ำ วัสดุปลูกที่มีความหนาแน่นต่ำดังกล่าวเมื่อนำไปปลูกพืชมักจะล้ม แต่มีข้อดีคือน้ำหนักเบา สะดวกในการขนส่ง (วิทยา, 2531)

2.1.5 ความคงทนของวัสดุปลูก (stability) เกิดจากคุณสมบัติของวัสดุปลูกอินทรีย์ที่มีการย่อยสลายตัวที่นำมาผสมเป็นวัสดุปลูก บางครั้งการย่อยสลายตัวอาจทำให้เกิดอันตรายต่อรากพืชได้ดังนั้นวัสดุปลูกควรคงสภาพเดิมโดยไม่มีการยุบตัวอย่างน้อย 4 เดือน (วิทยา, 2523)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.1.6 อัตราการซาบซึมน้ำ (Hydraulic conductivity) อัตราการซาบซึมน้ำ หมายถึง การที่น้ำในรูปของเหลวเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งภายในดินหรือวัสดุปลูกซึ่งมีอาจเป็นการซึมลง (percolation หรือ vertically downward flow) ซึมขึ้น (vertically upward flow) การซึมตามระดับ (horizontal flow) หรือการซึมในทิศทางใด ๆ ก็ได้ การซาบซึมน้ำในดินหรือวัสดุปลูกมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นอยู่เสมอ โดยเฉพาะเมื่อมีพืชปลูกอยู่เพราะพืชที่ขึ้นอยู่ย่อมมีการดูดน้ำจากวัสดุปลูกขึ้นไปใช้เพื่อการดำรงชีพอยู่เสมอ จึงมีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำจากส่วนอื่น ๆ ของวัสดุปลูกต่อพืชไม่มากก็น้อย และอาจมีส่วนที่ทำให้ส่วนที่ทำให้วัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ มีจุดเหี่ยวถาวรที่ต่างกัน (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2544)

2.1.7 ความหนาแน่นอนุภาควัสดุปลูก (real density หรือ particle density = Ds) ความหนาแน่นอนุภาค หมายถึงสัดส่วนระหว่างดินหรือวัสดุปลูก ขณะที่แห้งสนิทกับปริมาตรของอนุภาค (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2544) ความหนาแน่นอนุภาค เป็นสมบัติส่วนที่เป็นของแข็งของดินหรือวัสดุปลูก ซึ่งเป็นส่วนผสมของอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุต่าง ๆ สารแต่ละชนิดมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน ดินหรือวัสดุปลูกแต่ละชนิดมีองค์ประกอบไม่เหมือนกัน ดังนั้น ย่อมมีความหนาแน่นของสารที่เป็นของแข็งไม่เท่ากัน การทราบถึงค่าความหนาแน่นอนุภาค พอเป็นแนวทางชี้บ่งว่าดินหรือวัสดุปลูกนั้นมีอินทรียวัตถุมากหรือน้อย คือถ้ามีค่าความหนาแน่นอนุภาคต่ำก็จะมีอินทรียวัตถุอยู่มาก เป็นต้น นอกจากนี้ค่าความหนาแน่นอนุภาคใช้ในการคำนวณความพรุนทั้งหมดของดินหรือวัสดุปลูก

2.2 คุณสมบัติทางเคมี

2.2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของวัสดุปลูกไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชและควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ของวัสดุปลูก ระดับความเป็นกรด-ด่างที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีคือ ในช่วงที่เป็นกรดเล็กน้อย 5.5-6.5 (White, 1974) Self (1976) รายงานว่าพืชสามารถทนสภาพความเป็นกรด-ด่างของวัสดุปลูกที่สูงหรือต่ำกว่าจุดที่เหมาะสมได้ หากระดับแคลเซียมและธาตุอาหารอื่น ๆ มีอยู่อย่างเพียงพอ แต่หากระดับความเป็นกรด-ด่างของวัสดุปลูกสูงหรือต่ำเกินไปอลูมิเนียมและแมงกานีสจะสลายตัวออกมามากจนเป็นพิษต่อพืช

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

2.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity = EC) มีหน่วยเป็นมิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (mS/cm.) ที่ 25 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับพืชปลูกส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1.5-3.0 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (Benoit, 1992) ถ้าค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่านี้อาจเป็นอันตรายต่อพืช แก้ไขได้โดยเจือจางสารละลายด้วยน้ำหรือใช้น้ำชะล้างวัสดุปลูกเพื่อให้ค่าการนำไฟฟ้าต่ำลง ค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ (Rhoades, 1982) เกลือที่ละลายน้ำได้เมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบซึ่งนำไฟฟ้าได้ ค่าการนำไฟฟ้าจะผันแปรตามชนิดของไอออนบวก และไอออนลบ หรือปริมาณเกลือในสารละลายและอุณหภูมิของสารละลาย โดยทั่วไปค่าการนำไฟฟ้าจะวัดได้จากน้ำที่สกัดได้จากวัสดุปลูกที่ 25 องศาเซลเซียส

2.2.3 CEC ของเครื่องปลูกที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 10-30 me/100 g เครื่องปลูกควรมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ซึ่งช่วยให้การดูดยึดธาตุอาหาร ลดการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อย่างรวดเร็วและลดการชะล้างธาตุอาหารพืช (อารักษ์, 2539)

แนวคิดเกี่ยวกับการนำอินทรีย์วัสดุมาใช้เป็นวัสดุปลูก

การปลูกพืชในระบบไร้ดินมักจะปลูกในภาชนะหรือในกระถาง ดังนั้น วัสดุปลูกจะต้องมีคุณสมบัติที่ทำให้รากมีการเจริญเติบโตดีเนื่องจากภาชนะมักมีลักษณะตื้นจึงทำให้ดินอิ่มน้ำได้เร็วอีกทั้งมีขนาดเล็กจึงจำกัดความสามารถในการกักเก็บน้ำของพืช (Bunt, 1988) ดังนั้น วัสดุปลูกที่มีประสิทธิภาพจึงต้องมีความสมดุลระหว่างน้ำกับอากาศ เพื่อป้องกันการขาดอากาศและเกิดสภาพแห้งแล้ง

พีทมอสเป็นองค์ประกอบหลักที่ใช้ในการผลิตพืชเนื่องจากมีความพรุนสูง มีความสามารถในการอุ้มน้ำดีและมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุ (cation exchange capacity : CEC) สูง การนำมาใช้ต้องขุดเอาพีทมอสซึ่งทับถมอยู่ในบึงหรือหนองน้ำมาใช้ (Barber, 1993) พีทมอสได้กักเก็บธาตุคาร์บอนซึ่ง Freeman *et al.* (2004) ได้คาดการณ์ว่ามีประมาณหนึ่งในสามของคาร์บอนที่เก็บไว้ในโลก การนำพีทมอสมาใช้จะต้องมีการระบายน้ำ และนำพีทออกมาตากให้แห้ง ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะเร่งกระบวนการสลายตัวของพีทมอสทำให้คาร์บอนที่สะสมอยู่ในพีทมอสถูกปลดปล่อยออกมาสู่บรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้สภาพภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลง (Cleary *et. al.*, 2005) จึงมีแรงกดดันให้ผู้ผลิตพืชลดการใช้พี

ทมอสรวมทั้งสนับสนุนให้มีการนำอินทรีย์วัตถุจากการเกษตร ขยะอินทรีย์กลับมาใช้ใหม่ ซึ่ง WRAP (2014) รายงานว่าปุ๋ยหมักสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกได้

ปุ๋ยหมักเป็นวัสดุที่มีอินทรียวัตถุสูงและมีธาตุอาหารหลายชนิด ในยุโรปได้นำเอาปุ๋ยหมักมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชเพื่อลดปริมาณขยะในพื้นที่และได้รับการยอมรับว่าเป็นวัสดุที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกได้ เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นสูง ทำให้สะดวกต่อการขนส่ง แต่การนำปุ๋ยหมักมาใช้เป็นวัสดุปลูกยังมีข้อเสียคือมีธาตุอาหารในปริมาณมาก มีค่าความเค็มและค่าความเป็นกรด-ด่างสูง ดังนั้น ในการนำปุ๋ยหมักมาใช้เป็นวัสดุปลูกจึงต้องนำมาผสมกับวัสดุอื่น ซึ่ง Ostos *et al.* (2008) รายงานว่าวิธีการที่เหมาะสมในการนำปุ๋ยหมักมาใช้เป็นวัสดุปลูกคือนำมาผสมกับพีทมอส เนื่องจากพีทมอสมีการระบายอากาศดี และมีค่า water retention สูง ในขณะที่ปุ๋ยหมักจะมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ นอกจากนี้ปุ๋ยหมักยังมีความพรุนและการระบายอากาศที่ดี

Lopez and Currey (2010) รายงานว่าในการปลูกไม้กระถางนิยมใช้พีทมอสผสมกับเพอร์ไลท์เพื่อช่วยในการระบายน้ำ แต่เนื่องจากเพอร์ไลท์มีราคาแพง จึงได้มีผู้สนับสนุนให้นำแกลบมาใช้แทนเพอร์ไลท์ เนื่องจากมีคุณสมบัติคล้ายกับเพอร์ไลท์ (Bethke, 2007; Nelson, 2012)

ปุ๋ยหมัก

ปุ๋ยหมัก (compost) คือ ปุ๋ยที่ได้จากการหมักซากพืช ซากสัตว์ตลอดจนมูลสัตว์เพื่อให้อินทรียสารสลายตัวผุพังจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ผลิตโดยนำวัสดุเหล่านี้มากองรวมกัน รดน้ำให้ชื้นแล้วปล่อยให้ย่อยสลายและแปรสภาพ จนกลายเป็นขุยสีดำหรือสีน้ำตาลเข้ม มีลักษณะพรุน ยุ่ยและร่วนซุยแล้วจึงนำไปใช้ (ยงยุทธ, 2551)

ผักตบชวา

ผักตบชวา (water hyacinth) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Eichhornia crassipes* (C. Mart.) Solmsอยู่ในวงศ์ Pontederiaceae เป็นวัชพืชน้ำที่เจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว ผักตบชวาสามารถขยายพันธุ์ได้ทุกฤดูกาล ใน 1 ต้นจะมีเมล็ดถึง 5,000 เมล็ด และเมล็ดอาจเคลื่อนย้ายไปตามกระแสน้ำหรือติดไปกับสัตว์ อื่น ๆ เช่น นก ทำให้ผักตบชวาสามารถแพร่ขยายไปยังแหล่งน้ำอื่นได้ ดังนั้น จึงพบว่าผักตบชวาก่อให้เกิดความเสียหาย คือ กีดขวางการสัญจรไปมาทางน้ำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

แนวทางที่เหมาะสมในการกำจัดผักตบชวา คือการนำเอาผักตบชวาเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ด้วยการทำปุ๋ยหมัก เนื่องจากผักตบชวามีระบบรากฝอยเป็นจำนวนมาก สามารถดูดซับเอาอาหารพืชที่ปะปนอยู่กับตะกอนในน้ำและนำมาไว้ในส่วนต่าง ๆ ของลำต้นและใบ (รักบ้านเกิด, 2561) ซึ่ง Fan *et al.* (2015) รายงานว่าปุ๋ยหมักจากผักตบชวาน่าจะนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Fan *et al.* (2015) ได้นำผักตบชวามาทำปุ๋ยหมักแล้วนำมาเป็นส่วนผสมของวัสดุปลูกทดแทนพีทมอสในอัตรา 30, 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับปุ๋ยหมักจากผักตบชวาผสมมูลสุกรในอัตราส่วน 30 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่าค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกจะอยู่ในค่ามาตรฐานของวัสดุปลูกของ De Boodt and Verdonck (1972) และ Abod *et al.*(2001) แต่ความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของปุ๋ยหมักที่ใส่ลงไป นอกจากนี้พบว่าความพรุนของวัสดุปลูกจะลดลงตามสัดส่วนของปุ๋ยหมักที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำมะเขือเทศไปปลูกในวัสดุปลูกทั้ง 4 ชนิดพบว่าการเจริญเติบโตของมะเขือเทศจะลดลงเมื่อสัดส่วนของปุ๋ยหมักในวัสดุปลูกเพิ่มขึ้น ในขณะที่พบว่าสัดส่วนของปุ๋ยหมักผักตบชวาที่มีต่อคุณภาพของกะหล่ำปลีสามารถทำได้จนถึงอัตรา 50 เปอร์เซ็นต์

Lopez and Currey (2010) ได้ทดลองปลูกต้น pansy และ calibrachoa ในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมระหว่างพีทมอสกับเพอร์ไลท์และพีทมอสกับแกลบในอัตราส่วน 80 : 20 พบว่าพืชทั้งสองชนิดมีความสูงและขนาดของลำต้นไม่แตกต่างกัน

Sharkawi *et al.* (2014). ได้ปลูกแตงกวาโดยใช้แกลบดำผสมกับวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ ขุยมะพร้าว ดิน และทรายเป็นวัสดุปลูกจากการศึกษาพบว่าการใช้แกลบดำเพียงอย่างเดียวจะทำให้แตงกวามีผลผลิตสูงกว่าการใช้ส่วนผสมอื่น ๆ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางเคมีดีกว่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งดิจิตอล รุ่น SUNFORD - FEH500
2. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity meter : EC) รุ่น CON 700
3. เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH meter : pH - 009) รุ่น pH - 009
4. เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (chlorophyll meter) รุ่น SPAD - 502 Plush
5. เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมกรีนโอ๊ค เรดคอรัล และกรีนคอส ที่ผลิตโดย บริษัท สปีดดี้ แอสเซส จำกัด เลขที่ 46/4 ซอยศูนย์วิจัย 4 ถนนพระราม 9 แขวงบางกะปิ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310
6. ถุงพลาสติกสำหรับเพาะปลูกขนาด 3 x 7 นิ้ว
7. ไม้บรรทัด
8. ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนสูตร 3 : 1
9. เพอร์ไลท์
10. เวอร์มิคูไลท์
11. พีทมอส
12. กระบอกตวง
13. ถาดเพาะเมล็ด
14. บีกเกอร์
15. ถ้วยตวงสารละลาย
16. ถังพลาสติกสีดำ
17. สารเคมี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวาแบบไม่กลับกอง**

นำผักตบชวา 4 ส่วนผสมกับปุ๋ยคอก 1 ส่วน กองเข้าด้วยกัน แล้วคลุกเคล้าให้ทั่ว รดน้ำทุก ๆ วันเป็นเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักจะได้ปุ๋ยหมักจากผักตบชวา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2. **การทดสอบการย่อยสลายของปุ๋ยหมักโดยใช้วิธีดัชนีความงอก** (germination index) ใช้วิธีของกรมวิชาการเกษตร (2551) ดังนี้

1) สกัดสารละลายปุ๋ย โดยชั่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ใส่ในน้ำกลั่นที่อัตราส่วน 1 : 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เขย่าที่ 180 ครั้งต่อนาทีนาน 1 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง

2) ตีตารางบนกระดาษกรอง 10 ช่อง วางเมล็ดผักช่องละ 1 เมล็ด รวม 10 เมล็ดต่อจานเพาะ (10 ซ้ำ) ใส่น้ำสกัดปุ๋ยในจานเพาะตัวอย่างละ 3 มิลลิลิตร และใส่น้ำกลั่นในชุดควบคุม 3 มิลลิลิตร หลังจากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3) การบันทึกข้อมูล วัดค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมดในจานเพาะ (%) และวัดความยาวรากของเมล็ดที่งอกทั้งหมดแล้วหาค่าเฉลี่ย (cm)

4) คำนวณค่าดัชนีความงอก

$$\text{ดัชนีการงอกของเมล็ด} = \frac{\%\ \text{การงอกของเมล็ดในน้ำสกัดปุ๋ย} \times \text{ความยาวรากในน้ำสกัดปุ๋ย}}{\%\ \text{การงอกของเมล็ดในชุดควบคุม} \times \text{ความยาวรากในชุดควบคุม}} \times 100$$

3. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของวัสดุปลูก

3.1 นำกระบอกเก็บดิน (soil core sample) นำกระบอกเก็บดิน ขนาดบรรจุ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรพร้อมฝาปิดด้านหนึ่งบันทึกน้ำหนัก (A) จากนั้นใส่วัสดุปลูกให้เต็มกระบอกดินทำการเคาะเบาเบาๆ 2-3 ครั้งแล้วเติมวัสดุปลูกให้เต็มกระบอกปาดหน้าขอบกระบอก บันทึกน้ำหนักกระบอก+วัสดุ (B) จากนั้นนำไปแช่น้ำให้วัสดุอิ่มตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมงบันทึกน้ำหนักกระบอกบวกวัสดุปลูก (C) จากนั้นจึงเปิดฝานำไปวางบนตะแกรงให้น้ำไหลออกจากวัสดุปลูกเป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักกระบอก+วัสดุปลูกหลังการระบายน้ำ (D) จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วันบันทึกน้ำหนักกระบอก+วัสดุที่อบแห้ง (E) จากนั้นนำน้ำหนักที่หาได้ไปคำนวณหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1 ความหนาแน่นรวม (bulk density)(g/cm^3) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่นรวม} = \frac{\text{มวลของวัสดุปลูก}}{\text{ปริมาตรของวัสดุปลูก}} \quad \text{หรือ} \quad \frac{(B-A)}{100}$$

3.1.2 ความพรุนรวม (total porosity)(%) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความพรุนรวม} = \frac{((C-E)-A)\times 100}{C}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3.1.3 ปริมาตรช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์ (water holding capacity) (%) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาตรช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์} = \frac{((D-E)-A)\times 100}{C}$$

3.1.4 ปริมาตรช่องว่างอากาศ (air porosity) (%) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาตรช่องว่างอากาศ} = \frac{((C-D)-A)\times 100}{C}$$

4. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูก

4.1 วิเคราะห์ค่าไนโตรเจนทั้งหมดโดยใช้วิธี Kjedahl (พัชรี, 2552)

1) ชั่งดิน (ที่ผึ่งในที่ร่มและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม.) 2 กรัม (±) ใส่ Kjeldahl digestion flask

2) เติม catalyst mixture ประมาณ 1 กรัม

3) เติม conc. H_2SO_4 10 มล. (ใช้ digestion pipet) นำเข้าเตาย่อยโดยใช้อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างใช้ได้ (clear) ใช้เวลาประมาณ 2-3 ชม. ตัวอย่างจะเป็นสีขาวขุ่น ๆ และไม่มีควันของ H_2SO_4

4) ทำ blank โดยใช้ catalyst mixture ประมาณ 1 กรัมและ conc. H_2SO_4 10 มล. แล้วทำการย่อยเช่นเดียวกัน

5) ปิดเครื่อง ทิ้งไว้จนกระทั่งเย็นจึงนำออกจากเตาย่อย เติมน้ำกลั่นประมาณ 10 มล. (อย่าเติมน้ำกลั่นในขณะที่ตัวอย่างยังร้อนอยู่ จะเกิดความร้อน) ทิ้งไว้ให้เย็นจึงปรับปริมาตรโดยเทสารละลายตัวอย่างผ่านกรวยกรองลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. และใช้น้ำกลั่นล้าง digestion flask ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดพลาสติก

6) pipet สารละลายที่ได้จากการปรับปริมาตร 10 มล. (ใช้ volumetric pipet) .ใส่ distillation flask เติมสารละลาย 40% NaOH 10 มล. (ใช้ graduade pipet) สวม distillation flask เข้ากับเครื่องกลั่น

7) นำ erlenmeyer flask ขนาด 125 มล. ซึ่งมี 2% H_3BO_3-indicator บรรจุอยู่ 10 มล. มารองรับใต้ condenser ของเครื่องกลั่น โดยให้ปลายของ condenser จุ่มในสารละลาย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

8) กลั่นจนปริมาตรของสารละลายใน erlenmeyer flask ที่รองรับใต้ condenser เพิ่มขึ้นจนถึงระดับ 75 มล.

9) นำสารละลายที่กลั่นได้ไป titrate กับ std. 0.005 N H_2SO_4 ที่จุดยุติ สารละลายจะมีสีม่วง-แดง จดปริมาตรของ std. 0.005 N H_2SO_4 ที่ใช้ titrate เพื่อคำนวณหา Total N ในดิน

4.2 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ใช้วิธี Bray II พัฒนาสีด้วย molybdenum blue ตามวิธีการของ Murphy-Riley แล้วอ่านค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer (พัชรี, 2552)

1) ชั่งตัวอย่าง (ที่ผึ่งให้แห้งในที่ร่มและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม.) 5 กรัม (± 0.01) ใส่ erlenmeyer flask ขนาด 250 มล.

2) pipet น้ำยาสกัด Bray II 50 มล. (ใช้ volumetric pipet) ใส่ตัวอย่างดิน

3) ปิดด้วยจุกยาง เขย่าด้วยมือ 60 วินาทีแล้วกรองทันทีด้วยกระดาษกรอง No. 5 เก็บสารละลายตัวอย่างไว้ในขวดพลาสติก

4) pipet สารละลายตัวอย่าง 5 มล, ใส่ volumetric flask ขนาด 25 มล.

5) เติม 2% H_3BO_3 5 มล.

6) เติม murphy's reagent 2 มล.

7) เติม 2.5 Ascorbic acid solution 1 มล.

8) ปรับปริมาตรเป็น 25 มล. ด้วยน้ำกลั่น

9) ปิดจุก เขย่าให้สารละลายเข้ากัน จะได้สารละลายสีน้ำเงิน

10) ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที จึงนำไปอ่านด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ wavelength 820 nm

11) เตรียม working standard 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 ppm P ใส่ volumetric flask ขนาด 25 มล. แล้วดำเนินการเหมือนตัวอย่างทุกประการ

4.3 การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ โดยสกัดโดย 1N NH_4OAc แล้วตรวจวัดโดยใช้ atomic absorption spectrophotometer

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยที่ผึ่งให้แห้งในที่ร่มและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. ปริมาณ 5 กรัม (±0.01) ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มล.

2) pipet น้ำยาสกัด 1 N NH_4OAc pH 7 ปริมาตร 50 มล. ใส่ตัวอย่างดิน

3) ปิดด้วยจุกยาง เขย่าด้วยเครื่อง 30 นาทีแล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง No. 5 เก็บสารละลายไว้ในขวดพลาสติก

มหาวิทยาลัยรังสิต

4) นำสารละลายที่กรองได้ไปตรวจวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียม โดยเปรียบเทียบกับ working sample ด้วย atomic absorption spectrophotometer

5. **การศึกษาผลของวัสดุปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม**

วางแผนทดลองแบบ CRD โดยแบ่งเป็น

1) การเตรียมวัสดุปลูก ดัดแปลงจากวิธีของ Fan *et al.* (2015) ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 ปุ๋ยหมักผักตบชวา 90 กรัม เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 90 กรัม เพอร์ไลท์ 90 (control)

ทรีทเมนต์ที่ 2 ปุ๋ยหมักผักตบชวา 90 กรัม เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 90 กรัม เพอร์ไลท์ 60 กรัม แกลบดำ 30 กรัม

ทรีทเมนต์ที่ 3 ปุ๋ยหมักผักตบชวา 90 กรัม เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 90 กรัม เพอร์ไลท์ 30 กรัม แกลบดำ 60 กรัม

ทรีทเมนต์ที่ 4 ปุ๋ยหมักผักตบชวา 60 กรัม เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 120 กรัม เพอร์ไลท์ 30 กรัม

ทรีทเมนต์ที่ 5 ปุ๋ยหมักผักตบชวา 60 กรัม เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 120 กรัม เพอร์ไลท์ 60 กรัม แกลบดำ 30 กรัม

ทรีทเมนต์ที่ 6 ปุ๋ยหมักผักตบชวา 60 กรัม เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 120 กรัม เพอร์ไลท์ 30 กรัม แกลบดำ 60 กรัม

ทรีทเมนต์ที่ 7 ปุ๋ยหมักผักตบชวา 30 กรัม เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 150 กรัม เพอร์ไลท์ 30 กรัม

ทรีทเมนต์ที่ 8 ปุ๋ยหมักผักตบชวา 30 กรัม เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 150 กรัม เพอร์ไลท์ 60 กรัม แกลบดำ 30 กรัม

ทรีทเมนต์ที่ 9 ปุ๋ยหมักผักตบชวา 30 กรัม เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 150 กรัม เพอร์ไลท์ 30 กรัม แกลบดำ 60 กรัม

ทรีทเมนต์ที่ 10 เวอร์มิคูไลท์ 30 กรัม พีทมอส 180 กรัม เพอร์ไลท์ 90 กรัม

2) เพาะเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ในถาดเพาะที่มีแกลบดำ เมื่อต้นกล้า ผักกาดหอม มีอายุ 14 วัน จึงย้ายปลูก ถุงละ 1 ต้น เสร็จแล้วรดน้ำให้ชุ่มและให้สารละลายถุงละ 150 ลูกบาศก์เซนติเมตรทุก ๆ 2 วัน

3) การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.1) สารละลายอนินทรีย์ ผสมสารละลาย A , B ลงในถังพลาสติก อัตราส่วน 1 : 1 ผสมน้ำ 50 ลิตร และปรับค่า pH ด้วย Hydrochloric acid ให้มีค่า pH เท่ากับ 6.00

3.2) การให้สารละลายผักกาดหอมวันเว้นวัน โดยรดถุงละ 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทุก 2 วันcและรดน้ำทุกวันในช่วงเย็นปริมาณถุงละ 150 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทุกวัน

4) บันทึกการเจริญเติบโตของผักกาดหอม โดยบันทึกลักษณะ

4.1 ความสูง

4.2 ความกว้างใบ

4.3 ความยาวใบ

4.4 จำนวนใบ

4.5 ปริมาณคลอโรฟิลล์

4.6 น้ำหนักสด

5) การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 22 หาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan New Multiple Range Teat (DMRT)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาการใช้อินทรีย์วัสดุเพื่อการใช้พีทมอสและเพอร์ไลท์ในระบบการปลูกพืชทดแทนดิน ปรากฏผลดังนี้

1. **การสุกแก่ของปุ๋ยหมักผักตบชวา**

1.1 เปอร์เซ็นต์ความงอกในน้ำสกัดปุ๋ยหมักจากผักตบชวา

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความงอกในน้ำสกัดปุ๋ยหมักจากผักตบชวาพบว่าเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยคะน้าฮ่องกงและกวางตุ้งมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมากที่สุด (91.00 เปอร์เซ็นต์) และคะน้ายอดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยที่สุด (60.00 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 1)

1.2 เปอร์เซ็นต์ความงอกในน้ำกลั่น

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความงอกในน้ำกลั่น พบว่าเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยกวางตุ้งมีเปอร์เซ็นต์ความงอกมากที่สุด (96.00 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือคะน้าฮ่องกง (87.00 เปอร์เซ็นต์) ส่วนคะน้ายอดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยที่สุด (66.00 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 1)

1.3 ความยาวรากในน้ำสกัดปุ๋ยหมักจากผักตบชวา

จากการศึกษาความยาวรากในน้ำสกัดปุ๋ยหมักจากผักตบชวาพบว่าเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีความยาวรากแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยกวางตุ้งมีความยาวรากสูงที่สุด (1.36 เซนติเมตร) และคะน้ายอดกับคะน้าฮ่องกงมีความยาวรากสั้นที่สุด (0.21 เซนติเมตร) (ตารางที่ 1)

1.4 ความยาวรากในน้ำกลั่น

จากการศึกษาความยาวรากในน้ำกลั่น พบว่าเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีความยาวรากแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยกวางตุ้งมีความยาวรากสูงที่สุด (1.45 เซนติเมตร) และคะน้ายอดกับคะน้าฮ่องกง มีความยาวรากสั้นที่สุด (0.22 เซนติเมตร) (ตารางที่ 1)

1.5 ดัชนีความงอกของเมล็ด

จากการศึกษาดัชนีความงอกของเมล็ด พบว่าเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีดัชนีความงอกที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าคะน้าฮ่องกงมีดัชนีความงอกมากที่สุด (112.29 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือคะน้ายอด (107.88 เปอร์เซ็นต์) ส่วนกวางตุ้ง มีดัชนีความงอกต่ำที่สุด (91.16 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 1)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

2. **คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูก**

2.1 ความหนาแน่นรวม (Bulk density)

ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 3 : 0 และ 3 : 3 : 1 : 2 : 1 มีความหนาแน่นรวมมากที่สุด (0.43 กรัม/ลบ.ซม.) และอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 1 : 2 มีความหนาแน่นต่ำที่สุด (0.24 กรัม/ลบ.ซม.) (ตารางที่ 2)

2.2 ความพรุนรวม (Total porosity)

ความพรุนรวมของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 2 : 1 มีความพรุนรวมมากที่สุด (97.48 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคืออัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 2 : 1 (96.88 เปอร์เซ็นต์) และการใช้อัตราส่วน 6 : 0 : 1 : 3 : 0 มีความพรุนรวมต่ำที่สุด (88.70 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 2)

2.3 ปริมาตรของช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์ (Water holding capacity)

ปริมาตรของช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์ของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 2 : 1 มีปริมาตรของช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์มากที่สุด (90.10 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคืออัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 2 : 1 (88.26 เปอร์เซ็นต์) และอัตราส่วน 6 : 0 : 1 : 3 : 0 จะมีปริมาตรของช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด (78.42 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 2)

2.4 ปริมาณช่องว่างอากาศ (Air porosity)

ปริมาณช่องว่างอากาศวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 1 : 2 มีปริมาณช่องว่างอากาศมากที่สุด (13.53 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคืออัตราส่วน 6 : 0 : 1 : 3 : 0 (10.87 เปอร์เซ็นต์) และการใช้อัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 2 : 1 มีปริมาณช่องว่างอากาศต่ำที่สุด (7.18 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 2)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตารางที่ 1 แสดงดัชนีการสุกแก่ของปุ่ยหมักผักตบชวา

เมล็ดพันธุ์	การงอกในน้ำสกัดจากปุ่ย (%)	การงอกในน้ำกลั่น (%)	ความยาวรากที่งอกในน้ำสกัดจากปุ่ย (ซม.)	ความยาวรากที่งอกในน้ำกลั่น (ซม.)	ดัชนีการงอก (%)
คะน้ายอด	60.00b	66.00c	0.21b	0.22b	107.88
คะน้าฮ่องกง	91.00a	87.00b	0.21b	0.22b	112.29
กวางตุ้ง	91.00a	96.00a	1.36a	1.45a	91.16
F-test	*	*	*	*	ns
C.V. (%)	16.49	10.6	33.33	29.26	57.56

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในแถวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการอุตสาหกรรมเทคนิค

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูกเมื่อมีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน

วัสดุปลูก	ลักษณะทางกายภาพ			
	ความหนาแน่นรวม (กรัม/ลบ.ซม.)	ความพรุนรวม (%)	ปริมาตรของช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์ (%)	ช่องว่างอากาศ (%)
6 : 0 : 1 : 3 : 0	0.36b	88.70b	78.42c	10.27ab
5 : 1 : 1 : 3 : 0	0.32cd	96.43ab	87.93ab	8.50ab
5 : 1 :1 : 2 : 1	0.35bc	95.22ab	88.04ab	7.18b
5 : 1 : 1 : 1 : 2	0.24f	94.23ab	80.70bc	13.53a
4 : 2 : 1 : 3 : 0	0.30de	93.40ab	84.23a-c	9.16ab
4 : 2 : 1 : 2 : 1	0.40a	97.48a	90.10a	7.39ab
4 : 2 : 1 : 1 : 2	0.27ef	88.78b	78.76c	10.02ab
3 : 3 : 1 : 3 : 0	0.43a	92.77ab	83.53a-c	9.24ab
3 : 3 : 1 : 2 : 1	0.43a	96.88a	88.26ab	8.62ab
3 : 3 : 1 : 1 : 2	0.31cd	91.06ab	81.91a-c	9.15ab
F-test	*	ns	ns	ns
CV (%)	0.00	4.30	5.22	34.50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ * มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในแถวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3. คุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูก

3.1 ความเป็นกรดด่าง (pH)

ความเป็นกรดด่างของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 2 : 1 มีค่าความเป็นกรดด่างมากที่สุด (7.33) รองลงมาคืออัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 3 : 0 (7.24) และการใช้อัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 1 : 2 มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำที่สุด (5.41) (ตารางที่ 3)

3.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC)

ค่าการนำไฟฟ้าของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 2 : 1 มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุด (2.53 mS/cm) รองลงมาคืออัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 2 : 1 (2.31 mS/cm) และอัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 3 : 0 มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด (1.29 mS/cm) (ตารางที่ 3)

3.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 2 : 1 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด (3.34 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคืออัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 3 : 0 และ 3 : 1 : 1 : 1 : 2 (3.16 เปอร์เซ็นต์) และการใช้อัตรา 6 : 0 : 1 : 3 : 0 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำที่สุด (2.10 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที 3)

3.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของวัสดุปลูกทั้ง10 ชนิด แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 2 : 1 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุด (1.19 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคืออัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 3 : 0 (1.09 เปอร์เซ็นต์) และอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 1 : 2 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำที่สุด (0.65 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3)

3.5 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของวัสดุปลูกทั้ง10 ชนิด แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 2 : 1 มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงที่สุด (1.01 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคืออัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 (0.99 เปอร์เซ็นต์) และการใช้อัตราส่วน 6 : 0 : 1 : 3 : 0 มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำที่สุด (0.45 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter)

ปริมาณอินทรียวัตถุของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 2 : 1 มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด (54.80 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคืออัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 (54.35 เปอร์เซ็นต์) และการใช้อัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 1 : 2 มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุด (33.13 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3)

3.7 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 1 : 2 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด (31.78 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคืออัตราส่วน 5 : 1 : 1 :3 :0 (31.52 เปอร์เซ็นต์) และอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 1 : 2 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุด (26.19 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3)

3.8 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิด แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 6 : 0 : 1 : 3 : 0 มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุด (13.64) รองลงมาคืออัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 3 : 0 (13.18) และอัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 2 : 1 มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุด (8.67) (ตารางที่ 3)

4. ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม

ผลของวัสดุปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมมีดังนี้

4.1 จำนวนใบ

จากการศึกษาผลของวัสดุปลูกที่มีต่อจำนวนใบของผักกาดหอม 3 ชนิดพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (0.05) โดยกรีนโอ๊กจะมีจำนวนใบสูงสุดเมื่อมีอายุ 21, 28 และ 56 วัน (3.35, 4.85 และ 16.18 ใบตามลำดับ) และกรีนคอสจะมีจำนวนใบสูงสุดเมื่อมีอายุ 35, 42, 49 และ 56 วัน (6.23, 7.38, 11.78 และ 16.18 ใบ ตามลำดับ) ในขณะที่เรดคอรอลจะมีจำนวนใบน้อยที่สุดตลอดฤดูปลูก (ตารางที่ 4)

เมื่อพิจารณาชนิดของวัสดุปลูกที่มีผลต่อจำนวนใบของผักกาดหอมพบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันจะมีจำนวนใบแตกต่างกัน ($p<0.05$) เมื่อมีอายุ 28-56วัน โดย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกทีมีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 1 : 2 จะมีจำนวนใบสูงสุดเมื่อมีอายุ 28 วัน (4.75 ใบ) และผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 จะมีจำนวนใบมากที่สุดเมื่ออายุ 35-56 วัน (6.25, 7.08, 11.33 และ 16.25 ใบตามลำดับ) ในขณะที่การปลูกในวัสดุปลูกอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 2 : 1 มีจำนวนใบน้อยที่สุดเมื่ออายุ 28, 35, 49 และ 56 วัน (3.83, 4.92, 8.25 และ 11.83 ใบตามลำดับ) (ตารางที่ 4)

4.2 ความสูงต้น

จากการศึกษาผลของวัสดุปลูกที่มีต่อความสูงของต้นผักกาดหอม 3 ชนิด พบว่าผักกาดหอมต่างชนิดกันมีความสูงต้นแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกรีนคอสจะมีความสูงต้นมากที่สุดตลอดฤดูปลูก (7.24, 7.52, 10.68, 13.76, 16.31 และ 20.51 เซนติเมตรตามลำดับ) รองลงมาได้แก่ กรีนโอ๊ก (5.40, 5.32, 0.08, 10.90, 13.86 และ 17.61เซนติเมตรตามลำดับ) และเรดคอรอลจะมีความสูงต่ำที่สุด (3.75, 4.44, 6.75, 8.82, 10.97 และ 15.33 เซนติเมตรตามลำดับ) (ตารางที่ 5)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่มีผลต่อความสูงของผักกาดหอมพบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันจะมีความสูงแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อผักกาดหอมมีอายุ 28, 35 และ 42 วัน โดยผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ 4 : 2 : 1 : 1 : 2 จะมีความสูงมากที่สุด (6.86, 9.13 และ 11.44 เซนติเมตร ตามลำดับ) ในขณะที่การปลูกในวัสดุปลูกอัตรา 3 : 3 : 1 : 1 : 2 จะมีความสูงต่ำที่สุดเมื่อมีอายุ 35 วัน (7.28 เซนติเมตร) และอัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 3 : 0 จะมีความสูงต่ำที่สุดเมื่อมีอายุ 42 วัน (9.77 เซนติเมตร) (ตารางที่ 5)

4.3 ปริมาณคลอโรฟิลล์

เมื่อศึกษาผลของวัสดุปลูกที่มีต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในผักกาดหอม 3 ชนิด พบว่าผักกาดหอมแต่ละชนิดมีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกรีนคอสจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุดตลอดฤดูปลูก (20.93, 20.40, 33.98, 34.38, 36.97 และ 32.56 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) รองลงมาได้แก่เรดคอรอล (12.84, 18.90, 20.39, 24.75, 25.53 และ 26.24 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ส่วนกรีนโอ๊กจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำที่สุด (10.25, 11.54, 15.64, 15.15, 18.19 และ 18.84 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) (ตารางที่ 6)

สำหรับผลของวัสดุปลูกที่มีต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในผักกาดหอมพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อผักกาดหอมมีอายุ 21 และ 28 วัน โดยการใช้พีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 2 : 1 จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ที่สุดเมื่อผักกาดหอมมีอายุ 21 วัน (17.76 เปอร์เซ็นต์) และอัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 1 : 2 จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุดเมื่อผักกาดหอมมีอายุ 28 วัน (21.28 เปอร์เซ็นต์) และผักกาดหอมที่มีอายุ 35-36 วันพบว่าการใช้วัสดุปลูกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในผักกาดหอม (ตารางที่ 6)

5. ผลผลิต

จากการใช้วัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ และแกลบดำในอัตราส่วนต่างกันมีผลต่อผลผลิตดังนี้

5.1 ความกว้างใบเฉลี่ย

จากการศึกษาพบว่าความกว้างใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันจะมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกรีนคอสจะมีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด (7.61 เซนติเมตร) รองลงมาคือกรีนโอ๊ก (4.84 เซนติเมตร) และเรดคอรอลจะมีความกว้างใบเฉลี่ยน้อยที่สุด (4.22 เซนติเมตร) (ตารางที่ 7)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่มีผลต่อความกว้างใบของผักกาดหอมพบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกัน มีความกว้างใบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 2 : 1 มีความกว้างใบเฉลี่ยมากที่สุด (5.73 เซนติเมตร) รองลงมาคืออัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 3 : 0 (5.67 เซนติเมตร) และอัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 1 : 2 จะมีความกว้างของใบเฉลี่ยน้อยที่สุด (5.31 เซนติเมตร) (ตารางที่ 7)

5.2 ความยาวใบเฉลี่ย

จากการศึกษาพบว่าความยาวใบเฉลี่ยของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยกรีนโอ๊กจะมีความยาวใบเฉลี่ยมากที่สุด (9.02 เซนติเมตร) รองลงมาคือเรดคอรอล (8.42 เซนติเมตร) และกรีนคอสจะมีความยาวใบน้อยที่สุด (6.09 เซนติเมตร) (ตารางที่ 7)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่มีต่อความยาวใบเฉลี่ยของผักกาดหอมพบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันที่มีพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ มีความยาวใบเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 3 : 3 : 1 : 3 : 0 จะมีความยาวใบเฉลี่ยมากที่สุด(8.30 เซนติเมตร) รองลงมาคืออัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 3 : 0 (8.09 เซนติเมตร) และอัตราส่วน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

3 : 3 : 1 : 2 : 1 และ 4 : 2 : 1 : 2 : 1 จะมีความยาวใบเฉลี่ยน้อยที่สุด (7.40 เซนติเมตร) (ตารางที่ 7)

5.3 พื้นที่ใบทั้งต้น

จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ใบทั้งต้นของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยกรีนคอสจะมีพื้นที่ใบมากที่ทั้งต้นสุด (743.92 ตร.ซม.) รองลงมาคือกรีนโอ๊ก (705.72 ตร.ซม.) และเรดคอรอลจะมีพื้นที่ใบทั้งต้นน้อยที่สุด (322.25 ตร.ซม.) (ตารางที่ 7)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่มีผลต่อพื้นที่ใบทั้งต้นของผักกาดหอมพบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ และแกลบดำต่างกัน มีพื้นที่ใบทั้งต้นแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 จะมีพื้นที่ใบทั้งต้นมากที่สุด (682.64 ตร.ซม.) รองลงมาคืออัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 3 : 0 (679.88 ตร.ซม.) และอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 1 : 2 จะมีพื้นที่ใบทั้งต้นน้อยที่สุด (480.70 ตร.ซม.) (ตารางที่ 7)

5.4 ความยาวต้น

จากการศึกษาพบว่าความยาวต้นของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยกรีนคอสจะมีความยาวต้นมากที่สุด (24.70 เซนติเมตร) รองลงมาคือกรีนโอ๊ก (23.15 เซนติเมตร) และเรดคอรอลจะมีความยาวต้นน้อยที่สุด (16.65 เซนติเมตร) (ตารางที่ 7)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่มีผลต่อความยาวต้นของผักกาดหอมพบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกมีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ และแกลบดำต่างกัน มีความยาวต้นไม่แตกต่างกัน โดยผักกาดหอมทีปลูกในวัสดุปลูกอัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 1 : 2 มีความยาวต้นมากที่สุด (23.54 เซนติเมตร) รองลงมาคืออัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 (22.42 เซนติเมตร) และอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 2 : 1 จะมีความยาวต้นน้อยที่สุด (19.25 เซนติเมตร) (ตารางที่ 7)

5.5 ความยาวราก

จากการศึกษาพบว่า ความยาวรากของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยกรีนคอสจะมีความยาวรากมากที่สุด (40.68 เซนติเมตร) รองลงมาคือเรดคอรอล (21.63 เซนติเมตร) และกรีนโอ๊กจะมีความยาวรากน้อยที่สุด(20.78 เซนติเมตร) (ตารางที่ 7)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่มีผลต่อความยาวรากผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ และแกลบดำ อัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 3 : 0 จะมีความยาวรากมากที่สุด (34.04 เซนติเมตร) รองลงมาคืออัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 (31.92 เซนติเมตร) และอัตราส่วน 3 :3 : 1 : 3 : 0 จะมีความยาวรากต่ำที่สุด (19.28 เซนติเมตร) (ตารางที่ 7)

5.6 อัตราส่วนระหว่างลำต้นและราก

จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนระหว่างลำต้นและรากของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยกรีนโอ๊กจะมีอัตราส่วนระหว่างลำต้นและรากสูงสุด (1.16) รองลงมาคือเรดคอรอล (0.85) และกรีนโอ๊กจะมีอัตราส่วนระหว่างลำต้นและรากต่ำที่สุด (0.67) (ตารางที่ 7)

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่มีต่ออัตราส่วนของลำต้นและรากของผักกาดหอมพบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ และแกลบดำ อัตราส่วน 3 : 3 :1 : 3 : 0 จะมีอัตราส่วนระหว่างลำต้นและรากสูงที่สุด (1.15) รองลงมาคือ 3 : 3 : 1 : 2 : 1 (1.12) และอัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 3 : 0 จะมีอัตราส่วนระหว่างลำต้นและรากต่ำที่สุด (0.73) (ตารางที่ 7)

5.7 น้ำหนักสดต้น

จากการศึกษาพบว่าน้ำหนักสดของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยกรีนโอ๊กจะมีน้ำหนักสดมากที่สุด (33.44 กรัม) รองลงมาคือเรดคอรอล (22.87 กรัม) และกรีนคอสจะมีน้ำหนักสดต้นต่ำที่สุด (21.11 กรัม) (ตารางที่ 7)

สำหรับอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่มีต่อน้ำหนักสดของผักกาดหอม พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันจะมีน้ำหนักสดต้นแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 6 : 0 : 1 : 3 : 0 มีน้ำหนักสดสูงสุด (34.69 กรัม) รองลงมาคืออัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 (33.88 กรัม) และการใช้อัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 2 : 1 จะมีน้ำหนักสดต่ำที่สุด (19.38 กรัม) (ตารางที่ 7)

5.8 น้ำหนักแห้งต้น

จากการศึกษาพบว่าน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยกรีนคอสจะมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด (2.45 กรัม) รองลงมาคือกรีนโอ๊ก (1.78 กรัม) และเรดคอรอลจะมีน้ำหนักแห้งต้นต่ำที่สุด (1.18 กรัม) (ตารางที่ 7)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สำหรับอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่มีต่อน้ำหนักแห้งของผักกาดหอม พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกต่างกันจะมีน้ำหนักแห้งแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) โดยผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ อัตราส่วน 6 : 0 : 1 : 3 : 0 มีน้ำหนักสดสูงสุด (2.28 กรัม) รองลงมาคืออัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 (2.23 กรัม) และการใช้อัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 2 : 1 จะมีน้ำหนักสดต่ำที่สุด (1.18 กรัม) (ตารางที่ 7)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูกเมื่อมีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน

อัตราส่วนวัสดุปลูก	pH	EC (mS/cm)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	Organic Matter	Organic Carbon	C/N ratio
6 : 0 : 1 : 3 : 0	6.75ab	1.74a-c	2.10d	0.96bc	0.45d	49.27ab	28.58b	13.64a
5 : 1 : 1 : 3 : 0	6.86ab	2.13ab	2.43cd	0.89bc	0.99a	54.35a	31.52a	13.05a
5 : 1 : 1 : 2 : 1	6.45a-c	2.08a-c	2.73bc	1.01a-c	1.01a	48.32ab	28.03b	10.32bc
5 : 1 : 1 : 1 : 2	6.22a-c	2.10a-c	2.26cd	0.65d	0.64bc	33.13b	26.19c	11.62ab
4 : 2 : 1 : 3 : 0	7.24ab	1.60cd	2.34cd	0.87bc	0.70a-c	53.05a	30.77a	13.18a
4 : 2 : 1 : 2 : 1	7.33a	2.31a	3.00ab	1.02a-c	0.91ab	53.45a	31.00a	10.37bc
4 : 2 : 1 : 1 : 2	6.09bc	1.62cd	3.06ab	0.92bc	0.57cd	54.80a	31.78a	10.42bc
3 : 3 : 1 : 3 : 0	6.47a-c	1.29d	3.16ab	1.09ab	0.65bc	49.71ab	28.83b	9.14c
3 : 3 : 1 : 2 : 1	6.68ab	2.53a	3.34a	1.19a	0.81a-c	49.66ab	28.80b	8.67c
3 : 3 : 1 : 1 : 2	5.41c	2.09a-c	3.16ab	0.83cd	0.58bc	53.47a	31.01a	9.86bc
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	6.71	10.13	7.51	8.87	17.80	13.53	3.48	8.41

หมายเหตุ **แตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตัวเลขที่กำกับด้วยภาษาอังกฤษเหมือนกันในแถวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนใบของผักกาดหอมเมื่อปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมัก ผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน

สิ่งทดลอง	อายุ (วัน)					
	21	28	35	42	49	56
ชนิดของพืช (V)						
กรีนคอส	3.10b	4.60a	6.23a	7.38a	11.78a	16.18a
เรดคอรอล	2.30c	3.37b	4.15b	4.57b	6.20b	9.03b
กรีนโอ๊ค	3.35a	4.85a	5.92a	7.15a	11.12a	16.18a
อัตราส่วนของวัสดุปลูก (M)						
6 : 0 : 1 : 3 : 0	2.83ab	4.25abc	5.50a-d	6.58ab	9.83bc	14.67a-c
3 : 3 : 1 : 3 : 0	3.00ab	4.08bc	5.08cd	5.83bc	8.92b-d	12.67cd
3 : 3 : 1 : 2 : 1	2.58b	4.00bc	4.92d	5.50c	8.58cd	12.00d
3 : 3 : 1 : 1 : 2	3.08ab	4.50abc	5.58a-d	6.25a-c	9.83bc	13.42b-d
4 : 2 : 1 : 3 : 0	3.25a	4.67ab	5.92ab	6.92a	11.33a	15.33ab
4 : 2 : 1 : 2 : 1	2.75ab	4.33abc	5.17b-d	6.50ab	9.50b-d	13.42b-d
4 : 2 : 1 : 1 : 2	3.08ab	4.75a	5.75a-c	6.83a	10.33ab	14.50a-c
5 : 1 : 1 : 3 : 0	2.92ab	4.33abc	6.25a	7.08a	11.33a	16.25a
5 : 1 : 1 : 2 : 1	2.83ab	3.83c	4.92d	5.75bc	8.25d	11.83d
5 : 1 : 1 : 1 : 2	2.83ab	4.00bc	5.25bcd	6.42bc	9.08b-d	13.33b-d
V	*	*	*	*	*	*
M	ns	*	*	*	*	*
V×M	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	18.94	16.57	15.62	15.12	16.00	12.39

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในแถวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ตารางที่ 5 แสดงความสูง (เซนติเมตร) ของผักกาดหอมเมื่อปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน

สิ่งทดลอง	อายุ (วัน)					
	21	28	35	42	49	56
ชนิดของพืช (V)						
กรีนคอส	7.24a	7.52a	10.68a	13.76a	16.31a	20.51a
เรดคอรอล	3.75c	4.44c	6.75c	8.82c	10.97c	15.33c
กรีนโอ๊ค	5.40b	5.32b	8.08b	10.90b	13.86b	17.61b
อัตราส่วนของวัสดุ (M)						
6 : 0 : 1 : 3 : 0	5.46ab	5.82b	8.83a	11.34a	13.43	18.87
3 : 3 : 1 : 3 : 0	5.71ab	5.57bc	8.14a-c	9.77b	13.78	17.91
3 : 3 : 1 : 2 : 1	4.94b	5.98b	8.34ab	11.63a	13.92	18.86
3 : 3 : 1 : 1 : 2	5.13b	5.16c	8.27ab	10.90ab	13.34	17.09
4 : 2 : 1 : 3 : 0	5.76ab	5.95b	9.13a	11.73a	14.54	18.18
4 : 2 : 1 : 2 : 1	5.04b	5.80b	9.02a	11.90a	14.52	18.31
4 : 2 : 1 : 1 : 2	6.23a	6.86a	9.13a	11.44a	13.89	18.07
5 : 1 : 1 : 3 : 0	5.38ab	5.98b	9.13a	11.22a	13.76	17.43
5 : 1 : 1 : 2 : 1	5.42ab	5.36bc	7.28c	9.81b	12.75	16.68
5 : 1 : 1 : 1 : 2	5.56ab	5.13c	7.73bc	9.91b	13.18	16.78
V	*	*	*	*	*	*
M	ns	*	*	*	ns	ns
V×M	ns	ns	*	*	ns	ns
C.V. (%)	18.03	12.53	13.29	13.25	14.09	13.18

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในแถวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณคลอโรฟิลล์ (เปอร์เซ็นต์) ของผักกาดหอมเมื่อปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน

สิ่งทดลอง	อายุ (วัน)					
	21	28	35	42	49	56
ชนิดของพืช (V)						
กรีนคอส	20.93a	20.40a	33.98a	34.38	36.97a	32.56a
เรดคอรอล	12.84b	18.90b	20.39b	24.75	25.53b	26.24b
กรีนโอ๊ค	10.25c	11.54c	15.64c	15.15c	18.19c	18.84c
อัตราส่วนของวัสดุปลูก (M)						
6 : 0 : 1 : 3 : 0	15.66a-c	19.11ab	25.45	24.68	29.58	24.50
3 : 3 : 1 : 3 : 0	15.73a-c	18.01ab	24.47	20.25	26.65	26.32
3 : 3 : 1 : 2 : 1	11.96c	19.03ab	19.78	26.55	27.57	22.68
3 : 3 : 1 : 1 : 2	14.38a-c	18.31ab	25.28	22.25	30.62	30.08
4 : 2 : 1 : 3 : 0	16.43ab	19.83ab	22.58	26.17	26.68	25.97
4 : 2 : 1 : 2 : 1	17.76a	21.14ab	22.42	24.14	26.87	23.22
4 : 2 : 1 : 1 : 2	14.77a-c	21.28a	22.76	27.52	24.16	27.83
5 : 1 : 1 : 3 : 0	14.78a-c	20.68ab	25.16	27.54	23.15	25.42
5 : 1 : 1 : 2 : 1	13.43bc	19.06ab	23.45	22.67	27.27	28.51
5 : 1 : 1 : 1 : 2	12.28c	16.37b	22.01	25.81	26.83	24.81
V	**	**	**	**	**	**
M	*	*	ns	ns	ns	ns
V×M	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	28.05	26.1	22.42	33.95	25.46	39.37

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในแถวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ตารางที่ 7 แสดงผลผลิตของผักกาดหอมเมื่อปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมัก ผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำต่างกัน

สิ่งทดลอง	ความกว้างใบเฉลี่ย (ซม.)	ความยาวใบเฉลี่ย (ซม.)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	ความยาวต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)	ต้น/ราก	น้ำหนักสดทั้งต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งทั้งต้น (กรัม)
ชนิดผัก (V)								
กรีนคอส	7.61a	6.09c	743.92a	24.70a	40.68a	0.67c	21.11c	2.45a
เรดคอรอล	4.22c	8.42b	322.25b	16.65b	21.63b	0.85b	25.87b	1.18c
กรีนโอ๊ค	4.84b	9.02a	705.72a	23.14a	20.78b	1.16a	33.44a	1.78b
วัสดุปลูก (M)								
6 : 0 : 1 : 3 : 0	5.53ab	7.98ab	639.96a	21.83	22.21d	1.05ab	34.69a	2.02ab
3 : 3 : 1 : 3 : 0	5.67a	8.30a	581.34ab	20.48	19.28cd	1.15a	29.89a-c	1.60bc
3 : 3 : 1 : 2 : 1	5.63ab	7.40b	501.66b	21.10	22.41cd	1.12a	21.43d	1.18c
3 : 3 : 1 : 1 : 2	5.48ab	8.05ab	581.52ab	20.84	29.30ab	0.78b	25.74b-d	1.84ab
4 : 2 : 1 : 3 : 0	5.64ab	8.09ab	679.88a	21.58	34.04a	0.73b	30.39ab	2.28a
4 : 2 : 1 : 2 : 1	5.73a	7.40b	565.74ab	21.76	31.54ab	0.79b	23.22d	1.83ab
4 : 2 : 1 : 1 : 2	5.31b	7.82ab	595.02ab	23.54	30.56ab	0.89ab	25.77b-d	1.93ab
5 : 1 : 1 : 3 : 0	5.48ab	7.86ab	682.64a	22.42	31.92ab	0.75b	33.88a	2.23a
5 : 1 : 1 : 2 : 1	5.53ab	7.50b	480.70b	19.25	27.43bc	0.77b	19.38d	1.28c

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

ตารางที่ 7 (ต่อ)

สิ่งทดลอง	ความกว้างใบ (ซม.)	ความยาวใบ (ซม.)	พื้นที่ใบ (ตร.ซม.)	ความยาวต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)	ต้น/ราก	น้ำหนักสดทั้งต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งทั้งต้น (กรัม)
5 : 1 : 1 : 1 : 2	5.58ab	8.02ab	597.86ab	22.14	28.37b	0.90ab	23.64cd	1.66bc
V	*	*	**	**	**	**	**	**
M	ns	ns	**	ns	**	**	**	**
V×M	ns	ns	ns	ns	**	**	**	ns
C.V. (%)	6.56	10.55	17.33	16.12	17.15	30.35	21.21	26.41

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตัวเลขที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันในแถวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

อภิปรายผล

การสุกแก่ของปุ๋ย

จากการทดสอบดัชนีการสุกแก่ของปุ๋ยหมักผักตบชวาพบว่าดัชนีการงอกของผักแต่ละชนิดสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Zucconi *et al.* (1985) และ Emino and Warman (2004) รายงานว่าค่าดัชนีการงอกของเมล็ดที่ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปุ๋ยมีความเป็นพิษสูง ค่าดัชนีการงอกที่มีค่าระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์จะมีความเป็นพิษปานกลาง และค่าดัชนีการงอกที่มีค่าสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์หมายถึงการไม่เป็นพิษ ซึ่งจากการทดลองนี้พบว่าค่าดัชนีการงอกของเมล็ดพืชแต่ละชนิดมีค่าสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าปุ๋ยหมักจากผักตบชวาไม่มีความเป็นพิษและมีการสุกแก่อย่างสมบูรณ์แล้ว

ลักษณะทางกายภาพของวัสดุปลูก

จากการศึกษาพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักผักตบชวาในวัสดุปลูกต่างกันทำให้ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกเพิ่มขึ้นเมื่อมีอัตราส่วนของปุ๋ยหมักผักตบชวาและแกลบดำสูงขึ้น โดยวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์และแกลบดำในอัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 2 : 1 และ 3 : 3 : 1 : 2 : 1 มีความหนาแน่นรวมสูงกว่าการใช้อัตราส่วน 6 : 0 : 1 : 3 : 0 (ควบคุม) แต่จะมีช่องว่างอากาศต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Chong, (2005), Bustamante *et al.*, (2008) Dubsky and Sramek (2009), Zhong *et al.*, (2018) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยหมักในวัสดุปลูกทำให้ความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น และการใส่แกลบดำลงในวัสดุปลูกทำให้ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 2 : 1, 4 : 2 : 1 : 1 : 1 และ 3 : 1 : 1 : 1 : 2 เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มอัตราส่วนแกลบดำในวัสดุปลูกสูตร 5 : 1 : 1 : 2 : 1, 4 : 2 : 1 : 1 : 2 และ 3 : 1 : 1 : 1 : 2 จะทำให้ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกต่ำกว่าอัตราควบคุม สอดคล้องกับ Islam (2008) ที่รายงานว่าการใส่แกลบดำทำให้ความหนาแน่นของวัสดุปลูกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิดมีค่าระหว่าง 0.27-0.43 กรัม/ลบ.ซม. ซึ่ง Bilderbock *et al.* (2005) รายงานว่าความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกที่ยอมรับได้มีค่าระหว่าง 0.19-0.70 กรัม/ลบ.ซม.

ในขณะเดียวกันพบว่าค่าความพรุนรวมและปริมาตรของช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์ของวัสดุปลูกที่ใส่ปุ๋ยหมักผักตบชวาจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกควบคุมซึ่งสอดคล้องกับ Masaka *et al.* (2016) ที่พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของปุ๋ยหมักจากต้นชาทำให้ปริมาตรของช่องว่าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ของน้ำที่เป็นประโยชน์และช่องว่างอากาศเพิ่มขึ้นและ Ruqin *et al*. (2015) รายงานว่าค่าความพรุนรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของถ่านชีวภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความพรุนรวมของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิดมีค่าระหว่าง 88.70-96.88 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าค่าความพรุนรวมที่ยอมรับได้จาก Yeager *et al*. (2007) ที่มีค่าระหว่าง 50-85 เปอร์เซ็นต์ และปริมาตรของช่องว่างของน้ำเป็นประโยชน์ของวัสดุปลูกทั้ง 10 ชนิดมีค่าระหว่าง 78.42-90.10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในค่ายอมรับได้ของ Kevin and Black (2010) ที่รายงานว่าปริมาตรของช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์ของวัสดุปลูกที่ยอมรับได้มีค่ามากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

ส่วนช่องว่างอากาศพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักผักตบชวาในวัสดุปลูกทำให้ปริมาตรของช่องว่างอากาศลดลง สอดคล้องกับ Tian *et al*. (2012), Fan *et al*. (2015), Gavilanez-Teran *et al*. (2017), Garcia-Gomez *et al*. (2002) แต่การเพิ่มปริมาณแกลบดำจะทำให้ปริมาณช่องว่างอากาศเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับ Awang *et al*. (2010) ที่พบว่าการใส่แกลบดำในวัสดุปลูกทำให้การระบายอากาศในวัสดุปลูกเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามวัสดุปลูกอัตราส่วน 6 : 0 : 1 : 3 : 0, 5 : 1 : 1 : 1 : 2, และ 4 : 2 : 1 : 1 : 2 มีค่าช่องว่างอากาศอยู่ในช่วงของค่าที่ยอมรับได้ของ Yeager *et al*. (2017) ที่กำหนดค่าที่ยอมรับได้ 10-20 เปอร์เซ็นต์

ลักษณะทางเคมีของวัสดุปลูก

ค่าความเป็นกรด-ด่างของวัสดุปลูกทั้ง10 ชนิดมีค่าระหว่าง 5.41-7.33 ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนของปุ๋ยหมักผักตบชวา จะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Zhang *et al*. (2013) และ Fan *et al*. (2015) แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแกลบดำจะทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของวัสดุปลูกลดลงซึ่ง Kandal *et al*. (2016) รายงานว่าถ่านชีวภาพมีค่าความเป็นกรดสูงจึงช่วยลดความเป็นกรดของวัสดุปลูกได้

ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของปุ๋ยหมักผักตบชวา ซึ่งสอดคล้องกับ Fan *et al*. (2015)

ค่าอินทรียวัตถุและอินทรีย์คาร์บอนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของวัสดุปลูกผักตบชวาและแกลบดำเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Fan *et al*. (2015) ที่พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนของปุ๋ยหมักผักตบชวาทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในวัสดุปลูกเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตของพืช

จากการศึกษาพบว่าจำนวนใบพืช ความสูง ปริมาณคลอโรฟิลล์ ความกว้างของใบ ความยาวของใบ พื้นที่ใบ แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช สำหรับชนิดของวัสดุปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชพบว่า การใช้วัสดุปลูกต่างกันทำให้การเจริญเติบโตของพืชต่างกัน โดยการใส่ปุ๋ยหมักผักตบชวาในอัตราสูงขึ้นทำให้ความกว้างของใบ ความยาวของใบ และพื้นที่ของใบเพิ่มขึ้นและการเพิ่มอัตราส่วนของแกลบดำทำให้ค่าความกว้างของใบ ความยาวของใบ และพื้นที่ของใบ วัสดุปลูกอัตราส่วน 4 : 2 : 1 : 1 : 2 และ 3 : 3 : 1 : 1 : 2 ต่ำกว่าวัสดุปลูกควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับ Ruqin *et al.* (2015) ที่พบว่าการใส่ถ่านชีวภาพในวัสดุปลูกในปริมาณที่สูงเกินไปจะทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง ซึ่ง Zhong and Sun (2014) รายงานว่าการใส่ถ่านชีวภาพในปริมาณที่มากเกินไป จะมีผลกระทบต่อค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า ดังนั้น จึงต้องควบคุมปริมาณถ่านชีวภาพในอัตราที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาผลผลิตของผักกาดหอมพบว่า ผักกาดหอมต่างชนิดกันจะมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวต้น และความยาวรากแตกต่างกันทางสถิติ และวัสดุปลูกต่างชนิดกันก็มีผลทำให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวต้น และความยาวรากของผักกาดหอมแตกต่างกัน โดยพบว่า การใช้วัสดุปลูกอัตรา 5 : 1 : 1 : 3 : 0 จะมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวต้น และความยาวรากของผักกาดหอมสูงกว่าอัตรา 6 : 0 : 1 : 3 : 0 ทั้งนี้ Suhaimi *et al.* (2012), Glinski and Stepniewski (1985) และ Hillel (1998) รายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชนอกจากน้ำและธาตุอาหาร ได้แก่การถ่ายเทอากาศในดิน ซึ่งวัสดุปลูกอัตรา 5 : 1 : 1 : 3 : 0 จะมีค่าความพรุนรวมสูงกว่าวัสดุปลูกควบคุม Michael and Lieth (2008) รายงานว่าการเพิ่มค่าความพรุนจะลดค่า water retention และเพิ่มการเคลื่อนย้ายของออกซิเจนในรากพืช จึงส่งผลต่อการเพิ่มความสามารถในการแทงรากของพืช (root penetration) ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วน Zhang *et al.* (2010) และ Hussain *et al.* (2017) รายงานว่าการที่ดินมีค่าความพรุนต่ำจะทำให้การอุ้มน้ำของดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การพัฒนาของรากเพิ่มขึ้นและทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเพิ่มขึ้นอีกด้วย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทที่ 5
สรุปผล

การศึกษาการใช้อินทรียวัสดุ 2 ชนิดคือปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและแกลบดำเพื่อทดแทนพีทมอสและเพอร์ไลท์ในวัสดุปลูกผักกาดหอมในการปลูกพืชทดแทนดินสรุปได้ดังนี้

1. การใช้ปุ๋ยหมักจากผักตบชวาและแกลบดำในปริมาณที่ต่ำทำให้ความหนาแน่นรวมและช่องว่างอากาศของวัสดุปลูกลดลง แต่จะมีค่าความพรุนรวมและปริมาตรช่องว่างของน้ำที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น

2. การใช้ปุ๋ยหมักจากผักตบชวาทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณโพแตสเซียมทั้งหมดของวัสดุปลูกสูงขึ้น แต่การใส่แกลบดำจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของวัสดุปลูกสูงขึ้น

3. การเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของพีทมอส ปุ๋ยหมักจากผักตบชวา เวอร์มิคูไลท์ เพอร์ไลท์ แกลบดำ ในอัตราส่วน 5 : 1 : 1 : 3 : 0 ทำให้ผักกาดหอมมีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความยาวต้น และความยาวรากสูงกว่าการปลูกในวัสดุปลูกอัตรา 6 : 0 : 1 : 1 : 0 (ควบคุม) ในขณะที่การใส่แกลบดำไม่มีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

เอกสารอ้างอิง

การปลูกพืชไร้ดิน ฝ่ายวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2561). www.tistr.or.th. 31 สิงหาคม 2561.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2544). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดิเรก ทองอร่าม. (2550). **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน** หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : บริษัทพิมพ์ดีการพิมพ์จำกัด.

ปิยะ ดวงพัตรา. (2553). **สารปรับปรุงดิน.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัทรา แสงดานุช วีระ โดเวนโว และอุไร จิระมงคลการ. (2551). **พืชกินแมลง.** กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนพับลิชชิงจำกัด.

มุกดา สุขสวัสดิ์. (2547). **วัสดุปลูกไม้ดอกไม้ประดับ.** กรุงเทพฯ : อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนพับลิชชิงจำกัด.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์และชวลิต ฮงประยูร. (2551). **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รักบ้านเกิด. (2561). **ปุ๋ยหมักผักตบชวา บำรุงดินให้อุดมสมบูรณ์.** (ออนไลน์). เข้าถึงจาก https://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=1 3 2 6 &s=tblplant, [2561, กันยายน 15]

วิทยา สุริยภณานนท์. (2524). ดินผสมพืชสวน. **ข่าวสารเกษตรศาสตร์** 26(4) : 12-23.

วิทยา สุริยภณานนท์. (2531). **อาหารและเครื่องปลูก.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

สนั่น ขำเลิศ. (2526). **หลักและวิธีการขยายพันธุ์พืช.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟันนีพับลิชชิง.

สุรพงศ์ ไพบูลย์สิทธิวงศ์. (2650). การปลูกพืชในวัสดุทดแทนดิน. eresinternational.blogspot.com/ 2017/03/ substrate_culture.system.html. 31 สิงหาคม 2561.

อารักษ์ หลักชัยกุล. (2539). **การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินในผักกาดหอม.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Abod, M., Noguera, P., Bures, S. (2001). National inventory of organic wastes for uses as growing media for ornamental potted plant production : case study in Spain. **Bioresource Technology** 77 : 197-200.

Altieri, R., Esposito, Baruzzi, G. and Nair, T. (2014). Corraboration for the successful application of humified olive mill waste compost in soilless cultivation of strawberry. **International Biodegradation & Biodegradation** 88 : 118-124.

Awnag, Y., Shaharom, A.S., Mohamad, R.M. and Selamat, A. (2010). Growth dynamics of Celosia cristata grown in cocopeat, burnt rice hull and kenal core fiber mixture. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences** 5 : 70-76.

Barber, K.E. (1993) Peatlands as scientific archives of past biodiversity. **Biodivers. Conserv.** 2 : 474-489.

Bilderbock, T.E., Warren, S.L., Owen, J.S., Albano, J.P. (2005). Healthy substrates need physical too! **Hort Technology** 15 : 747-751.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Benoit, F. (1992). **Practical guide for simple soilless culture techniques**. Ecology Ergonomy Economy. European vefetable. Belgium : R&D Center.

Bethke, C.L. (2007). Rice Hulls vs perlite and vermiculite as a growing media component. [online] available : www.perlite.org/library-perlite-infor/norticultural-perlite/Rice-VsPerlite-And-vermiculite.pdf. [2018, August 31]

Brown, E.F. and Pokorny, F.A. (1975). Physical and chemical properties of media compost of milled pine bark and sand. **Amer. Soc. Hort. Sci**. 100(2) : 119-121.

Bunt, A.C. (1988). **Media and mixes for container-grown plants**. 2nded. London : Unwin Hyman.

Busamante, M.A., Paredes, C., Moral, R., Agullo, E., Perez-Murcia, M.D., Abad, M. (2008). Compost from distillery waste as peat substitute for transplant production. **Resour. Conserv. Recycl**. 52 : 762-779.

Chong, C. (2005). Experiences with wastes and composts in nursery substrates. **Hort. Technology** 15 : 739-747.

Criley, R.A. and Watanabe, R.T. (1974). Response of Chrysanthemum in four soilless media. **Hort. Sci**. 9(4) : 385-387.

De Boodt, M. and Verdonck, O. (1972). The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulture**. 26 : 37-44.

Dubsky, M., Sramek, F. (2009). The effect of rockwool on physical properties of growing substrates for perenials. **Hort. Sci (Praque)** 36(1) : 38-43.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Emino, E., Warman, P. (2009). Biological assay for compost quality. **Compost Sci. Util** 12 : 342-348.

Fan, R. Luo, J., Wang, T., Liu, L., Gao, Y. and Zhang, Z. (2015). Use of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) compost as a peat substitute in soilless growth media. **Compost Science & Utilization**. 23 : 237-247.

Freeman, C., Fenner, N., Ostle, N.J. , Karry, H. , Dowrick, D.I. , Reynolds, B., Lock, M.A. , Sleep, D. , Hughes, S and Hudson, J. (2004). Export of dissolved organic carbon from peatlands under elevated carbon dioxide levels. **Nature** 430 : 195-198.

Garcia,-Gomez, A., Bernal, M.P., Roig, A. (2002). Growth of ornamental plants in two compost prepared from agroindustrial waters. **Bioresour. Technol**. 83 : 81-87.

Gavilanes-Teran, I,, Jara-Samaniego, J., Idrovo-Novillo, J., Angeles Bustamante, M., Perez-Murcia, M.D., Perez-Epinosa, A., Lopez, M., Peredes, C. (2017). Agroindustrial compost as a peat alternative in the horticultural industry of Ecuador. **Journal of Environmental Management**. 186 : 79-87.

Glinsky, J., Steniewski, W. (1985). **Soil aeration and its role for plant.** Boca Raton, Fla : CRC press.

Hillel, D. (1980). **Environmental Soil Physics**. San Diego, CA. : Acedemic Press.

Hussain, M., Forooq, M., Nawaz, A., Al-Sadi, A.M., Solaiman, Z.M., Alghamdi, S.S. and Siddique, K.H. (2017). Biochar for crop production : Potential benefits and risks. http//doi.org/10.1007/s11368-016-1360-2.

Islam, S. (2008). Evaluating performance of ecologically sound organic substrate under different temperature regimes. **Int. J. Agric. Biol**. 10 : 297-300.

Kandal, B.B., Chen, D., Madhavan, D.B., Downie, A. and Weatherley, A. (2016). An examination of physical and chemical properties of urban biochar for use as growing media substrates. **Biomass and Bioenergy** 84 : 49-58.

Kevin, H. and Black, N. (2010). **Growing Media for Ornamental Plants and Turf.** Fourted., Sydney : UNSW Press.

Lopez, R. and Currey, C. (2010). **Rice hulks a sustainable drainage option for greenhouse growers.** www.purdue.edu. 31 August, 2018.

Masaka, J. , Chimwanda , N. , Chagonda , I , and Chandiposha , M . (2016) . A comparative Evaluation of the physical and chemical characteristics of compost tea tree (*Mclaleuca alternifolia* L.) with pine bark growing media in tobacco (*Nicotiama tabacum* L.) seeding production. **Advances in Agriculture article ID** 5650290.

Michel, J.C. (2010). The physical properties of peat : a key factor for modern growing media. **Mires Peat** 6,6 (article 02).

Michael, R., Lieth, J.H. (2008). **Soilless Culture : Theory and Practices**. London : Elsevier.

Nelson, P.V. (2012). **Greenhouse operation and management**. 7thed. New Jersey : Pearson Education, Inc.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Ostos, J.C., Lopez-Garrido, R., Murillo, J.M. and Lopez, R. (2008). Substitution of peat for municipal solid waste and sewage sludge-based on composts in nursery growing media : Effect on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. **Bioresour. Technol.** 99 : 1793-1800.

Rhoades, J.S. (1982). Soluble salt. pp. 167-178. In Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (Eds.) **Method of soil analysis Part 2**. America Society of Agronomy, Wisconsin : Inc. Publisher, Medison.

Ruqin, F., Jia, L., Shaohua, Y., Yunlai, Z. and Zhenhua, Z. (2015). Effect of biochar and super absorbent polymer on substrate properties and water spinach growth. **Pedosphere** 25(5) : 737-748.

Self, R.L. (1976). Potting mix studies analysis in Alabama. **American Nurseryman** 114(3) : 100-105.

Schmilewski, G. (2008). The role of peat in assuring the quality of growing media. Mires **Peat 3, 8** (article 02).

Sharkawi, H.M.E. , Ahmed, M. A. and thssanein, M.K. (2014). Development of trated rice husk as an alternative substrate medium in cucumber soilless culture. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences** 3(4) : 131-149.

Suhaimi, M.Y., Mohamed, A.M., Shahid, M and Khadzir, D. (2012). Effect on substrates on growth and yield of ginger cultivated using soilless culture. **J. Trop. Agric. And Fd. Sc** 40(2) : 159-168.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Tian, Y., Sun, X.Y., Li, S.Y., Wang, H.Y., Wang, L.Z., Cao, J.X. and Zhang, L. (2012). Biochar made from green waste as peat substitute in growth media for *Calothea rotundifola* cv. Fasciata . **Scientia Horticulturae** 143 : 15-18.

White, J.W. (1974). Critiria of selection of growing media for greenhouse crop. **Florists Review.** 155(74) : 28-30.

WRAP. (2014). **Compost production for use in growing media – a good practice guide**. www.wrap.org.uk 31 สิงหาคม 2561.

Yeager, T.H., Fare, D.C. Lea-cox, J., Bilderback, T.E., Gilliam, C.H., Niemiera, A.X. Warren, S.L. Whitewell, T.E., Wright, R.D. , Tilt, K.M. (2007). Best management practices : guide for production container-grown plants , 2nd edn. Southern Nursery men's Assoc, Marietta.

Zen hydroponics. (2558). **การปลูกพืชในวัสดุทดแทนดิน.** Zen-hydroponic.blogspot.com. 31 สิงหาคม 2561.

Zhang, A., Cui, L., Pan, G. Li, L., Hussain, Q., Zhang, X. and Crowley, D. (2010). Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake Plain, China. **Agriculture, Ecosystem & Environment** 139 : 469-475.

Zhang, L. and Sun, X. (2014). Changes in physical chemical, and microbiological properties during the two-stages co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar. **Bioresour. Technol.** 171 : 27R4-284. http://dx.doi.org/10.1016/j.biotech.2014.08.079.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

Zhong, Z., Bian, F. and Zhang, X. (2018). Testing composted bamboo residues with and without added effective microorganisms as a renewable alternative to peat in horticultural production. **Industrial Crops & Products** 112 : 602-607.

Zucconi, F., Monaco, A. Forte, M, De Bertoldi, M. (1985). Phytotoxic during the stabilization of organic matter. *In* Gasser, J.K.R. (Ed.). **Composting of Agricultural and Other Wastes.** London : Elsevier.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Emino, E., Warman, P. (2009). Biological assay for compost quality. **Compost Sci. Util** 12 : 342-348.

Fan, R. Luo, J., Wang, T., Liu, L., Gao, Y. and Zhang, Z. (2015). Use of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) compost as a peat substitute in soilless growth media. **Compost Science & Utilization**. 23 : 237-247.

Freeman, C., Fenner, N., Ostle, N.J. , Karry, H. , Dowrick, D.I. , Reynolds, B., Lock, M.A. , Sleep, D. , Hughes, S and Hudson, J. (2004). Export of dissolved organic carbon from peatlands under elevated carbon dioxide levels. **Nature** 430 : 195-198.

Garcia,-Gomez, A., Bernal, M.P., Roig, A. (2002). Growth of ornamental plants in two compost prepared from agroindustrial waters. **Bioresour. Technol**. 83 : 81-87.

Gavilanes-Teran, I,, Jara-Samaniego, J., Idrovo-Novillo, J., Angeles Bustamante, M., Perez-Murcia, M.D., Perez-Epinosa, A., Lopez, M., Peredes, C. (2017). Agroindustrial compost as a peat alternative in the horticultural industry of Ecuador. **Journal of Environmental Management**. 186 : 79-87.

Glinsky, J., Steniewski, W. (1985). **Soil aeration and its role for plant.** Boca Raton, Fla : CRC press.

Hillel, D. (1980). **Environmental Soil Physics**. San Diego, CA. : Acedemic Press.

Hussain, M., Forooq, M., Nawaz, A., Al-Sadi, A.M., Solaiman, Z.M., Alghamdi, S.S. and Siddique, K.H. (2017). Biochar for crop production : Potential benefits and risks. http//doi.org/10.1007/s11368-016-1360-2.

Zhong, Z., Bian, F. and Zhang, X. (2018). Testing composted bamboo residues with and without added effective microorganisms as a renewable alternative to peat in horticultural production. **Industrial Crops & Products** 112 : 602-607.

Zucconi, F., Monaco, A. Forte, M, De Bertoldi, M. (1985). Phytotoxic during the stabilization of organic matter. *In* Gasser, J.K.R. (Ed.). **Composting of Agricultural and Other Wastes.** London : Elsevier.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี