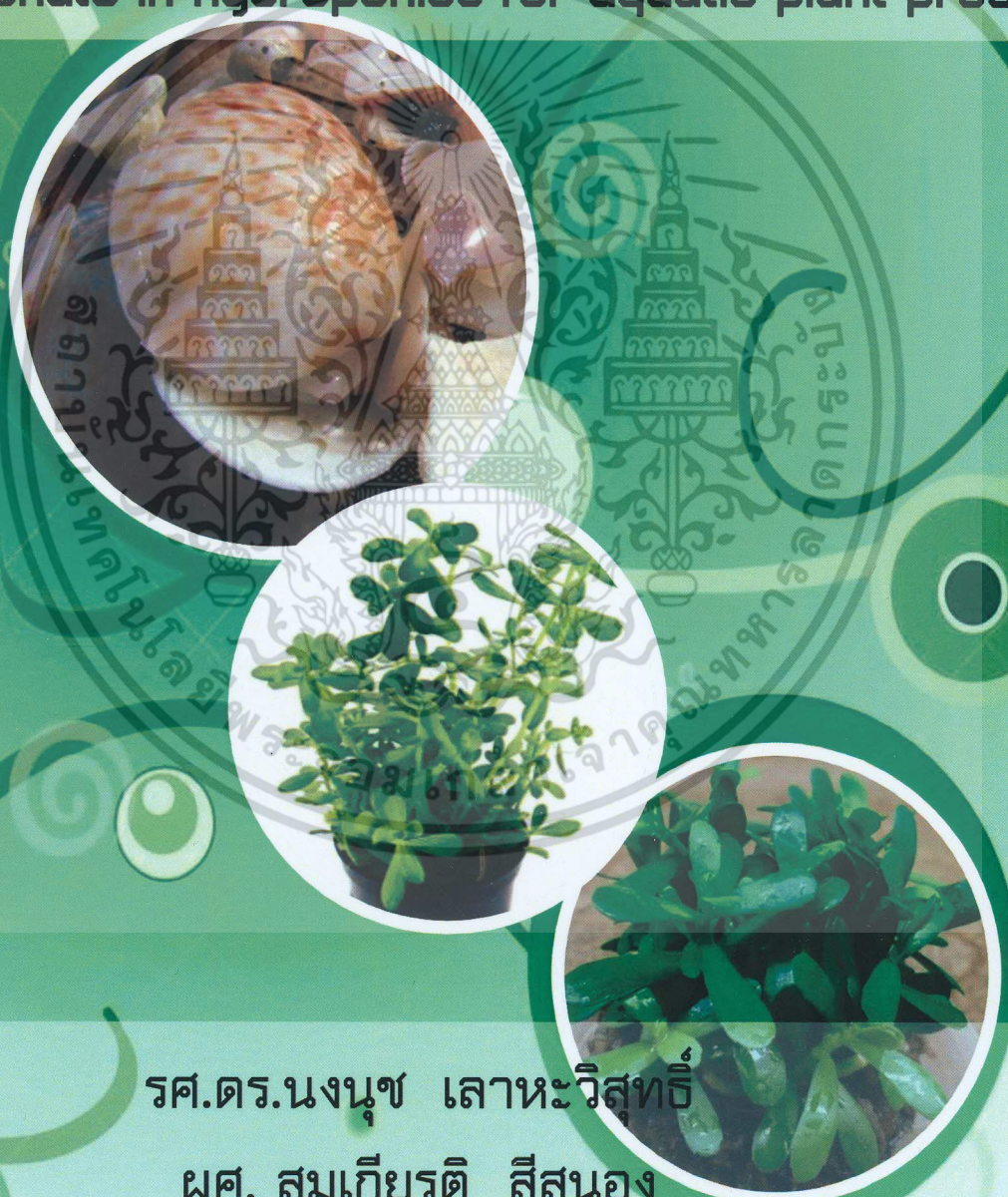
รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนธาตุอาหารผสมระหว่างแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตสำหรับการผลิตพรรณไม้น้ำในระบบปลูกไร้ดิน

Replacement calcium nitrate and potassium phosphate by calcium phosphate in hydroponics for aquatic plant production



รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

ผศ. สมเกียรติ สีสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ประจำปีงบประมาณ 2557

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนธาตุอาหารผสมระหว่างแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตสำหรับการผลิตพรรณไม้น้ำในระบบปลูกไร้ดิน

Replacement calcium nitrate and potassium phosphate by calcium phosphate in hydroponics for aquatic plant production

รศ.ดร.นงนุช เลาหะวิสุทธิ์

ผศ. สมเกียรติ สีสนอง

12696444

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ประจำปีงบประมาณ 2557

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ การใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนธาตุอาหารผสมระหว่างแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตสำหรับการผลิตพรรณไม้น้ำในระบบปลูกไร้ดิน

Replacement calcium nitrate and potassium phosphate by calcium phosphate in hydroponics for aquatic plant production

แหล่งเงิน เงินรายได้คณะเทคโนโลยีการเกษตร

ประจำปีงบประมาณ 2557

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 100,000 บาท

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2557

ชื่อ-สกุล และหน่วยงานต้นสังกัด

รศ.ดร. นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ E-mail : klnongnu@kmitl.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง

ผศ. สมเกียรติ สีสนอง E-mail : ksesomki@kmitl.ac.th

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทร. 0-2329-8517 โทรสาร 0-2329-8517

บทคัดย่อ

การศึกษาแคลเซียมฟอสเฟตเพื่อทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับ โพแทสเซียมฟอสเฟตที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของพรรณไม้น้ำ 2 ชนิด คือ ต้นผักเป็ดแดงและต้นพรมมิที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Deep flow technique โดยใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 % ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการเจริญเติบโตของต้นผักเป็ดแดงและต้นพรมมิ ได้แก่ น้ำหนักสด ความสูงต้น จำนวนข้อ จำนวนกิ่ง และความกว้างทรงพุ่มใบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC), DPPH radical scavenging assay และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการทดลองแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เห็นว่าความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการต้านสารอนุมูลอิสระในพรรณไม้น้ำทั้ง 2 ชนิด ดังนั้นแคลเซียมฟอสเฟตสามารถนำมาใช้ทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารได้ 100%

Research Title: Replacement calcium nitrate and potassium phosphate by calcium phosphate in hydroponics for aquatic plant production

Researcher: Assoc. Prof. Nongnuch Laohavisuti
Department of Animal Production Technology and Fisheries
Assist. Somkiat Seesanong
Department of Plant Production Technology
Faculty of Agricultural Technology,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok

Abstract

The studied on replacement of calcium nitrate ($Ca(NO_3)_2$) and potassium phosphate (KH_2PO_4) by using calcium dihydrogenphosphate monohydrate ($Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$) in hydroponics for aquatic plant (*Alternanthera reineckii* and *Bacopa monnieri*)production were conducted. Five formulae of nutrient solutions with replacing 0, 25, 50, 75 and 100 % in KMITL2 formula were used to investigate the growth and antioxidant activity of *A. reineckii* and *B. monnieri*. There were 3 replicates per treatment. After 8 weeks, the results showed no significantly in growth of *A. reineckii* and *B. monnieri* ($P>0.05$) in all treatments. Moreover, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium uptake were no significant difference all treatments ($P>0.05$). Antioxidant activity on the average of DPPH radical scavenging, total phenolic compound and total flavonoid content were no significant difference all treatments ($P>0.05$). The result showed that all formulae of calcium dihydrogenphosphate monohydrate in nutrient solution are suitable for *A. reineckii* and *B. monnieri* growth and antioxidant activity performance ($P>0.05$).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VII
คำนำ	1
ตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	9
ผลการทดลองและวิจารณ์	17
สรุป	39
เอกสารอ้างอิง	40
ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ย (g) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	18
2	ความสูงต้นเฉลี่ย (cm) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	19
3	จำนวนข้อของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	20
4	จำนวนกิ่งของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	21
5	ความกว้างทรงพุ่มใบ (cm) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	22
6	ความสูงของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน	24
7	จำนวนข้อของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน	25
8	จำนวนกิ่งของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน	26
9	ความกว้างทรงพุ่มของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน	27
10	น้ำหนักของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน	28
11	ค่าเฉลี่ย %DPPH ที่ถูกทำลายในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	30
12	ค่าเฉลี่ย %DPPH ที่ถูกทำลายในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นพรมมิที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
13	ค่าเฉลี่ยปริมาณ TPC ในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	32
14	ค่าเฉลี่ยปริมาณ TPC ในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นพรมมิที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	33
15	ค่าเฉลี่ยปริมาณ TFC ในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	34
16	ค่าเฉลี่ยปริมาณ TFC ในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นพรมมิที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	35
17	เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารในต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	37
18	เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารในต้นพรมมิที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำหนักเฉลี่ย (g) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	18
2	ความสูงต้นเฉลี่ย (cm) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	19
3	จำนวนข้อของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	20
4	จำนวนกิ่งของต้นผักเป็ดแดงในสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในระบบปลูกแบบไร้ดินระยะเวลา 8 สัปดาห์	21
5	ความกว้างทรงพุ่มใบ (cm) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์	22
6	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์	25
7	จำนวนข้อเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์	26
8	จำนวนกิ่งเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์	27
9	ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์	28
10	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

พรรณไม้น้ำสวยงาม ถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจอย่างหนึ่งของไทย ปัจจุบันตลาดพรรณไม้น้ำทั้งในประเทศและต่างประเทศมีการขยายตัวค่อนข้างสูง ต้นผักเป็ดแดง (*Alternanthera sessilis*) และพรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ถือเป็นพรรณไม้น้ำที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจด้วยเช่นกัน เนื่องจากเป็นพรรณไม้น้ำที่สวยงาม จึงสามารถนำมาใช้ในการตกแต่งตู้ปลา และช่วยสร้างความสมดุลให้กับน้ำและปลาที่เลี้ยงไว้ในตู้ได้ ทั้งนี้ยังมีการค้นพบว่า ต้นผักเป็ดแดง มีสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีสรรพคุณ คือช่วยบำรุงโลหิต ดับพิษโลหิต นำมาปรุงเป็นยาฟอกเลือด และเป็นยาระบายอ่อนๆ ใช้เป็นยาบำรุงเลือด แก้ฟกช้ำ ช่วยละลายเลือดตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย กระตุ้นการไหลเวียนของเลือด (เดชา, 1999) และพรรณไม้น้ำพรมมิยังได้มีการนำมาศึกษาเพื่อการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ เช่น ต้านการเกิดออกซิเดชัน ต้านความเครียด ต้านเชื้อแบคทีเรีย รวมทั้งได้มีการทดลองในสัตว์น้ำ โดยการผสมสารสกัดจากพรมมิลงในอาหาร ให้สัตว์น้ำกินมีผลช่วยให้กุ้งขาว ปลาดุก และปลากะพงขาวมีสุขภาพแข็งแรงสามารถทนต่อเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้ดีกว่าสัตว์น้ำกินอาหารปกติ

ปุ๋ยหรือสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการเพาะปลูกพรรณไม้น้ำในระบบปลูกแบบ Hydroponic ซึ่งมีธาตุฟอสฟอรัส และธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ ธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ธาตุฟอสฟอรัสมีหน้าที่สำคัญในระบบพลังงานของพืช เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ ATP ส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากแขนงและรากฝอยในระยะแรกของการเจริญเติบโต ช่วยเร่งให้พืชแก่เร็ว และช่วยให้ดอก ผล เมล็ด ของพืชสมบูรณ์ เมื่อขาดธาตุฟอสฟอรัสจะมีต้นแคระแกร็น ใบมีสีเขียวคล้ำ ใบล่างๆ จะมีสีม่วงตามบริเวณขอบใบ รากของพืชชะงักการเจริญเติบโต พืชไม่ออกดอกและผล ส่วนธาตุแคลเซียมมีหน้าที่สำคัญในการควบคุมการเคลื่อนย้ายของสารอาหารต่างๆ เข้าสู่พืช และยังทำหน้าที่เกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์พืชหลายชนิดช่วยเสริมสร้างเซลล์และการแบ่งเซลล์ของพืช ซึ่งพืชต้องการอย่างต่อเนื่องช่วยให้สีเนื้อและสีผิวของผลสดใสป้องกัน ผลร่วง ผลแตกเมื่อขาดธาตุแคลเซียมจะทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตใบอ่อนที่ขาดธาตุแคลเซียมจะมีสีเขียวแต่ปลายใบจะเหลือง และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและจะตายในที่สุดจะเกิดการเน่าที่ส่วนล่างผล ตาดอกและกลีบดอกจะไม่พัฒนา ดอกและผลจะร่วง (Forster et al., 1998) ประเทศไทยมีการนำเข้าฟอสฟอรัสและแคลเซียมจำนวนมากต่อปี จึงมีการคิดค้นวิธีการทดแทนการนำเข้าธาตุอาหารทั้งสองชนิดนี้ โดยใช้วัสดุจากธรรมชาติที่เหลือทิ้ง และราคาต่ำที่มีในประเทศ มาผลิตแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตคือ เปลือกหอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ เมื่อมีการทดแทนแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแตกต่างกัน

1.1.2 เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารที่ส่งผลที่ดีที่สุดต่อสารต้านอนุมูลอิสระในพรรณไม้น้ำ

1.1.3 เพื่อศึกษาปริมาณของธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ในพรรณไม้น้ำที่ปลูกในระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร

2.1 สารละลายธาตุอาหาร

พรรณไม้น้ำต้องการธาตุอาหารหลักในปริมาณมากในการ4 ธาตุอาหารหลักที่มีความ สำคัญต่อพรรณไม้น้ำ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหาร ที่จำเป็นต่อการเร่งใบและลำต้นเจริญได้ดี ธาตุอาหารรองนั้นเป็นธาตุอาหารที่พรรณไม้น้ำต้องการ ในปริมาณน้อยและขาดธาตุอาหารเหล่านี้ไม่ได้ ธาตุอาหารรองที่สำคัญคือ ธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นธาตุ ที่ช่วยให้ใบมีสีเขียว ถ้ามีการให้ธาตุอาหารเหล่านี้มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อพรรณไม้น้ำได้ (Kostich, 1999)

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารประกอบของพืช โดยพืชที่ปลูกในระบบปลูกแบบไร้ดิน (hydroponics) จะรับอาหารในรูปของสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งพืชจะใช้ส่วนของรากในการดูดสารละลายธาตุอาหารในสภาพหรือรูปแบบของไอออน ที่มีประจุไฟฟ้าของธาตุอาหาร (Electrical conductivity: EC) ซึ่งรูปแบบของไอออนที่มีประจุนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติอาหารนั้นๆ เช่น ธาตุไนโตรเจน (Nitrogen, N) พืชสามารถใช้ธาตุอาหารนี้ในรูปแบบของประจุลบในรูปสารละลายอาหารของไนเตรท (NO_3^-) และในรูปของประจุบวกของสารละลายในรูปแบบของแอมโมเนียม (NH_4^+) การควบคุมระดับของค่า EC ที่เหมาะสมในพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป โดยตามปกติแล้วควรรักษา EC ของสารละลายธาตุอาหารพืชทั่ว ๆ ไปจะอยู่ระหว่าง 2.0-4.0 µS/cm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ช่วงของ EC ที่นิยมปรับให้เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับพรรณไม้น้ำอยู่ระหว่าง 0.5-2.5 µS/cm (นงนุช, 2544)

2.2 ผลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพืชในระบบปลูกแบบไร้ดิน

2.2.1 ผลของแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตของพืช

Supanjani *et al.* (2005) ทำการทดลองโดยใช้แคลเซียมที่มีระดับความเข้มข้นคือ 10, 20, 30, 40, 50 และ 70 mM โดยศึกษาการเจริญเติบโตและลักษณะผลผลิตของต้นเบญจมาศ ผลการทดลอง พบว่า ความสูงของต้นเบญจมาศในแต่ละระดับความเข้มข้นของแคลเซียมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือจะเพิ่มขึ้นจาก 79.3 ซม. ในระดับความเข้มข้นแคลเซียม 10 mM ถึง 86.9 ซม. ในระดับความเข้มข้นแคลเซียม 40 mM เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและความยาวของใบแสดงผลเหมือนกับความสูงของต้นเบญจมาศ การตอบสนองของผลผลิตก็มีแนวโน้มแสดงเหมือนกับลักษณะการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้งของใบและดอกของต้นเบญจมาศ ความเข้มข้นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียมที่เพิ่มขึ้นในสารละลายธาตุอาหาร ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ คือสังเกตระหว่างผลผลิตของใบและความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหาร ($y=-0.0043X^2+0.266X+8.242$, $r=0.970$, $p<0.001$) และผลผลิตดอกและความเข้มข้นของแคลเซียมในสารละลายธาตุอาหาร ($y=-0.0041X^2+0.312X+5.488$, $r=0.950$, $p<0.001$) ระดับแคลเซียมที่ 30.9 mM ในสารละลายธาตุอาหาร จะให้ผลผลิตสูงสุดสำหรับใบ และระดับแคลเซียมที่ 38.0 สำหรับดอก ปริมาณคลอโรฟิลล์จะเพิ่มขึ้นจาก 36 µg/ml ในระดับความเข้มข้นแคลเซียม 10 mM ถึง 48 µg/ml ในระดับความเข้มข้นแคลเซียม 40 mM ในสารละลายธาตุอาหาร

Lee *et al.* (2010) ทำการทดลองโดยใช้ต้นมะเขือเทศที่ปลูกด้วยความเข้มข้นของ Ca-gluconate ซึ่งมีระดับความเข้มข้นทั้งหมด 4 ระดับคือ 0 (เป็นชุดควบคุม), 0.3, 0.6 และ 0.9 $me.L^{-1}$ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พบว่า ความสูงของพืชอยู่ระหว่าง 155-160 ซม. ในการเก็บครั้งสุดท้าย ไม่มีผลแตกต่างกัน โดยชุดการทดลอง Ca-gluconate ความเข้มข้นของแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นในสารละลายธาตุอาหารมีผลให้พืชเจริญเติบโตช้าลง การทดลองความเข้มข้นของแคลเซียมอาจไม่มีความเข้มข้นมากพอที่จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตจึงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่มีผลในการทดลองนี้ น้ำหนักของผลจะลดลงที่ความเข้มข้น 0.6 $me.L^{-1}$ ในชุดการทดลอง Ca-gluconate ชุดการทดลอง Ca-gluconate ไม่มีผลต่อจำนวนผลผลิตของผลต่อต้น ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลจะลดลงโดยการเพิ่มความเข้มข้น 0.9 $me.L^{-1}$ ในชุดการทดลอง Ca-gluconate ไปยังสารละลายธาตุอาหาร ความแน่นของเนื้อผลไม่มีผลโดยชุดการทดลอง Ca-gluconate

2.2.2 ผลของฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืช

Ashraf *et al.* (2009) ทำการทดลองปลูกข้าวสาลี 7 สายพันธุ์ ได้แก่ WL 711, Zamindar 80, Barani 83, Yecora, C 271, PARI 73 และ Rohats ภายใต้สภาพการใช้ฟอสฟอรัสที่ต่ำ พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในพืชไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในหมู่ของพันธุ์ข้าวสาลี ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในกิ่งและราก คือ 1.40 mg/g และ 6.24 mg/g ตามลำดับ การดูดซึมฟอสฟอรัสในลำต้นและในรากของพันธุ์ข้าวทั้ง 7 สายพันธุ์ มีความแตกต่างของการดูดซึมฟอสฟอรัสอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) คือ ในกิ่ง 0.75-1.27 mg/plant และในราก 0.49–1.98 mg/plant มีการดูดซึมมากสุดใน Zamindar 80 ตามด้วย Yecora และ C 271 ซึ่งมีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญ ($r = 0.92$) ระหว่าง ผลน้ำหนักแห้งรวม และการดูดซึมฟอสฟอรัสของข้าวแต่ละสายพันธุ์ แต่ว่าการดูดซึมฟอสฟอรัสของทุกสายพันธุ์มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญ ($r = -0.71$) ที่ลดลงในรากพืชที่ pH เป็นกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Forster et al. (1998) ทำการทดลองปลูกต้นมะเขือเทศในระบบการปลูกแบบไร้ดินที่มีการให้สารละลายธาตุอาหารพืชไหลผ่านรากต้นไม้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา (Nutrient-film) โดยใช้แหล่งอาหารฟอสฟอรัส คือ no phosphorus, 0.1 mM phosphate, 1 mM phosphate, 0.1 mM phosphate, 1 mM phosphate, 1 mM phosphate/0.3 mM phosphate, และ commercial phosphate พบว่า การเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศที่ใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสแตกต่างกัน ในพืชที่ใช้เฉพาะฟอสไฟต์ (technical or commercial grades of phosphite) อาการทั่วไปของพืชที่ขาดฟอสฟอรัสที่แสดงออกเหมือนกับพืชที่ปลูกโดยไม่ใช้ฟอสฟอรัสในปัจจัยควบคุม

การปลูกพืชโดยใช้ฟอสเฟตเป็นแหล่งฟอสฟอรัสมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ การที่ไม่ใช้ฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยควบคุมหรือพืชที่ใช้เฉพาะฟอสไฟต์ (ภาพที่5) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักลำต้นแห้งระหว่างฟอสเฟต 2 ระดับ (0.1 mM หรือ 1mM) และน้ำหนักแห้งของใบและรากมีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดจนพื้นที่ใบ สังเกตจากการทดลอง 0.1 mMphosphate ปัจจัยที่รวมกันของ 1 mM phosphate + 0.3 mM phosphorous acid พบว่าพื้นที่ใบของต้นมะเขือเทศมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นๆ และสังเกตว่าน้ำหนักแห้งของในมีแนวโน้มที่จะสูงสุด สำหรับปัจจัยฟอสเฟตทั้งหมดมีค่าของพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบ ราก และลำต้น สูงสุดโดยประมาณ 2-5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยของ phosphate ปัจจัยของ no-phosphorus ปัจจัยของ control treatments พืชที่ใช้ปุ๋ย phosphite (0.1 หรือ 1 mM) มีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบ ราก และลำต้นที่ใกล้เคียงกับปัจจัยของ no phosphorus control

2.2.3 ผลของไนโตเจนและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของพืช

เพ็ญนภา และ นพดล (2546) ทำการทดลองปลูกผักกาดหอม (*Lactuca sativa Linn.*) พันธุ์ red oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ (Nutrient Film Technique) สารอาหารที่มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ดังนี้ 85, 95, 105, 115 และ 125 mg/l ซึ่งธาตุอาหารที่จำเป็นอื่นๆ จะคงที่ตามสูตรของ Macblis และ Toreey, 1965 ที่ EC 1.2 mS/cm พบว่า เมื่อผักกาดหอมพันธุ์ red oak อายุ 6 สัปดาห์ ในสารอาหารที่มีปริมาณไนโตรเจน 95 mg/l ผักกาดหอมพันธุ์ red oak มีน้ำหนักสดสูงที่สุด (ภาพที่ 8) โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับสารอาหารที่มีปริมาณ ไนโตรเจน 105, 115 และ 125 mg/l ตามลำดับ

เพ็ญนภา และ นพดล (2546) ทำการทดลองปลูกผักกาดหอม (*Lactuca sativa Linn.*) พันธุ์ red oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ (Nutrient Film Technique) ใช้สารอาหารธาตุไนโตรเจน 95 mg/l และธาตุแคลเซียม 120 mg/l ร่วมกับความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียม ดังนี้ 97, 107,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

117, 127 และ 137 mg/l ซึ่งธาตุอาหารที่จำเป็นอื่นๆ จะคงที่ตามสูตรของ Macblis และ Toreey, 1965 ที่ EC 1.2 mS/cm พบว่า ผักกาดหอมพันธุ์ red oak ในสารอาหารที่มีปริมาณโพแทสเซียม 137 mg/l มีน้ำหนักสดสูงที่สุดคือ 114.8 g/pt. ซึ่งใกล้เคียงกับผักกาดหอมพันธุ์ red oak ในสารอาหารที่มีปริมาณโพแทสเซียม 117 mg/l (110.5 g/pt.) และไม่พบอาการเหี่ยวในช่วงเวลากลางวัน ในระดับความเข้มข้นทั้งสองนี้มีผลให้ผักกาดหอมพันธุ์ red oak มีน้ำหนักสดมากกว่าผักกาดหอมพันธุ์ red oak ที่ปลูกในสารอาหารที่มีปริมาณธาตุโพแทสเซียม 97, 107 และ 127 mg/l อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (free radicals) หมายถึง สารที่มีอิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (unpaired electrons) ในอะตอมหรือโมเลกุล พบได้ทุกแห่งทั้งในสิ่งแวดล้อมในสิ่งมีชีวิต และในเซลล์ โดย เฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการผลิตพลังงานภายในเซลล์ หรือจากกระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) โดยมีการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนออกจากโมเลกุลของออกซิเจนทำให้อิเล็กตรอนในโมเลกุลออกซิเจนไม่สมดุลกลายเป็นอนุมูลอิสระและว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยามาก และสามารถดึงอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นมาแทนที่อิเล็กตรอนที่ขาดหายไปเพื่อให้ตัวเองเกิดความสมดุลหรือเสถียร ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ และเกิดขึ้นในเซลล์ตลอดเวลา

สารต้านอนุมูลอิสระถือว่ามีความสำคัญต่อกระบวนการออกซิไดซ์อนุมูลอิสระ หรือสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบการป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป ซึ่งมีทั้งที่เป็นเอนไซม์และไม่เป็นเอนไซม์ สารประกอบที่ละลายในน้ำและสารประกอบที่ละลายในไขมัน โดยสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีกลไกการทำงานต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (singlet oxygen quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking) เสริมฤทธิ์(synergism) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme inhibition) ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระเป็นต้น (บุหรัน, 2556)

2.3.1 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในพืช

สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชัน (Antioxidant) คือสารที่ทำหน้าที่ยับยั้งหรือต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสามารถกำจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย แบ่งตามกลไกของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยับยั้งออกซิเดชันได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ สารกลุ่มป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระ (Preventive antioxidant) สารกลุ่มทำลายหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น (Scavenging antioxidant) และสารกลุ่มทำให้ลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง (Chain breaking antioxidant) ตัวอย่างของสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก ซึ่งสามารถละลายน้ำได้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่เข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูลไฮดรอกซิล และอนุมูลเพอออกซิล วิตามินอี ซึ่งเป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมันทำงานร่วมกับสารต้านออกซิเดชันอื่นๆ เช่น วิตามินซีและซิลีเนียม มี 2 กลุ่มใหญ่ได้แก่ โทโคฟีรอล และโทโคไทอินอล ช่วยในการป้องกันสารพิษที่มีที่มาจากโลหะ เช่น ตะกั่ว มีหน้าที่ให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลเพอออกซิล สารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มอื่นๆ เช่น แคโรทีนอยด์ เป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในธรรมชาติพบมากในผักและผลไม้สุกที่สำคัญ ได้แก่ เบต้า-แคโรทีน และไลโคปีน เป็นต้น (ปิยะศิริ, 2551)

อัจฉรี และ นงนุช (2555) ทำการทดลองปลูกต้นพรมมิซึ่งเป็นพืชที่มีคุณค่าทางเภสัช ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบท่อ Deep Flow Technique ที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน คือ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 µS/cm โดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณ ฟีนอลรวมลดลง ดังเช่นที่ระดับค่า EC 1.5, 0.1, 0.5 และ 2.0 µS/cm มีปริมาณฟีนอลรวมเท่ากับ 32.38±6.43, 23.62±4.93, 24.85±5.15 และ 21.77±5.21µg/g ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และการสกัดด้วยน้ำจะให้ปริมาณฟีนอลรวมที่สูงกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น เนื่องจากสารสกัดที่ได้เป็นสารสกัดรวม (crude extract) ที่มีทั้ง แทนนิน ฟลาโวนอยด์ เทอร์พีนอยด์ และสารอื่นๆ ที่อาจละลายในน้ำได้ดีกว่า (Alam et al., 2010)

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในพรรณไม้น้ำพรมมิด้วยวิธี DPPH พบว่าความสามารถในการทำลาย DPPH ของพรมมิที่ปลูกในระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.5 µS/cm ดีที่สุดรองลงมาคือ 1.5, 2.0 และ 1.0 µS/cm โดยมีค่าเท่ากับ 52.60±11.28, 48.62±12.41, 33.17±14.74และ 29.87±16.30 % ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อม เช่น การขาดสารอาหารมีผลทำให้พืชเกิดความเครียดและมีการปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของการเมตาโบไลท์โดยสร้างสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมากขึ้นเพื่อให้พืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ด้วยการเพิ่มเอนไซม์ Superoxide dismutase และ Glutathione reductase (Poll & Rennenberg, 1993)

ปริยานุช (2551) ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของส่วนสกัดย่อยเฮกเซน เอทิลอะซิเตท และน้ำของต้นเร่วหอม (*Etlingera pavieana*) และว่านสาวหลง (*Amomum biflorum*) โดยนำมาทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบฤทธิ์กำจัดอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมจากส่วนสกัดของต้นเร่วหอม ส่วนสกัดย่อยเอทิลอะซิเตทมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงสุด รองลงมาคือ ส่วนสกัดย่อยน้ำ และส่วนสกัดย่อยเฮกเซน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมเท่ากับ 198.33, 50.50 และ 39.08 mg gallic acid ต่อส่วนสกัด 1 g ตามลำดับ และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมจากส่วนสกัดของต้นว่านสาวหลง พบว่าส่วนสกัดย่อยเอทิลอะซิเตท มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงสุด รองลงมาคือ ส่วนสกัดย่อยน้ำ และและส่วนสกัดย่อยเฮกเซน มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมเท่ากับ 76.50, 34.67 และ 26.08 mg gallic acid ต่อส่วนสกัด 1 g ตามลำดับ และทดสอบฤทธิ์การกำจัดอนุมูล DPPH ของส่วนสกัดของลำต้นใต้ดินของเร่วหอมและว่านสาวหลง พบว่าทุกส่วนสกัดมีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูล DPPH โดยทำการศึกษาที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วง 25 µg/ml ถึง 800 µg/ml โดยพบว่าฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูล DPPH ของส่วนสกัดเร่วหอมและว่านสาวหลง มีความสอดคล้องไปทางเดียวกันคือฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูล DPPH เพิ่มขึ้น เมื่อมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนสกัดของลำต้นใต้ดินของเร่วหอม และว่านสาวหลง พบว่าส่วนสกัดย่อยเอทิลอะซิเตทมีฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูล DPPH สูงที่สุดรองลงมาคือ ส่วนสกัดย่อยน้ำและส่วนสกัดย่อยเฮกเซน ตามลำดับ

ระวิวรรณ และ ทรงพร (2549) การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพืชสมุนไพรที่พบทั่วไปในจังหวัดอุบลราชธานี 8 ชนิด ได้แก่ เหียง กระบก แมงลักคา หูเสือ เอนอ้า มะพอก มะสังและตูมกาขาว ด้วยการนำส่วนต่างๆ ของพืชมาสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย ethyl acetate และ ethanol ได้สารสกัดชั้น ethyl acetate และ ethanol ทั้งหมด 36 สารสกัด จากนั้นทดสอบการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH พบว่าสารสกัดชั้น ethanol แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าสารสกัดในชั้น ethyl acetate โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งอยู่ในช่วง 19.8±2.3 ถึง 51.4±1.3 ส่วนการหาปริมาณฟีนอลรวมของสารสกัดชั้น ethanol โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu พบว่าปริมาณสารฟีนอลรวมในสารสกัดนี้จะอยู่ในช่วง 5.4±0.1 ถึง 41.5±0.3 มิลลิกรัมแกลลิคแอซิด/กรัม สารสกัดเมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลรวมกับการมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วางแผนการทดลอง

พรรณไม้น้ำทั้ง 2 ชนิด คือต้นผักเป็ดแดงและต้นพรมมิ แต่ละชนิด จัดชุดการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยมีระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ระดับความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100% ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 เป็นปัจจัยในการศึกษา โดยแบ่งพรรณไม้น้ำแต่ละชนิด ออกเป็น 5 ชุดการทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

ชุดการทดลองที่ 1 ระดับแคลเซียมฟอสเฟต 0% (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 ระดับแคลเซียมฟอสเฟต 25%

ชุดการทดลองที่ 3 ระดับแคลเซียมฟอสเฟต 50%

ชุดการทดลองที่ 4 ระดับแคลเซียมฟอสเฟต 75%

ชุดการทดลองที่ 5 ระดับแคลเซียมฟอสเฟต 100%

3.2 การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ เมื่อมีการทดแทนแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแตกต่างกัน

3.2.1 การปลูกพรรณไม้น้ำในระบบไร้ดิน

เตรียมรางปลูกแบบ Deep Flow Technique (DFT) ใช้ท่อรางปลูก 15 ราง แต่ละรางมีหลุมปลูกขนาด 2 นิ้ว 9 หลุม บนฐานรางปลูกโดยแต่ละรางต่อกับท่อ PVC กับสายยางย่นที่ติดตั้งปั๊มน้ำซึ่งจะดูดสารละลายธาตุอาหารเข้าสู่ราง และส่วนอีกด้านของรางปลูกต่อกับสายยางเป็นทางน้ำออกลงถังพลาสติกที่ใส่สารละลายมาตรฐานสูตร KMITL2

3.2.2 การเตรียมต้นพรรณไม้น้ำ

(1) ต้นผักเป็ดแดง ที่เลี้ยงไว้ในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ นำออกจากขวดและล้างอาหารออกให้หมดเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา จากนั้นนำต้นผักเป็ดแดงแยกออกเป็นต้นๆ แต่ละต้นตัดยาว 3 เซนติเมตร ประมาณ 405 ต้น และจะสุ่มจำนวน 10 ต้น ทำ 3 ซ้ำ เพื่อนำไปชั่งน้ำหนักสดเฉลี่ย และนับข้อแต่ละต้น นำต้นผักเป็ดแดงทั้งหมดมาพันด้วยร็อควูลและใส่ใยสังเคราะห์ในกระถาง กระถางละ 3 ต้น ใช้ต้นไม้ 135 กระถาง เพื่อใส่รางปลูก รางละ 9 กระถาง ทั้งหมด 15 ราง ซึ่งแต่ละรางจะสุ่มโดยจับฉลากให้มีชุดการทดลอง และซ้ำที่ต่างกันจากนั้นนำผักเป็ดแดงย้ายลงโรงเรือนพรรณไม้น้ำโดยใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบะปิดฝาเพื่อปรับสภาพ 2-3 วัน ในระหว่างนั้นจะค่อยๆ เริ่มเปิดฝาออกเพื่อให้ต้นไม้มีการปรับตัวกับความชื้นในโรงเรือน

(2) ต้นพรมมิ ที่มีการปลูกไว้แล้วมาตัดเอาเฉพาะส่วนยอดของแต่ละยอด โดยตัดให้มีความยาวกิ่งละ 5 เซนติเมตร ประมาณ 405 ต้น และจะสุ่มจำนวน 10 ต้น ทำ 3 ซ้ำ จากนั้นทำเช่นเดียวกับข้อ (1)

3.2.3 ระหว่างการปลูกและหลังการเก็บเกี่ยว

ตัวอย่างพรรณไม้น้ำทั้ง 2 ชนิดที่ย้ายลงปลูกในรางปลูก จะเริ่มปรับสารละลายธาตุอาหารให้ค่า EC เริ่มต้นที่ 0.50 mS/cm และทุกๆ 3 วัน จะปรับเพิ่มเป็น 0.75, 1.00, 1.25, 1.50 mS/cm ตามลำดับ และปรับให้ค่า EC คงที่ที่ 1.50 mS/cm โดยระหว่างการปรับสารละลายธาตุอาหารจะต้องปรับให้ค่า pH อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 ตลอดระยะเวลาการปลูก

3.2.4 การเก็บข้อมูล

3.2.4.1 วัดการเจริญเติบโตด้านความสูงกิ่ง ความกว้างพุ่มใบ จำนวนข้อในกิ่ง ที่สูงที่สุดในกระถาง นับจำนวนกิ่งทั้งหมดในกระถาง ระหว่างการทดลองทุก 2 สัปดาห์

3.2.4.2 เก็บตัวอย่างพรรณไม้น้ำทุกชุดการทดลอง บันทึกข้อมูลน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง จากนั้นนำไปอบแห้ง แล้วนำมาบดละเอียดเพื่อใช้ในการทดสอบต่อไป

3.3 การทดลองที่ 2 การศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารที่ส่งผลที่ดีที่สุดต่อสารต้านอนุมูลอิสระในพรรณไม้น้ำ

3.3.1 การสกัดพรรณไม้น้ำ

3.3.1.1 การสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำกลั่น

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพรรณไม้น้ำบดละเอียดประมาณ 0.1 กรัม กรัม และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ 1%) ลงใน Centifuge tube จากนั้นผสมให้เข้ากันด้วย vortex ปิดฝา เพื่อป้องการระเหยของน้ำออกจาก Centifuge tube นำไปต้มเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วพักไว้ให้สารสกัดเย็นลง หลักจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centifuge เพื่อให้สารสกัดตกตะกอน แล้วนำสารสกัดที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ลงในหลอดทดลองทุกตัวอย่าง

3.3.1.2 การสกัดด้วยตัวทำละลาย Ethanol 95%

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างพรรณไม้น้ำบดละเอียดประมาณ 0.1 กรัม และเติม Ethanol 95% ปริมาตร 10 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ 1%) ลงใน Centifuge tube จากนั้นผสมให้เข้ากันด้วย vortex ปิดฝา เพื่อป้องการระเหยของ Ethanol ออกจาก Centifuge tube แช่สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สกัดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เก็บไว้ในที่มืด หลักจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centifuge เพื่อให้สารสกัดตกตะกอน นำสารสกัดที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ลงในหลอดทดลองทุกตัวอย่าง

3.3.2 การวิเคราะห์หาสารต้านอนุมูลอิสระ

3.3.2.1 การวิเคราะห์ Total phenolic compounds โดยวิธี Folin ciocalteu reagent

ปิเปตสารสกัดจากพรรณไม้น้ำความเข้มข้น 1% มา 0.4 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 9.96 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เตรียมสารละลายมาตรฐาน Gallic acid ลงในหลอดทดลอง นำสารละลายที่เตรียมไว้ทั้งสอง มาเติม Folin ciocalteu reagent 2 ml เขย่าให้เข้ากัน และทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที เติม Na_2CO_3 2 ml เขย่าให้เข้ากัน และทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 60 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร และบันทึกผลการวิเคราะห์

3.3.2.2 การวิเคราะห์ 2, 2-Diphennyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay

ปิเปตสารสกัดจากพรรณไม้น้ำความเข้มข้น 1% มา 1 มิลลิลิตร ส่วนหลอดควบคุมให้ใช้น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร แทนสารสกัดพรรณไม้น้ำ เติม DPPH 2 ml เขย่าให้เข้ากัน และทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 516 นาโนเมตร โดยใช้ Ethanol 95% เป็น Blank บันทึกผลการวิเคราะห์ และคำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{การกำจัดอนุมูล DPPH (\%)} = \left(\frac{\text{ค่า A ของหลอดควบคุม} - \text{ค่า A ของหลอดตัวอย่าง}}{\text{ค่า A ของหลอดควบคุม}}\right) \times 100$$

3.2.2.3 การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์(TFC)

ปิเปตสารสกัดจากพรรณไม้น้ำความเข้มข้น 1% มา 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 4 มิลลิลิตร แล้ว เติม 5% $NaNO_2$ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม 10% $AlCl_3$ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้น เติม 1 M NaOH ปริมาตร 2 มิลลิลิตร (1 Mole = 40 กรัม) และเติมน้ำกลั่น 2.4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนความยาวคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 415 nm โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank คำนวณโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานโดยใช้ Quercetin เป็นสารมาตรฐาน (mg/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การทดลองที่ 3 การศึกษาปริมาณของธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ในพรรณไม้น้ำที่ปลูกในระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

3.4.1 การวิเคราะห์ไนโตรเจน

3.4.1.1 การย่อยสลายตัวอย่างพืช

ชั่งตัวอย่างพืชที่บดละเอียด 0.1000 กรัม ใส่ใน kjeldahl flask เพื่อนำมาทำการย่อยสลายพืชตัวอย่าง เติมสารเร่งปฏิกิริยาประมาณ 1 กรัม แล้วใช้น้ำกลั่นประมาณ 1-2 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดกำมะถันเข้มข้นจำนวน 5 มิลลิลิตร หมุนหลอดไปรอบๆ อย่างช้า แล้วทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วนำไปวางบนเตา digest ในระยะแรกใช้ไฟอ่อนๆ ประมาณ 200 °C ในขณะนี้จะมีฟองของสารผสมเกิดขึ้นมาก จำเป็นต้องระวังอย่าให้ล้นไปในที่ส่วนบนของก้านหลอด โดยหมุนหลอดบ่อยๆ เมื่อของผสมเริ่มเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้มเพิ่มไฟให้แรงขึ้นแต่ไม่เกิน 410 °C Digest จนสีของสารละลายมีสีเขียวใส ในขั้นตอนนี้อาจใช้เวลานานประมาณ 3-4 ชั่วโมง จึงแล้วเสร็จ นำหลอด digest ออกจากเตาแล้วปล่อยทิ้งไว้จนเย็น จากนั้นรินน้ำกลั่นประมาณ 10 มิลลิลิตร ลงไปรอบๆ ผนังก้านของ kjeldahl flask เขย่าของผสมให้เข้ากัน ปล่อยไว้จนเย็นอีกครั้งหนึ่ง แล้วเทใส่ลง volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เมื่อของผสมเย็นลงเท่าอุณหภูมิห้องใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรจนครบ 100 มิลลิลิตร เขย่าของผสมให้เข้ากันทิ้งไว้เพื่อให้ซิลิกาตกตะกอน นำของเหลวใสข้างบนไปกลั่น เตรียม blank โดยเติมเฉพาะกรดกำมะถันเข้มข้นและสารเร่งปฏิกิริยาเท่านั้น แล้วดำเนินการตามวิธีการข้างต้น

3.4.1.2 การกลั่น

เปิดเครื่องกลั่น แล้วล้างเครื่องกลั่น 1 ครั้ง ด้วยการกลั่นน้ำกลั่นผ่านเครื่อง รินน้ำยา boric acid indicator ประมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร นำไปวางที่ใต้ก้าน condenser ของเครื่องกลั่น และให้ปลายก้าน condenser อยู่เหนือน้ำยา boric acid indicator เล็กน้อย หรือให้แตะที่ผิวของน้ำยา boric acid indicator ดูดสารละลาย blank จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ใน distillation flask จากนั้นเติมสารละลาย NaOH 40% จำนวน 10 มิลลิลิตร ลงใน distillation flask ล้างตามด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อยเพื่อขจัดด่างและสารละลายตัวอย่างที่ตกค้างอยู่ เริ่มกลั่นและจับ NH_4^+ ใส่น้ำยา boric acid indicator ซึ่งจะเปลี่ยนสีม่วงแดงเป็นสีเขียว ได้ประมาณ 35 มิลลิลิตร จึงปิดเครื่องกลั่น จากนั้นใช้น้ำกลั่นล้างทำความสะอาด distillation flask ก่อนที่จะดำเนินการกลั่นตัวอย่างต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.3 การไตเตรท

นำสารละลายใน Erlenmeyer flask ของแต่ละตัวอย่างที่กลั่นได้ไปไทเทรตด้วย standard H_2SO_4 0.02 N จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง (สีของน้ำยา boric acid indicator ก่อนการกลั่นตัวอย่าง) จดบันทึกปริมาณ standard H_2SO_4 ที่ใช้ เพื่อคำนวณหาปริมาณ N จากสูตรดังนี้

$$\%T\text{-}N = \frac{(A\text{-}B) \times C \times 14 \times 100 \times 100}{1{,}000 \times \text{aliqout (ml)} \times \text{sample wt. (g)}}$$

$$= \frac{(A\text{-}B) \times C \times 140}{\text{aliquot (ml)} \times \text{sample wt. (g)}}$$

A = ml ของ standard H_2SO_4 ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

B = ml ของ standard H_2SO_4 ที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง blank

C = ความเข้มข้นของ standard H_2SO_4

14 = น้ำหนักสมมูล (equivalent weight) ของไนโตรเจน

3.4.2 การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

3.4.2.1 การย่อยสลายตัวอย่างพืช

ชั่งตัวอย่างที่อบแล้ว 0.3000 g ใส่ในหลอดย่อยตัวอย่างขนาด 50 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นประมาณ 1มิลลิลิตร ล้างตัวอย่างพืชที่ติดอยู่ข้างหลอด จากนั้นเติม $HClO_4$ + NHO_3 (1:2) 10 มิลลิลิตร วางหลอดย่อยตัวอย่างไว้ค้างคืนเพื่อเป็นการ pre-digest ตัวอย่างพืช หรือทำการ pre-digest โดยการอุ่นหลอดย่อยตัวอย่างในเตาย่อย (block) ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 50°C ประมาณ 2 ชั่วโมง เพิ่มอุณหภูมิเป็น 150°C แล้วย่อยตัวอย่างต่อไปประมาณ 1-2 ชั่วโมง ในกรณีที่ใช้กรดผสมเติม $HClO_4$ + NHO_3 จะทำให้ NHO_3 ระเหยไปจนหมด ต้องเติมกรดผสมลงไปอีก 5 มิลลิลิตร (เติมขณะที่ตัวอย่างเย็นแล้ว) จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็นประมาณ 200°C แล้ว digest ต่อไปจนตัวอย่างพืชย่อยสลายหมอ และได้สารละลายใส ซึ่งในช่วงที่เพิ่มอุณหภูมิสูงสุดถึง 200°C นั้นจะมีควันสีขาวเกิดขึ้น ในกรณีที่ใช้ $HClO_4$ เข้มข้น 10 มิลลิลิตร จะสามารถย่อยตัวอย่างได้สมบูรณ์ในครั้งเดียว แต่การใช้กรดผสมของ $HClO_4$ + NHO_3 อาจต้องเติมกรดเพิ่มครั้งละ 5 มิลลิลิตร ประมาณ 1-2 ครั้ง กว่าการย่อยสลายจะสมบูรณ์ เมื่อย่อยสลายตัวอย่างจนใสแล้วทิ้งให้เย็นถ่ายล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บสารละลายเพื่อทำการวิเคราะห์โดยการวัดความเข้มข้นของสี

3.4.2.2 การวิเคราะห์

ดูดสารละลายมาตรฐาน 0, 5, 10, 15 และ 20 µg P/ml. อย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร จากนั้นดูดสารละลายตัวอย่างพืชอย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร ทุกหลอดของสารละลายมาตรฐาน และหลอดตัวอย่างพืชเติมสารละลาย develop สี vanadomolybdate ลงไปหลอดละ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที วัดความเข้มของสีด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน โดยคำนวณจาก

$$\mu g\ P/g. = \frac{\mu g\ P/m.l \text{ จาก curve x ปริมาณสุดท้ายของสารละลาย}}{\text{น้ำหนักพืช}}$$

3.4.3 การวิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

3.4.3.1 การย่อยสลายตัวอย่างพืช

ชั่งตัวอย่างพืช 0.2500 g ใส่ลงในหลอดย่อยตัวอย่างที่มีขนาด 75 มิลลิลิตร ถ้าตัวอย่างเก็บไว้นานก่อนชั่งต้องนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 80°C วางทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccators ในแต่ละหลอดเติมกรดผสมของไนตริคและเปอร์คลอริค 5 ml ($HClO_4$ + NHO_3 (1:2) โดยปริมาตร) ขณะที่เติมกรดให้หมุนหลอดไปรอบๆ อย่างช้าๆ เพื่อป้องกันตัวอย่างพืชตกค้างอยู่ข้างหลอด วางหลอดทิ้งไว้ค้างคืนหรืออาจจะ pre-digest ด้วยการอุ่นหลอดใน block ด้วยการตั้งอุณหภูมิต่ำประมาณ 50°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นให้ปรับอุณหภูมิของ block เพิ่มสูงขึ้นเป็น 150°C ทำการย่อยสลายต่อไปอีกประมาณ 1 ชั่วโมงครึ่ง เพื่อระเหยกรด NHO_3 ออกไป ปรับอุณหภูมิของ block เพิ่มอีกไปที่ 200°C ในช่วงนี้จะสังเกตพบว่ามีควันสีขาวเกิดขึ้น ต้มต่อไปอีกประมาณ 2 ชั่วโมง การย่อยสลายจึงจะเสร็จสมบูรณ์ (หมายเหตุ: ในการย่อยสลายตัวอย่างพืชโดยวิธีนี้ต้องทำ blank 2 หลอด และ reference plant materials อีก 2 หลอด โดยเป็นของ internal 1 หลอด และ external reference อีก 1 หลอด) นำหลอดย่อยตัวอย่างออกจากเตาเผา วางทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงในตู้ควัน นานประมาณ 30-40 นาที จากนั้นเติมน้ำกลั่น ลงในหลอดอย่างช้าๆ พร้อมทั้งเขย่าเพื่อผสมสารละลายในหลอดกับน้ำกลั่นเข้าด้วยกัน วางทิ้งไว้ให้เย็น (ที่อุณหภูมิห้อง) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 75 ml ปิดด้วยแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาราฟิล์ม ทิ้งไว้ค้างคืนเพื่อให้ซิลิกาตกตะกอน เทสารละลายเฉพาะส่วนที่ใสของแต่ละหลอด เก็บไว้ในขวดพลาสติกประมาณ 50 ml เพื่อนำไปวิเคราะห์หา โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม

3.4.3.2 วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม

สามารถนำไปวัดหาค่าได้โดยตรงด้วยเครื่อง Atomic Emission Spectroscope (AES) โดยเปรียบเทียบค่า Emission กับของ Standards ซึ่งต้องเตรียมให้มี background เช่นเดียวกันกับของตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์

3.4.3.3 วิธีวิเคราะห์แคลเซียมในพืช

สามารถนำไปวัดหาค่าได้โดยตรงด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectroscope (AAS) โดยเปรียบเทียบค่า Absorption กับสารละลายมาตรฐานซึ่งต้องเตรียมให้มี background เช่นเดียวกันกับของตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์

3.4.3.4 การวิเคราะห์แมกนีเซียมในพืช

สามารถนำมาวัดความเข้มข้นได้ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectroscope (AAS) เช่นเดียวกับการวัดแคลเซียม และคิดเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน

3.5 การบันทึกข้อมูล

3.5.1 การทดลองที่ 1 การวัดการเจริญเติบโต จะบันทึกข้อมูลน้ำหนักสดก่อนและสิ้นสุดการทดลอง และเก็บผลความสูงของกิ่ง ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนกิ่ง จำนวนข้อ ทุก 2 สัปดาห์จนสิ้นสุดการทดลอง

3.5.2 การทดลองที่ 2 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ จะเก็บผลจากค่า Total phenolic compounds (TPC), DPPH radical scavenging assay และ ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (TFC)

3.5.3 การทดลองที่ 3 บันทึกผลจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 ผลการทดลองที่ 1 และ 3 จะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS v.16.0 for windows

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ข้อมูลการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ จะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกหลายทาง (Factorial design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของชุดการทดลองทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS v.16.0 for windows

3.7 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำ ห้องปฏิบัติการโภชนาการ และโรงเรือนปลูกพรรณไม้น้ำ ภาควิชาวิทยาสาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำ เมื่อมีการทดแทนแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับแตกต่างกัน

4.1.1 การเจริญเติบโตของต้นผักเป็ดแดง

จากการศึกษาใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 % ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักเป็ดแดงที่ปลูกด้วยระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ 25% มีน้ำหนักเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 16.52±9.88 g รองลงมาคือระดับความเข้มข้น 50%, 100%, 75% และ 0% โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 10.35±3.61, 8.59±4.23, 8.32±1.06 และ 6.98±0.73 g ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่1 ภาพที่1)

ความสูงต้นของผักเป็ดแดงที่ปลูกด้วยระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ 50% มีความสูงต้นมากที่สุดเท่ากับ 34.47±2.73 cm รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 75%, 25%, 0% และ 100% โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 33.17±0.96, 32.94±3.60, 29.91±2.61 และ 29.67±3.81 cm ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความสูงต้นของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 2 ภาพที่ 2)

จำนวนข้อของผักเป็ดแดงที่ปลูกด้วยระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ 25% มีจำนวนข้อมากที่สุดเท่ากับ 10.22±0.44 รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 50%, 75%, 100% และ 0% โดยมีจำนวนข้อเฉลี่ย 10.00±0.19, 9.56±0.11, 9.44±0.44 และ 9.11±0.59 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าจำนวนข้อของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จำนวนกิ่งของผักเป็ดแดงที่ปลูกด้วยระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ 25% มีจำนวนกิ่งมากที่สุดเท่ากับ 21.56±10.60 รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 50%, 100%, 75% และ 0% โดยมีจำนวนกิ่งเฉลี่ย 19.22±6.06, 15.78±7.75, 15.33±1.02 และ 11.56±0.91 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าจำนวนกิ่งของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ความกว้างทรงพุ่มใบของผักเป็ดแดงที่ปลูกด้วยระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ 75% มีความกว้างทรงพุ่มใบมากที่สุดเท่ากับ 12.26±0.22 cm รองลงมาที่ระดับความ

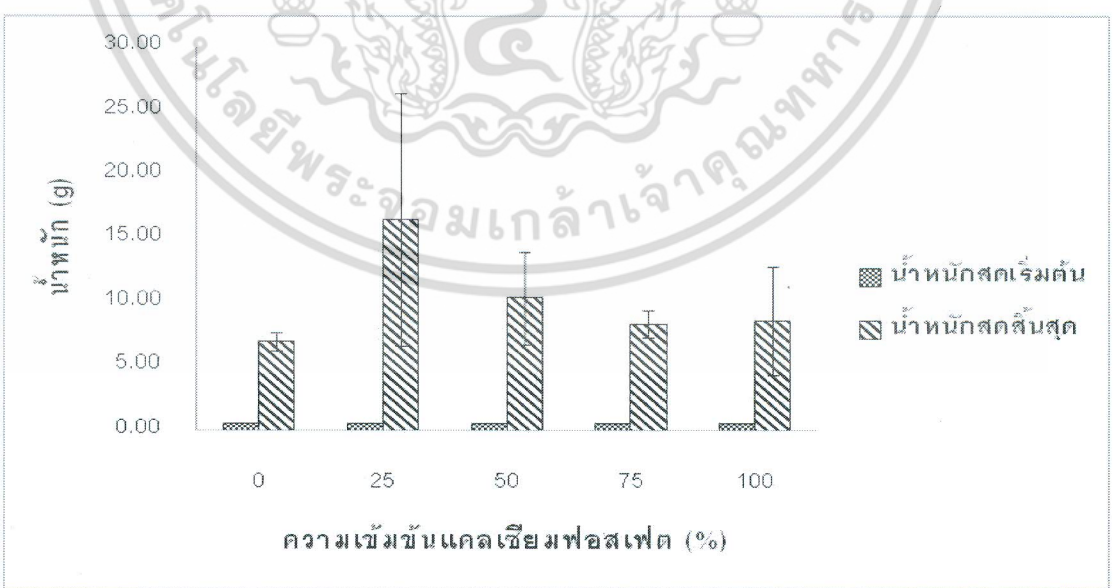
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้น 50%, 100%, 25% และ 0% โดยมีความกว้างทรงพุ่มใบเฉลี่ย 12.07±1.14, 11.91±0.33, 11.82±0.82 และ 11.29±0.54 cm ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความกว้างทรงพุ่มใบของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (g) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	น้ำหนักสดก่อนการทดลอง (g)	น้ำหนักสดสิ้นสุดการทดลอง (g)
0	0.57±0.00	6.98±0.73
25	0.57±0.00	16.52±9.88
50	0.57±0.00	10.35±3.61
75	0.57±0.00	8.32±1.06
100	0.57±0.00	8.59±4.23
	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



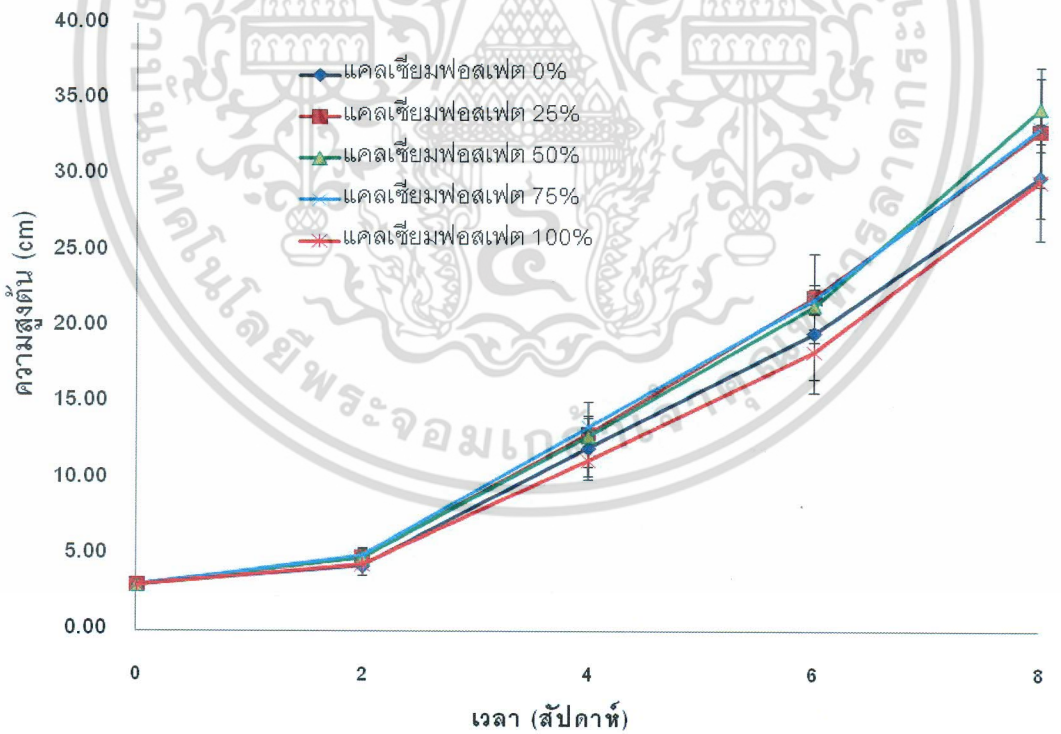
ภาพที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ย (g) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ความสูงต้นเฉลี่ย (cm) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	เวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	3.00±0.00	4.24±0.58	12.01±2.06	19.60±2.95	29.91±2.61
25	3.00±0.00	4.84±0.53	12.99±2.14	22.00±2.93	32.94±3.60
50	3.00±0.00	4.82±0.26	12.83±0.56	21.42±1.46	34.47±2.73
75	3.00±0.00	4.94±0.53	13.41±0.80	21.89±0.96	33.17±0.96
100	3.00±0.00	4.37±0.18	11.20±1.01	18.38±2.64	29.67±3.81
	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



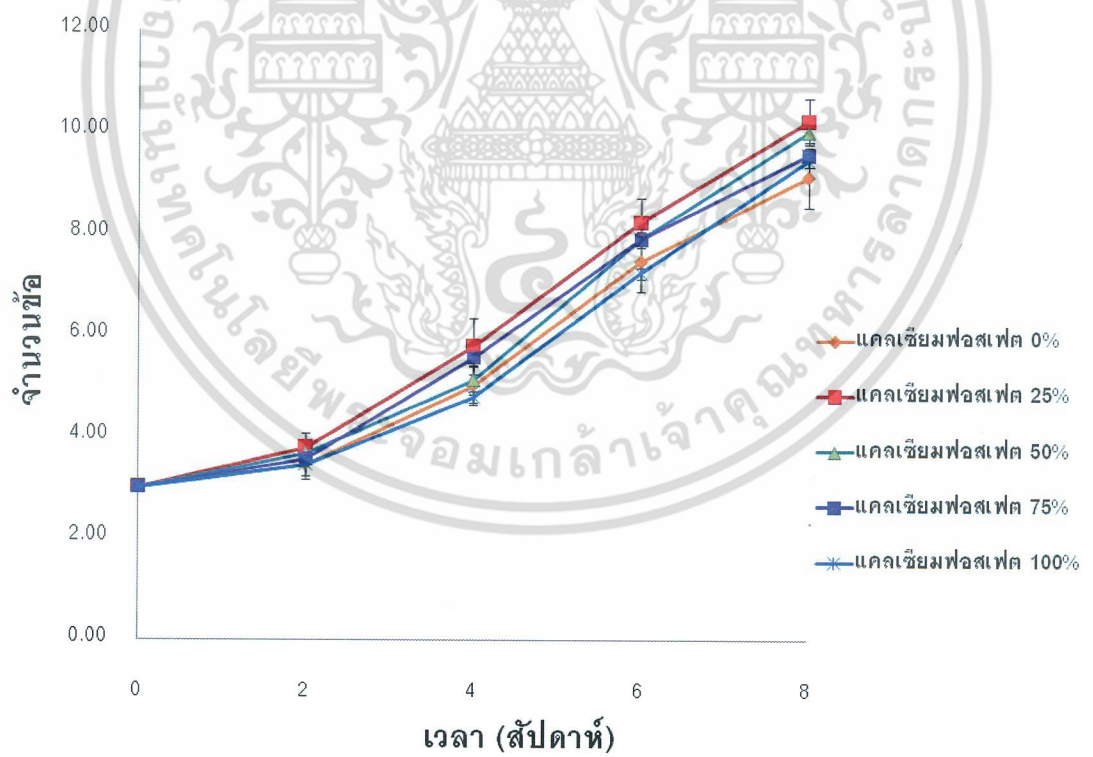
ภาพที่ 2 ความสูงต้นเฉลี่ย (cm) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 จำนวนข้อของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	เวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	3.00±0.00	3.44±0.22	5.00±0.38	7.44±0.59	9.11±0.59
25	3.00±0.00	3.78±0.29	5.78±0.56	8.22±0.48	10.22±0.44
50	3.00±0.00	3.67±0.19	5.11±0.11	7.89±0.11	10.00±0.19
75	3.00±0.00	3.56±0.29	5.56±0.11	7.89±0.11	9.56±0.11
100	3.00±0.00	3.44±0.22	4.78±0.48	7.22±0.56	9.44±0.44
	Ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



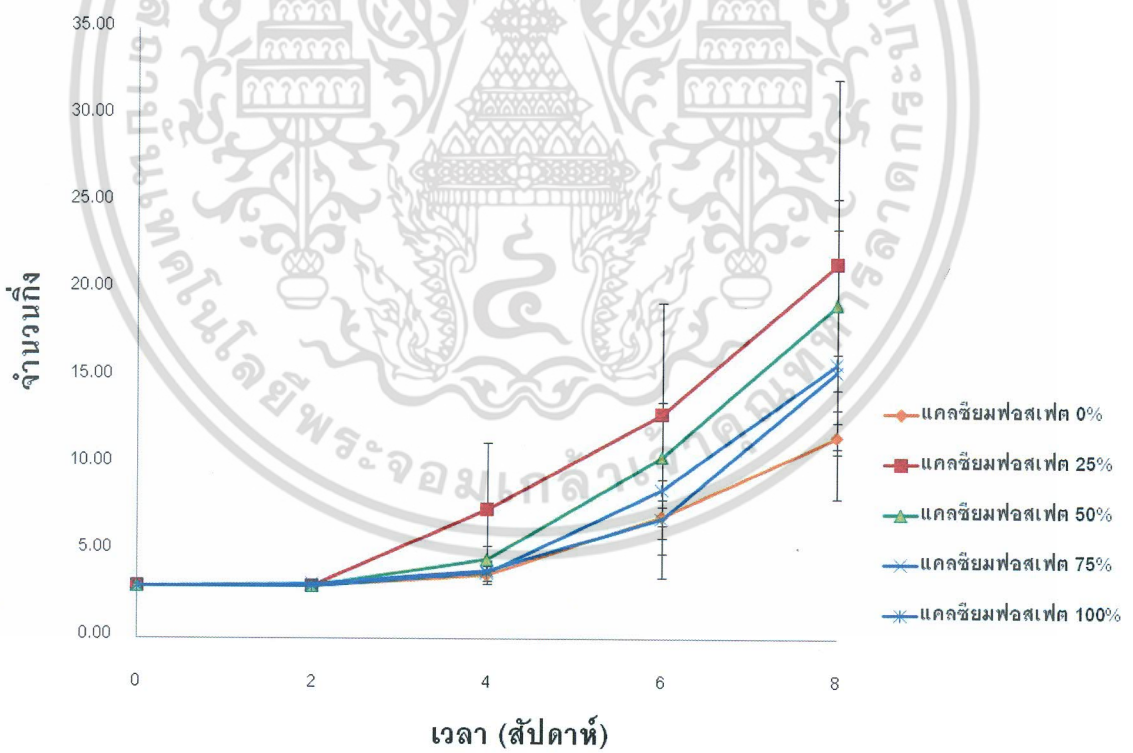
ภาพที่ 3 จำนวนข้อของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 จำนวนกิ่งของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	เวลา (สัปดาห์)				
	0	2	4	6	8
0	3.00±0.00	3.00±0.00	3.67±0.51	7.00±2.14	11.56±0.91
25	3.00±0.00	3.00±0.00	7.44±3.80	12.89±6.38	21.56±10.60
50	3.00±0.00	3.00±0.00	4.56±0.73	10.44±2.84	19.22±6.06
75	3.00±0.00	3.11±0.11	3.89±0.59	6.89±1.09	15.33±1.02
100	3.00±0.00	3.00±0.00	3.78±0.62	8.56±5.06	15.78±7.75
	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



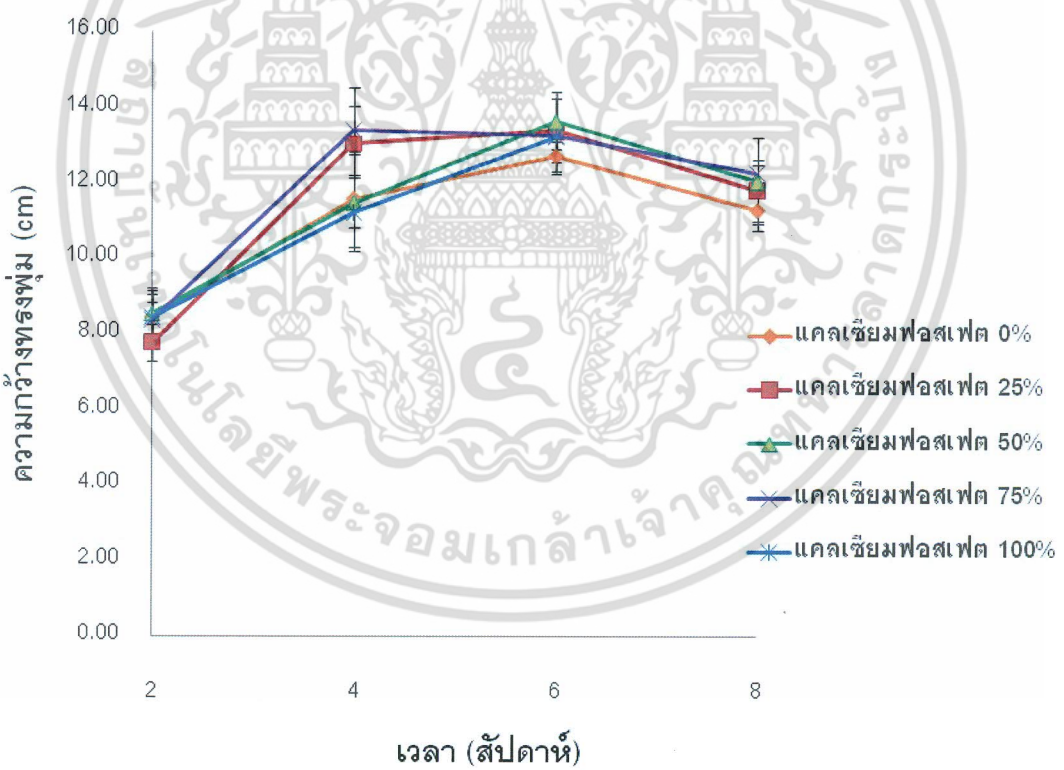
ภาพที่ 4 จำนวนกิ่งของต้นผักเป็ดแดงในสารละลายธาตุอาหารที่มีระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในระบบปลูกแบบไร้ดินระยะเวลา 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ความกว้างทรงพุ่มใบ (cm) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	เวลา (สัปดาห์)			
	2	4	6	8
0	8.46±0.79	11.59±1.27	12.72±0.40	11.29±0.54
25	7.78±0.48	13.06±1.47	13.40±0.85	11.82±0.82
50	8.56±0.61	11.49±0.64	13.67±0.76	12.07±1.14
75	8.39±0.45	13.41±0.64	13.28±0.06	12.26±0.22
100	8.44±0.61	11.22±1.01	13.26±1.00	11.91±0.33
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 5 ความกว้างทรงพุ่มใบ (cm) ของต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียมฟอสเฟตที่ผลิตได้จากเปลือกหอย (บรรจง และคณะ, 2013) สามารถนำมาทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการปลูกพรรณไม้ และได้นำมาทดลองศึกษาระดับความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75, 100 % เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ของต้นผักเป็ดแดง ผลการทดลองสอดคล้องกับ Lee *et al.* (2010) ทำการทดลองโดยทดแทนความเข้มข้นของ Ca-gluconate ที่ใช้ปลูกมะเขือเทศมีระดับความเข้มข้นคือ 0 (เป็นชุดควบคุม), 0.3, 0.6 และ 0.9 me/L ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยความสูงของพืชไม่มีไม่มีความแตกต่างในชุดการทดลอง และ Amor and Marcelis (2006) ทำการทดลองในระยะเวลา 4 ช่วง คือ 1, 3, 7 และ14 วัน โดยใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมที่ต่ำ (0.5 meq/L) เมื่อเทียบกับสารละลายธาตุอาหารมาตรฐาน (9 meq/L) ซึ่งไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ เพ็ญนภา และ นภดล (2546) ทำการทดลองปลูกผักกาดหอม (*Lactuca sativa Linn.*) พันธุ์ red oak ใช้สารอาหารธาตุ N 95 mg/l ร่วมกับปริมาณธาตุ Ca ดังนี้ 80, 90, 100, 110 และ 120 mg/l ที่ EC 1.2 mS/cm พบว่าน้ำหนักสดของผักกาดหอมพันธุ์ red oak มีแนวโน้มการเพิ่มน้ำหนักสดไปในทิศทางเดียวกัน

4.1.2 การเจริญเติบโตของต้นพรมมิ

จากการทดลองปลูกต้นพรมมิด้วยระบบ hydroponic เพื่อศึกษาความสูง โดยมีสารละลายธาตุอาหารที่ทดแทนความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75 และ 100% เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ ไม่มีผลต่อความสูงของต้นพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยความสูงเฉลี่ยของสัปดาห์ที่ 2 คือ 11.12±0.99 – 13.18±0.97 เซนติเมตร, สัปดาห์ที่ 4 คือ 13.51±0.66 – 16.08±1.47 เซนติเมตร, สัปดาห์ที่ 6 คือ 20.11±1.68 – 22.81±1.33 เซนติเมตร และ 25.58±1.42 – 29.22±3.08 เซนติเมตร ในสัปดาห์สุดท้าย (ตารางที่ 9 และภาพที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับ Lee *et al.* (2010) ที่ทำการทดลองโดยมีความเข้มข้นของ Ca-gluconate ต่างกัน 4 ระดับ คือ 0, 0.3, 0.6 และ 0.9 $me.L^{-1}$ความสูงไม่แตกต่างกัน

ความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ ไม่มีผลต่อจำนวนข้อของต้นพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยจำนวนข้อเฉลี่ยของสัปดาห์ที่ 2 คือ 7.56±0.62 – 8.00±0.33 ข้อ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัปดาห์ที่ 4 คือ 8.56±0.62 – 9.44±0.59 ข้อ, สัปดาห์ที่ 6 คือ 11.00±1.00 – 12.67±0.51 ข้อ และ 13.56±1.24 – 15.22±0.78 ข้อ ในสัปดาห์สุดท้าย

ความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ ไม่มีผลต่อจำนวนกิ่งของต้นพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยจำนวนกิ่งเฉลี่ยของสัปดาห์ที่ 2 คือ 7.00±0.38 – 7.76±0.88 กิ่ง, สัปดาห์ที่ 4 คือ 7.89±0.22 – 9.33±1.64 กิ่ง, สัปดาห์ที่ 6 คือ 17.00±3.01 – 22.89±1.79 กิ่ง และ 33.89±2.00 – 38.22±9.75 กิ่ง ในสัปดาห์สุดท้าย

ความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ ไม่มีผลต่อความกว้างทรงพุ่มของต้นพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของสัปดาห์ที่ 2 คือ 2.29±0.01 – 2.44±0.31 เซนติเมตร, สัปดาห์ที่ 4 คือ 2.81±0.20 – 3.08±0.15 เซนติเมตร, สัปดาห์ที่ 6 คือ 3.06±0.13 – 3.37±0.02 เซนติเมตร และ 3.42±0.03 – 3.64±0.17 เซนติเมตร ในสัปดาห์สุดท้าย

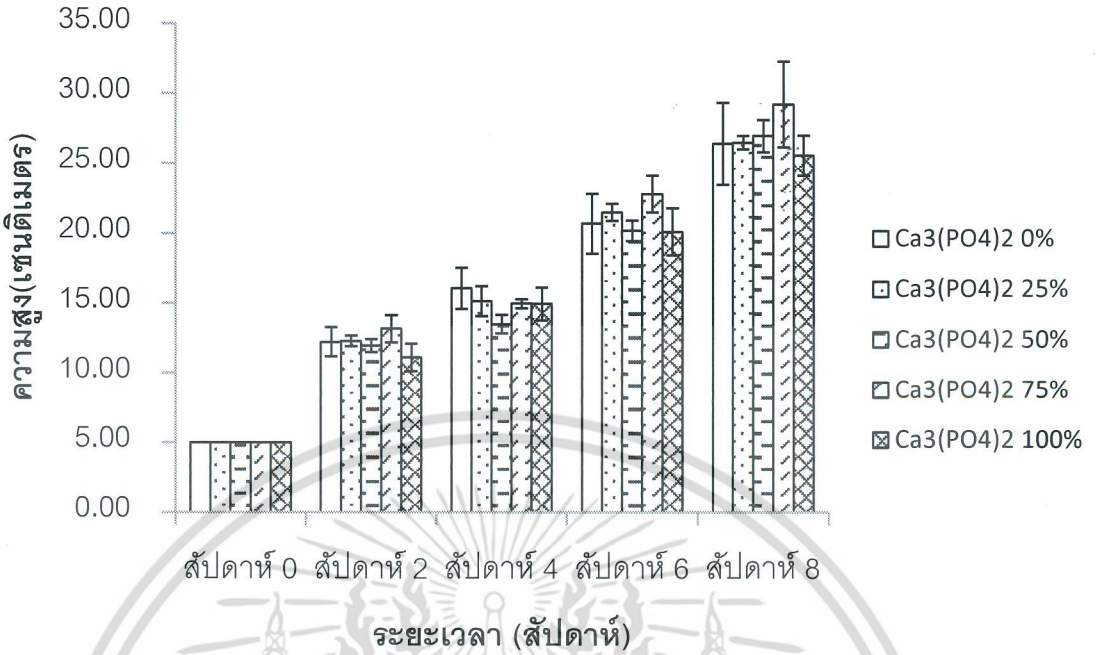
ความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ ไม่มีผลต่อน้ำหนักของต้นพรมมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น คือ 0.12 กรัม,น้ำหนักสด คือ 12.55±1.01 – 16.78±4.90 กรัม และน้ำหนักแห้ง คือ 0.71±0.10 – 1.03±0.29 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับ Amor and Marcelis (2006) ทำการทดลองโดยปลูกมะเขือเทศในระดับความเข้มข้นของแคลเซียม 0.5 meq L^{-1} เทียบกับสารละลายมาตรฐาน 9 meq L^{-1} ใช้ระยะเวลา 4 ระยะ คือ 1, 3, 7 และ 14 วัน น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของมะเขือเทศไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ความสูงของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน

ความเข้มข้น	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
แคลเซียมฟอสเฟต (%)	เริ่มต้น	2	4	6	8
0	5.00	12.24±1.03	16.08±1.47	20.69±2.15	26.41±2.91
25	5.00	12.31±0.38	15.16±1.08	21.50±0.62	26.49±0.47
50	5.00	11.98±0.45	13.51±0.66	20.19±0.73	26.97±1.14
75	5.00	13.18±0.97	14.98±0.32	22.81±1.33	29.22±3.08
100	5.00	11.12±0.99	14.97±1.17	20.11±1.68	25.58±1.42
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



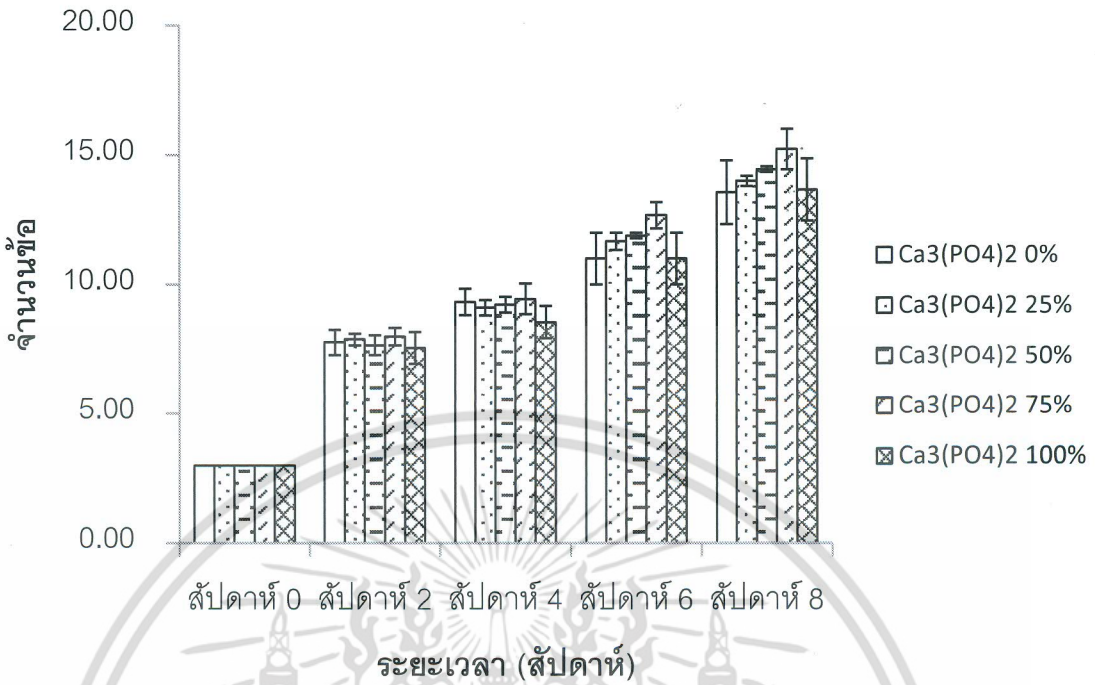
ภาพที่ 6 ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์

ตารางที่ 7 จำนวนข้อของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน

ความเข้มข้น	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
แคลเซียมฟอสเฟต (%)	เริ่มต้น	2	4	6	8
0	3.00	7.78±0.48	9.33±0.51	11.00±1.00	13.56±1.24
25	3.00	7.89±0.22	9.11±0.29	11.67±0.33	14.00±0.19
50	3.00	7.67±0.38	9.22±0.29	11.89±0.11	14.44±0.11
75	3.00	8.00±0.33	9.44±0.59	12.67±0.51	15.22±0.78
100	3.00	7.56±0.62	8.56±0.62	11.00±1.00	13.67±1.20
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



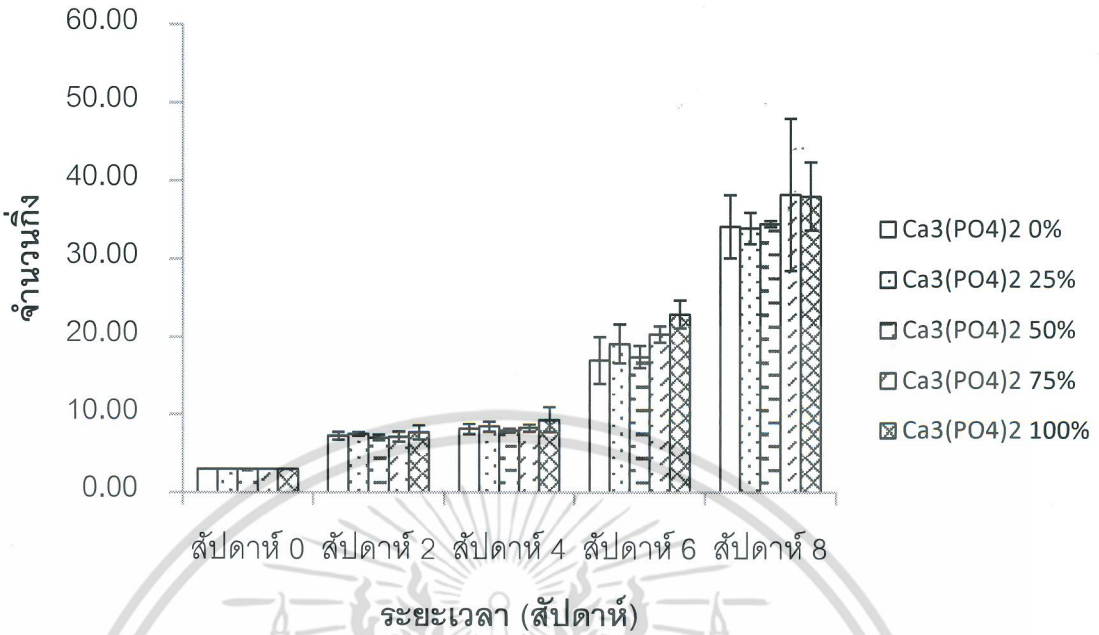
ภาพที่ 7 จำนวนข้อเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca_3(PO_4)_2$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์

ตารางที่ 8 จำนวนกิ่งของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน

ความเข้มข้น	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
แคลเซียมฟอสเฟต (%)	เริ่มต้น	2	4	6	8
0	3.00	7.22±0.48	8.11±0.68	17.00±3.01	34.11±4.04
25	3.00	7.44±0.22	8.44±0.68	19.11±2.51	33.89±2.00
50	3.00	7.00±0.38	7.89±0.22	17.44±1.44	34.44±0.40
75	3.00	7.11±0.62	8.22±0.48	20.33±1.02	38.22±9.75
100	3.00	7.76±0.88	9.33±1.64	22.89±1.79	38.00±4.35
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



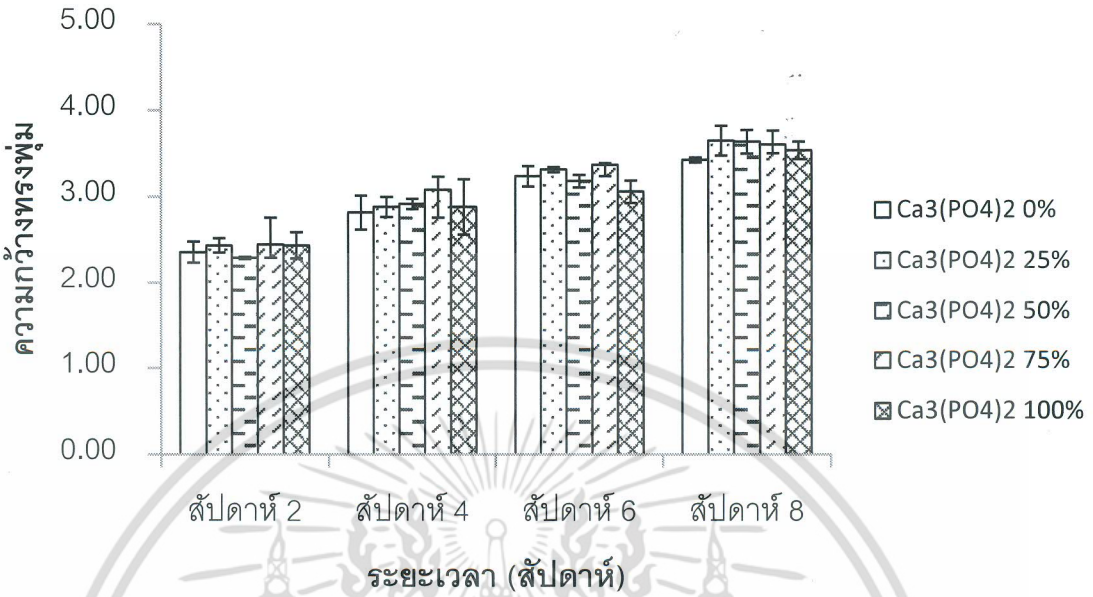
ภาพที่ 8 จำนวนกิ่งเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca_3(PO_4)_2$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์

ตารางที่ 9 ความกว้างทรงพุ่มของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	ระยะเวลา (สัปดาห์)				
	เริ่มต้น	2	4	6	8
0	0.00	2.36±0.12	2.81±0.20	3.23±0.12	3.42±0.03
25	0.00	2.43±0.08	2.88±0.12	3.31±0.03	3.64±0.17
50	0.00	2.29±0.01	2.91±0.06	3.18±0.07	3.63±0.14
75	0.00	2.44±0.31	3.08±0.15	3.37±0.02	3.60±0.16
100	0.00	2.43±0.15	2.88±0.32	3.06±0.13	3.53±0.10
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



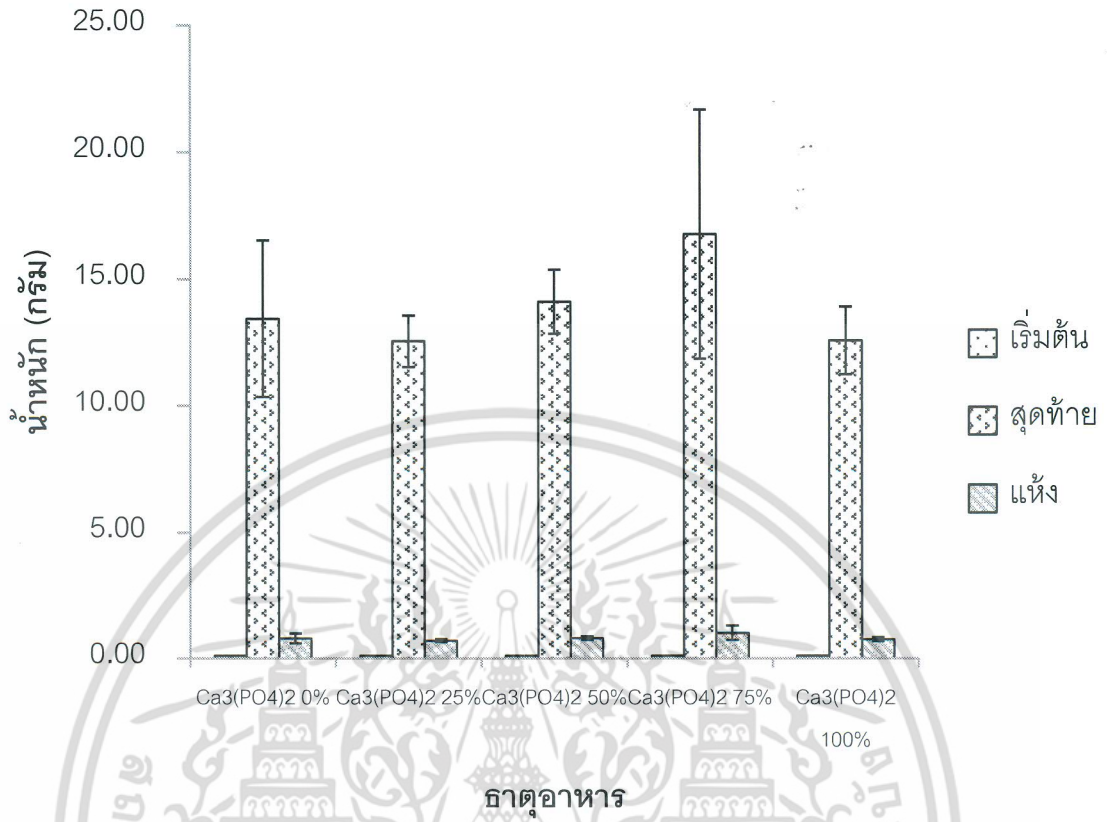
ภาพที่ 9 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca_3(PO_4)_2$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์

ตารางที่ 10 น้ำหนักของพรมมิ (ซม.) ที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเริ่มต้น	น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง
0%	0.12	13.44±3.08	0.81±0.21
25 %	0.12	12.55±1.01	0.71±0.08
50 %	0.12	14.11±1.26	0.82±0.08
75 %	0.12	16.78±4.90	1.03±0.29
100 %	0.12	12.59±1.33	0.77±0.10
F-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ของต้นพรมมิในระบบปลูกแบบ hydroponic ที่มีความเข้มข้นของ $Ca_3(PO_4)_2$ แตกต่างกัน 5 ระดับในระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารที่ส่งผลที่ดีที่สุดต่อสารต้านอนุมูลอิสระในพรรณไม้น้ำ

4.2.1 การวิเคราะห์ 2, 2-Diphennyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

4.2.1.1 ต้นผักเป็ดแดง

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในผักเป็ดแดงที่ปลูกในระบบแบบไร้ดินโดยใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0, 25, 50, 75 และ 100% ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 และใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น และ เอทานอล 95% โดยการเจือจางความเข้มข้นสารตัวอย่าง 5 เท่า พบว่า ความสามารถในการทำลาย DPPH ที่สกัดจากผักเป็ดแดงที่ปลูกในความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต 0 และ 100% ดีที่สุด เท่ากับ 29.79±14.30 และ 29.52±10.19 % รองลงมาที่ความเข้มข้น 25, 75 และ 50% โดยมีความสามารถในการทำลาย DPPH เท่ากับ 28.27±9.89, 26.78±17.62, และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25.49±8.75 % ตามลำดับ (ตารางที่ 11) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนตัวทำละลายน้ำกลั่นมีความในการทำลาย DPPH ได้ดีกว่าตัวทำละลายเอทานอล เท่ากับ 40.12±1.1.91 และ 15.82±1.79 % ตามลำดับ (ตารางที่ 11) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ อัจฉรี และ นงนุช (2555) วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในพรรณไม้น้ำพรมมิด้วยวิธี DPPH พบว่า ความสามารถในการทำลาย DPPH ของพรมมิที่ปลูกในระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 0.5 µS/cm ดีที่สุดรองลงมาคือ 1.5, 2.0 และ 1.0 µS/cm

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย %DPPH ที่ถูกทำลายในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	%DPPH ที่ถูกทำลาย		Mean±SE
	น้ำกลั่น	Ethanol 95%	
0	44.09±6.25	15.49±1.16	29.79±14.30[a]
25	38.16±7.93	18.39±0.22	28.27±9.89[a]
50	34.24±5.04	16.75±1.35	25.49±8.75[a]
75	44.40±2.29	9.16±1.73	26.78±17.62[a]
100	39.71±5.77	19.33±0.34	29.52±10.19[a]
Mean±SE	40.12±1.91[a]	15.82±1.79[b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2.1.2 ต้นพรมมิ

จากการทดลองปลูกต้นพรมมิด้วยระบบ hydroponic เพื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ DPPH โดยมีสารละลายธาตุอาหารที่มีการทดแทนความเข้มข้นของ $Ca_3(PO_4)_2$ แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0% (ชุดควบคุม), 25%, 50%, 75% และ 100% เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ นำต้นพรมมิมาสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำและเอทานอล พบว่า ต้นพรมมิที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีค่าอยู่ในช่วง 35.19±1.36 - 47.61±6.71% และต้นพรมมิที่สกัดด้วยเอทานอลมีค่าอยู่ในช่วง 35.72±0.62 - 41.35±4.70% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย %DPPH ที่ถูกทำลายในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นพรมมิที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	% DPPH ที่ถูกทำลาย		Mean±SE
	น้ำกลั่น	Ethanol 95%	
0	39.88±5.17	35.72±0.62	37.80±2.90[a]
25	39.22±2.36	37.79±2.21	38.51±2.29[a]
50	43.14±4.09	38.04±1.48	40.59±2.79[a]
75	47.61±6.71	40.18±0.41	43.89±3.56[a]
100	35.19±1.36	41.35±4.70	38.27±3.03[a]
Mean±SE	41.01±3.94[a]	38.61±1.88[a]	

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.2 การวิเคราะห์ Total phenolic compounds (TPC)

4.2.2.1 ต้นผักเป็ดแดง

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยการหาปริมาณฟีนอลทั้งหมดในผักเป็ดแดงที่ปลูกในระบบแบบไร้ดินโดยใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0, 25, 50, 75 และ 100% ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL2 และใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น และ เอทานอล 95% พบว่าปริมาณฟีนอลรวมที่สกัดจากผักเป็ดแดงที่ปลูกในความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต 75% มีมากที่สุด เท่ากับ 26.56±16.39 µg/g รองลงมาที่ความเข้มข้น 0, 25, 100 และ 50% โดยมีปริมาณฟีนอลรวมเท่ากับ 25.64±15.86, 25.03±15.97, 24.31±14.53 และ 22.81±12.92 µg/g ตามลำดับ (ตารางที่ 13) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนตัวทำละลายน้ำกลั่นมีปริมาณฟีนอลรวมที่สูงกว่าตัวทำละลายเอทานอลเท่ากับ 40.00±1.26 และ 9.73±0.18% ตามลำดับ (ตารางที่ 13) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับ อัจฉรี และ นงนุช (2555) ทำการทดลองวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระปริมาณฟีนอลรวมกับต้นพรมมิ พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของสารละลายที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณฟีนอลรวมลดลง และการสกัดด้วยน้ำจะให้ปริมาณฟีนอลรวมที่สูงกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น นอกจากนี้ ปริยานุช (2551) ศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของส่วนสกัดย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฮกเซน เอทิลอะซิเตท และน้ำของต้นเร่วหอม (*Etlingera pavieana*) และว่านสาวหลง (*Amomum biflorum*) โดยพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมจากส่วนสกัดย่อยเอทิลอะซิเตทมีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงสุด รองลงมาคือ ส่วนสกัดย่อยน้ำ และส่วนสกัดย่อยเฮกเซน

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยปริมาณ TPC ในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	ปริมาณ TPC (µg/g)		Mean±SE
	น้ำกลั่น	Ethanol 95%	
0	41.50±2.67	9.78±0.20	25.64±15.86[a]
25	41.00±3.59	9.06±0.73	25.03±15.97[a]
50	35.72±1.42	9.89±1.16	22.81±12.92[a]
75	42.94±1.72	10.17±0.54	26.56±16.39[a]
100	38.83±2.59	9.78±0.47	24.31±14.53[a]
Mean±SE	40.00±1.26[a]	9.73±0.18[b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2.2.2 ต้นพรมมิ

นำต้นพรมมิมาสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 คือ น้ำและเอทานอล พบว่า ต้นพรมมิที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีค่าอยู่ในช่วง 22.61±1.13 - 29.11±3.18% และต้นพรมมิที่สกัดด้วยเอทานอลมีค่าอยู่ในช่วง 26.39±0.75 - 30.04±1.60% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยปริมาณ TPC ในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นพรมมิที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	ปริมาณ TPC (µg/g		Mean±SE
	น้ำกลั่น	Ethanol 95%	
0	26.11±3.13	26.39±0.75	26.25±1.94[a]
25	26.11±1.46	29.11±1.49	27.61±1.48[a]
50	28.11±2.58	30.04±1.60	29.28±2.09[a]
75	29.11±3.18	29.28±0.65	29.19±1.92[a]
100	22.61±1.13	28.89±4.06	25.75±2.59[a]
Mean±SE	26.41±2.30[a]	28.82±1.71[a]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (TFC)

4.2.3.1 ต้นผักเป็ดแดง

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยการหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ในผักเป็ดแดงที่ปลูกในระบบแบบไร้ดินโดยใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0, 25, 50, 75 และ 100% ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 และใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น และ เอทานอล 95% พบว่า ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่สกัดจากผักเป็ดแดงที่ปลูกในความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ 75% มีมากที่สุด เท่ากับ 3.36±1.28 µg/g รองลงมาที่ความเข้มข้น 0, 50, 100 และ 25% โดยมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์เท่ากับ 3.34±1.21, 3.30±1.51, 3.25±1.40 และ 3.14±1.17 µg/g ตามลำดับ (ตารางที่ 15) โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนตัวทำละลายเอทานอลมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่สูงกว่าตัวทำละลายน้ำกลั่น เท่ากับ 4.60±0.08 และ 1.97±0.07 µg/g ตามลำดับ (ตารางที่ 15) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยปริมาณ TFC ในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	ปริมาณ TFC (mg/g)		Mean±SE
	น้ำกลั่น	Ethanol 95%	
0	2.13±0.08	4.56±0.16	3.34±1.21[a]
25	1.98±0.13	4.31±0.22	3.14±1.17[a]
50	1.79±0.02	4.81±0.09	3.30±1.51[a]
75	2.08±0.07	4.64±0.02	3.36±1.28[a]
100	1.86±0.10	4.65±0.16	3.25±1.40[a]
Mean±SE	1.97±0.07[b]	4.60±0.08[a]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2.3.2 ต้นพรมมิ

จากการทดลองปลูกต้นพรมมิด้วยระบบ hydroponic เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ โดยมีสารละลายธาตุอาหารที่มีการทดแทนความเข้มข้นของ $Ca_3(PO_4)_2$ แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0% (ชุดควบคุม), 25%, 50%, 75% และ 100% เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ นำต้นพรมมิมาสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 คือ น้ำและเอทานอล พบว่า ต้นพรมมิที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีค่าอยู่ในช่วง 1.34±0.07 - 1.69±0.04 % มีความแตกต่างกันกับต้นพรมมิที่สกัดด้วยเอทานอลมีค่าอยู่ในช่วง 4.67±0.11 - 5.69±0.05 % โดยที่สารสกัดที่ถูกสกัดด้วยเอทานอลสามารถให้สารประกอบฟลาโวนอยด์ดีกว่าน้ำกลั่น (ตารางที่ 16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยปริมาณ TFC ในตัวทำละลายต่างๆ ที่สารสกัดจากต้นพรมมิที่ทดแทนความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	ปริมาณ TFC (mg/g)		Mean±SE
	น้ำกลั่น	Ethanol 95%	
0	1.40±0.05	4.67±0.11	3.04±0.08[a]
25	1.61±0.19	5.23±0.22	3.42±0.21[a]
50	1.52±0.10	5.03±0.1	3.27±0.15[a]
75	1.69±0.04	5.00±0.34	3.34±0.19[a]
100	1.34±0.07	5.69±0.05	3.51±0.06[a]
Mean±SE	1.51±0.09[b]	5.12±0.18[b]	

*ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวเดียวกัน หมายถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3 การทดลองที่ 3 การศึกษาปริมาณของธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ในพรรณไม้น้ำที่ปลูกในระดับความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

4.3.1 ต้นผักเป็ดแดง

จากการศึกษาใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 % ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของต้นผักเป็ดแดงก่อนลงปลูก เท่ากับ 7.46±0.23% โดยไม่แตกต่างจากสิ้นสุดการทดลอง และพบมากที่สุดในระดับความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ 25% เท่ากับ 12.33±0.76% รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 75%, 0%, 50% และ 100% โดยมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเท่ากับ 10.41±1.47, 10.02±0.38, 9.70±1.66, และ 8.50±0.85% ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 17) นอกจากนี้ เพ็ญนภา และ นพดล (2546) ทำการทดลองปลูกผักกาดหอมพันธุ์ red oak ที่ปลูกในระบบ ไฮโดรโปนิกส์ สารอาหารที่มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ดังนี้ 85, 95, 105, 115 และ 125 mg/l พบว่าเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผักกาดหอมพันธุ์ red oak อายุ 6 สัปดาห์ ในสารอาหารที่มีปริมาณไนโตรเจน 95 mg/l ผักกาดหอมพันธุ์ red oak มีน้ำหนักสดสูงที่สุด

เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสของต้นผักเป็ดแดงก่อนลงปลูก เท่ากับ 0.58±0.05% โดยไม่แตกต่างจากสิ้นสุดการทดลอง และพบเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสมากที่สุดในระดับความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ 100% เท่ากับ 0.85±0.02% รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 50, 75, 25 และ 0% โดยมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.84±0.07, 0.82±0.02, 0.77±0.10 และ 0.68±0.04% ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 17) ผลการทดลองสอดคล้องกับ Ashraf *et al.* (2009) ทำการทดลองปลูกข้าวสาลี 7 สายพันธุ์ ภายใต้สภาพการใช้ฟอสฟอรัสที่ต่ำ พบว่า ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในพืชไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในหมู่ของพันธุ์ข้าวสาลี

เปอร์เซ็นต์แคลเซียมของต้นผักเป็ดแดงก่อนลงปลูก เท่ากับ 0.62±0.09% โดยแตกต่างกับต้นผักเป็ดแดงที่ได้รับสารละลายธาตุอาหาร และพบเปอร์เซ็นต์แคลเซียมมากที่สุดในระดับความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ 0 และ 75% เท่ากับ 1.16±0.05 และ 1.16±0.06% ตามลำดับ รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 50, 100 และ 25% โดยมีเปอร์เซ็นต์แคลเซียมเท่ากับ 1.02±0.10, 0.97±0.11 และ 0.96±0.11% ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์แคลเซียมของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 17)

เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมของต้นผักเป็ดแดงก่อนลงปลูก เท่ากับ 0.62±0.07% โดยไม่แตกต่างจากสิ้นสุดการทดลอง และพบเปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมมากที่สุดในระดับความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ 25% เท่ากับ 0.78±0.10% รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0, 75, 50 และ 100% โดยมีเปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมเท่ากับ 0.75±0.00, 0.74±0.01, 0.74±0.05 และ 0.73±0.04% ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 17)

เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมของต้นผักเป็ดแดงก่อนลงปลูก เท่ากับ 7.03±0.22% โดยไม่แตกต่างจากสิ้นสุดการทดลอง และพบเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมมากที่สุดในระดับความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟตที่ 25% เท่ากับ 9.45±0.58% รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0, 100, 75 และ 50% โดยมีโพแทสเซียมเท่ากับ 9.15±0.06, 9.01±0.29, 8.99±0.09 และ 8.21±0.87% ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมของผักเป็ดแดงในทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (ตารางที่ 17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารในต้นผักเป็ดแดงที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	%ธาตุอาหารในพืช				
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	แคลเซียม	แมกนีเซียม	โพแทสเซียม
เริ่มต้น	7.46±0.23	0.58±0.05	0.62±0.09[b]	0.62±0.07	7.03±0.22
0	10.02±0.38	0.68±0.04	1.16±0.05[a]	0.75±0.00	9.15±0.06
25	12.33±0.76	0.77±0.10	0.96±0.11[a]	0.78±0.10	9.45±0.58
50	9.70±1.66	0.84±0.07	1.02±0.10[a]	0.74±0.05	8.21±0.87
75	10.41±1.47	0.82±0.02	1.16±0.06[a]	0.74±0.01	8.99±0.09
100	8.50±0.85	0.85±0.02	0.97±0.11[a]	0.73±0.04	9.01±0.29
	ns	ns	*	ns	ns

หมายเหตุ : ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนับสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนับสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.3.2 ต้นพรมมิ

จากการทดลองปลูกต้นพรมมิด้วยระบบ hydroponic เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหาร โดยมีสารละลายธาตุอาหารที่มีการทดแทนความเข้มข้นของ $Ca_3(PO_4)_2$ แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 25, 50, 75 และ 100% เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ความเข้มข้นของ $Ca_3(PO_4)_2$ ไม่มีผลต่อธาตุอาหารในต้นพรมมิ nitrogen 8.50±0.85-12.33±0.76, potassium 8.21±0.87-9.45±0.58, calcium 0.96±0.11-1.16±0.06, phosphorus 0.68±0.04-0.85±0.02, magnesium 0.73±0.04-0.78±0.10 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารในต้นพรมมิที่ทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์

ความเข้มข้นแคลเซียมฟอสเฟต (%)	ฟอสฟอรัส	ไนโตรเจน	แคลเซียม	แมกนีเซียม	โพแทสเซียม
0	0.68±0.04	10.02±0.38	1.16±0.05	0.75±0.00	9.15±0.06
25	0.77±0.10	12.33±0.76	0.96±0.11	0.78±0.10	9.45±0.58
50	0.84±0.07	9.70±1.66	1.02±0.10	0.74±0.05	8.21±0.87
75	0.82±0.02	10.41±1.47	1.16±0.06	0.74±0.01	8.99±0.09
100	0.85±0.02	8.50±0.85	0.97±0.11	0.73±0.04	9.01±0.29
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาใช้แคลเซียมฟอสเฟตทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตที่ต่างกัน 5 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75 และ 100 % ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ปลูกในระบบแบบไร้ดิน ระยะเวลา 8 สัปดาห์ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหารไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตเติบโตของพรรณไม้น้ำ

2. การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุ แต่ตัวทำละลายน้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายได้ดีกว่าเอทานอล 95% ในต้นผักเป็ดแดง ในขณะที่ TFC พบว่า ต้นพรมมิที่ถูกสกัดด้วยเอทานอล 4.67±0.11 - 5.69±0.05 มีสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงกว่าการสกัดด้วยน้ำกลั่น 1.34±0.07 - 1.69±0.04

3. การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพรรณไม้น้ำไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อทดแทนความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตที่ต่างกันในสารละลายธาตุอาหาร

ความเข้มข้นของแคลเซียมฟอสเฟตไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต ธาตุอาหารในพืช และการต้านสารอนุมูลอิสระในต้นผักเป็ดแดงและพรมมิ ดังนั้นแคลเซียมฟอสเฟตสามารถนำมาใช้ทดแทนแคลเซียมไนเตรทกับโพแทสเซียมฟอสเฟตในสารละลายธาตุอาหารได้ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2544. ระบบการเลี้ยงปลาสวยงามร่วมกับพรรณไม้น้ำ แบบไร้ดินในระบบปิด. วารสารเคหะการเกษตร 25 (7): 205-215

เดชา ศิริภัทร. 1999. ผักเป็ด ผักสามัญที่ไม่ไร้ความสำคัญ. December 1999. *http:/www.doctor .or.th/article/detail/2379.*

บรรจง บุญชุม เผชิญชัยภัต ไชยสิทธิ์ มนตรี ทองคำ เชษรฐา สามารถ คงทวีเลิศ รัตนพันธ์ ทรงชัย จันทร์ทับ และสุวัฒน์ ไกรมาก. 2556. การแปรรูปเปลือกหอยเป็นแคลเซียมฟอสเฟตเพื่อใช้ทางการเกษตร. คู่มือทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนงานวิจัยภายใต้โครงการจัดการความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยและนวัตกรรม. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2556. 30 น.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. 2556. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 21 (2): 275-286

ปิยะศิริ สุนทรนนท์. 2551. สารต้านอนุมูลอิสระในดอกดาหลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

ปริยานุช อินทร์รอด. 2551.ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของส่วนสกัดจากต้นเร่วหอมและว่านสาวหลง. โครงงานวิจัยปริญญาตรี. สาขาวิชาชีวเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

เพ็ญนภา ไชยกูล และ นภดล เรียบเลิศหิรัญ. 2546. ผลของระดับความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน, แคลเซียม และโพแทสเซียม ที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม (*Lactuca sativa Linn.*) พันธุ์ red oak ที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์. น. 138-145. **ใน** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภาณุมาศ โครตพงศ์ ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ อรุณศิริ กำลัง และจันทร์จรัส วีรสาร. 2546. ผลของไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ CH154 ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร. น. 197-203 **ใน** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และทรงพร จึงมั่นคง. 2549. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 8(2): 76-88.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัจฉรี เรืองเดช และ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2555. ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและการต้านอนุมูลอิสระของพรรณไม้น้ำสกุลพรมมิในระบบปลูกแบบไร้ดิน, น. 182-189. **ใน** การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อัมพา คำวงษา. 2553. แนวทางการผลิตและลงทุนผักไฮโดรโปนิกส์เพื่อทำเงิน. **อ้างโดย** สมัย สังข์ทองงาม. 2553. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

Abdolzadeh A., X. Wang, E.J. Veneklaas and H. Lambers. 2010. Effects of phosphorus supply on growth, phosphate concentration and cluster-root formation in three *Lupinus* species. Annals of Botany. 105: 365-374.

Alam, M.B., M.S. Hossain, M. Islam Asadujjaman, M.E.H. Mazumder and M.E. Haque. 2010. Peroxinitrite scavenging and toxicity potential of different fractions of the aerial parts of *Bacopa monniera* Linn. **อ้างโดย** อัจฉรี เรืองเดช และ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2555. ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและการต้านอนุมูลอิสระของพรรณไม้น้ำสกุลพรมมิในระบบปลูกแบบไร้ดิน, น. 182-189. ใน การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

Amor, F.M. and L.F.M. Marcelis. 2006. Differential effect of transpiration and Ca supply on growth and Ca concentration of tomato plants. Scientia Horticulturae 111: 17-23.

Ashraf M., Rahmatullah, M. A. Maqsood, S.Kanwal, M. A. Tahir and L. Ali. 2009. Growth responses of wheat cultivars to rock phosphate in hydroponics. Pedosphere 19(3): 398-402.

Forster H., J. E. Adaskaveg, D. H. Kim and M. E. Stanghellini. 1998. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to phytophthora root and crown rot in hydroponic culture. Plant Dis. 82: 1165-1170.

Lee, G.J. and T.J. Kim. 2010. Effect of the use of additional calcium source on growth and fruit characteristics in tomato hydroponics. Hort. Environ. Biotechnol. 51(5): 360-366.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lee, G.J., T.J. Kim and H.H. Kim. 2010. Effects of calcium-gluconate concentrations on growth and fruit quality of the hydroponically grown tomato, 'Supermomotaro'. Hort. Environ. Biotechnol. 51(1) : 7-9.

Mathew, J., Paul, J., Nandhu, M.S., & Paulose, C.S. 2010. *Bacopa monnieri* and Bacoside-A for ameliorating epilepsy associated behavioral deficits. Fitoterapia. 81: 315-322.

อ้างโดย อัจฉรี เรืองเดช และ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2555. ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและการต้านอนุมูลอิสระของพรรณไม้น้ำสกุลพรมมิในระบบปลูกแบบไร้ดิน. การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร. 10 (2): 182-189.

Polle, A., and H. Rennenberg. 1993. Significance of antioxidants in plant adaptation to environmental stress. **อ้างโดย** อัจฉรี เรืองเดช และ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2555. ผลของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและการต้านอนุมูลอิสระของพรรณไม้น้ำสกุลพรมมิในระบบปลูกแบบไร้ดิน, น. 182-189. ใน การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 10. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

Prasad, R., U. S. Bagde, P. Puspangadan and V. Varma. 2008. *Bacopa monniera* L.: pharmacological aspect and case study involoing Piriformospora indica. International Journal of Integrative Biology 3(2): 100 - 110.

Stough, C., L. A. Downey, J. Lloyd, B. Silber, S. Redman, C. Hutchison, K. Wesnes and P. J. Nathan. 2008. Examining the nootropic effects of a special extract of Bacopa monniera on human cognitive functioning: 90 day double-blind placebo-controlled randomized trial. Phytotherapy Research 22(12):1629 - 1634.

Supanjani, A.R.M. Tawaha, M.S. Yang, H.S. Han and K.D. Lee. 2005. Calcium effects on yield, mineral uptake and terpene components of hydroponic *Chrysanthemum coronarium* L. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(2): 146-151.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการ

ชื่อ – นามสกุล: นางนงนุช เลาหะวิสุทธิ์ (อ่องสุวรรณ)

Mrs. Nongnuch Laohavisuti (Ongsuwan)

ตำแหน่งปัจจุบัน: รองศาสตราจารย์ระดับ 9

หน่วยงานต้นสังกัด: หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

โทรศัพท์ 0-2329-8517 โทรสาร 0-2329-8517 E-mail: klnongnu@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา:

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2528	ปริญญาตรี	วท.บ. (ประมง)	การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2530	ปริญญาโท	วท.ม. (วิทยาศาสตร์การประมง)	วิทยาศาสตร์การประมง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2543	ปริญญาเอก	Doc. Tech. Sci. (Aquaculture and Aquatic Resources Management)	Aquaculture and Aquatic Resources Management	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)	ไทย

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ : ปลาสวยงาม พรรณไม้น้ำ การเลี้ยงปลาและพรรณไม้น้ำแบบผสมผสาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ วันเพ็ญ มีนกาญจน์ และพงโสภี อัตศาสตร์. 2535. ผลของเอสโตรเจนต่อการเจริญของต่อมเพศปลากัด (*Betta Splendens* Regan). การสัมมนาวิชาการประจำปี 2535 ระหว่างวันที่ 16-18 กันยายน 2535 สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด กรมประมง บางเขน กรุงเทพฯ

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. การเลี้ยงปลาสวยงามร่วมกับการผลิตพรรณไม้น้ำแบบไร้ดินในระบบปิด. การประชุมทางวิชาการด้านเกษตรทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม งานเกษตรภาคใต้ ครั้งที่ 10. 10 – 11 สิงหาคม 2545 คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2546. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่ออเมซอนแดง *Echinodorus barthii* เพื่อการส่งออกโดยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. การสัมมนาวิชาการประจำปี 2546 ระหว่างวันที่ 7-9 กรกฎาคม 2546 กรมประมง บางเขน กรุงเทพฯ

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และมัลลิกา มิตรน้อย. 2548. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำอะโกลนีม่า *Aglaonema simplex*. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาประมง ระหว่างวันที่ 1 – 4 กุมภาพันธ์ 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และอิทธิสุนทร นันทกิจ และยุทธนา เกียรติธร. 2548. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. balansae) ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน. การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26 – 29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีชพัทยา จังหวัดชลบุรี

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ อิทธิสุนทร นันทกิจ และยุทธนา เกียรติธร. 2548. สัดส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรทและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. balansae) การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26 – 29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีชพัทยา จังหวัดชลบุรี

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ภวรรณตรี สมบุญโต และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548. การเลี้ยงปลาทับทิมร่วมกับการผลิตผักสลัดแบบไร้ดินในระบบปิด. การประชุมทางวิชาการพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26 – 29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และยุทธนา เกียรติธร. 2548. สัดส่วนของแอมโมเนียมต่อไนเตรทและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. balansae). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) ฉบับพิเศษ: 151- 154.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และมัลลิกา มิตรน้อย. 2548. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำอเมซอนแอฟริกานัส *Echinodorus africanus*. การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26 – 29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และวรารัตน์ จูเจริญ. 2549. ผลของความยาวคลื่นต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพรรณไม้น้ำกลุ่ม Rosette plant. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างวันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549 จ.เชียงใหม่ 53 - 59 หน้า.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ลำพึง พุ่มจันทร์ และอัจฉรี เรืองเดช. 2549. การเร่งสีปลาทองโดยใช้สารสีจากธรรมชาติ. การประชุมทางวิชาการ “สิ่งแวดล้อมนเรศวร” ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 28-29 มิถุนายน 2549 จ.พิษณุโลก 725-732 หน้า.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และนงพะงา เรียงเรียบ. 2549. การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของพรรณไม้น้ำลานไพลินต่อรังสียูวี. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. กรุงเทพฯ. 445 - 452 หน้า.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และ มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2550. ผลของอุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ออัตราส่วนเพศของลูกปลาหางนกยูง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม 27(2): 97-105.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ วรางคณา กาซัม. 2552. ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำไส้ปลาไหล. วารสารเกษตรนเรศวร 12 (ฉบับพิเศษ) 224-229

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, ลำพึง พุ่มจันทร์ และ สิริพงษ์ วงศ์พรประทีป. 2553. การใช้สารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกรเพื่อเร่งการพัฒนาสีผิวในปลาหมอนกแก้ว. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 12(4): 29-36.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laohavisuti, N. and Seesanong, S. 2007. Iron Nutrition of a Hydroponics Aquatic Plant Culture (*Echinodorus martii*) Supplied with Different Synthetic Fe Chelates. *International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology November 21-23*, pp. 619-622

Laohavisuti, N. and Tongsiri, K. 2010. Growth, Hematology and Antioxidant Capacity of Fancy Carp (*Cyprinus carpio*) Fed Diets Supplemented with Lycopene. Proceedings 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology 25-27 August 2010, Bangkok, Thailand. 588-591.

Laohavisuti, N., Phumjan, L. and Ruangdej, U. 2011. Betalain from dragon fruit (*Hylocereus undatus* Haw Britt. & Rose) peel act as an antioxidant in fancy carp (*Cyprinus carpio* Linn.) *International Journal of Art and Sciences* 4(2): 121-128.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ ดุสิต เอื้ออำนวย และวารินทร์ พิศโหมก. 2545. ผลของระบบหมุนเวียนน้ำที่มีตัวกรองชีวภาพต่อการอนุบาลลูกปลาโรซี่บาร์บ (*Barbus conchonius*). การประชุมทางวิชาการด้านเกษตร ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม งานเกษตรภาคใต้ ครั้งที่ 10. 10 – 11 สิงหาคม 2545 คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา.

นันทิมา สุทธิวรรณกุล นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2546. ผลของ ระบบปลูกพรรณไม้น้ำร่วมกับการเลี้ยงปลาในระบบต่างๆ ที่มีผลผลิตและคุณภาพน้ำ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 34 (1-3) ฉบับพิเศษ: 18 – 21.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ วิไลวรรณ เหมศิริ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และวรางคณา กาซัม. 2548. ผลของความเข้มแสงและคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำในตู้. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาประมง ระหว่างวันที่ 1 – 4 กุมภาพันธ์ 2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และอิทธิสุนทร นันทกิจ และยุทธนา เกียรติธร. 2548. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพรรณไม้น้ำชนิดใบพายเขาใหญ่ (*Cryptocoryne crispatula* var. balansae) ในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) ฉบับพิเศษ: 741 - 744.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัจฉรี เรืองเดช ลำพึง พุ่มจันทร์ และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การเพิ่มสีของปลาหมอสีโดยใช้อาหารเสริมแอสตาแซนทิน. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างวันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549 จ.เชียงใหม่ 290 - 297 หน้า.

อัจฉรี เรืองเดช และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การจำกัดการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายขนาดเล็กด้วยสารสกัดจากสาหร่ายเม็ดพริกไทย. การประชุมทางวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 28-29 มิถุนายน 2549 จ.พิษณุโลก 717-724 หน้า.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และวรางคณา กาซัม. 2549. การขยายพันธุ์รากดำใบยาว. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. กรุงเทพฯ. 409 – 418 หน้า.

อัจฉรี เรืองเดช และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2549. การจำกัดการเพิ่มจำนวนของสาหร่ายขนาดเล็กด้วยสารสกัดจากสาหร่ายเม็ดพริกไทย. การประชุมทางวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยนเรศวร ระหว่างวันที่ 28-29 มิถุนายน 2549 จ.พิษณุโลก. หน้า 717-724.

อัจฉรี เรืองเดช, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และพรเทพ แซ่ก๊วย. 2550. สารสกัดจากสาหร่ายขนนก (*Myriophyllum brasiliense*) เพื่อควบคุมการเจริญของสาหร่ายขนาดเล็กและแบคทีเรีย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม 27(2): 366-374.

โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. 2550. ผลของโอโซนต่อการอนุบาลลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*, Bloch) ในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด. เอกสารวิชาการฉบับที่ 21/2550. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง

โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. 2550. ผลของสารสกัดพรมมิ [*Bacopa monnieri* (Linnaeus) Pennell, 1946] ต่อการต้านเชื้อ *Vibrio harveyi* และปริมาณเม็ดเลือดชนิดที่มีแกรนูลในกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) เอกสารวิชาการฉบับที่ 23/2550. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง

อัจฉรี เรืองเดช และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2552. การใช้แอสตาแซนทินเร่งสีในปลาพลาตี้. วารสารเกษตรนเรศวร 12 (ฉบับพิเศษ) 230-235.

อัจฉรี เรืองเดช, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และหัสชัย จันทร์ศรีทอง. 2553. การเพิ่มภูมิคุ้มกันของปลาโรซี่บาร์บด้วยอาหารเสริมเบต้ากลูแคน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 12(4) 37-42.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. 2553. การเสริมสารสกัดจากเปลือกผลแก้วมังกร *Hylocereus undatus* (Haw) Britt and Rose ในอาหารต่อการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงสีผิว ค่าโลหิตวิทยา และการต้านเชื้อของปลากะพงขาว *Lates calcarifer* (Bloch, 1790). วารสารการประมง. 63(5) 393-403.

โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และ อัจฉรี เรืองเดช. 2553. การเพิ่มสีปลาการ์ตูนมะเขือเทศ (*Amphiprion frenatus* Brevoort, 1856) ด้วยอาหารเสริมสารสกัดเบตาเลนจากเปลือกผลแก้วมังกร. วารสารการประมง 63(6): 526-531.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ, สมศรี งามวงศ์ชน และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. 2553. การบำบัดน้ำในการเลี้ยงปลาสวยงามโดยใช้พรรณไม้ใต้น้ำ. วารสารการประมง: 63(3) 211-217.

Jongput, B., N. Laohavisuti and M. Mitrnoi. 2007. Effect of ammonium-nitrogen concentration and electrical conductivity on the growth of African Swordplant (*Echinodorus africanus*) in hydroponics culture. International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development, Bangkok, Thailand. 26 – 27 April 2007, 504-507.

Phumjan, L. and N. Laohavisuti. 2007. Betalain extraction from peeled dragon fruit for enhancing color in red platy (*Xiphophorus maculatus*). International Conference on Integration of Science & Technology for Sustainable Development, Bangkok, Thailand. 26 – 27 April 2007, 504-507.

Ruangdej, U. and N, Laohavisuti. 2010. Antioxidant and antimicrobial characteristics of submerged aquarium plants. Proceedings 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology 25-27 August 2010, Bangkok, Thailand. 484-487.

Ruangdej, U. and N. Laohavisuti. 2011. Aquarium plant, *Bacopa monnieri* L., enhances immune response of aquatic animals against bacteria. *International Journal of Art and Sciences* 4(2) 115-120.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัยร่วม 1

ชื่อ-นามสกุล นายสมเกียรติ สีสนอง

Mr. Somkiat Seesanong

เลขหมายประจำตัวประชาชน 3302200247551

หน่วยงานที่สังกัดและสถานที่ติดต่อ

หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 02-3298520 โทรสาร 02-3298520

E-mail ksesomki@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2538	ตรี	วท.บ. (วิทยาศาสตรบัณฑิต)	ปฐพีวิทยา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ไทย
2542	โท	วศ.ม. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต)	วิศวกรรมชลประทาน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

สมเกียรติ สีสนอง. 2548. การผลิตพรรณไม้น้ำ *Echinodorus ozelot*เพื่อการค้าด้วยการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5ระหว่างวันที่ 26–29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

สมเกียรติ สีสนอง. 2548. เส้นโค้งลักษณะความชื้นของดินที่ปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดชุมพร. การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26–29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

สมเกียรติ สีสนอง ธีระพงศ์ จันทรนิยม ประกิจ ทองคำ และพงษ์ศักดิ์ กฤตยพรพงศ์. 2548. ผลของการให้ปุ๋ยทางระบบน้ำในสวนปาล์มน้ำมัน. การประชุมทางวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ระหว่างวันที่ 26–29 เมษายน 2548 โรงแรมเวลคัมจอมเทียนบีช พัทยา จังหวัดชลบุรี

สมเกียรติ สีสนอง และอุมา แสงคร้าม. 2549. ระดับการขังน้ำต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของพรรณไม้น้ำอเมซอนใบยาว (*Echinodorus amazonicus*). การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ระหว่างวันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549 จ.เชียงใหม่ 60-66 หน้า.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

อุมา แสงคร้าม และสมเกียรติ สีสนอง. 2549. ผลของวัสดุปลูกและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการรักษาสภาพของอเมซอนใบยาว (*Echinodorus amazonicus*) เพื่อการส่งออก. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ระหว่างวันที่ 25-26 พฤษภาคม 2549 จ. เชียงใหม่ 67-72 หน้า.

Laohavisuti, N. and Seesanong, S. 2007. Iron Nutrition of a Hydroponics Aquatic Plant Culture (*Echinodorus martii*) Supplied with Different Synthetic Fe Chelates. *International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology November 21-23*, pp. 619-622

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้