บทความวิจัย

ผลของการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกต่อการเจริญเติบและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบสารละลายธาตุอาหารไม่หมุนเวียน

ธีระรัตน์ ชิณแสน[1] นภาพร เวชกามา[1] จักรกฤษณ์ วรรณวิชิต[1] เมวิกา อันทะลัย[1]
อภิชาติ ออมอด[1] และเกศศิรินทร์ แสงมณี[2]

[1]*สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000*
[2]*ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220*

บทคัดย่อ

น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาอุดมด้วยธาตุอาหารพืชซึ่งอาจเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกในสัดส่วนที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติทางเคมีของสาระลายธาตุอาหาร (สิ่งทดลอง) นั้นๆ และการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบสารละลายไม่หมุนเวียน ณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2558 จากการศึกษาพบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และค่าความเค็ม (Salinity) เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ตลอดการทดลองหรืออยู่ในช่วง 5.82-6.44, 3.28-3.61 mS/cm, 2.32-2.76 g/L และ 1.74-1.93 g/L ตามลำดับ ขณะเดียวกันการใช้สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 75% ร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 25% (โดยปริมาตร) และสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีผลให้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีการเจริญเติบโตสูงสุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่อายุ 28 วันหลังย้ายปลูก ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และจำนวนใบ เท่ากับ 30.34 และ 29.77 cm, 29.51 และ 28.67 cm, และ 9.78 และ 8.61 leaf/plant ตามลำดับ ทั้งนี้ ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีผลผลิตสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่น โดยผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น และน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก ที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูกเท่ากับ 273.1 และ 5.31 g/plant และ 6.52 และ 0.69 g/plant ตามลำดับ

คำสำคัญ : สารละลายธาตุอาหาร การนำไฟฟ้า ความสูงต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น

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

Effect of Using Wastewater from Catfish Culture on Growth and Yield of *Brassica chinensis* var. *chinensis* Grown in Hydroponic System with Non-Circulating Nutrient Solution

Theerarat Chinnasaen[1], Naphaporn Wetchakama[1], Jakkrit Wannawichit[1], Mevika Antalai[1], Apichat Aomaod[1], Ketsirin Sangmanee[2]

[1]*Program in Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, 44000, Thailand*

[2]*Department of Agriculture, Faculty of Science and Technology, Phranakorn Rajabhat University, 10220, Thailand*

Abstract

Wastewater from fish culture contains abandon plant nutrients. It might provide sufficient nutrient for plant growth. Therefore, this research was carried out to study effect of application of chemical nutrient solution "Chinese vegetables formula" mixing with wastewater from catfish culture in different proportion on chemical properties of mixed nutrient solutions and growth and yield of Pak Chai (*Brassica chinensis* var. *chinensis*) grown in different nutrient solution under hydroponic systems with non - circulating nutrient solution at faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham province during July to August in 2015. The results showed that pH, Electrical conductivity (EC), Total dissolve solid (TDS) and Salinity of chemical nutrient solution "Chinese vegetables formula" during growth period were in the appropriate ranges for growth of Pak Chai during experiment by which their value were 5.82-6.44, 3.28-3.61 mS/cm, 2.32-2.76 g/L and 1.74-1.93 g/L, respectively. While, the highest growth was obtained from using mixed nutrient solution of 75% of chemical nutrient solution "Chinese vegetables formula" and 25% of wastewater from catfish culture (by volume) and from using chemical nutrient solution "Chinese vegetables formula", by which both were not significant different between each other at 28 day after transplanting (DAT). The plant height, plant canopy and leaf number were 30.34 and 29.77 cm/plant, 29.51 and 28.67 cm/plant, and 9.78 and 8.61 leaf/plant, respectively. In addition, Pak Chai that grown in chemical nutrient solution "Chinese vegetables formula" was presented the highest yield when compare with other treatments by with fresh and dry weight of shot and fresh and dry weight of root of Pak Chai that harvested at 30 DAT was 273.1 and 5.31 g/plant and 6.52 and 0.69 g/plant, respectively.

Keywords: Nutrient Solution, Electrical Conductivity, Plant Height, Fresh and Dry Weight of Shoot

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

บทนำ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นระบบการเพาะปลูกพืชที่ได้รับการยอมรับและนิยมเพาะปลูกพืชกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งในระดับครัวเรือนและการผลิตเพื่อการค้า โดยพืชส่วนใหญ่ที่นิยมเพาะปลูกคือ ผัก (ผักรับประทานใบและผล) เช่น ผักสลัด ผักกาดขาวปลี ผักบุ้ง คะน้า มะเขือเทศ และพริก เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง (เช่น ต้นทุนด้านโครงสร้างระบบการเพาะปลูก สารละลายธาตุอาหาร ค่าน้ำและค่าไฟฟ้า เป็นต้น) รวมถึงหากการดำเนินการบริหารจัดการของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตพืชโดยไม่ใช้ดินไม่เหมาะสม (เช่น การทิ้งสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วลงสู่ธรรมชาติ) ย่อมต้องส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมาด้วยเช่นกัน

การเลี้ยงปลาในบ่อซีเมนต์เป็นการจำลองการเลี้ยงปลาตามธรรมชาติที่ผู้เลี้ยงสามารถให้อาหารสำเร็จรูปตามชนิดของปลาที่เลี้ยงได้ ขณะเดียวกันน้ำที่ได้จากการเลี้ยงปลาจะอุดมด้วยธาตุอาหารพืช เช่น สารประกอบไนโตรเจนในรูปสารประกอบอินทรีย์ ได้แก่ โปรตีน ยูเรีย กรดยูริก และสารประกอบฟอสฟอรัส เป็นต้น (ไพพรรณ และคณะ, 2535) จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาระบบการเกษตรแบบผสมผสานระหว่างการปลูกพืชโดยไม่ใช่ดินร่วมกับการเลี้ยงปลา เรียกว่า อควาโปนิกส์ (Aquaponics) โดยพืชที่เพาะปลูกจะได้รับธาตุอาหารพืชจากน้ำเลี้ยงปลาที่จุลินทรีย์ (เช่น nitrobacter) ช่วยเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ขณะเดียวกันรากพืชยังเป็นตัวกรองธรรมชาติช่วยดักจับตะกอนต่างๆ ทำให้น้ำเลี้ยงปลาที่ไหลผ่านมีความสะอาดมากขึ้น (ปิยวัฒน์ และคณะ, 2558) ดังนั้น อควาโปนิกส์ จึงเป็นระบบการเกษตรรูปแบบหนึ่งที่สามารถสร้างความยั่งยืนต่อไปได้ในอนาคต

ปัจจุบันในประเทศไทยได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพาะปลูกพืชในระบบอควาโปนิกส์และการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลา เช่น อุธร และคณะ (2556) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบอควาโปนิกส์สำหรับบำบัดน้ำเสียในระบบการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมแบบให้น้ำหมุนเวียน ขณะที่ดำรงค์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาการเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผัก 5 ชนิด (ได้แก่ ผักคะน้า ผักกาดกวางตุ้ง ผักบุ้ง ผักกาดขาว และผักกาดฮ่องเต้) ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic root floating technique (DRFT) ด้วยระบบการปลูก 2 ระบบ คือ DRFT-fish โดยปล่อยปลานิล จำนวน 50 ตัว/ม^3 และระบบ DRFT-hydroponics โดยใช้สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 จากการศึกษาพบว่าน้ำหนักผักและคุณภาพน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยผักทุกชนิดที่เจริญเติบโตในระบบ DRFT-hydroponics มีน้ำหนักมากกว่าผักที่เจริญเติบโตในระบบ DRFT-fish สำหรับการใช้ประโยชน์จากน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาในการเพาะปลูกพืชนั้น อังคณา (2556) ได้ทำการศึกษาการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลและปลาดุกต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในระบบ Nutrient film technique (NFT) พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักและความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลและปลาดุกมีปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักและเมื่อนำมาเพาะปลูกผักกาดหอมพบว่า การใช้สารละลายธาตุอาหาร:น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมมากที่สุด จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบอควาโปนิกส์หรือการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาเพื่อเพาะปลูกผักยังจำกัดเฉพาะการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบสารละลายหมุนเวียน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันในการเพาะปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ และผลของการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้เพื่อลดต้นทุนการผลิตและความยั่งยืนต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง

ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกัน การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันด้วยระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบสารละลายไม่หมุนเวียน ณ โรงเรือนผลิตผักไร้ดิน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม โดยเพาะปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน (สูตรทางการค้า) ร่วมกับการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกที่มีอายุ 50 วัน อัตราการปล่อย 50 ตัว/ม^3 ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการ

ทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลอง ได้แก่

สิ่งทดลองที่ 1 สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 100% โดยปริมาตร

สิ่งทดลองที่ 2 สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 75% และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 25% โดยปริมาตร

สิ่งทดลองที่ 3 สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 50% และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 50% โดยปริมาตร

สิ่งทดลองที่ 4 สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 25% และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 75% โดยปริมาตร

สิ่งทดลองที่ 5 น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 100% โดยปริมาตร

2. การดำเนินการทดลอง

เพาะเมล็ดผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในฟองน้ำขนาด 2.5 x 2.5 cm เมื่อต้นกล้าผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีใบจริง 2-3 ใบ หรือมีอายุ 20 วันหลังหยอดเมล็ด จึงย้ายปลูกลงในชุดปลูกที่ประกอบด้วยภาชนะบรรจุสารละลายธาตุอาหารตามสิ่งทดลองที่กำหนด แผ่นโฟมสำหรับเป็นวัสดุเกาะยึด และชุดปั๊มลมเพื่อเพิ่มอากาศให้กับรากผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ย้ายต้นกล้าลงในแผ่นโฟมที่มีระยะปลูก 15 x 15 cm (ปลูกผักกวางกุ้งฮ่องเต้ 6 ต้น/หน่วยการทดลอง) จากนั้นวางแผ่นโฟมบนขอบภาชนะที่บรรจุสารละลายธาตุอาหารตามสิ่งทดลองยึดแผ่นโฟมและภาชนะฯ ด้วยเชือกฟาง และเจาะรูขนาดเล็กบริเวณกึ่งกลางแผ่นโฟมเพื่อต่อท่อสายยางจากปั๊มลม (Fig. 1) ตรวจสอบการทำงานของปั๊มลมและระบบไฟฟ้าทุกวันตลอดช่วงการดำเนินการทดลอง

Fig.1 Hydroponic system with non-circulating nutrient solution used in this experiment

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกคุณสมบัติทางเคมีของสารละลายธาตุอาหารตามสิ่งทดลองที่แตกต่างกัน การเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ดังนี้

1) ความเป็นกรด - ด่าง (pH) วัดค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารตามสิ่งทดลองที่แตกต่างกันทุกหน่วยทดลอง ที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2) ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (Electric Conductivity: EC) วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารตามสิ่งทดลองที่แตกต่างกันทุกหน่วยทดลอง ที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยในหน่วย mS/cm

3) ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids: TDS) วัดค่า TDS ของสารละลายธาตุอาหารตามสิ่งทดลองที่แตกต่างกันทุกหน่วยทดลอง ที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ในหน่วย g/L

4) ความเค็มของน้ำ (Salinity) วัดค่าความเค็มของสารละลายธาตุอาหารตามสิ่งทดลองที่แตกต่างกันทุกหน่วยทดลอง ที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ในหน่วย g/L

5) ความสูงต้น วัดความสูงผักกวางตุ้งฮ่องเต้ทุกต้นโดยวัดจากผิววัสดุปลูกจนถึงปลายสุดของใบที่รวบขึ้น เมื่อต้นผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีอายุ 14 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ในหน่วยเซนติเมตรต่อต้น (cm)

6) ความกว้างทรงพุ่ม วัดความกว้างทรงพุ่มจากปลายใบด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งที่ยาวที่สุดของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ทุกต้น ที่อายุ 14 และ 28 วัน หลังย้ายปลูก ในหน่วยเซนติเมตรต่อต้น (cm)

7) จำนวนใบต่อต้น นับจำนวนใบกวางตุ้งฮ่องเต้ที่กางเต็มที่จากทุกต้น ที่อายุ 14 และ 28 วัน หลังย้ายปลูก ในหน่วยใบต่อต้น (leaf/plant)

8) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ทำการเก็บเกี่ยวผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่อายุ 30 วันหลังย้ายกล้า จากนั้นแยกส่วนต้น (ลำต้นและใบ) และราก ออกจากกัน เพื่อประเมินน้ำหนักต้นสด (ลำต้นและใบสด) ทุกต้น ด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง จากนั้นนำส่วนต้นที่ประเมินน้ำหนักสดแล้วอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง เพื่อประเมินน้ำหนักต้นแห้ง ด้วยเครื่องชั่ง 3 ตำแหน่งทุกต้นในหน่วยกรัมต่อต้น (g/plant)

9) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก ดำเนินการประเมินน้ำหนักรากสดและน้ำหนักรากแห้งเช่นเดียวกับการประเมินน้ำหนักต้นสดและน้ำหนักต้นแห้ง ในหน่วยกรัมต่อต้น (g/plant)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแต่ละลักษณะที่ทำการศึกษา และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางเคมีของสารละลายธาตุอาหาร

จากการตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) และความเค็มของน้ำ (salinity) ของสารละลายธาตุอาหารที่ได้จากการใช้สัดส่วนที่แตกต่างกันระหว่างสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีค่าแตกต่างกัน ดังนี้

1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายธาตุอาหารที่ได้จากการใช้สัดส่วนที่แตกต่างกันของสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการทดลอง โดยตลอดช่วงการทดลองสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.44, 6.41, 6.01, 5.82 และ 5.92 ที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ตามลำดับ ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นที่อายุเท่ากัน ขณะที่น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียวมีค่าความเป็นนกรด-ด่างสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 7.66, 8.61, 8.18, 8.37 และ 7.27 ที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายธาตุอาหารมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกเพิ่มขึ้น (Fig.2, A)

1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electric conductivity: EC) ของสารละลายธาตุอาหารที่ได้จากการใช้สัดส่วนที่แตกต่างกันของสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการทดลอง โดยสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดตลอดการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่นโดยมีค่าเท่ากับ 3.28, 3.29, 3.56, 3.29 และ 3.61 mS/cm ที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่า สัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง โดยสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 25% ผสมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 75% และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียวมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุดตลอดการทดลอง โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือมีค่าระหว่าง 0.13-0.14 และ 0.13-0.16 mS/cm ตามลำดับ (Fig.2, B)

1.3 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solids: TDS) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำสามารถบ่งชี้ถึงปริมาณธาตุอาหารที่ละลายอยู่และแปรผันตรงกับค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลาย จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดของสิ่งทดลองพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการทดลอง โดยสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดสูงสุดตลอดการทดลองเมื่อเปรียบเทียบการสิ่งทดลองอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 2.32, 2.33, 2.76, 2.36 และ 2.51 g/L ที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ตามลำดับ และพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดของสิ่งทดลองอื่นๆ มีแนวโน้มลดลงเมื่อสัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาเพิ่มขึ้น โดยสาระลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 25% ผสมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 75% และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมดตลอดการทดลองน้อยที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ หรือมีค่าระหว่าง 0.96-1.31 และ 0.94-1.20 g/L ตามลำดับ (Fig.2, C)

1.4 ค่าความเค็มของน้ำ (Salinity) เกิดจากเกลือชนิดต่างๆ เช่น Na_2SO_4, $MgSO_4$ และ $CaSO_4$ เป็นต้น ได้ละลายอยู่ในน้ำ และจากการประเมินความเค็มของน้ำของสารละลายธาตุอาหารทั้ง 5 สิ่งทดลอง พบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีความเค็มสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่น โดยมีค่าความเค็มเท่ากับ 1.74, 1.75, 1.91, 1.77 และ 1.93 g/L ที่อายุ 0, 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก ตามลำดับ ขณะที่การเพิ่มสัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกมีผลให้ความเค็มของสารละลายธาตุอาหารมีแนวโน้มลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ อย่างไรก็ตามพบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 25% ผสมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 75% และน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียวมีค่าความเค็มน้อยที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยตลอดการทดลองพบว่ามีค่าความเค็มระหว่าง 0.70-0.95 และ 0.65-0.88 g/L ตามลำดับ (Fig.2, D)

2. การเจริญเติบโตของผักกาดกวางตุ้งฮ่องเต้

จากการปลูกผักกาดกวางตุ้งฮ่องเต้ในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันระหว่างสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนและน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก จำนวน 5 สิ่งทดลอง พบว่า ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.1 ความสูงต้น ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่เจริญเติบโตในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันมีความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่อายุ 14 วัน หลังย้ายปลูก ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีความสูงต้นมากที่สุดคือ 19.00 cm ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความสูงต้นของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 75% ผสมร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 25% และสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 50% ผสมร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 50% ที่มีความสูงต้น 18.80 และ 15.70 cm ตามลำดับ ขณะที่ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่เจริญเติบโตในน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาอย่างเดียวมีความสูงต้นน้อยที่สุดคือ 10.06 cm และที่อายุ 28 วันหลังย้ายปลูก ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่มีความสูงต้นมากที่สุดเมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนและสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 75% ผสมร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 25% โดยมีค่าเท่ากับ 29.77 และ 30.34 cm ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างสิ่งทดลองทั้งสอง ทั้งนี้ ความสูงต้นของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อสัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกเพิ่มขึ้น โดยผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีความสูงต้นน้อยที่สุดเมื่อปลูกในน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียวหรือมีความสูงเท่ากับ 12.14 cm (Table 1)

2.2 ความกว้างทรงพุ่ม จากการประเมินความกว้างทรงพุ่มของต้นผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่อายุ 14 และ 28 วันหลังย้ายปลูก พบว่า ความกว้างทรงพุ่มของผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผักกวางตุ้งที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 75% ผสมร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 25% และสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนอย่างเดียวมีความกว้างทรงพุ่มสูงสุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือที่อายุ 14 วันหลังย้ายปลูก ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 23.75 และ 21.91 cm ตามลำดับ และมีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 29.51 และ 28.67 cm ตามลำดับ ที่อายุ 28 วันหลังย้ายปลูก ขณะที่การเพิ่มสัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลากดุกมีผลให้ความกว้างทรงพุ่มของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุดเมื่อปลูกในน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียว โดยที่อายุ 14 วันหลังย้ายปลูกมีความกว้างทรงพุ่มเท่ากับ 12.10 cm และ 12.53 cm ที่อายุ 28 วันหลังย้ายปลูก (Table 1)

2.3 จำนวนใบต่อต้น เมื่อนับจำนวนใบผักกวางกวางตุ้งฮ่องเต้ที่กางเต็มที่ที่อายุ 14 วันหลังย้ายปลูก พบว่าผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีจำนวนใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม พบว่า ที่อายุ 28 วันหลังย้ายปลูก ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียวมีจำนวนใบน้อยที่สุดคือ 5.04 leaf/plant โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสิ่งทดลองอื่น (Table 1)

3. ผลผลิตผักกาดกวางตุ้งฮ่องเต้

จากการบันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้งฮ่องเต้หลังการเก็บเกี่ยวที่อายุ 30 วันหลังย้ายปลูก พบว่า

3.1 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น(ลำต้นและใบ) ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่แตกต่างกันมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกในสาระลายธาตุอาหารสูตรผักจีนทำให้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีน้ำหนักต้นสดสูงสุด รองลงมาคือผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 75% ผสมร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 25% หรือมีค่าเท่ากับ 273.1 และ 108.7 g/plant ตามลำดับ และพบว่า เมื่อสัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกเพิ่มขึ้นมีผลให้น้ำหนักสดต้นผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีแนวโน้มลดลง และน้ำหนักต้นสดมีค่าน้อยที่สุดเมื่อผักกวางตุ้งฮ่องเต้เจริญเติบโตในน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกอย่างเดียว โดยมีค่าเท่ากับ 4.1 g/plant สอดคล้องกับน้ำหนักแห้งต้นผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่มีค่าสูงสุด (5.31 g/plant) เมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน

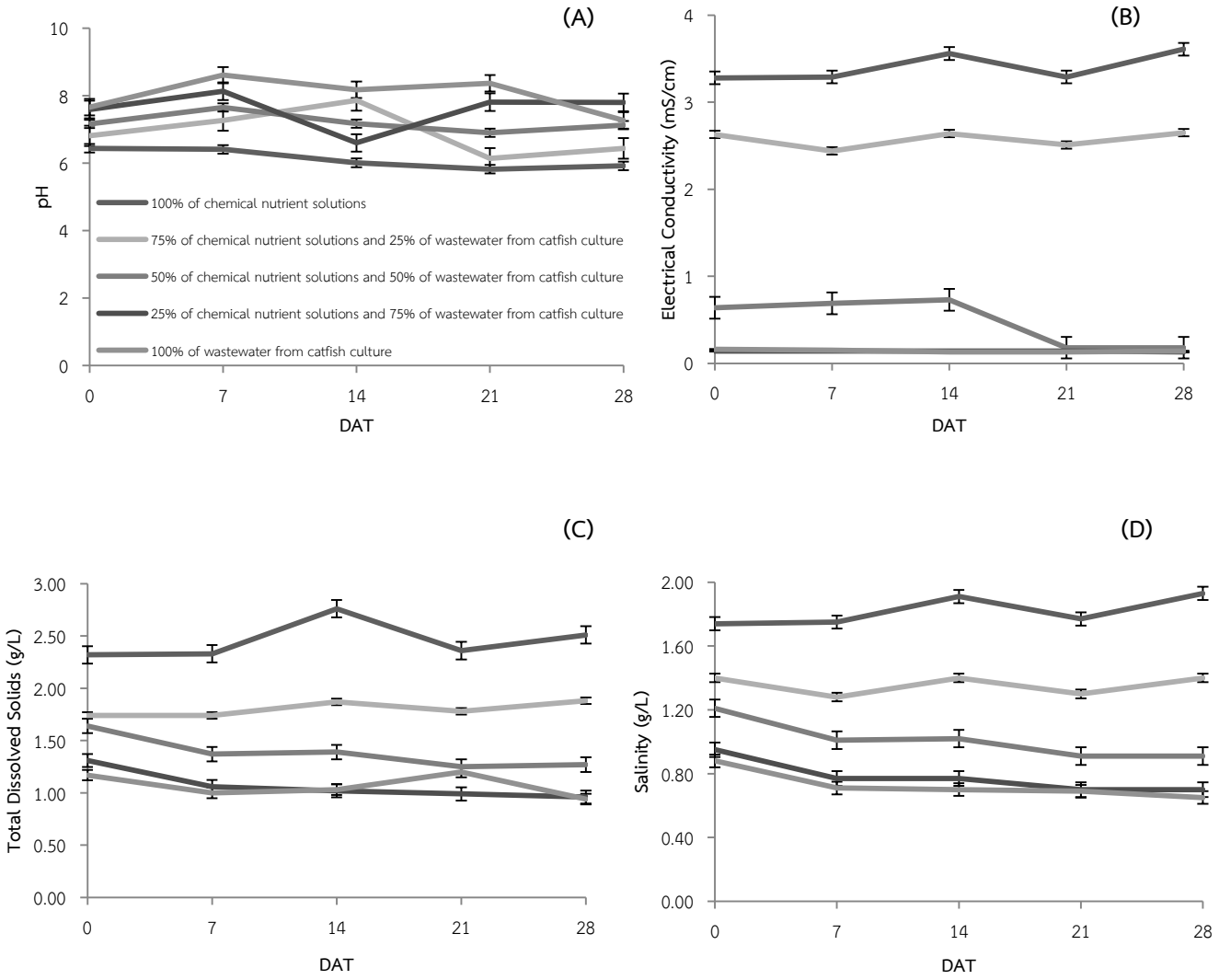

Fig 2. Chemical properties of variant nutrient solutions; pH (A), Electrical conductivity (B), Total dissolved Solids (C), and Salinity (D) during growing period of *B. chinensis* var. *chinensis* in hydroponic system with non-circulating nutrient solution

Table 1 Effect of variant nutrient solutions on growth of *Brassica chinensis* var. *chinensis* at 14 and 28 day after transplanting (DAT) in hydroponic system with non-circulating nutrient solution

Treatment	14 DAT			28 DAT		
	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Leaf number (leaf/plant)	Plant height (cm)	Plant canopy (cm)	Leaf number (leaf/plant)
100% of chemical nutrient solutions	19.00[a]	21.91[a]	8.53	29.77[a]	28.67[a]	8.61[ab]
75% of chemical nutrient solutions and 25% of wastewater from catfish culture	18.80[a]	23.75[a]	9.37	30.34[a]	29.51[a]	9.78[a]
50% of chemical nutrient solutions and 50% of wastewater from catfish culture	15.70[a]	18.23[b]	8.38	26.35[b]	24.80[b]	8.84[ab]
25% of chemical nutrient solutions and 75% of wastewater from catfish culture	13.06[b]	15.09[c]	7.89	21.31[c]	21.11[c]	8.47[b]
100% of wastewater from catfish culture	10.06[c]	12.10[c]	5.94	12.14[d]	12.53[d]	5.04[c]
F-test	*	*	ns	*	*	*
C.V. (%)	**19.07**	**17.1**	**16.71**	**9.82**	**6.82**	**8.93**

[a, b, c, d] Mean in the same column followed by different letters is significantly different at the 5% level of probability by DMRT.
ns=not significant

Table 2 Effect of variant nutrient solutions on fresh weight and dry weight of *Brassica chinensis* var. *chinensis* at 30 day after transplanting (DAT) in hydroponic system with non-circulating nutrient solution

Treatment	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)	
	Shoot	Root	Shoot	Root
100% of chemical nutrient solutions	273.1[a]	6.52[a]	5.31[a]	0.69[a]
75% of chemical nutrient solutions and 25% of wastewater from catfish culture	108.7[b]	4.23[b]	4.36[b]	0.52[b]
50% of chemical nutrient solutions and 50% of wastewater from catfish culture	52.9[c]	3.91[c]	3.63[c]	0.44[b]
25% of chemical nutrient solutions and 75% of wastewater from catfish culture	25.6[d]	1.81[d]	1.67[d]	0.30[b]
100% of wastewater from catfish culture	4.1[e]	0.38[e]	0.33[e]	0.07[c]
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	**16.1**	**12.91**	**49.11**	**53.24**

[a, b, c, d, e] Mean in the same column followed by different letters is significantly different at the 5% level of probability by DMRT.
ns=not significant

รองลงมาคือปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 75% ผสมร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 25% ที่มีน้ำหนัก 4.36 g/plant และผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีค่าน้ำหนักแห้งต้นต่ำที่สุดเมื่อปลูกในน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก โดยมีค่าเท่ากับ 0.33 g/plant (Table 2)

3.2 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก รากของผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและให้ผลสอดคล้องกับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น กล่าวคือผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากสูงสุดที่ 6.52 และ 0.69 g/plant ตามลำดับ รองลงมาคือ การปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 75% ผสมร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 25% มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเท่ากับ 4.23 และ 0.52 g/plant ตามลำดับ โดยสัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกที่เพิ่มขึ้นมีผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากลดลง และผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีน้ำหนักรากสดและน้ำหนักรากแห้งน้อยที่สุดเมื่อปลูกในน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก โดยมีค่าเท่ากับ 0.38 และ 0.07 g/plant ตามลำดับ (Table 2)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการนำสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนและน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกในสัดส่วนที่แตกต่างกันมาเพาะปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้พบว่า ผักกวางตุ้งฮ่องเต้เจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตสูงเมื่อปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน นอกจากนี้การเจริญเติบโตและผลผลิตมีแนวโน้มลดลงเมื่อสัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีปริมาณธาตุอาหารพืชที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ เนื่องจากสารละลายธาตุอาหารสูตรดังกล่าวถูกแนะนำเพื่อใช้สำหรับเพาะปลูกผักใบ (กลุ่มผักที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน รวมถึงผักกวางตุ้งฮ่องเต้) ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รวมถึงสมบัติทางเคมีของสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้ กล่าวคือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่มีความสำคัญต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช (อานัฐ, 2548) ควรอยู่ในช่วง 5.5 - 6.5 (อารักษ์, 2544; อานัฐ, 2548) ซึ่งตลอดช่วงการทดลองสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 5.82-6.44 ดังนั้น ผักกวางตุ้งฮ่องเต้จึงสามารถนำธาตุอาหารพืชไปใช้ประโยชน์ได้ดี ขณะที่น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงตลอดการทดลองคือมีค่าระหว่าง 7.27-8.61 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของดำรงค์ และคณะ (2554) ที่รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายธาตุอาหารในระบบการปลูกพืชแบบ DRFT-fish (น้ำเลี้ยงปลา) มีค่าเท่ากับ 7.51 โดยหากค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายธาตุอาหารที่สูงกว่า 7 อาจส่งผลให้ธาตุอาหารพืชหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส แคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น ตกตะกอนส่งผลให้พืชไม่สามารถนำธาตุอาหารเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์สำหรับการเจริญเติบโตได้ (ถวัลย์, 2534; อารักษ์, 2544) เช่นเดียวกับค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC) ที่บ่งชี้ถึงความเข้มข้นของสารละลายนั้นๆ โดยค่าการนำไฟฟ้าสูงแสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูงหรือมีธาตุอาหารละลายอยู่มาก (อานัฐ, 2548) ทั้งนี้ ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะแตกต่างกันตามพื้นที่เพาะปลูกและชนิดของพืชปลูก หรือค่าการนำไฟฟ้าควรอยู่ในช่วง 0.5-5.0 mS/cm (อิทธิสุนทร, 2544) และจากการศึกษาพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าตลอดการทดลองของสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีค่าระหว่าง 3.28-3.61 mS/cm ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ขณะเดียวกันผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสาระลายธาตุอาหารที่ผสมระหว่างสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงเมื่อสัดส่วนของน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ลดลง โดยน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลากดุกตลอดการทดลองมีค่าการนำไฟฟ้าเพียง 0.13-0.16 mS/cm สอดคล้องกับค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total dissolved solids:TDS) และค่าความเค็มของน้ำ (Salinity) ที่มีค่าสูงสุดในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน โดยค่าดังกล่าวจะแปรผันตรงกับค่าการนำไฟฟ้า ดังนั้น จึงแสดงให้เห็นว่าสารละลายาธาตุอาหารสูตรผักจีนมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก สอดคล้องกับการศึกษาของ ดำรงค์ และคณะ (2554) รายงานว่า ผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DRFT-hydroponics (สารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2) มีน้ำหนักสดสูงกว่าผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DRFT-fish (ปล่อยปลานิลจำนวน 50 ตัว/ม^3) เท่ากับ 20.41 และ 0.20 g/plant ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากการทดลองปลูกผักกวางตุ้งฮ่องเต้ในสารละลาย

ธาตุอาหารสูตรผักจีนร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกในครั้งนี้ ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีน้ำหนักสดของต้นสูงถึง 273.1 g/plant ซึ่งแตกต่างจากผลผลิตของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DRFT-hydroponics ดังกล่าว นอกจากนี้ นราศักดิ์ และปริยานุช (2555) ได้รายงานว่า ผักกาดหอมที่ปลูกในระบบ NFT โดยใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลอย่างเดียวมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตของผักกาดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร (ปุ๋ยเคมี) อย่างเดียวหรือสารละลายธาตุอาหารผสมร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิลในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ขณะที่อังคณา (2556) ได้รายงานว่า การใช้สารละลายธาตุอาหาร:น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลานิล อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมมากที่สุด

ดังนั้น การนำน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลามาใช้ให้ประสบความสำเร็จในการเพาะปลูกพืชนั้น อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ระบบการเพาะปลูก ชนิดของพืช และชนิดของปลา เป็นต้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารละลายธาตุอาหารที่ได้จากการใช้สัดส่วนที่แตกต่างกันระหว่างสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนร่วมกับน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุกพบว่า สารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และค่าความเค็มของน้ำเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งมากที่สุด และมีผลให้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงสุด อย่างไรก็ตาม การผสมน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก 25% (1 ส่วน) รวมกับสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน 75% (3 ส่วน) มีผลให้ผักกวางตุ้งฮ่องเต้มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับผักกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตรผักจีน

อย่างไรก็ตาม เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการใช้ประโยชน์จากน้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาในการศึกษาต่อไปควรพิจารณาปรับเปลี่ยนชนิดของผักหรือสูตรสารละลายธาตุอาหารเพื่อให้สามารถผลิตผักที่มีปริมาณและคุณภาพที่ดีในลำดับต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. กรุงเทพฯ : พรานนกการพิมพ์. 127 หน้า.

นราศักดิ์ บุญมี และปริยานุช จุลกะ. 2555. การประยุกต์ใช้น้ำเหลือทิ้งที่ได้จากการเลี้ยงปลานิลสำหรับปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรพอนิกส์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(2)(พิเศษ) : 597 - 600.

ไพพรรณ เทียนทอง, โสภา อารีรัตน์ และสุชาติ อิงธรรมจิตร์. 2535. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำ แพลงค์ตอนพืช และแบคทีเรียในบ่อเลี้ยงปลาดุก. กรุงเทพฯ : กรมประมง สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด. 25 หน้า.

ปิยวัฒน์ เรืองราย, ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์ และชีวิน อรรถสาสน์. 2558. การศึกษาผลของสัดส่วนพืชที่ปลูกในระบบควาโปนิกส์ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบ. หน้า 99 - 110 ใน การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนองานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ (proceeding) เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15. 23 กรกฎาคม 2558. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

อุธร ฤทธิลึก, สรรลาภ สงวนดีกุล และศรัณยา รักเสรี. 2556. การวิจัยพัฒนาระบบอะควาโปนิคสำหรับบำบัดนาเสียในระบบเลี้ยงปลาดุกลูกผสมแบบใช้น้ำหมุนเวียน. วารสารวิจัย 6(1) : 103 - 112.

ดำรงค์ โลหะลักษณาเดช, กฤษฎา พราหมณ์ชูเอม, วิกิจ ผินรับ และณิศา มาชู. 2554. การเลี้ยงปลานิลร่วมกับการปลูกผักโดยไม่ใช้ดินแบบ Dynamic Root Floating Technique. (สืบค้นเมื่อ 29 มิถุนายน 2559) Available from URL: http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC5004011.pdf

อานัฐ ตันโช. 2548. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. เชียงใหม่ : ทริโอ แอดเวอร์ทิสทิ้ง แอนด์ มีเดีย. 167 หน้า.

อารักษ์ ธีรอำพน. 2544. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. นครราชสีมา : ฝ่ายปรับแปลงและถ่ายทอดเทคโนโลยี เทคโนธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 128 หน้า.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2544. การปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูก, หน้า 1-137 ใน อิทธิสุนทร นันทกิจ, ดิเรก ทองอร่าม, สุมิตร ภู่วโรดม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และเปรมปรี ณ สงขลา.กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่น 3. ภาควิชาปฐพีวิทยาและเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังร่วมกับวารสารเคหเกษตร.

อังคณา โชติช่วง. 2556. ผลของการใช้น้ำเหลือทิ้งจากการเลี้ยงปลาต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในระบบ Nutrient Film Technique. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.