รายงานผลการวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

The Enhancing Potential in Hybrid *Clarias* Catfish culture to treat water with hydroponic system

โดย

กมลวรรณ ศุภวิญญู และคณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2555

รหัสโครงการวิจัย มจ. 1 – 54 - 052

รายงานผลการวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

The Enhancing Potential in Hybrid *Clarias* Catfish culture to treat water with hydroponic system

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2554

จำนวน 251,500 - บาท

หัวหน้าโครงการ	**นางสาวกมลวรรณ**	**ศุภวิญญู**
ผู้ร่วมโครงการ	**นายยุทธนา**	**สว่างอารมย์**
	นายศิลป์ชัย	**มณีขัติย์**
	นางสาวณิชาพล	**แก้วชฎา**

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

28 ธันวาคม 2555

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก สำนักวิจัย และส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2554 ขอขอบคุณ ผู้บริหารทุกระดับของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ – ชุมพร และขอขอบคุณผู้บริหารของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนให้นักวิจัยได้ทำงานร่วมกัน

กมลวรรณ ศุภวิญญู
หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	**ข**
สารบัญภาพ	ค
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	19
สรุปผลการวิจัย	39
เอกสารอ้างอิง	40

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% ต่อวัน) ที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 19

ตารางที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(mg/L)ในน้ำที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 23

ตารางที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/L) ในน้ำที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 25

ตารางที่ 4 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 27

ตารางที่ 5 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 29

ตารางที่ 6 ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 32

ตารางที่ 7 ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L ของ $CaCO_3$) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 34

ตารางที่ 8 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 36

ตารางที่ 9 ปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 38

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุกลูกผสม (% ต่อวัน) ที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 20
ภาพที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำ (mg/L) ที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 22
ภาพที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/L) ในน้ำที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 24
ภาพที่ 4 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 26
ภาพที่ 5 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 30
ภาพที่ 6 ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 31
ภาพที่ 7 ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L ของ $CaCO_3$) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 33
ภาพที่ 8 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 35
ภาพที่ 9 ปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 37
ภาพผนวกที่ 1 การวางผังบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมกับบ่อบำบัดน้ำด้วยผักไฮโดรโพนิกส์ 43
ภาพผนวกที่ 2 การแช่เมล็ดผักกาดหอม เพื่อเตรียมปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ 43
ภาพผนวกที่ 3 วิธีการเตรียมเมล็ดผักบุ้งที่เริ่มออกราก มาหุ้มด้วยฟองน้ำเพื่อลงปลูก 44
ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะการอนุบาลผักกาดหอม ก่อนการลงปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ 44
ภาพผนวกที่ 5 การชั่งวัดน้ำหนักผักบุ้งหลังการเก็บเกี่ยว และการเตรียมเมล็ดผักบุ้งเพื่อปลูกรอบที่ 2 45
ภาพผนวกที่ 6 รูปแบบลักษณะการปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 45
ภาพผนวกที่ 7 เปรียบเทียบขนาดต้นผักบุ้งที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ 46

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะลำต้นผักบุ้งหลังการเก็บเกี่ยว 46
ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะต้นผักกาดหอมที่ไม่เข้าก่อ เมื่อปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ 47
ภาพผนวกที่ 10 การสร้างหลังคา และกางมุ้ง เนื่องจากมีหนอนมากัดกินผัก 47
ภาพผนวกที่ 11 หนอนที่พบในระหว่างการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ 48
ภาพผนวกที่ 12 จำนวนหนอนที่พบในการปลูกผัก 48
ภาพผนวกที่ 13 ขนาดปลาดุกลูกผสม เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงด้วยระบบผักไฮโดรโพนิกส์ 49
ภาพผนวกที่ 14 การทำความสะอาดบริเวณทดลอง 49

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

The Enhancing Potential in Hybrid *Clarias* Catfish culture to treat water with hydroponic system

กมลวรรณ ศุภวิญญู[1] ยุทธนา สว่างอารมย์[1] ศิลป์ชัย มณีขัติย์[2] และ ณิชาพล แก้วชฎา[1]

Kamonwan Suphawinyoo[1] Yutthana Savangarrom[1]

Sinchai Maneekat[2] and Nichapon Kaewchada[1]

[1]มหาวิทยาลัยแม่โจ้-ชุมพร ตำบลละแม อำเภอละแม จังหวัดชุมพร

[2]มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน คณะประมง จตุจักร กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยทำการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน ที่มีการบำบัดด้วยผัก คือ ผักบุ้งจีน และผักกาดหอม พบว่า ในชุดการทดลองที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าชุดการทดลองที่ 2 และ 1 ดังนี้ 0.79$\pm$0.018, 0.58$\pm$0.033 และ 0.57$\pm$0.101 % ต่อวัน ตามลำดับ และในชุดการทดลองที่ 3 สามารถผลิตผักบุ้งจีนได้ 4 รอบของการปลูก มีน้ำหนักรวมทั้งหมดเท่ากับ 9,210 กรัม ด้านคุณภาพน้ำ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 64 ของการทดลองในทุกชุดการทดลอง แต่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่เริ่มเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในทุกชุดของการทดลอง แต่จะมีปริมาณลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดวันที่ 71 ของการทดลอง คุณภาพน้ำได้แก่ ค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน และปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน ในการทดลองครั้งนี้มีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ยกเว้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณความเป็นด่าง ที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จากข้อมูลทั้งหมด สามารถเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน โดยมีการปลูกผักบุ้งจีนเพื่อบำบัดน้ำภายในบ่อบำบัดน้ำได้ ทำให้เราไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียน ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 3 เดือน

ABSTRACT

The efficiency increment of hybrid catfish production fed in the water passing treatment with hydroponic system whereby the hybrid catfish is fed in water circulating systems with biological treatment by vegetable, namely, Water Convolvulus (Ipomoea aguatica Forsk) and lettuce. I was found that in the 3rd treatment, the specific growth rate was higher than the 1st and 2nd treatments as 0.79 ± 0.018, 0.58 ± 0.033 and 0.57 ± 0.101% per day, respectively. And the 3rd treatment, the Water Convolvulus can be produced up to 4 cycles of cultivation that yielded 9,210 grams total weight of product. The water quality was found that the total nitrogen content would rapidly rise on the 64th day of all treatments while the total phosphorus content in the water would highly increase from the day the hybrid catfish was initially cultivated in all treatment , however, it obviously decreased on the 71st day of the experiment, including , water temperature, pH, Ammonia – nitrogen content and total nitrite - nitrogen content. In this experiment, it was appropriate for hybrid catfish cultivation except for dissolved oxygen in the water and alkalinity that seemed lower than the standard criteria. From all information, it showed that the hybrid catfish can be cultivated in the water circulating systems with growing of Water Convolvulus to treat water in the water treatment pool that we need not to keep changing water for the hybrid catfish cultivation by the water circulating system applied throughout 3 months culturing period.

คำนำ

ปัญหาความแห้งแล้ง ได้กลายเป็นปัญหาใหญ่ และสำคัญของประเทศไทยในขณะนี้ โดยตั้งแต่ปีพ.ศ. 2548 มีการขาดแคลนน้ำ เป็นระยะเวลายาวนาน และเป็นช่วงที่วิกฤตที่สุดในรอบหลายสิบปี ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายในการบริหารจัดการน้ำเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนจากปัญหาดังกล่าว การมีส่วนร่วมในการช่วยแก้ไขในเรื่องการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการทำเกษตรกรรม เนื่องจากประเทศไทยยังคงเป็นประเทศที่มีผลผลิตทางด้านเกษตรกรรมส่งออกไปยังต่างประเทศมากกว่า ผลผลิตทางด้านอุตสาหกรรม ซึ่งถ้าเกษตรกรสามารถหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่โดยผ่านกระบวนการบำบัดน้ำที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยแก้ไขการขาดแคลนน้ำในระยะยาวของภาคเกษตรได้

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เริ่มมีการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบหมุนเวียน ผ่านการบำบัดด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนด้วยการผ่านระบบกรองน้ำหมุนเวียน (สุรังษี, 2548) การเลี้ยงปลากะรังในระบบน้ำหมุนเวียน (ยงยุทธ และคณะ, 2546) ปริมาณแร่ธาตุในการเลี้ยงกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนด้วยระบบกรองน้ำหมุนเวียน(กมลวรรณ, 2548) และ การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อในระบบน้ำหมุนเวียน(ชูสินธ์ และคณะ 2550) จากงานวิจัยดังกล่าวเราจะพบว่าส่วนใหญ่จะเป็นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยจนถึงน้ำเค็ม ทั้งนี้เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการนำน้ำเค็มมาใช้ในการเพาะเลี้ยงของเกษตรกรที่อยู่ห่างไกลจากทะเล และลดการปล่อยน้ำเค็มสู่แหล่งน้ำจืด ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ แต่ปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในระบบหมุนเวียนยังมีไม่มากนัก ดังนั้นจากสภาวะการขาดแคลนน้ำจืดในปัจจุบัน การเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในระบบหมุนเวียนนำน้ำกลับมาใช้ใหม่น่าจะเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและส่งเสริมให้มีประสิทธิภาพทางการผลิตมากขึ้น เพื่อนำไปสู่การลดภาวะขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งของเกษตรกรในอนาคต

การเลี้ยงปลาดุกลูกผสม (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) จัดเป็นปลาเศรษฐกิจที่นิยมเลี้ยงและบริโภค ซึ่งมีผลผลิตมากเป็นอันดับที่ 2 ของผลผลิตสัตว์น้ำจืดทั้งหมด (กรมประมง, 2549) นอกจากนี้ปลาชนิดนี้ยังเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว สามารถทนต่อโรคพยาธิ และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี อีกทั้งยังเลี้ยงด้วยอัตราความหนาแน่นสูงได้ แต่กลับพบว่า มีปัญหาในเรื่องคุณภาพน้ำของการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม เนื่องจาก มีปริมาณของแอมโมเนีย –ไนโตรเจน ไนไตรท์ และไนเตรท ในน้ำค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้ปลาชะงักการเจริญเติบโต (มั่นสิน และไพพรรณ, 2544) เกษตรกรบางราย ที่ต้องการลดต้นทุนการผลิตลงมักให้อาหารสดจำพวกไส้ไก่ โครงไก่สับ เป็นอาหาร ยิ่งส่งผลทำให้ ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ไนไตรท์ และไนเตรท สูงขึ้นตามไปด้วย (สุทินและคณะ, 2548) ดังนั้น เมื่อเกิดสภาวะมีปริมาณไนโตรเจนในน้ำสูงดังกล่าว จึงต้องทำให้เกษตรกรเปลี่ยนถ่ายน้ำในการเลี้ยงปลาดุกทุกๆ 15

วัน ถ้าทำการเลี้ยงปลาดุกในบ่อซีเมนต์ หรือบ่อปูพื้นด้วยพลาสติก จากวิธีการดังกล่าวจึงมีแนวคิดว่า ถ้าเราเปลี่ยนวิธีการจัดการน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมใหม่ เป็นการบำบัดน้ำผ่านระบบไฮโดรโพนิกส์ แล้วหมุนเวียนน้ำกลับมาเลี้ยงปลาดุกลูกผสมอีกครั้งน่าจะส่งผลดีให้กับระบบการเลี้ยง เพราะการเปลี่ยนถ่ายน้ำในแต่ละครั้งจะทำให้ปลาเครียด หยุดกินอาหาร ทำให้ชะงักการเจริญเติบโตได้ และการใช้ระบบไฮโดรโพนิกส์เข้ามาทำการบำบัดน้ำ เนื่องจากระบบนี้ เป็นการปลูกพืช โดยไม่ใช้ดิน และในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม มีปริมาณของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูง (มั่นสินและไพพรรณ, 2544) ซึ่งแร่ธาตุดังกล่าวเป็นที่ต้องการในพืช โดยเฉพาะผักกินใบ ทางคณะวิจัย จึงมีแนวคิดที่จะนำ ผักกินใบชนิดต่างๆ มาบำบัดน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อซีเมนต์ และให้ประโยชน์กับเกษตรกร อีกเรื่องคือ การขายผักปลอดสารพิษ ซึ่งในขณะนี้เป็นที่นิยมในการบริโภคอย่างมาก

งานวิจัยในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์อย่างมากในเรื่องการใช้น้ำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม โดยการใช้ผักมาบำบัดน้ำผ่านระบบไฮโดรโพนิกส์ ทำให้เกษตรกรมีแนวทางการประกอบอาชีพที่หลากหลายขึ้น เพิ่มรายได้จากการประกอบอาชีพหลัก และนำน้ำมาใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในอนาคต และช่วยบำบัดน้ำก่อนปล่อยน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้อีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ผักปลอดสารพิษชนิดต่างๆ ให้อยู่ในระดับที่เป็นปกติ เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม
2. ศึกษาการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมและการเจริญเติบโตของผักต่างๆ ที่เลี้ยงโดยนำน้ำผ่านการบำบัดด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ (ศึกษาผลกระทบจากการใช้ระบบไฮโดรโพนิกส์ในการบำบัดน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสมหรือไม่อย่างไร)
3. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์สู่ชุมชนใกล้เคียง (นำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยถ่ายทอดสู่เกษตรกรผู้ที่สนใจในเรื่องของการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในลักษณะดังกล่าว)

ขอบเขตของโครงการวิจัย

เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน ซึ่งมีการบำบัดน้ำผ่านระบบไฮโดรโพนิกส์ผักปลอดสารพิษชนิดต่างๆ โดยตรวจวัดคุณภาพน้ำ และปริมาณแร่ธาตุ N และ P ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของ ปลาดุกลูกผสม และผักชนิดต่างๆ การบำบัดน้ำด้วยผัก ผ่านระบบไฮโดรโพนิกส์ในครั้งนี้ จะช่วยทำให้ค่าไนโตรเจนในน้ำภายในบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมีปริมาณลดลง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

นำผลงานวิจัยเผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับชาติ และให้ความรู้เกี่ยวกับการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

การตรวจเอกสาร

ปลาดุกเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาเป็นเวลานาน มีผู้นิยมเลี้ยงกันมาก เนื่องจากทำรายได้ดี ปัจจุบันได้มีการนำแม่พันธุ์ปลาดุกอุย (*Clarias macrocephalus*) มาผสมกับปลาดุกแอฟริกัน (*Clarias gariepinus*) เพื่อผลิตปลาดุกลูกผสม หรือปลาดุกบิ๊กอุย หรือปลาดุกอุยเทศ (*Clarias macrocephalus* x *C. gariepinus*) (อุทัยรัตน์, 2533) โดยกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2543) มีการส่งเสริมเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ซึ่งในปัจจุบันมีรูปแบบการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ทั้งในบ่อดิน บ่อซีเมนต์ และบ่อพลาสติก โดยเราสามารถเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในการเลี้ยง

<u>การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อซีเมนต์กลม</u>

ควรมีการเตรียมบ่อเลี้ยง โดยใส่น้ำพักไว้ในบ่อซีเมนต์อย่างน้อย 2 อาทิตย์ ใส่น้ำในบ่อให้มีระดับสูง 20 –30 เซนติเมตร เพื่อเตรียมปล่อยลูกปลา ที่ระดับความหนาแน่น 100 ตัว / บ่อ ในบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 0.5 เมตร การให้อาหาร จะให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปให้ปลากินจนอิ่ม แต่ถ้าหากต้องการลดต้นทุนค่าอาหาร สามารถให้อาหารสมทบที่มีโปรตีนสูง เช่น ไส้ไก่ กระดูกซี่โครงไก่บดผสมรำ ปลาเป็ดบด หนอน ปลวก หรือแมลงต่าง ๆ ได้ เมื่อเลี้ยงปลาได้อายุ 30 วัน ควรมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 20 – 30 % ของน้ำในบ่อ แล้วนำน้ำที่พักไว้เติมลงไปให้ได้ระดับเดิม เมื่อเลี้ยงได้อายุ 3 – 4 เดือน สามารถเก็บผลผลิตได้

<u>การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อดิน</u>

ต้องมีการเตรียมบ่อดินที่ดี เพราะอาจเกิดปัญหาดินพื้นบ่อเน่า ทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงมีคุณภาพน้ำที่ไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุก โดยเฉพาะบ่อเลี้ยงเก่า จะพบปัญหาปลาเป็นโรคบ่อยๆ ยากต่อการแก้ไข อัตราการปล่อยลูกปลาดุกลูกผสม 50 - 70 ตัว/ตารางเมตร อาหารเป็นต้นทุนที่สำคัญที่สุด ดังนั้นถ้าสามารถหาอาหารราคาถูก มีอัตราแลกเนื้อที่ดี จะช่วยทำให้ต้นทุนการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมต่ำลงมาก ในทางตรงข้ามอาหารราคาถูกอาจจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องน้ำ และเรื่องโรค ดังนั้นการควบคุมปริมาณอาหารเป็นสิ่งจำเป็นมาก การเลี้ยงปลาโดยใช้อาหารสำเร็จรูป เราสามารถควบคุมปริมาณอาหารได้ง่าย แต่ต้นทุนค่าอาหารก็จะสูงตามไปด้วย การให้อาหารปลาดุกลูกผสม ควรดูให้อาหารหมดพอดีเมื่อปลาหยุดกินอาหาร ส่วนการจัดการคุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำในแต่ละแหล่งเลี้ยง

จะแตกต่างกันไปตามแหล่งน้ำ ชนิดของอาหาร การจัดการในการให้อาหาร และความหนาแน่นของลูกปลา การดูแลคุณภาพน้ำในช่วงการเลี้ยงเดือนแรก ซึ่งปลายังเล็กอยู่ไม่มีปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำมากนัก ส่วนใหญ่จะใช้วิธีเพิ่มระดับน้ำในบ่อทุกวันหรือวันเว้นวัน แล้วแต่ลักษณะสีของน้ำภายในบ่อเลี้ยง โดยจะสังเกตว่าน้ำที่ดีจะมีสีค่อนข้างใส หรือเมื่อสังเกตว่าระดับน้ำในบ่อลดลงก็ต้องเติมน้ำ เมื่อปลาอายุได้ 30 วัน ปลาเริ่มโตขึ้น หากน้ำมีสีเขียวก็ควรถ่ายน้ำทันที ปกติในช่วงปลาอายุ 30 – 60 วัน มักจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ 5– 7 วัน ต่อครั้ง โดยถ้าน้ำไม่เสียมากจะเปลี่ยนถ่ายเพียง 25 –30 % แต่ถ้าน้ำเสียรุนแรงอาจต้องถ่ายถึงครึ่งบ่อ (50 %) และเมื่อปลาอายุได้ 90 วัน เป็นต้นไป ปลาจะแน่นบ่อ อาหารก็ต้องให้มากขึ้นตามความต้องการของปลา จึงจำเป็นต้องถ่ายน้ำบ่อยขึ้น ปกติจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทุกๆ 3 วัน โดยจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำวันละ 30 – 50 %

<u>การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อปูพลาสติก</u>

ใช้พื้นที่บ่อในการเลี้ยง ขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร ลึก 0.80 – 1.0 เมตร จะได้บ่อเลี้ยงขนาด 8 ตารางเมตร โดยให้ขอบบ่อทั้ง 4 ด้าน ลาดเอียง ประมาณ 1 : 2 หรือ 3 : 4 แล้วแต่ลักษณะดินในพื้นที่ เพื่อให้สามารถวางพลาสติกให้แนบชิดกับขอบบ่อได้สนิท เมื่อขุดเสร็จแล้ว ให้เก็บเศษหิน เศษแก้ว หรือรากไม้ออกให้หมด เพื่อไม่ให้พลาสติกฉีกขาดได้ ควรระวังอย่าขุดบ่อใกล้ต้นไม้ใหญ่ เนื่องจากรากต้นไม้อาจชอนเจาะผ้าพลาสติกขาดได้ การปูผ้าพลาสติกที่ก้นบ่อ ควรวางเป็นผืนเดียว ไม่ให้มีรอยตัดต่อและนำดินที่ขุดออกมากลบพื้นบ่อ ให้ความหนาชั้นดินประมาณ 10 เซนติเมตร ผ้าพลาสติกจะถูกปูขึ้นมาถึงขอบบ่อ ซึ่งจะได้ดินกลบชายผ้าไว้เช่นเดียวกัน ปล่อยน้ำเข้าบ่อให้มีความลึกประมาณ 60 เซนติเมตร รอบคันบ่อ อาจปลูกผักสวนครัวได้ และสามารถนำน้ำในบ่อขึ้นมารดผักได้ แต่ต้องเติมน้ำลงในบ่อให้ได้ระดับความสูงเท่าเดิม เราจะใช้บ่อปูผ้าพลาสติกในกรณีที่ดินมีลักษณะซึมน้ำเร็ว ไม่อุ้มน้ำ

จากการส่งเสริมให้มีการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในรูปแบบต่างๆ กันนี้ ทุกรูปแบบจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ อยู่ตลอดเวลา เพื่อให้คุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม จากคุณสมบัติของน้ำในเรื่องแร่ธาตุในน้ำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ วิรัช (2544) เขียนไว้ว่า ธาตุอาหารมีความสำคัญต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในด้านที่ทำให้เกิดผลผลิตขั้นต้น หรือปริมาณแร่ธาตุในน้ำส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณแพลงก์ตอนในน้ำ ซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติที่สำคัญของสัตว์น้ำ แร่ธาตุที่สำคัญนั่นก็ คือ ฟอสฟอรัสและไนโตรเจนที่มีในน้ำ ซึ่งจะเป็นตัวจำกัดผลผลิตของแพลงก์ตอนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ไนโตรเจนในน้ำ นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อพืชน้ำแล้ว ถ้ามีในปริมาณ

มากเกินไปส่งผลกระทบในทางลบต่อสัตว์น้ำด้วยเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในรูปแอมโมเนีย และไนไตรท์ เนื่องจากเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

ธาตุไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิตในน้ำเช่นเดียวกับฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีน คลอโรฟิลล์ RNA DNA Co-enzyme และวิตามิน ธาตุไนโตรเจนในแหล่งน้ำ สามารถอยู่ได้ทั้งในรูปของก๊าซไนโตรเจน (N_2) แอมโมเนีย (NH_3) แอมโมเนียมอิออน (NH_4^+) ไนไตรท์อิออน (NO_2^-) ไนเตรทอิออน (NO_3^-) รวมทั้งสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ และที่เป็นองค์ประกอบของร่างกายสิ่งมีชีวิต รวมไปถึงซากพืชซากสัตว์ที่ตายด้วย นอกจากนี้ ยังมี ธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งจะหมุนเวียนอยู่ในแหล่งน้ำ ในรูปของสารประกอบหลายชนิด ทั้งที่อยู่ในรูปอิออนของสารอนินทรีย์ เช่น PO_4^{3-} จนถึงอยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นส่วนประกอบของน้ำตาลและสารพันธุกรรม (DNA) สัดส่วนของฟอสฟอรัสแต่ละรูปที่อยู่ในแหล่งน้ำ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สภาพกรดหรือด่าง ความเข้มข้นของอิออนของโลหะบางชนิด ฟอสฟอรัสในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายที่สุด คือ ออร์โธฟอสเฟตที่ละลายในน้ำ

ระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำ จะผลิตอินทรีย์สาร และสารอาหาร (ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และธาตุอื่นๆ) ในปริมาณมาก พบว่า ในการผลิตปลาดุก 1 ตัน (1,000 กิโลกรัม) ปลาดุกจะขับถ่ายของเสีย ในน้ำ โดยมีการปล่อยสารอินทรีย์ในรูปแบบแห้ง 1,190 กิโลกรัม ปล่อยไนโตรเจน 60 กิโลกรัม และปล่อย ฟอสฟอรัส 12 กิโลกรัม ซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการ metabolic (Boyd, 1985) ซึ่งแร่ธาตุ ทั้งสองชนิดนี้ มีการละลายอยู่ในน้ำเลี้ยงปลาดุก อย่างมาก

เมื่อเราพิจารณาจาก คุณสมบัติของน้ำเลี้ยงปลาดุกลูกผสม ในเรื่องปริมาณไนโตรเจนละลายในน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสละลายในน้ำ ซึ่งแร่ธาตุทั้งสองชนิดนี้ มีผลต่อความต้องการธาตุอาหารพืช ซึ่งสมภพ (2537) เขียนไว้ว่า ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งในการเจริญเติบโตได้ดีของพืช โดยมีจำนวนทั้งหมด 16 ชนิด ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชขาดไม่ได้ เรียกว่า essential plant elements ได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแตสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), กำมะถัน (S), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Z), ทองแดง (Cu), โบรอน (B), โมลิบดินัม (Mo) และคลอรีน (Cl^-) ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ ได้รับมาจากอากาศและน้ำ และได้รับมาจากดิน

ไนโตรเจน

เป็นธาตุที่สำคัญมากในการปลูกผัก ช่วยในเรื่องการเร่งส่วนที่เป็นลำต้น และใบให้มีการเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ และทำให้ผักหลายชนิดมีลักษณะอวบน้ำ ซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการ ดังนั้นไนโตรเจนจึงเป็นปัจจัยจำกัดสำคัญต่อการเจริญเติบโตของผักหลายชนิดมากกว่าธาตุอาหารอื่น เช่น ฟอสฟอรัส หรือ โพแตสเซียม ดังนั้นผักที่รับประทานต้น หรือใบ จะต้องการไนโตรเจนสูง เพื่อต้องการสร้างการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และเพื่อให้ต้น และใบอ่อนมีความกรอบ ดังนั้นเมื่อปลูกผักประเภทนี้ ต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากๆ สำหรับผักที่ปลูกเพื่อรับประทานผล จะต้องการปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าผักกินใบ

ฟอสฟอรัส

พืชผักจะมีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอย่างสูง สำหรับปุ๋ยฟอสเฟตแม้ผักต้องการน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจน และโพแตสเซียม แต่มีความสำคัญในการช่วยทำให้ผักตั้งตัวได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะในช่วงระยะแรกๆของการเจริญเติบโต นอกจากนั้นยังช่วยทำให้ผักแก่ และเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้น และมีรสชาติดีขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยฟอสเฟตเพียงพอ

การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ (Hydroponics) เป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ ไม่ว่าจะเป็นฝนไม่ตกตามฤดูกาล คุณภาพของดินเสื่อม คุณภาพหรือดินไม่เหมาะสมแก่การปลูกพืช ลดการใช้สารเคมีกำจัดโรค แมลง การใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่สิ้นเปลืองแรงงาน อีกทั้งยังเป็นการประกอบอาชีพเกษตรกรรมที่เป็นระบบ เนื่องจากสามารถควบคุมการผลิตได้เกือบทั้งหมด ข้อดีของการปลูกพืชด้วยระบบนี้ คือ สามารถปลูกพืชได้ทุกสถานที่ แม้ในพื้นที่ที่มีปัญหาดินในการเพาะปลูก ควบคุมสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะในระดับรากพืช ได้แก่ ธาตุอาหาร pH EC อุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจน ฯลฯ ซึ่งการปลูกพืชในดินทำได้ยาก ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้เร็ว และผลผลิตสูงกว่าในดิน ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ คงที่ และสูงกว่าในดินมาก มีการใช้น้ำและธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ลดปริมาณการใช้น้ำลง 10 เท่า และลดการสูญเสียธาตุอาหาร (ปุ๋ยเคมี) 40% ของการปลูกพืชในดิน ประหยัด ย่นระยะเวลาเก็บเกี่ยว ประหยัดแรงงาน และต้นทุนค่าไถเตรียมพื้นที่ ควบคุมปัญหาโรคและแมลงได้ง่าย เพราะพื้นที่ปลูกมีขอบเขตชัดเจน และกำจัดปัญหาศัตรูที่เกิดจากดินได้ ใช้พื้นที่ปลูกอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

สามารถปลูกพืชชนิดเดิมในพื้นที่อย่างต่อเนื่องไม่ต้องพักแปลง และปลูกได้หนาแน่นกว่าในดินอีกด้วย เพราะมีธาตุอาหารและน้ำอย่างเพียงพอ ปลูกในพื้นที่แคบ ๆ ได้ ผลผลิตที่ได้ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม เพราะมีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ในดินน้อย

ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1 ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร

ได้รับความนิยมมากกว่าประเภทอื่น ๆ รากของพืชจะแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง และรากพืชสามารถทำหน้าที่ได้ 2 อย่างพร้อมกัน คือ ดูดอาหารและออกซิเจน

2. ปลูกให้รากลอยอยู่กลางอากาศ

ได้รับธาตุอาหารและความชื้นโดยการฉีดฝอยไปที่ราก รูปร่างของระบบนี้ เช่น กล่องสี่เหลี่ยม กระโจมสามเหลี่ยม เป็นต้น ระบบนี้เหมาะกับพืชต้นเตี้ย ถ้าเป็นพืชต้นสูงต้องมีการค้ำยันหรือใช้เชือกยึด ระบบนี้เหมาะสำหรับงานวิจัยปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

3. ปลูกลงบนวัสดุชนิดต่าง ๆ

เป็นการปลูกโดยใช้วัสดุปลูก ทำหน้าที่แทนดินสำหรับให้รากยึดและค้ำจุนต้นพืช เช่น แผ่นฟองน้ำ ทราย กรวด ขี้เลื่อย แกลบ ขุยมะพร้าว ใยหิน เปลือกไม้ เพอร์ไลท์ เวอร์มิคูไลท์ เป็นต้น คุณสมบัติของวัสดุเหล่านี้คือ เก็บรักษาความชื้น ระบายน้ำได้ดี คงทน ไม่ย่อยสลายง่าย

ผักบุ้งจีน

Chinese Cabbage (*Ippomoea aquatica Forssk*) ลักษณะใบมีสีเขียว ผักบุ้งจีนนิยมนำมาประกอบอาหารกว้างขวางนิยมปลูกเป็นการค้า ทั้งการปลูกเพื่อบริโภคสด และการผลิตเมล็ดพันธุ์ ปัจจุบันผักบุ้งจีนได้พัฒนาเป็นพืชผักส่งออกที่มีความสำคัญ โดยส่งออกทั้งในรูปผักสด และเมล็ดพันธุ์ การส่งออก เพราะรวมผักบุ้งจีนในหมวดผักสดอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ ผักสดชนิดต่าง ๆ ตลาดที่สำคัญคือฮ่องกง มาเลเซีย และสิงคโปร์

จากสถิติ การปลูกผักของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2536/2537 มีพื้นที่ปลูกผักบุ้งจีนถึง 54,302 ไร่ ผลผลิตสด 50,237 ตัน ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 925 กิโลกรัม แหล่งปลูกผักบุ้งจีนเพื่อบริโภคสด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี นครปฐม ปทุมธานี ราชบุรี นครนายก พิษณุโลก พิจิตร นครสวรรค์ ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา และสงขลา เป็นต้น สำหรับแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนเป็นการค้าที่สำคัญ ได้แก่ นครปฐม สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี ปัจจุบัน ประเทศไทยสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนเพื่อการส่งออกได้ในปี พ.ศ. 2543 มีการส่งออกเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนประมาณ 2,473 ตัน มูลค่า 100 ล้านบาท จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ตลาดของผักบุ้งจีนสามารถพัฒนา เป็นพืชผักเพื่อการส่งออกได้ดีพืชหนึ่ง ทั้งในรูปของผักสดและเมล็ดพันธุ์พืช

ความต้องการธาตุอาหารของผักบุ้งจีน

วีรพงศ์ (2528) ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโต และปริมาณผลผลิตของผักบุ้งจีน พบว่า ผักบุ้งจีนต้องการธาตุไนโตรเจนปริมาณมาก เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของกิ่งก้าน เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลักของโปรตีนใน Protoplasm ในเซลล์ของผักบุ้งจีน และเป็นองค์ประกอบหลักของ Chlorophyll ที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง และเนื่องจากผักบุ้งจีนสามารถสะสมไนโตรเจนได้มากถึง 4.65 – 5.95% ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกผักบุ้งจีน จึงทำให้ผักบุ้งจีนมีผลผลิตเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส จะมีผลต่อความยาวของลำต้นผักบุ้งจีน โดยนำฟอสฟอรัสไปใช้ในการสร้างรากฝอยที่แตกออกบริเวณข้อของลำต้น เพื่อใช้ในการดูดซึมธาตุอาหารจากดิน และจากการศึกษาของ วิรัตน์ (2536) พบว่า ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และการเพิ่มผลผลิตของผักบุ้งจีน ในการศึกษาของ Hu *et al.* (2008) ในเรื่อง การทดสอบน้ำที่มีธาตุอาหารสูงโดยการใช้ผักบุ้ง (*Ipomoea aquatic* Forsskal) ลดสารอาหารในน้ำด้วยระบบ “deep flow technique” พบว่า หลังจาก 48 ชั่วโมงที่ผักบุ้งมีการสัมผัสน้ำที่มีธาตุอาหารสูง มีปริมาณของ COD, BOD_5, TSS, และ Chlorophyll a ลดลง มีค่าเท่ากับ 84.5%, 88.5%, 91.1% และ 68.8% ตามลำดับ และการกำจัดสารอาหาร(ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม) ผันแปรระหว่าง 41.5 และ 75.5% ดังนั้น การปลูกผักบุ้งในน้ำที่มีสารอาหารสูง ด้วยระบบ “deep flow system” สามารถใช้เป็นระบบที่การกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำได้ และจากการศึกษาของ ธนสรณ์ (2549) การศึกษาระบบการปลูกผักบุ้งน้ำแบบผสมผสานควบคู่กับการเลี้ยงปลาสลิด เปรียบเทียบระหว่างระบบการใช้สารอนินทรีย์กับระบบการใช้สารอินทรีย์ พบว่า ปริมาณผลผลิตผักบุ้งน้ำเพียงอย่างเดียวเปรียบเทียบกับการปลูกผักบุ้งน้ำผสมผสานกับการเลี้ยงปลาสลิดไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

ผักกาดหอม

ผักกาดหอม (*Lactuca sataiva*)เป็นพืชที่จัดอยู่ในตระกูล Compositae มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและยุโรป มีปลูกในประเทศไทยมานานแล้ว ผักกาดหอมเป็นผักที่ใช้บริโภคส่วนใบ เป็นผักจำพวกผักสลัดที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นิยมบริโภคกันแพร่หลายที่สุดในบรรดาผักสลัดด้วยกัน โดยส่วนใหญ่นิยมรับประทานสดและนำมาประกอบอาหารหลายชนิด

ในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบน้ำหมุนเวียน โดยนำน้ำมาบำบัดก่อนนำเข้าสู่ระบบการเลี้ยงอีกครั้ง เช่น ในการศึกษาของ Domon *et al*. (1997) ในเรื่องการเคลื่อนที่ของสารอาหาร ในระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบผสมสานกับระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, NO_3 – N, Na, P และ Zn ที่ละลายอยู่ในน้ำเลี้ยงปลานิล เมื่อเพิ่มระดับความหนาแน่นในการเลี้ยงปลานิล ผ่านระบบไฮโดรโพนิกส์ของการปลูกต้นผักกาดหอมใบ (*Lactuca sativa, longifolia* cv. Jericho)

ในการตรวจเอกสารในเรื่อง ศึกษาศักยภาพในการเลี้ยงปลาในระบบน้ำหมุนเวียนร่วมกับระบบชีวภาพ ของ Jaap (1996) พบว่า การเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างหนาแน่นในระบบหมุนเวียน เป็นการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และมีความต้องการที่ให้เกิดขึ้น โดยความสามารถในการนำน้ำกลับมาใช้ในระบบนี้ มีระบบชีวภาพเป็นชุดทดสอบ มีการพิจารณาระบบชีวภาพจากความเป็นไปได้ ในการใช้กระบวนการทางชีวภาพเป็นหลัก ในบ่อเลี้ยงปลาแบบ extensive เหตุผลคือ ทำอย่างไรให้ระบบหมุนเวียนน้ำ มีความสะดวกที่สุดในการใช้งาน โดยสามารถกำจัดสารบางอย่างในน้ำได้ เช่น ตะกอน และไนเตรท วิธีการลดการสะสมของสารเหล่านี้ เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการ โดยมีคุณภาพน้ำภายในการเลี้ยงคงที่ และช่วยลดมลพิษในน้ำได้ การใช้ Aquaponic system ในการศึกษาของ Andreas และ Ranka (2009) มีการหมุนเวียนสารอาหารจากน้ำเสียในการเลี้ยงปลาน้ำจืด มาใช้ผลิตผัก จากการทดลอง ได้ให้เห็นว่า สารอาหารจะหมุนเวียน ไม่มากเกินในระบบทั้งหมด เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกผักภายในพื้นที่จำกัด เพื่อเพิ่มอาชีพ ทำให้เกิดรายได้ การผลิตผักด้วยวิธีนี้นำผักไปขายได้ เป็นการเปลี่ยนรูปสารอาหารเป็นน้ำหนักผัก และเป็นการกำจัดน้ำเสีย ให้กลายเป็นประโยชน์ทางธุรกิจได้

สมมุติฐานการวิจัย

ถ้าการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียน โดยน้ำผ่านการบำบัดด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ในการปลูกผักชนิดต่างๆ ทำให้ค่าคุณภาพน้ำโดยเฉพาะค่าแอมโมเนียรวม ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำลดลง จะทำให้เราไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในบ่อพลาสติก รวมทั้งเก็บเกี่ยวผัก ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. บ่อเลี้ยงปลาดุก

บ่อกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร จำนวน 9 บ่อ

2. สัตว์ทดลอง

ปลาดุกลูกผสมขนาดความยาวเฉลี่ย 2- 3 นิ้ว

3. ระบบไฮโดรโพนิกส์ จำนวน 6 ชุด

เมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีน และผักกาดหอม

4. น้ำที่ใช้ทดลอง

น้ำจืดที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนความเข้มข้น 30 ส่วนในล้าน เปิดเครื่องให้อากาศทิ้งไว้ 3 วัน

5. อาหาร

อาหารปลาดุกเม็ดสำเร็จรูป

6. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

7. อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์แร่ธาตุ N P

8. เครื่อง Centrifuge

9. Spectrophotometer

10. เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2, 4 ตำแหน่ง

11. อุปกรณ์เลี้ยงปลา

วิธีการ

1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design)

การทดลอง ศึกษาคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในเรื่องการเปลี่ยนแปลงปริมาณแร่ธาตุ N และ P ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ผักปลอดสารพิษชนิดต่างๆ

แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ชุดๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ชุดการทดลองที่1 การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบปิด เปลี่ยนถ่ายน้ำ 50% ทุกๆ 7 วัน (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่2 การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมบำบัดน้ำผ่านระบบการปลูกผักกาดหอม ไฮโดรโพรนิกส์

ชุดการทดลองที่3 การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมบำบัดน้ำผ่านระบบการปลูกผักบุ้งจีนไฮโดรโพรนิกส์

1. การเตรียมบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม

ใช้บ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร มีทางน้ำเข้า – ออก ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อนำน้ำเข้าสู่ระบบไฮโดรโพรนิกส์ เติมน้ำเข้าบ่อให้มีความสูง 30 เซนติเมตร ให้อากาศตลอดเวลา

2. การเตรียมปลาดุกลูกผสมทดลอง

ใช้ปลาดุกความยาวเฉลี่ย 2-3 นิ้ว โดยปล่อยปลาดุกลูกผสมในอัตราความหนาแน่น 100 ตัวต่อบ่อ

3. การเตรียมระบบไฮโดรโพรนิกส์

ติดตั้งโครงสร้างของระบบไฮโดรโพนิกส์เชื่อมต่อเข้ากับระบบการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม โดยมีเครื่องสูบน้ำ สูบน้ำจากระบบการเลี้ยงปลาเข้าระบบไฮโดรโพนิกส์ตลอดเวลา และมีทางน้ำออกจากระบบไฮโดรโพนิกส์ เข้าถังบ่อเลี้ยงปลา การสูบน้ำจะเป็นในลักษณะของระบบหมุนเวียน โดยเริ่มตั้งแต่ต้นจนสิ้นสุดการทดลอง

4. การเตรียมผักในการปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

นำเมล็ดผักเพาะในถาดเพาะกล้า ใส่เมล็ดในหลุมฟองน้ำ 2-3 เมล็ด รดน้ำให้ชุ่ม รอจนผักออกรากจึงนำต้นกล้ามาปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ โดยให้รากแช่อยู่ในน้ำ มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อสามารถรับประทานได้ ตามอายุผัก แล้วทำการปลูกผักใหม่ต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง

5. การให้อาหารปลาดุกลูกผสม

ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูป ที่เหมาะสมกับอายุของปลา และให้เกินพอดี โดยให้อาหารวันละ 2 มื้อ เวลา 08.00 น และ 18.00 น เป็นเวลา 120 วัน

6. การควบคุมคุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้ ค่า T, DO, pH Total Ammonia, Nitrite, Alkalinity ทุกๆ 7 วัน จำนวน 3 ซ้ำ จนสิ้นสุดการทดลอง ตามวิธีวิเคราะห์น้ำของ APHA (1995)

7. การเก็บข้อมูลปริมาณแร่ธาตุ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ในน้ำเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบไฮโดรโพรนิกส์ผักปลอดสารพิษ

เก็บตัวอย่างน้ำ บริเวณทางน้ำเข้า และออกจากบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสม จำนวน 3 ซ้ำ ทุกๆ 7 วันจนสิ้นสุดการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ N และ P ต่อไป จนสิ้นสุดการทดลอง ตามวิธีวิเคราะห์น้ำของ APHA (1995)

8. การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม

สุ่มปลาดุกลูกผสมจำนวน 10 ตัว นำปลามาชั่งน้ำหนัก และวัดความยาว เพื่อหาค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ทำการสุ่มตัวอย่างทุกๆ 7 วันจนสิ้นสุดการทดลอง

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ = $\frac{\ln \text{น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย} - \ln \text{น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น}}{\text{ระยะเวลาของการทดลอง}} \times 100$

(% ต่อวัน)

9. การเจริญเติบโตของผัก

เก็บเกี่ยวผลผลิตผักชนิดต่างๆ ตามอายุที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ นำผักมาชั่งน้ำหนัก บันทึกผล และเริ่มทำการปลูกผักใหม่จนกว่าจะสิ้นสุดการทดลองต่อเนื่องไปโดยตลอด

10. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณแร่ธาตุ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ในน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบไฮโดรโพรนิกส์ผักปลอดสารพิษชนิดต่างๆ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วิเคราะห์ความแตกต่างของการเจริญเติบโตของปลาดุกลูกผสม ที่เลี้ยงโดยบำบัดน้ำผ่านระบบไฮโดรโพรนิกส์ โดยมีอัตราส่วนระหว่างบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมกับชุดระบบไฮโดรโพนิกส์

แตกต่างกัน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

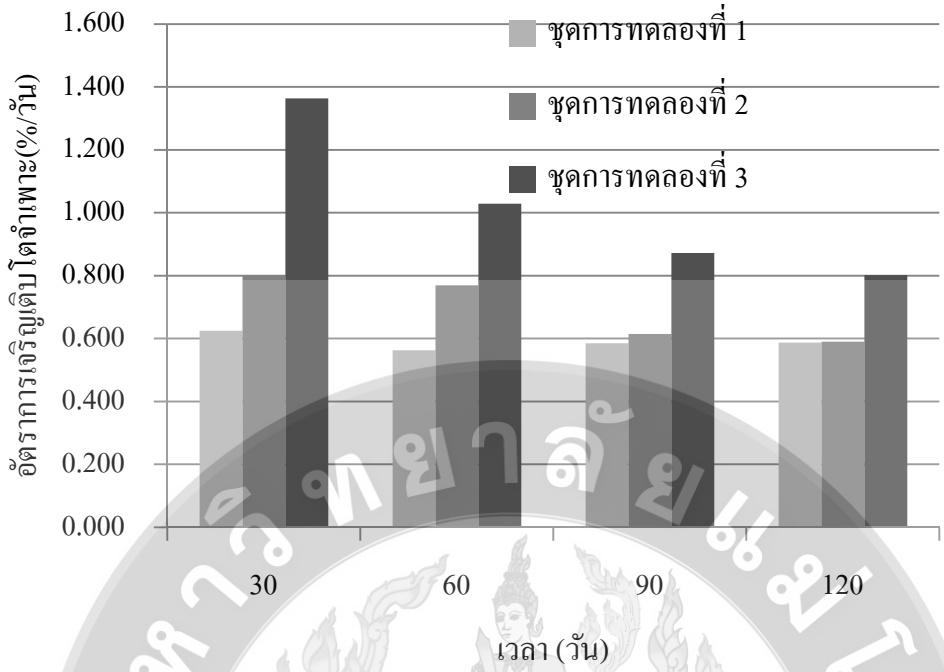
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่อวันของปลาดุกลูกผสม ในทุกชุดการทดลอง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 3 ดังนี้ 0.57 ± 0.101, 0.59 ± 0.033 และ 0.80 ± 0.018 % ต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1) ในชุดการทดลองที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดมากกว่าชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในระบบน้ำหมุนเวียนที่มีการบำบัดน้ำด้วยผักบุ้งจีน มีความแตกต่างจากการเลี้ยงด้วยระบบปกติ และระบบที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยผักกาดหอม

ตารางที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% ต่อวัน) ที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ระยะเวลา(วัน)	อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (% ต่อวัน) ที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์			P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
30	0.62 ± 0.366^{a}	0.80 ± 0.040^{a}	1.36 ± 0.192^{b}	0.022
60	0.56 ± 0.158^{a}	0.77 ± 0.090^{a}	1.03 ± 0.276^{a}	0.064
90	0.59 ± 0.027^{a}	0.61 ± 0.052^{a}	0.87 ± 0.050^{b}	0.002
120	0.59 ± 0.101^{a}	0.59 ± 0.033^{a}	0.80 ± 0.018^{b}	0.007

หมายเหตุ อักษร a b ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)



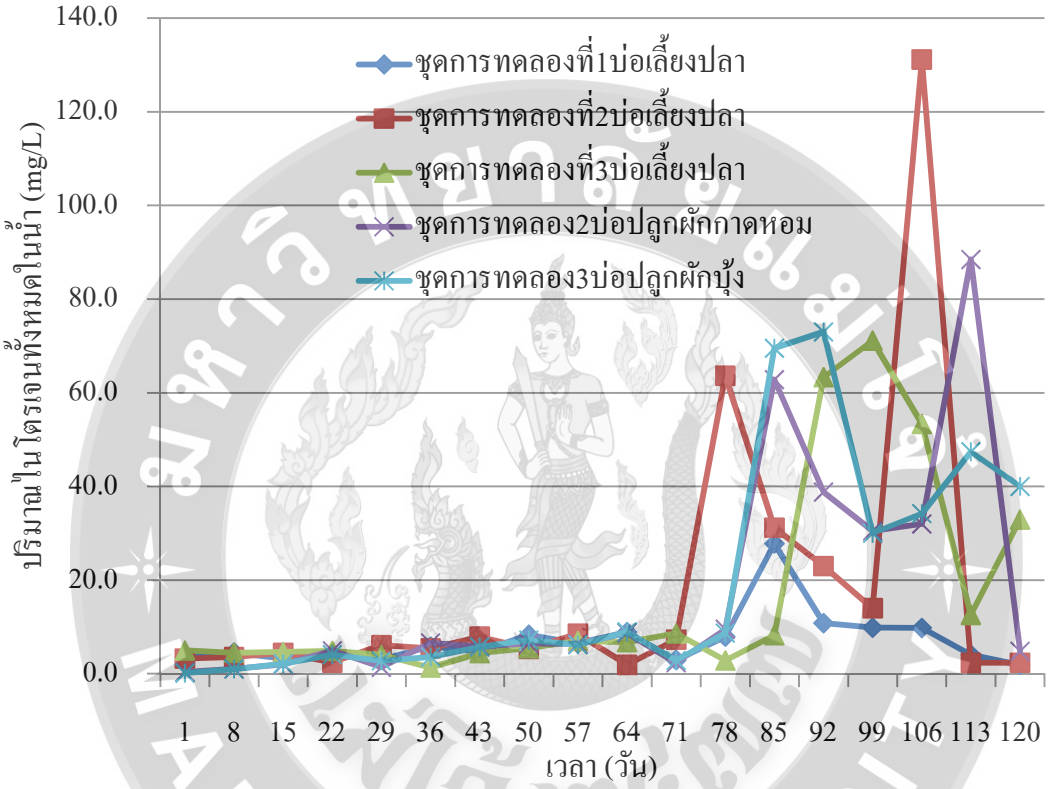
ภาพที่ 1 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปลาดุกลูกผสม (% ต่อวัน) ที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

การเจริญเติบโตของผักที่ปลูกในระบบเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า ตลอดการทดลองได้ผลผลิตน้ำหนักของผักดังนี้ ผักบุ้งได้ผลผลิตทั้งหมด 9,210 กรัม และผักกาดหอมได้ผลผลิตทั้งหมด 1.023 กรัม เราพบว่า สามารถปลูกผักบุ้งในระบบเลี้ยงปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ได้จำนวน 4 ครั้ง แต่ผักกาดหอมปลูกได้เพียง 2 ครั้ง และพบปัญหาในการปลูกผักกาดหอม คือ ผักกาดหอมมีลำต้นผอมสูง ไม่เข้าก อ รูปทรงไม่น่ารับประทาน ซึ่งมีความแตกต่างจากผักบุ้ง ที่ลำต้นอวบ สูง และเมื่อนำไปประกอบอาหาร มีรสชาติหวาน สอดคล้องกับผลของปริมาณไนโตรเจนรวมในน้ำ ที่พบว่า มีการสะสมของปริมาณไนโตรเจนในน้ำ ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 2

คุณภาพน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า เมื่อเข้าสู่วันที่ 71 ของการทดลอง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำของทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 ในบ่อเลี้ยงปลา มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเท่ากับ 7.3±0.15 และ 8.6±0.30 mg/L ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าในถังเลี้ยงปลาของชุดการทดลองที่ 1 และถังปลูกผักของชุดการทดลองที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีปริมาณเท่ากับ 2.9±1.80, 2.3±0.28 และ 2.8±1.08 mg/L ตามลำดับ ผักบุ้ง และผักกาดหอม สามารถดูดไนโตรเจนจากน้ำเลี้ยงปลาดุกลูกผสมมาใช้ประโยชน์ ซึ่งบทบาท และหน้าที่สำคัญของไนโตรเจนในพืช คือ ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน และโปรตีน เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต หรือ ATP (adenosine triphosphate) และโคเอนไซม์ (coenzymes) เช่น นิโคตินาไมด์ อะดีนิน ไดนิวคลีโอไทด์ หรือ NAD (nicotinamide adenine dinucleotide) และ NADP (NAD – phosphate) เป็นองค์ประกอบของแอลคาลอยด์ในพืช เป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนพืช คือ ออกซิน (auxins) และ ไซโทคินิน (cytokinins) ออกซิน หรือ Indole – 3 – acetic acid (IAA) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่พืชสังเคราะห์ได้จากกรดอะมิโนทริพโทเฟน (tryptophane) มีบทบาทในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์ ควบคุมการแตกราก ยับยั้งการเจริญของตาข้าง ป้องกันการร่วงของใบ กิ่ง และผล ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ โปรตีนที่ใบแก่หรือใบล่างจะถูกย่อยให้กลายเป็นกรดอะมิโน เพื่อส่งไปยังส่วนยอดหรือใบอ่อน การย่อยโปรตีนจะทำให้คลอโรพลาสต์สลายตัว เป็นผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง พืชที่ขาดไนโตรเจนจึงแสดงอาการใบเหลือง (ศุภลักษณ์, 2549) ด้วยเหตุที่มีปริมาณไนโตรเจนในน้ำสูง จึงส่งผลให้สามารถปลูกผักบุ้งจีน และผักกาดหอมได้ โดยเฉพาะผักบุ้งจีน มีความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และการเพิ่มผลผลิตของผักบุ้งจีน ในการศึกษาของ Hu *et al.* (2008) ในเรื่อง การทดสอบน้ำที่มีธาตุอาหารสูง โดยการใช้ผักบุ้ง (*Ipomoea aquatic* Forsskal) ลดสารอาหารในน้ำด้วยระบบ “deep flow technique” พบว่า หลังจาก 48 ชั่วโมงที่ผักบุ้งมีการสัมผัสน้ำที่มีธาตุอาหารสูง มีปริมาณของ COD, BOD_5, TSS, และ Chlorophyll a ลดลง มีค่าเท่ากับ 84.5%, 88.5%, 91.1% และ 68.8% ตามลำดับ และการกำจัดสารอาหาร(ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสรวม) ผันแปรระหว่าง 41.5 และ 75.5% ดังนั้น การปลูกผักบุ้งในน้ำที่มีสารอาหารสูง ด้วยระบบ “deep flow system” สามารถใช้เป็นระบบที่การกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำได้ และจาก

การศึกษาของ ธนสรณ์ (2549) การศึกษาระบบการปลูกผักบุ้งน้ำแบบผสมผสานควบคู่กับการเลี้ยงปลาสลิด เปรียบเทียบระหว่างระบบการใช้สารอนินทรีย์กับระบบการใช้สารอินทรีย์ พบว่า ปริมาณผลผลิตผักบุ้งน้ำเพียงอย่างเดียวเปรียบเทียบกับการปลูกผักบุ้งน้ำผสมผสานกับการเลี้ยงปลาสลิดไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)



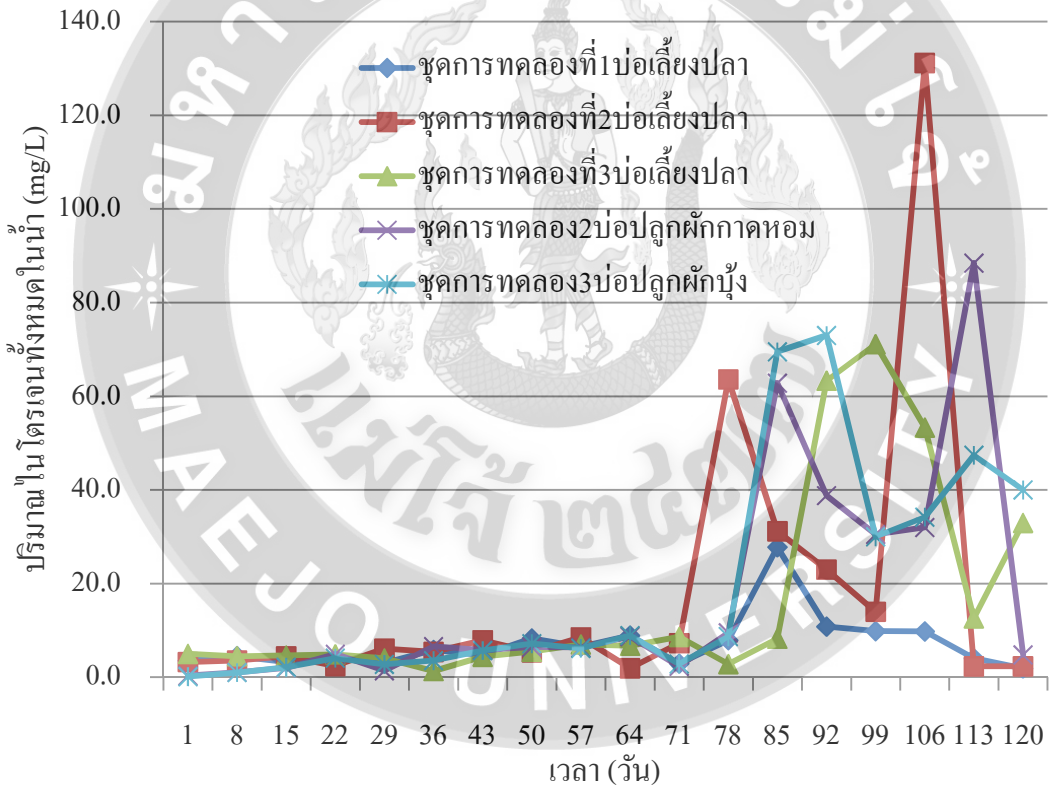
ภาพที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำ (mg/L) ที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ตารางที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(mg/L)ในน้ำที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

เวลา (วัน)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด(mg/L)ในน้ำที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์					P-value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่2		ชุดการทดลองที่3		
	บ่อเลี้ยง	บ่อเลี้ยงปลา	บ่อปลูกผัก	บ่อเลี้ยงปลา	บ่อปลูกผัก	
1	3.5±2.45^{b}	3.3±1.77^{b}	0.3±0.15^{a}	5.0±0.03^{b}	0.1±0.06^{a}	0.005
8	4.5±0.44^{b}	3.6±1.87^{b}	1.1±0.12^{a}	4.5±0.31^{b}	1.0±0.26^{a}	0.000
15	3.2±2.57^{a}	4.5±0.44^{a}	2.0±0.06^{a}	4.7±0.15^{a}	2.1±0.15^{a}	0.053
22	4.1±1.15^{a}	2.4±2.08^{a}	4.9±0.03^{a}	4.9±0.05^{a}	4.1±0.86^{a}	0.115
29	3.0±2.57^{a}	6.1±0.58^{b}	1.4±0.73^{a}	4.0±0.92^{ab}	2.8±1.70^{a}	0.031
36	5.8±0.50^{b}	5.4±0.75^{b}	6.6±0.27^{b}	1.3±2.01^{a}	3.6±3.05^{ab}	0.022
43	4.7±1.14^{a}	7.9±0.75^{a}	5.8±0.15^{a}	4.4±3.49^{a}	5.7±0.15^{a}	0.137
50	8.3±1.35^{b}	5.3±1.02^{a}	6.4±1.41^{ab}	5.5±0.18^{a}	7.2±0.15^{ab}	0.021
57	6.5±1.63^{a}	8.5±0.49^{a}	6.4±1.68^{a}	7.0±0.48^{a}	6.2±1.07^{a}	0.183
64	8.9±0.29^{b}	1.9±0.35^{a}	8.7±0.84^{b}	6.8±3.70^{b}	8.9±0.96^{b}	0.003
71	2.9±1.80^{a}	7.3±0.15^{b}	2.3±0.28^{a}	8.6±0.30^{b}	2.8±1.08^{a}	0.000
78	7.9±0.88^{a}	63.6±4.26^{c}	9.5±1.49^{a}	2.8±0.76^{a}	8.7±0.72^{a}	0.000
85	27.8±0.20^{ab}	31.2±22.00^{b}	62.8±4.82^{c}	8.3±0.30^{a}	69.5±4.48^{c}	0.000
92	10.8±2.62^{a}	23.0±9.90^{b}	38.8±4.44^{c}	63.3±0.76^{d}	73.0±3.19^{e}	0.000
99	9.9±1.91^{a}	14.0±11.07^{a}	30.5±14.85^{a}	71.1±5.35^{b}	30.0±14.14^{a}	0.001
106	9.8±1.85^{a}	131.2±88.21^{a}	32.0±20.97^{a}	50.0±0.00^{a}	34.2±9.56^{a}	0.189
113	4.0±2.85^{a}	2.3±0.37^{a}	88.4±89.66^{a}	12.6±9.81^{a}	47.4±15.69^{a}	0.211
120	1.9±0.51^{a}	2.4±0.33^{a}	4.8±2.32^{a}	33.0±28.3^{a}	40.0±14.14^{a}	0.055

หมายเหตุ อักษร a b c d e ที่เหมือนกันในแนวตั้งหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า ตลอดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ สูงที่สุดในวันที่ 50 ของการทดลอง โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสในบ่อเลี้ยงปลาในชุดการทดลองที่ 2 มีปริมาณสูงที่สุด เท่ากับ 4.7±0.09 mg/L รองลงมา คือชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณเท่ากับ 3.9±0.61 mg/L และชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 2.6±0.98 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเกิดจากการขับถ่าย พบว่า ปลาดุก 1,000 กิโลกรัม จะปล่อยฟอสฟอรัส 12 กิโลกรัม (Boy, 1985) ประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่อพืช ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ช่วยให้ระบบรากของพืชมีการเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น ช่วยให้รากดูดโพแตสเซียม ได้มากขึ้น ฟอสฟอรัสทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานของพืชในการเคลื่อนย้ายอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงไปเก็บสะสม



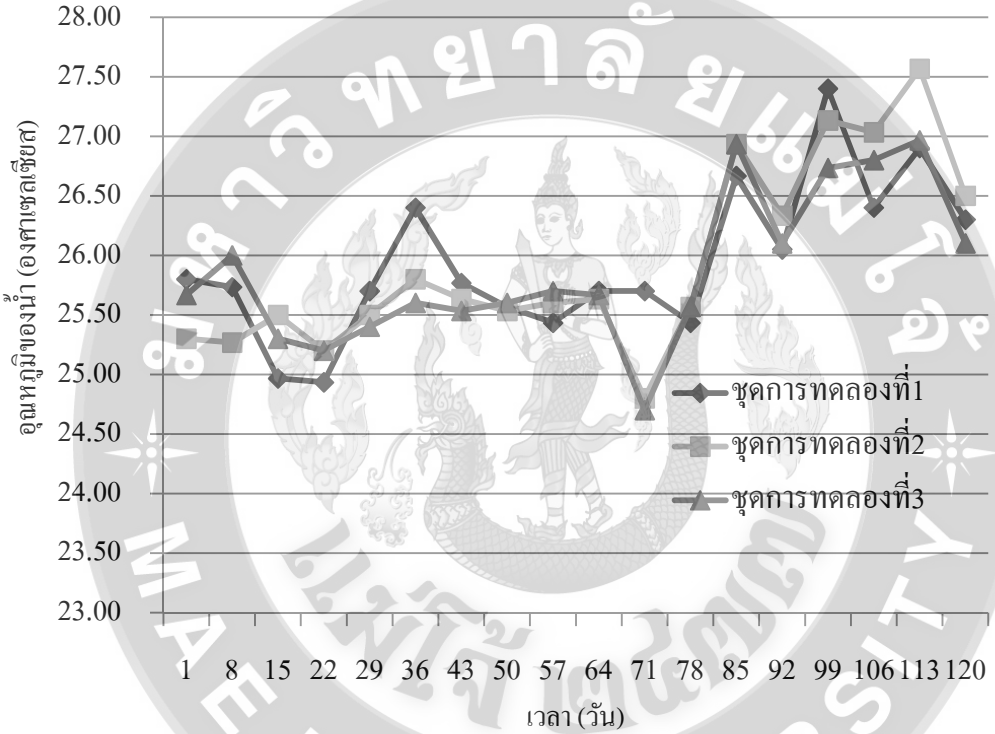
<u>ภาพที่ 3</u> ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/L) ในน้ำที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ตารางที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/L) ในน้ำที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

เวลา (วัน)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/L) ในน้ำที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์					P-value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่2		ชุดการทดลองที่3		
	บ่อเลี้ยงปลา	บ่อเลี้ยงปลา	บ่อปลูกผัก	บ่อเลี้ยงปลา	บ่อปลูกผัก	
1	0.0±0.00^{a}	0.0±0.00^{a}	0.0±0.00^{a}	0.1±0.10^{a}	0.0±0.00^{a}	0.197
8	0.7±1.12^{a}	0.0±0.01^{a}	0.0±0.00^{a}	0.4±0.43^{a}	0.0±0.00^{a}	0.447
15	1.0±0.92^{b}	0.0±0.01^{a}	0.0±0.00^{a}	0.5±0.06^{ab}	0.0±0.00^{a}	0.048
22	0.0±0.00^{a}	0.0±0.00^{a}	0.0±0.00^{a}	1.0±0.72^{b}	0.0±0.00^{a}	0.012
29	1.3±0.99^{a}	1.9±0.87^{a}	0.5±0.69^{a}	0.0±0.00^{a}	0.8±0.68^{a}	0.068
36	2.0±0.19^{b}	2.4±0.27^{b}	0.9±0.96^{a}	2.1±0.37^{b}	2.1±0.50^{b}	0.043
43	1.7±1.26^{a}	2.7±0.75^{ab}	4.0±0.37^{bc}	1.6±1.05^{a}	4.6±0.23^{c}	0.006
50	2.6±0.98^{a}	4.7±0.09^{a}	3.4±0.98^{a}	3.9±0.61^{a}	3.7±0.68^{a}	0.061
57	2.0±1.38^{a}	2.6±1.26^{ab}	3.3±0.73^{abc}	5.0±0.37^{c}	3.8±0.13^{bc}	0.021
64	1.6±0.72^{a}	3.7±0.21^{c}	3.6±0.22^{c}	2.8±0.47^{bc}	2.6±0.59^{b}	0.002
71	0.0±0.03^{a}	0.2±0.11^{ab}	0.2±0.03^{ab}	4.1±0.06^{c}	0.3±0.12^{b}	0.000
78	0.0±0.01^{a}	0.1±0.03^{a}	0.1±0.03^{a}	0.5±0.52^{a}	0.1±0.05^{a}	0.189
85	0.1±0.13^{a}	0.1±0.05^{a}	0.2±0.02^{a}	0.2±0.04^{a}	0.1±0.06^{a}	0.238
92	0.1±0.08^{a}	0.1±0.05^{a}	0.1±0.01^{a}	0.3±0.25^{a}	0.2±0.10^{a}	0.297
99	0.0±0.03^{a}	0.1±0.05^{a}	0.0±0.00^{a}	0.3±0.13^{b}	0.0±0.00^{a}	0.004
106	0.0±0.02^{a}	0.1±0.11^{a}	0.0±0.02^{a}	0.2±0.12^{a}	0.1±0.03^{a}	0.087
113	0.0±0.00^{a}	0.0±0.03^{a}	0.0±0.01^{a}	0.1±0.10^{a}	0.0±0.01^{a}	0.187
120	0.0±0.01^{a}	0.1±0.08^{a}	0.1±0.05^{a}	0.0±0.01^{a}	0.0±0.00^{a}	0.225

หมายเหตุ อักษร a b c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อุณหภูมิของน้ำการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์พบว่าทั้ง 3 ชุดการทดลองมีอุณหภูมิตลอดการทดลอง อยู่ในช่วง 24.7 – 27.69 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4 และภาพที่ 4) การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรมีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิในรอบวันไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำอย่างรวดเร็ว จะทำให้สัตว์น้ำไม่กินอาหาร อุณหภูมิของน้ำจะผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 25 – 32 องศาเซลเซียส (มั่นสิน และไพพรรณ, 2544)



ภาพที่ 4 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ตารางที่ 4 อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

เวลา (วัน)	อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์			P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
1	25.80±0.000[a]	25.30±0.000[a]	25.67±0.416[a]	0.099
8	25.73±0.115[b]	25.27±0.153[a]	26.00±0.173[b]	0.003
15	24.97±0.058[a]	25.50±0.000[b]	25.30±0.000[c]	0.000
22	24.93±0.058[a]	25.30±0.000[a]	25.20±0.300[a]	0.100
29	25.70±0.100[b]	25.50±0.000[a]	25.40±0.100[a]	0.011
36	26.40±0.100[a]	25.80±0.000[b]	25.60±0.100[c]	0.000
43	25.77±0.153[a]	25.63±0.058[a]	25.53±0.058[a]	0.075
50	25.57±0.058[a]	25.53±0.058[a]	25.60±0.000[a]	0.296
57	25.43±0.153[a]	25.60±0.173[a]	25.70±0.000[a]	0.121
64	25.70±0.200[a]	25.63±0.231[a]	25.67±0.153[a]	0.919
71	25.70±0.100[b]	24.80±0.000[a]	24.70±0.100[a]	0.000
78	25.43±0.115[a]	25.57±0.058[a]	25.57±0.058[a]	0.148
85	26.67±0.252[a]	26.93±0.058[a]	26.93±0.115[a]	0.148
92	26.05±0.212[a]	26.33±0.208[a]	26.10±0.173[a]	0.289
99	27.40±0.000[b]	27.13±0.208[b]	26.73±0.153[a]	0.016
106	26.40±0.000[a]	27.03±0.208[b]	26.80±0.200[ab]	0.033
113	26.90±0.141[a]	27.57±0.153[b]	26.97±0.306[a]	0.033
120	26.30±0.141[a]	26.50±0.100[a]	26.10±0.200[a]	0.064

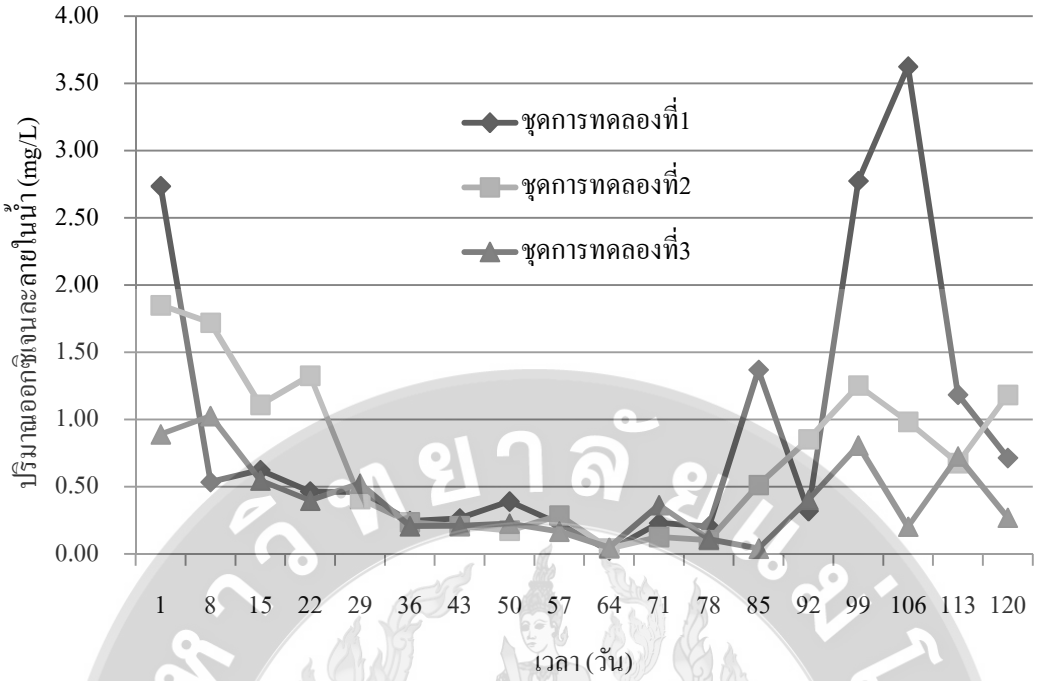
หมายเหตุ อักษร a b c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณของออกซิเจนละลายในน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ที่ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 4 mg/L ซึ่งถ้าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำกว่า 1 mg/L เป็นเวลานาน ๆ ส่งผลทำให้ปลาตายได้ (มั่นสิน และไพพรรณ, 2544) สาเหตุที่ทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ เนื่องมาจากในการเลี้ยงครั้งนี้ ได้ใช้น้ำดิบที่มาจากบ่อบาดาล ซึ่งทำให้ปลอดจากเชื้อโรค แต่คุณสมบัติของน้ำบาดาลจะมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำ ต้องมีการปรับคุณภาพน้ำก่อนน้ำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งในการทดลอง คณะผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มออกซิเจนละลายในน้ำด้วยเช่นเดียวกัน แต่ยังคงไม่สามารถช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำได้ ในการเลี้ยงสัตว์น้ำด้วยระบบน้ำหมุนเวียน จะมีการสะสมของสารอินทรีย์ในกลุ่มสารประกอบไนโตรเจนในปริมาณมาก โดยสารอินทรีย์เหล่านี้ ได้มาจากการขับถ่ายของสัตว์น้ำ ถ้าระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน มีความสมดุล จะมีแบคทีเรียกลุ่มไนโตรโซโมแนสและไนโตรแบคเตอร์ เป็นตัวเปลี่ยนรูปสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ เป็นสารประกอบที่มีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำน้อยกว่า ได้แก่ ไนเตรท ซึ่งพืช สามารถดึงนำไนเตรทในน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้มีปริมาณของออกซิเจนละลายในน้ำต่ำลง เพราะ มีการใช้ออกซิเจนในน้ำสูง จากปลาดุก และแบคทีเรียนั่นเอง แต่เนื่องจากปลาดุกเป็นสัตว์น้ำที่มีอวัยวะช่วยหายใจ ที่เรียกว่า เดนไดรท์ จึงทำให้ปลาดุกลูกผสมไม่ตายในการทดลองครั้งนี้ (ส่งศรี, 2533 ; วิรัช, 2544) และในการศึกษาของยุทธนา และคณะ (2553) ที่พบว่า สามารถเลี้ยงปลาดุกลูกผสมในร่องสวนปาล์มน้ำมันที่มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำต่ำได้

ตารางที่ 5 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

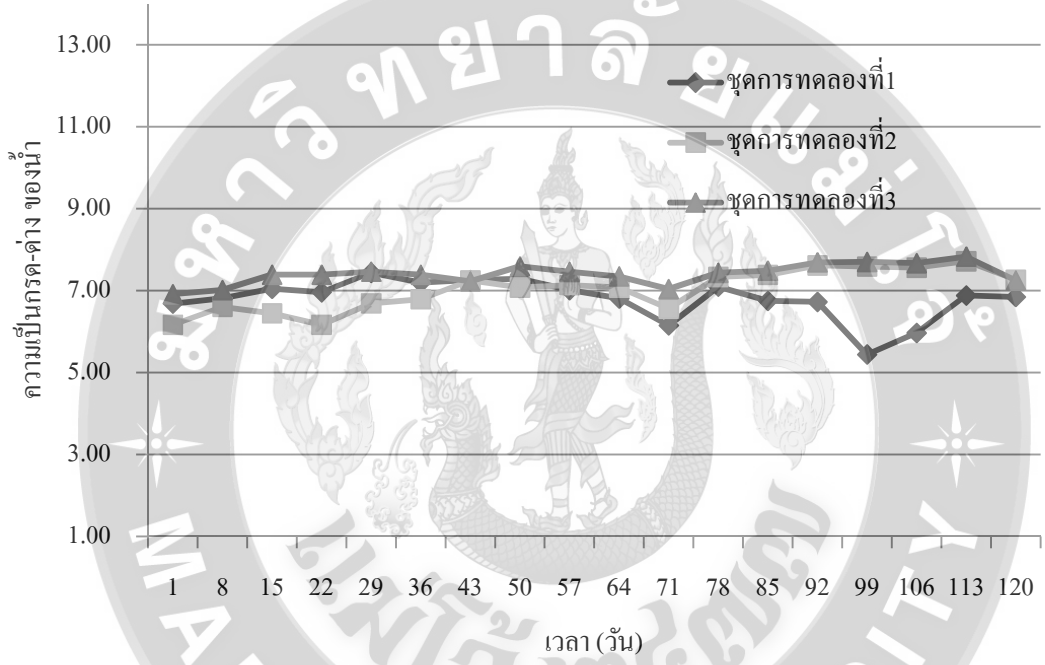
เวลา (วัน)	ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์			P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
1	2.74±0.46[a]	1.85±0.05[b]	0.89±0.23[c]	0.001
8	0.54±0.04[a]	1.72±0.07[b]	1.03±0.02[c]	0.000
15	0.63±0.04[a]	1.11±0.04[b]	0.55±0.18[c]	0.000
22	0.47±0.02[a]	1.33±0.38[b]	0.40±0.05[a]	0.011
29	0.46±0.03[a]	0.41±0.02[a]	0.52±0.16[a]	0.451
36	0.25±0.06[a]	0.24±0.05[a]	0.21±0.02[a]	0.612
43	0.27±0.02[a]	0.21±0.03[a]	0.21±0.01[a]	0.069
50	0.39±0.28[a]	0.17±0.04[a]	0.23±0.02[a]	0.266
57	0.23±0.04[a]	0.29±0.15[a]	0.17±0.07[a]	0.429
64	0.03±0.02[a]	0.04±0.02[a]	0.05±0.01[a]	0.356
71	0.23±0.04[a]	0.13±0.03[a]	0.36±0.34[a]	0.464
78	0.21±0.01[b]	0.10±0.02[a]	0.11±0.01[a]	0.000
85	1.37±0.21[a]	0.51±0.81[a]	0.04±0.00[a]	0.095
92	0.32±0.35[a]	0.85±0.70[a]	0.40±0.32[a]	0.479
99	2.78±0.46[b]	1.25±0.57[a]	0.81±0.71[a]	0.040
106	3.63±0.52[b]	0.98±0.43[a]	0.20±0.17[a]	0.000
113	1.19±1.41[a]	0.68±0.37[a]	0.73±0.58[a]	0.751
120	0.72±0.21[a]	1.18±0.05[b]	0.27±0.18[c]	0.002

หมายเหตุ อักษร a, b c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)



ภาพที่ 5 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ความเป็นกรด - ด่างของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยพบว่า ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำตลอดการทดลองในชุดการทดลองที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 6.15 – 7.44 ชุดการทดลองที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 6.17 – 7.62 และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าอยู่ในช่วง 6.91 – 7.83 (ตารางที่ 6 และภาพที่ 6) ความเป็นกรด – เป็นด่างของน้ำ ในการทดลองครั้งนี้มีความเหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งควรมีค่าอยู่ในช่วง 6.5 – 9 (มั่นสิน และไพพรรณ, 2544)



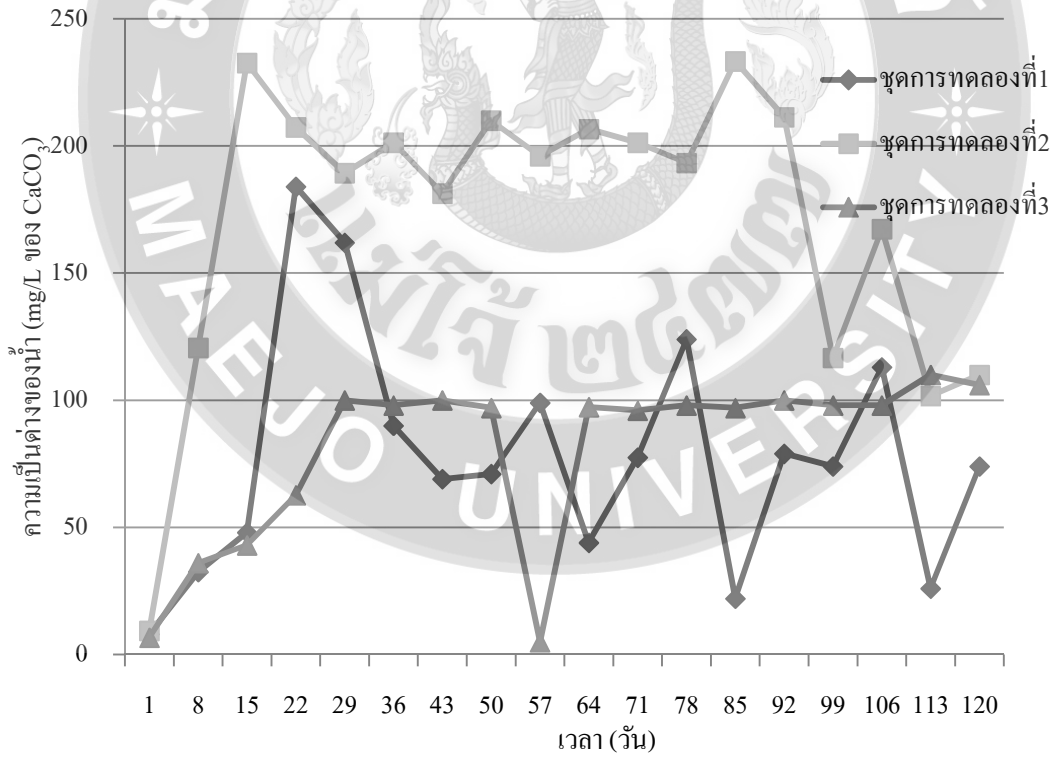
ภาพที่ 6 ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ตารางที่ 6 ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

เวลา (วัน)	ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์			P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
1	6.68±0.014^{b}	6.17±0.083^{a}	6.91±0.146^{b}	0.001
8	6.81±0.127	6.60±0.075	7.01±0.051	-
15	7.05±0.106	6.45±0.065	7.39±0.144	-
22	6.96±0.085^{a}	6.17±0.083^{b}	7.39±0.245^{c}	0.001
29	7.44±0.049^{b}	6.69±0.131^{a}	7.46±0.110^{b}	0.001
36	7.20±0.290^{b}	6.79±0.139^{a}	7.39±0.056^{b}	0.015
43	7.26±0.177^{a}	7.25±0.021^{a}	7.23±0.564^{a}	0.996
50	7.29±0.127^{ab}	7.07±0.178^{a}	7.59±0.072^{b}	0.014
57	7.01±0.092^{a}	7.13±0.064^{a}	7.46±0.175^{b}	0.022
64	6.81±0.085^{a}	7.07±0.184^{b}	7.35±0.104^{c}	0.004
71	6.15±0.099^{a}	6.56±0.044^{a}	7.04±0.491^{a}	0.067
78	7.10±0.064^{a}	7.33±0.046^{a}	7.44±0.287^{a}	0.224
85	6.75±0.212^{a}	7.38±0.135^{b}	7.49±0.172^{b}	0.011
92	6.73±0.120^{a}	7.62±0.190^{b}	7.69±0.219^{b}	0.005
99	5.44±0.255^{a}	7.59±0.150^{b}	7.70±0.168^{b}	0.000
106	5.97±0.262^{a}	7.56±0.026^{b}	7.67±0.130^{b}	0.000
113	6.88±0.071^{a}	7.72±0.093^{b}	7.83±0.115^{b}	0.000
120	6.85±0.205^{a}	7.26±0.127^{b}	7.25±0.121^{b}	0.046

หมายเหตุ อักษร a b ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ความเป็นด่างของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ของทั้ง 3 ชุดทดลอง พบว่า ในช่วง 15 วันแรกของการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 มีปริมาณความเป็นด่างไม่เกิน 48 mg/L ของ $CaCO_3$ และชุดการทดลองที่ 3 มีปริมาณความเป็นด่างไม่เกิน 43 mg/L ของ $CaCO_3$ แต่ในชุดการทดลองที่ 2 กลับพบว่า เริ่มต้นของการทดลองมีปริมาณความเป็นด่างต่ำมาก แต่ปริมาณความเป็นด่างจะเพิ่มสูงขึ้นและมีความเหมาะสมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำ คือ มีปริมาณไม่ต่ำกว่า 80 mg/L ของ $CaCO_3$ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 7) สาเหตุที่ทำให้เกิดการเพิ่มของปริมาณความเป็นด่างในน้ำ เช่น การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ถ้ามีค่าต่ำกว่า 6.5 จะทำให้ไบคาร์บอเนต เปลี่ยนรูปเป็นกรดคาร์บอนิกส์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความเป็นด่างของน้ำมีผลต่อสัตว์น้ำในทางอ้อม ซึ่งเกี่ยวข้องกับศักยภาพที่จะจำกัดผลผลิตเบื้องต้น ค่าความเป็นด่างสูงแสดงว่ามีแหล่งสำรองของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำต้องการใช้สารอนินทรีย์คาร์บอนสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง



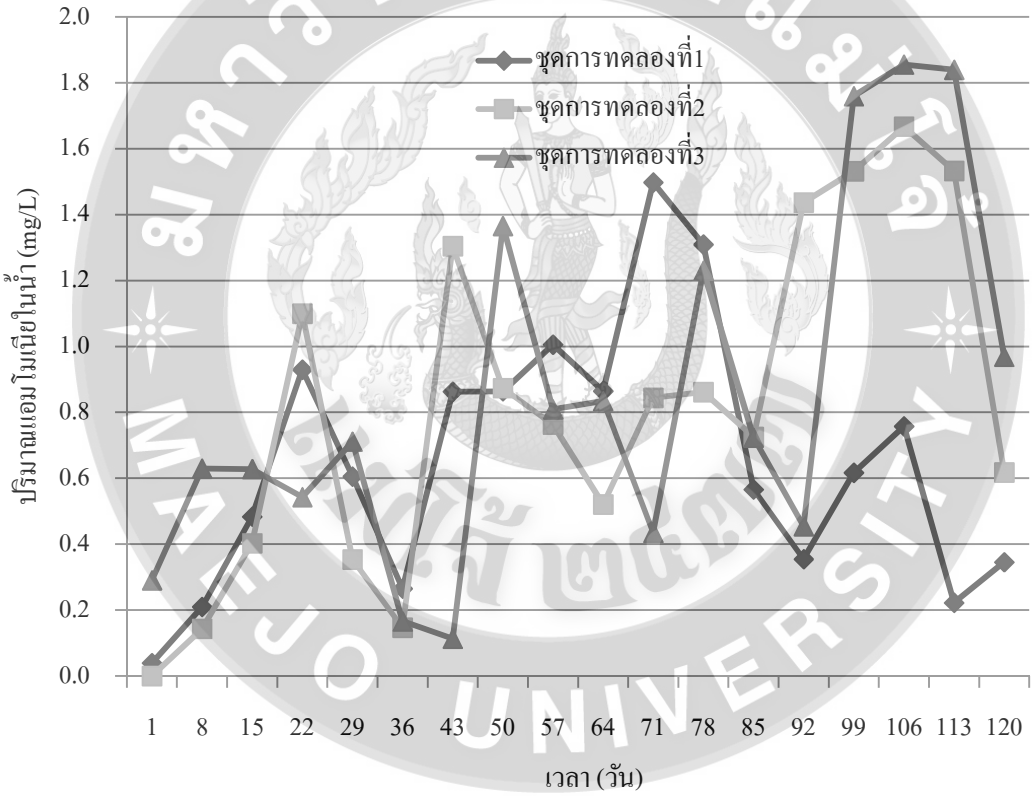
<u>ภาพที่ 7</u> ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L ของ $CaCO_3$) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ตารางที่ 7 ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L ของ $CaCO_3$) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

เวลา (วัน)	ความเป็นด่างของน้ำ (mg/L ของ $CaCO_3$) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์			P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
1	8±2.8[a]	9±4.2[a]	7±3.1[a]	0.670
8	33±3.5[a]	121±7.0[b]	36±8.7[a]	0.000
15	48±8.5[a]	233±11.4[b]	43±1.0[a]	0.000
22	184±19.8[b]	207±40.5[b]	63±20.8[a]	0.004
29	162±22.6[b]	189±18.5[b]	100±0.0[a]	0.002
36	90±31.1[a]	201±18.0[b]	98±2.0[a]	0.001
43	69±26.9[a]	181±18.0[b]	100±2.0[a]	0.001
50	71±15.6[a]	210±36.1[b]	97±1.0[a]	0.002
57	99±1.4[a]	196±5.3[b]	97±1.2[a]	0.000
64	44±5.7[a]	207±11.5[b]	96±3.5[c]	0.000
71	78±3.5[a]	201±22.0[b]	98±2.0[a]	0.000
78	124±22.6[a]	193±15.3[b]	97±2.6[a]	0.001
85	22±2.8[a]	233±41.6[b]	100±2.0[c]	0.001
92	79±12.7[a]	211±28.0[b]	98±2.0[a]	0.001
99	74±8.5[a]	117±32.1[a]	98±2.0[a]	0.172
106	113±46.7[a]	167±56.6[a]	110±10.0[a]	0.276
113	26±11.3[a]	102±2.9[b]	106±6.0[b]	0.000
120	74±28.3[a]	110±10.0[a]	72.7±29.1[a]	0.190

หมายเหตุ อักษร a b c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพรนิกส์ พบว่า ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจนของน้ำเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 0.3 ± 0.09 mg/L ในชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 0.6 ± 0.41 mg/L และชุดการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1.0 ± 0.47 mg/L (ตารางที่ 8 และภาพที่ 8) ธาตุไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย สามารถนำไปใช้ได้โดยพืชน้ำ และสาหร่าย หรือเปลี่ยนเป็นไนเตรท ผ่านกระบวนการไนทริฟิเคชั่น โดยแบคทีเรียไนโตรโซโมแนส เปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรท์ และไนโตรแบคเตอร์ เปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนเตรท ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดได้เร็วเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นกรด หรือ pH อยู่ระหว่าง 7 – 8 และอุณหภูมิ 25 – 35 องศาเซลเซียส (วิรัช, 2544)



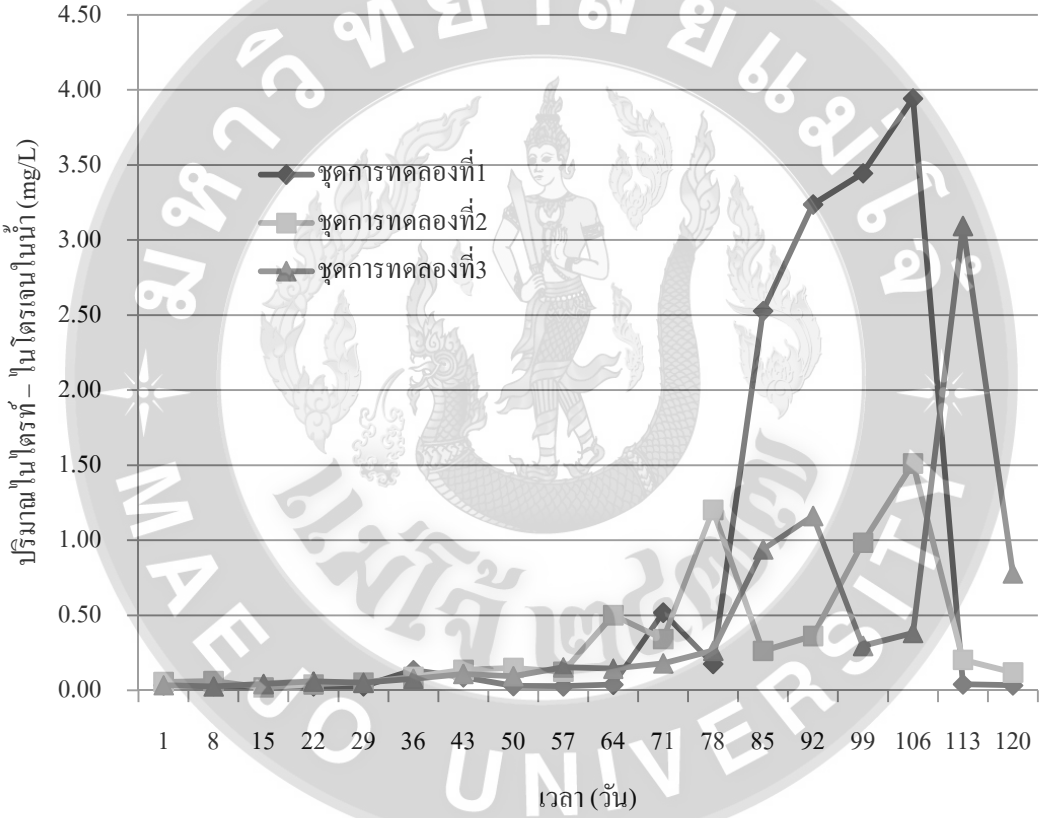
ภาพที่ 8 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ตารางที่ 8 ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

เวลา (วัน)	ปริมาณแอมโมเนีย – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์			P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
1	0.0±0.01[a]	0.0±0.00[a]	0.3±0.20[a]	0.078
8	0.2±0.04[a]	0.1±0.04[a]	0.6±0.41[a]	0.095
15	0.5±0.10[a]	0.4±0.07[a]	0.6±0.15[a]	0.142
22	0.9±0.10[a]	1.1±0.12[a]	0.5±0.15[b]	0.009
29	0.6±0.04[b]	0.4±0.05[a]	0.7±0.14[b]	0.018
36	0.3±0.16[a]	0.1±0.09[a]	0.2±0.00[a]	0.410
43	0.9±0.96[a]	1.3±0.52[a]	0.1±0.00[a]	0.102
50	0.9±0.07[a]	0.9±0.30[a]	1.4±0.40[a]	0.201
57	1.0±0.24[a]	0.8±0.63[a]	0.8±0.24[a]	0.828
64	0.9±0.09[a]	0.5±0.20[a]	0.8±0.11[a]	0.079
71	1.5±0.04[a]	0.8±0.24[b]	0.4±0.05[c]	0.002
78	1.3±0.01[a]	0.9±0.27[a]	1.2±1.05[a]	0.735
85	0.6±0.11[a]	0.7±0.26[a]	0.7±0.06[a]	0.580
92	0.4±0.33[a]	1.4±0.26[b]	0.5±0.04[a]	0.004
99	0.6±0.01[a]	1.5±0.34[b]	1.8±0.30[b]	0.018
106	0.8±0.10[a]	1.7±0.38[b]	1.9±0.17[b]	0.014
113	0.2±0.01[a]	1.5±0.70[b]	1.8±0.38[b]	0.039
120	0.3±0.09[a]	0.6±0.41[a]	1.0±0.47[a]	0.296

หมายเหตุ อักษร a b c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน ในน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ พบว่า ปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน ของน้ำจะเริ่มสูงขึ้นในทุกชุดการทดลอง ในวันที่ 64 ของการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1 เท่ากับ 0.04 ± 0.028 mg/L ชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 0.50 ± 0.275 mg/L และชุดการทดลองที่ 3 เท่ากับ 0.15 ± 0.046 mg/L (ตารางที่ 9 และภาพที่ 9) จากกระบวนการ Nitrification ถ้าน้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายอย่างเพียงพอจะทำให้ปริมาณไนไตรท์เปลี่ยนไปเป็นไนเตรท (พงษ์เชฏฐ์, ม.ป.ป.) ซึ่งทำให้สารประกอบไนโตรเจนไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ



ภาพที่ 9 ปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ตารางที่ 9 ปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

เวลา (วัน)	ปริมาณไนไตรท์ – ไนโตรเจน ในน้ำ (mg/L) ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์			P - value
	ชุดการทดลองที่ 1	ชุดการทดลองที่ 2	ชุดการทดลองที่ 3	
1	0.04±0.007[a]	0.06±0.006[a]	0.03±0.015[a]	0.087
8	0.03±0.000[a]	0.06±0.017[b]	0.03±0.006[a]	0.033
15	0.02±0.007[a]	0.02±0.000[a]	0.04±0.006[b]	0.005
22	0.03±0.000[a]	0.04±0.010[ab]	0.06±0.010[b]	0.031
29	0.03±0.014[a]	0.05±0.006[a]	0.05±0.006[a]	0.064
36	0.14±0.035[a]	0.09±0.036[a]	0.08±0.020[a]	0.218
43	0.09±0.106[a]	0.14±0.053[a]	0.11±0.020[a]	0.618
50	0.03±0.014[a]	0.15±0.070[a]	0.09±0.021[a]	0.091
57	0.03±0.015[a]	0.12±0.012[b]	0.15±0.025[b]	0.002
64	0.04±0.028[a]	0.50±0.275[a]	0.15±0.046[a]	0.064
71	0.52±0.092[b]	0.34±0.097[ab]	0.18±0.047[a]	0.016
78	0.18±0.021[a]	1.20±1.204[a]	0.26±0.110[a]	0.304
85	2.53±0.749[a]	0.27±0.142[b]	0.94±0.360[b]	0.005
92	3.24±4.221[a]	0.36±0.174[a]	1.16±0.504[a]	0.334
99	3.45±4.363[a]	0.98±0.817[a]	0.30±0.110[a]	0.302
106	3.94±4.879[a]	1.51±1.214[a]	0.38±0.161[a]	0.323
113	0.04±0.028[a]	0.21±0.208[a]	3.10±4.222[a]	0.389
120	0.03±0.028[a]	0.12±0.115[a]	0.78±0.716[a]	0.211

หมายเหตุ อักษร a b c ที่เหมือนกันในแนวนอน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

สรุปผลการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปลาดุกลูกผสมที่ผ่านการบำบัดน้ำด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์สามารถทำได้เป็นอย่างดีในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมร่วมกับการปลูกผักบุ้งจีนในบ่อบำบัดน้ำ ผักบุ้งจีนสามารถช่วยบำบัดน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสม โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนในน้ำ ทำให้เราไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยระบบน้ำหมุนเวียน ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 3 เดือน

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2543. จาก http://www.doae.go.th/Library/html/detail/bcatfish/index.htm [2 สิงหาคม 2553]

กมลวรรณ ศุภวิญญู. 2548. **ปริมาณแร่ธาตุบางชนิดในกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนที่อนุบาลด้วยระบบกรองน้ำหมุนเวียน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2549. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2547**. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพ.

ชูสินธ์ ชนะสิทธิ์, สมหมาย เชี่ยววารีสัจจะ และอุดม พืชน์ไพบูลย์. 2550. **การเลี้ยงหอยเป๋าฮื้อระยะวัยรุ่นโดยใช้ระบบน้ำหมุนเวียน**. บทคัดย่อสัมมนาวิชาการด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง.

ธนสรณ์ รักดนตรี. 2549. **การศึกษาระบบการปลูกผักบุ้งน้ำแบบผสมผสานควบคู่กับการเลี้ยงปลาสลิดเปรียบเทียบระหว่างระบบการใช้สารอินทรีย์กับระบบการใช้สารอินทรีย์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงศ์เชฎฐ์ พิชิตกุล. ม.ป.ป.. **การวิเคราะห์น้ำ**. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และไพพรรณ พรประภา. 2544. **การจัดการคุณภาพน้ำและการบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ.** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ยุทธนา สว่างอารมย์, กมลวรรณ ศุภวิญญู และณิชาพล แก้วชฎา. 2553. **ผลของการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมร่วมกับปลานิลในสวนปาล์มน้ำมัน.** รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์, เครือข่ายการวิจัยและนวัตกรรม เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สกอ. 79 น.

ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, นิคม ละอองศิริวงศ์ และภาสกร ถมพลกรัง. 2554. **การพัฒนาการเลี้ยงปลากะรังด้วยระบบน้ำหมุนเวียน และบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ**. สถาบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, สงขลา.

วิรัช จิ๋วแหยม. 2544**. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

วิรัตน์ เอี้ยสกุล. 2536. **ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบุ้งจีน.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิเศษ อัครวิทยากุล. 2536. **ปลาดุกบิ๊กอุย.** โครงการหนังสือเกษตรชุมชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิทย์ ธารชลานุกิจ, เวียง เชื้อโพธิ์หัก, ประวิทย์ สุรนีรนาถ และ อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2525. **การเพาะเลี้ยงปลาดุกอุย.** คณะประมง,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีรพงศ์ ตรีผ่องงาม. 2528. **อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักบุ้งจีนในดินชุดกำแพงแสน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุทิน สมบูรณ์ ณรงค์เดช เขียวสะ วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย และวิชิต เสมาชัย. 2548. **อัตราการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในการเลี้ยงปลาดุกลูกผสมด้วยอาหารสดจากไส้ไก่ผสมซี่โครงไก่.** ประชุมวิชาการ ครั้งที่43. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุรังสี ทัพพะรังสี. 2548. **การอนุบาลกุ้งก้ามกรามวัยอ่อนในระบบกรองน้ำหมุนเวียน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ส่งศรี มหาสวัสดิ์. 2533. **สรีรวิทยาสัตว์น้ำ.** ภาควิชาชีววิทยา, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 185 น.

สมภพ ฐิตะวสันต์. 2537. **หลักการผลิตผัก.** สำนักพิมพ์รั้วเขียว. กรุงเทพฯ

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2533. **การเจริญพัฒนาของไข่ปลาดุกและปัญหาพ่อแม่พันธุ์.** เอกสารประกอบการบรรยายในการประชุม A/C. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 9 น.

Andreas G.and R. Junge. 2009. Aquaponic Systems : Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination** 246 : 147 – 156.

APHA, AWWA and WEF. 1995. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 19th ed. United Book Press, Maryland.

Boyd C. E. 1985. Chemical budgets for channel catfish ponds. **Transaction of American Fishery Society** 114 : 291 – 298.

Domon E. S., R. R. Stickney and R. B. Walker. 1997. Nutrient dynamics in integrated aquaculture – hydroponics systems. **Aquaculture** 60 : 215 – 237.

Hu M. H., Y. S. Ao, X. E. Yang and T. Q. Li., 2008. Treating eutrophic water for nutrient reduction using an aquatic macrophyte (Ipomoea aquatic Forsskal) in a deep flow technique system. **Agricultureal Water Management** 95 : 607 – 615.

Jaap v. R. 1996. The potential for integrated biological treatment system in recirculation fish culture – A review. **Aquaculture** 139 : 181 – 201.

ภาคผนวก ก.

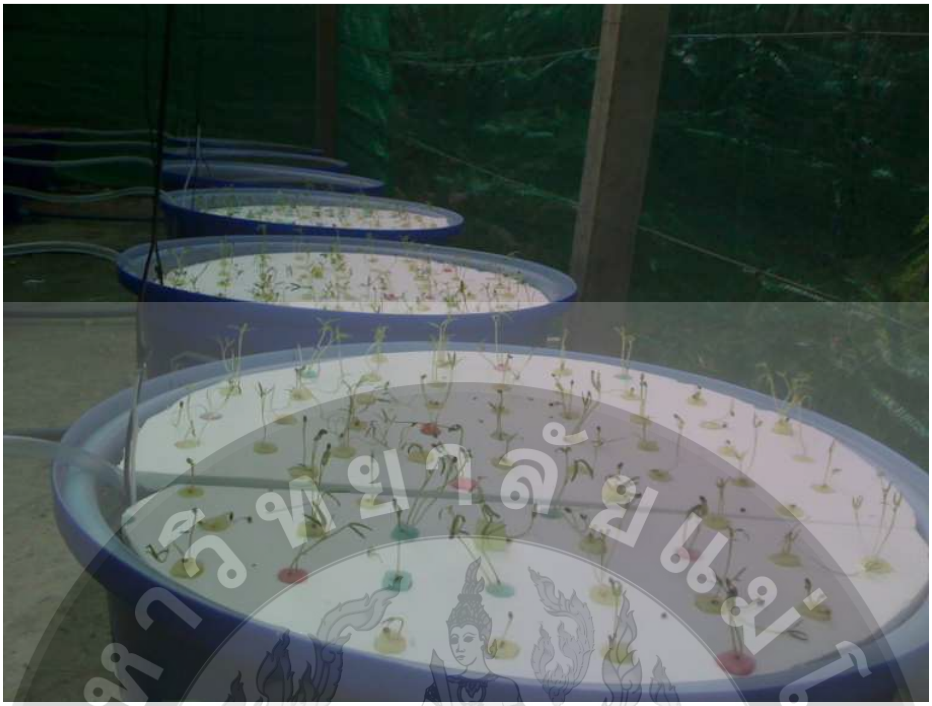
ภาพผนวกที่ 1 การวางผังบ่อเลี้ยงปลาดุกลูกผสมกับบ่อบำบัดน้ำด้วยผักไฮโดรโพนิกส์

ภาพผนวกที่ 2 การแช่เมล็ดผักกาดหอม เพื่อเตรียมปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

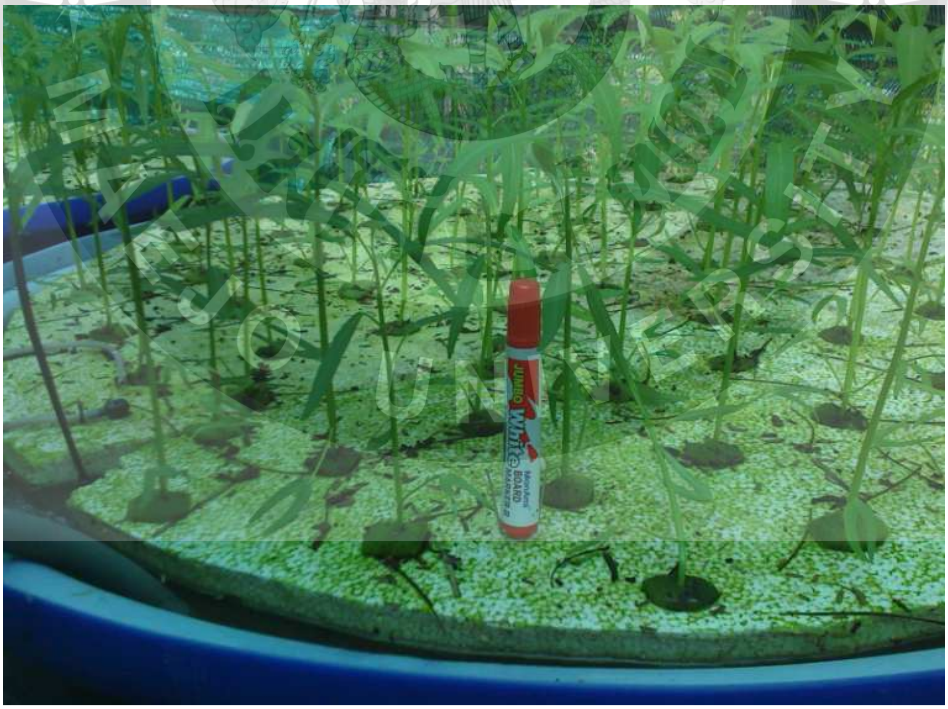
ภาพผนวกที่ 3 วิธีการเตรียมเมล็ดผักบุ้งที่เริ่มออกราก มาหุ้มด้วยฟองน้ำเพื่อลงปลูก

ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะการอนุบาลผักกาดหอม ก่อนการลงปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

ภาพผนวกที่ 5 การชั่งวัดน้ำหนักผักบุ้งหลังการเก็บเกี่ยว และการเตรียมเมล็ดผักบุ้งเพื่อปลูกรอบที่ 2



ภาพผนวกที่ 6 รูปแบบลักษณะการปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์



ภาพผนวกที่ 7 เปรียบเทียบขนาดต้นผักบุ้งที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะลำต้นผักบุ้งหลังการเก็บเกี่ยว

ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะต้นผักกาดหอมที่ไม่เข้ากอ เมื่อปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์

ภาพผนวกที่ 10 การสร้างหลังคา และกางมุ้ง เนื่องจากมีหนอนมากัดกินผัก

ภาพผนวกที่ 11 หนอนที่พบในระหว่างการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์

ภาพผนวกที่ 12 จำนวนหนอนที่พบในการปลูกผัก

ภาพผนวกที่ 13 ขนาดปลาดุกลูกผสม เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงด้วยระบบผักไฮโดรโพนิกส์

ภาพผนวกที่ 14 การทำความสะอาดบริเวณทดลอง