รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการใช้มูลปลานิลต่อคุณค่าอาหารของแหนแดง และแหนเป็ด
Effect of using manure of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on nutrition of water fern, *Azolla pinnata* and duck weed, *Lemna polyrhiza*

นายสมชาย หวังวิบูลย์กิจ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ ผลของการใช้มูลปลานิลต่อคุณค่าอาหารของแหนแดง และแหนเป็ด
แหล่งเงิน งบรายได้คณะเทคโนโลยีการเกษตร
ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 20,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556
หัวหน้าโครงการ นายสมชาย หวังวิบูลย์กิจ
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระลาดบัง

บทคัดย่อ

การนำมูลปลานิลมาใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยเลี้ยงแหนแดง และแหนเป็ด โดยมีวัตถุประสงค์ศึกษาการเจริญเติบโต คุณค่าโภชนาการของแหนแดง และแหนเป็ด แบ่งการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง โดยใช้ปริมาณความเข้มข้นของมูลปลานิล 0.0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ผสมกับปุ๋ยเคมี ผลการทดลองพบว่าคุณค่าโภชนาการของแหนแดง และแหนเป็ด มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ในแหนแดงที่เลี้ยงในมูลปลาความเข้มข้นที่ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณสูงสุด 26.05±1.33% 24.63±1.46% และ 2.49±0.09% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความเข้มข้นของมูลปลามากขึ้นจะส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาของแหนแดง และแหนเป็ดเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: มูลปลานิล, คุณค่าอาหาร, แหนแดง, แหนเป็ด

b 0002 73521
i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Effect of using manure of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on nutrition of water fern, *Azolla pinnata* and duck weed, *Lemna polyrhiza*

Researcher: Somchai Wangwibulkit

Faculty: Agricultural technology Department: Fisheries Science

Abstract

Using tilapia manure as fertilizer cultured water fern, *Azolla pinnata* and duck weed, *Lemna polyrhiza*. The aim was to study the growth and nutrition of azolla and duckweed were divided into five treatments of experiment, using concentrations of tilapia manure 0.0, 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8 milligrams per litre. Mixed with fertilizer. The results showed that the nutrition of azolla and duckweed protein, carbohydrate and lipid in azolla cultured in tilapia manure concentrations of 0.8 milligrams per litre. Maximum amount of 26.05±1.33%, 24.63±1.46% and 2.49±0.09%, respectively, also found that when the increasing tilapia manure concentration will result in increasing protein, carbohydrate and lipid of Azolla and duckweed.

Keyword: nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, nutrition, water fern, *Azolla pinnata*, duck weed, *Lemna polyrhiza*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แหล่งทุนงบรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

นายสมชาย หวังวิบูลย์กิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	12
บทที่ 4 ผลการวิจัย	14
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย	18
บรรณานุกรม	19
ประวัติคณะผู้วิจัย	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเจริญเติบโต ค่าความหนาแน่น ผลผลิต ฟอสฟอรัสและไนโตรเจนของแหนแดง	5
2	คุณค่าทางอาหารของแหนที่แตกต่างกัน (น้ำหนักแห้ง)	8
3	น้ำหนักสดและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของ แหนแดง น้ำหนักสดและเปอร์เซ็นน้ำหนักแห้งของแหนเป็ด	14
4	น้ำหนักสดและเปอร์เซ็นน้ำหนักแห้งของแหนเป็ด	15
5	ปริมาณโปรตีนของแหนแดง แหนเป็ด และไข่น้ำ ที่ความเข้มข้น 0.0, 0.4 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร	17

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของต้นแหนแดง (*Azolla pinnata*)	3
2	ลักษณะทั่วไปของแหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*)	4
3	การเพิ่มน้ำหนักของแหนแดง (กรัม) ในแหล่งน้ำและอุณหภูมิที่ต่างกัน	5
4	ความสัมพันธ์ของอัตราการโตที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันของ (a) *L. minuta* และ (b) *L. minor* ที่ระดับธาตุอาหารสูง (สีดำ) ธาตุอาหารปานกลาง (สีเทา) ธาตุอาหารน้อย (สีขาว) ตามลำดับ	7
5	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์	8
6	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำที่แตกต่างกัน	9
7	ความแตกต่างของปริมาณไนเตรทของน้ำหนัก *Wolffia arrhiza* และระยะเวลา	10
8	ความแตกต่างค่าฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) ของน้ำหนัก *Wolffia arrhiza* เมื่อระยะเวลาผ่านไป	11
9	ปริมาณ TKN ของน้ำหนัก *Wolffia arrhiza* ในระยะเวลา 30 วัน	11
10	น้ำหนักแห้งของแหนแดง และแหนเป็ด ที่ความเข้มข้นมูล 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร	15
11	แหนแดงสดและแหนแดงอบแห้ง	16
12	แหนเป็ดสดและแหนเป็ดอบแห้ง	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มูลปลานิลที่เกิดจากการเลี้ยงเป็นของเสียที่ยังมีธาตุอาหารสำหรับการเติบโตของพืชตกค้างอยู่มาก ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ แทนการปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและเป็นวิธีที่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้ทางหนึ่ง โดยนำมูลปลานิลมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์แทนปุ๋ยเคมีเพื่อเลี้ยงแหนแดงและแหนเป็ด โดยวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการของแหนแดง และแหนเป็ดเพื่อดูความเหมาะสมในการนำแหนแดงและแหนเป็ดมาไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงปลากินพืช ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการใช้อาหารสำเร็จรูปส่วนหนึ่ง

ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบคุณค่าอาหารของแหนแดงและแหนเป็ดที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิล ซึ่งเป็นของเสียจากการเลี้ยงมาใช้เป็นธาตุอาหารสำหรับการเติบโตของแหนแดงและแหนเป็ด ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และเป็นวิธีที่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมได้ทางหนึ่ง และเป็นประโยชน์ในการนำข้อมูลคุณค่าอาหารของแหนแดงและแหนเป็ดที่เลี้ยงด้วยมูลปลานิลไปใช้เป็นอาหารปลากินพืชต่อไปทำให้สามารถลดต้นทุนในการใช้อาหารสำเร็จรูปได้ นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงปลากินพืช ตลอดจนสถาบันการศึกษาและหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณค่าอาหาร ได้แก่ ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ของแหนแดงและแหนเป็ดที่ใช้มูลปลานิลเป็นธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเลี้ยงง่ายและมีผู้นิยมบริโภค ในการเลี้ยงปลานิลควรมีการจัดการของเสียในระบบเพื่อช่วยลดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การนำของเสียจากการเลี้ยงปลานิลมาใช้ประโยชน์จะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา ของเสียจากปลาจะมีธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้เพื่อการเติบโตได้ (Forni et al., 1999) ในขณะที่ในน้ำจะมีพืชบางชนิดที่สามารถเติบโตและนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นอาหารสัตว์ได้ เช่น แหนแดงเป็นเฟิร์นน้ำ ขนาดเล็กลอยน้ำ ต้นแก่ที่ได้รับแสงแดดจัดจะทำให้ใบมีสีแดงเข้ม ส่วนต้นที่อ่อนหรือได้รับแสงน้อยจะมีสีเขียว แหนแดงแตกกิ่งกระจาย มีรากยาวอยู่ทางด้านใต้ของลำต้น ทั้งต้นและกิ่งมีใบขนาดเล็กปกคลุมเรียงสลับซ้อนกัน มีการสร้าง sporocrap 2-4 อัน ที่แกนของใบด้านใต้ใบ ภายในมีเมกะสปอร์และไมโครสปอร์ ในใบของแหนแดงมีโพรงขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นที่อาศัยของ *Anabenae* ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Anabenae*ได้รับสารอาหารจากแหนแดง ส่วนแหนแดงจะได้ไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจนของ *Anabenae* (Xu and Genxiang, 2011) องค์ประกอบของแหนแดงที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และเซลลูโลส แร่ธาตุ แหนแดงต้องการธาตุอาหารหลักที่สำคัญได้แก่ ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโปตัสเซียม และจุลธาตุที่สำคัญได้แก่ เหล็ก และ โมลิบดินัม ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ไนโตรจิเนส ในการตรึงไนโตรเจน แหนแดงสามารถมีชีวิตอยู่ได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 5–45องศาเซลเซียส เจริญได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 20–30 องศาเซลเซียส แหนแดงจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่มีแสงประมาณ 50–70 เปอร์เซ็นต์ของแสงสว่าง (Arora and Singh, 2003) พีเอชที่เหมาะสมที่แหนแดงเจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือ 4.0–5.5 ความลึกของน้ำความลึกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแหนแดงคือประมาณ 10 เซนติเมตร

แหนแดงเป็นพืชน้ำมีกระจัดกระจายอยู่ทั่วประเทศไทย เป็นทรัพยากรที่ใช้ไม่หมดสิ้น และแหนแดงมีโปรตีนสูง เน่าสลายปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้อย่างรวดเร็ว และสามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็วอีกด้วย มีประโยชน์ดังต่อไปนี้ ใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจน โดยที่ในโพรงใบแหนแดง สามารถดึงเอาไนโตรเจนจากอากาศมาใช้สำหรับการเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ แหนแดงมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) อยู่ระหว่าง 8–13 หลังถูกไถกลบ จะย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในระยะเวลาที่สั้นประมาณ 8 สัปดาห์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เร็วขึ้น ลดปริมาณวัชพืชในนาข้าว แหนแดงจะคลุมผิวน้ำป้องกันไม่ให้แสงแดดส่องลงไปในน้ำ ทำให้วัชพืชในน้ำเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ โครงสร้างของชีวมวลของแหนแดงมีหมู่คาร์บอกซิลและหมู่ฟอสเฟตจึงใช้เป็นตัวดูดซับโลหะหนักได้ โดยแหนแดงที่ทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมคลอไรด์จะดูดซับ ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดงและสังกะสีในน้ำเสียได้ดี (Ngah and Hanafiah, 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วไปของแหนแดง และแหนเป็ด

1. แหนแดง

แหนแดง (*Azolla pinnata*) ภาพที่ 1 เป็นพืชชนิดเดียวกับเฟิร์นที่มีลักษณะของท่อลำเลียงแบบ pteridophyte โดยทั่วไปแหนแดงสามารถตรึงไนโตรเจนได้จาก cyanobacterium ได้แก่ *Anabaena azoollae* ซึ่งอาศัยอยู่ในพืชมีการอยู่ร่วมกันแบบ symbiosis โดยแหนแดงมีลักษณะพิเศษบริเวณ macrophytes เพราะสามารถเติบโตได้ในน้ำที่มีค่าไนโตรเจนต่ำ พืชชนิดนี้สามารถดำรงอยู่ได้ตลอดปี ในบึง นา แหล่งน้ำ แม่น้ำ ปัจจุบันมีการใช้แหนแดงเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เนื่องจากมีความสามารถในการดึงไนโตรเจน และฟอสฟอรัสออกจากน้ำได้มีการเก็บสะสมโลหะได้จำนวนมากจึงทำให้มีการนำแหนแดงไปใช้ในการนำมาบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมืองที่มีการพัฒนามีประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมมาก

ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของต้นแหนแดง (*Azolla pinnata*)
ที่มา : http://www.market.onlineoops.com

2. แหนเป็ด

แหนเป็ด (*Lemna minor*) ภาพที่ 2 มีชื่อสามัญคือ duckweed จัดอยู่ใน Lemnaceae เป็นพืชลอยน้ำ ลักษณะทั่วไปมักพบเป็นแพ ลักษณะเป็นแผ่นใบเล็กๆ ลอยที่ผิวน้ำ มีรากเห็นเป็นเส้นดิ่งไม่แตกแขนง 1 เส้น ใบ อาจอยู่เดี่ยวๆ หรือเชื่อมกันเป็นกระจุก 2-5 ใบ สีเขียวอ่อนถึงสีม่วง แกมแดง รูปใบไม่สมมาตร รูปไข่กลับ หรือรูปไข่แกมขอบขนาน กว้าง 0.7-2.8 เซนติเมตร ยาว 1.2-4.8 มิลลิเมตร พบในประเทศเขตร้อนและเขตศูนย์สูตรของทวีปเอเชีย พบทั่วไปตามแหล่งน้ำจืด ตั้งแต่ระดับใกล้น้ำทะเลจนถึง 2,100 เมตร

การเจริญเติบโตของแหนแดง และแหนเป็ด

มูลปลานิลมีองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตในแหนแดง และแหนเป็ด เพราะมูลปลานิลนั้นมีองค์ประกอบหลักคือธาตุไนโตรเจน (N) ได้แก่ แอมโมเนีย (NH_3) เป็นได้ดี ซึ่ง N เป็นธาตุอาหารหลักของพืช Yang et al. (1996) ได้ทำการทดลองโดยการเลี้ยงปลานิลในกระชังพบว่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณของไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสในของเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งไนโตรเจนและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัสที่ถูกปล่อยออกมานั้นเป็นธาตุอาหารหลักในการใช้ธาตุอาหารเหล่านี้ในการเจริญเติบโตเมื่อนำมูลปลามาหมักจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์ซึ่งจะประกอบด้วยธาตุอาหารหลักคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซึ่งสามารถนำมาเป็นปุ๋ยช่วยในการเจริญเติบโต

ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของแหนเป็ดเล็ก (*Lemna minor*)
ที่มา : http://www.qsbg.org

การเจริญเติบโตของแหนแดง และแหนเป็ด ขึ้นอยู่กับอาหารหรือปุ๋ยที่มีอยู่ในน้ำ ซึ่งต้องการธาตุอาหารเช่นเดียวกับพืชโดยทั่วไป เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมต้องการพลังงานแสงเพื่อการสังเคราะห์แสงฤดูกาลและอุณหภูมิส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

Surjya (2011)รายงานว่าแหนแดงต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโตที่มีอัตราส่วน Molar 10:1 และ 16:1 จึงส่งผลให้แหนแดงมีการเจริญเติบโตที่ดีเมื่อไนโตรเจนมีไม่เพียงพอ แหนแดงสามารถทำให้ฟอสฟอรัสลดลงได้เนื่องจากแหนแดงความสามารถจากการตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศได้และดึงธาตุอาหารในน้ำเสียมาใช้เป็นปุ๋ยได้ทันที แหนแดงสามารถใช้เป็นตัวกรองชีวภาพได้โดยการกำจัดฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสียได้ดี Forni (2001) รายงานว่ามีการนำเสนอให้ใช้พืชน้ำเพื่อใช้ในการดึงไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น จึงได้มีการใช้พืชน้ำขนาดเล็ก (*Azolla* sp.) เลี้ยงในน้ำเสียโดยทำการเปรียบเทียบพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าเมื่อเทียบกับต้นไม้ชั้นสูงการสูญเสียธาตุอาหารที่สูงทำให้ประสิทธิภาพอัตราการเติบโตสูง การตรึงไนโตรเจนของ *Anabaena azoollae* ส่งผลต่อการขยายและเจริญเติบโตของแหนแดงทำให้แหนแดงมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ไนโตรเจนจึงเป็นส่วนสำคัญต่อผลผลิตที่แตกต่างกันในน้ำมีความแตกต่างกันนั้นก็ขึ้นกับธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นหลัก ถ้ามากเกินไปก็จะส่งผลทางด้านลบต่อการเจริญเติบโตโดยวิธีการ acetylene reduction activity (ARA) เป็นวิธีที่ใช้ในการทดสอบการตรึงไนโตรเจน (ตารางที่ 1) อัตราการเติบโตของแหนแดงในน้ำเสียในปุ๋ย Hoagland มีส่วนผสมของไนเตรท สังเกตได้จากการเจริญเติบโตของแหนแดงจะมีการเพิ่มขึ้นน้อยมาก ในขณะที่แหนแดงโตในปุ๋ย Hoagland เมื่อเทียบกับ Hoagland H-40 (control) พืชควบคุมคือไม่มีไนโตรเจนนั้นมีการยับยั้งไนโตรเจนที่มากเกินไปหรือ pH ที่มีค่าต่ำลง จนมีระดับ 3.4 ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

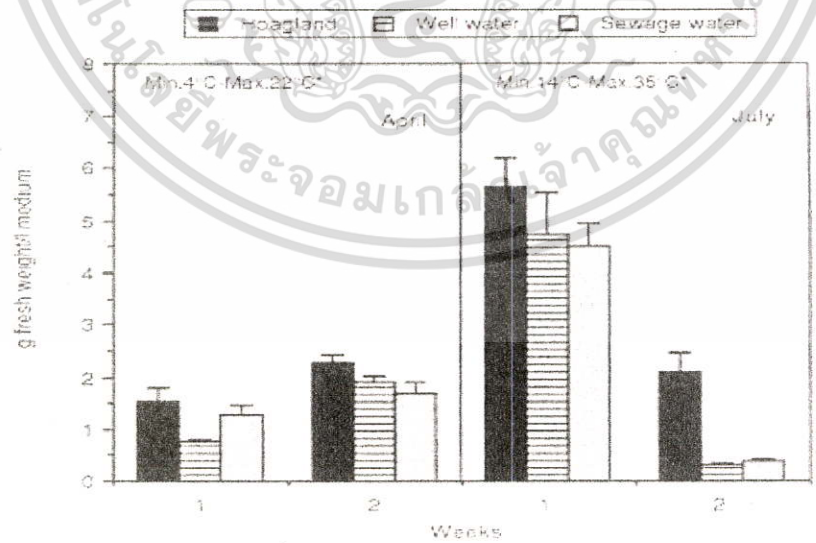
wastewater (น้ำเสีย) มีระดับปริมาณ pH สูงกว่าในแอมโมเนียไนโตรเจนถึงแม้ในน้ำเสียจะมีปริมาณ pH ลดลง (pH_{min}=3.8) เมื่อผลกระทบนี้ถึงเวลาสิ้นสุดจะไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจนที่ต่ำสุดของน้ำหนักแหนแดงพบ 40 $mgN\text{-}NO_3^- L^{-1}$ ปริมาณฟอสฟอรัสการเจริญเติบโตจะมีปริมาณคล้ายกับน้ำหนักของแหนแดงที่มีการเติบโตในธรรมชาติแต่ปริมาณไนโตรเจนมีค่าสูง (Costa et al., 2009)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโต ค่าความหนาแน่น ผลผลิต ฟอสฟอรัสและไนโตรเจนของแหนแดง

Assays	Growth rate (d^{-1})	Density ($g_{d.wt}.m^{-2}$)	Productivity ($g_{d.wt}.m^{-2}d^{-2}$)	Phosphorus (%)	Nitrogen (%)
Wastewater	0.124**	50.2	3.4	0.68	5.71
Hoagland H-40	0.122**	54.4	3.9	0.91	5.22
H-40+N-NO_3^--5	0.126 ±0.003**	62.3 ± 6.1	4.6	0.7	5.49
H-40+N-NO_3^--40	0.119 ±0.020*	53.0 ± 7.2	3.6	0.43	4.38
H-40+N-NH_4^+-40	0.100 ±0.006**	44.4 ± 5.0	2.8	0.6	6.09

ที่มา: Costa et al. (2009)

แหนแดงสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ตั้งแต่อุณหภูมิ 5–45 องศาเซลเซียส เจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 20–30 องศาเซลเซียส แหนแดงจะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่มีแสงสว่างประมาณ 50–70 เปอร์เซ็นต์ ค่า pH ที่เหมาะสมที่ 4.0–5.5 ความลึกของน้ำความลึกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของแหนแดงคือประมาณ 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 3 การเพิ่มน้ำหนักของแหนแดง (กรัม) ในแหล่งน้ำและอุณหภูมิที่ต่างกัน
ที่มา: Forni et al. (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Forni et al. (2001) ได้มีการทำการทดลองเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตได้มีการประเมินปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีการศึกษาน้ำทิ้ง น้ำสะอาด และปุ๋ย Hoagland ได้มีการศึกษาในฤดูใบไม้ร่วงและฤดูร้อน ผลการเจริญเติบโตพบว่าใน Hoagland มีน้ำหนักสดมากกว่าที่เลี้ยงด้วยน้ำสะอาดและน้ำทิ้ง ดังภาพที่ 3 Wimanwan at el (2553) ทำการศึกษาการตอบสนองของแหนเป็ดเล็กและแหนเป็ดใหญ่ภายใต้สภาวะไฮเพอร์ยูโทรฟิเคชันควบคุม ความเค็มและความเป็นกรดเบสของสารละลายคือระดับไนโตรเจนรวม (TN) มีค่าเท่ากับ 2 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และฟอสฟอรัสรวม (TP) มีปริมาณเท่ากับ 0.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเค็มและความเป็นกรดเบสของสารละลายอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นการเจริญเติบโตของแหนเป็ดลดลงเมื่อไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้นจาก 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักของแหนเป็ดได้มีการศึกษาโดย Josphine et al. (2011) เปรียบเทียบชนิดของแหนเป็ด 2 ชนิดคือ *Lemna minuta*และ *Lemna minor*โดยมีการเลี้ยงในธาตุอาหารที่แตกต่างกันที่ช่วง 63 ถึง 72 µmol m^{-2} โดยน้ำหนักนั้นได้มีการนำความหนาแน่นของทรีตเมนต์ทั้งหมดของ *L. minuta* ที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณเริ่มต้นเพื่อดูการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างกันโดยมีค่า 22.1±0.9, 13.8±1.1 และ 9.3±0.6 gm^{-2} มีค่าสูงสุด ปานกลางและต่ำสุดตามลำดับ ในทางกลับกัน *Lemna minor* มีค่าเพิ่มขึ้น 14.5±1.5, 15.9±0.9 และ 16.1±0.7 gm^{-2} ตามลำดับ ค่า ratio ของ *L. minuta* และ *L. minor* ทรีตเมนต์ที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือ 1.8±0.21 ซึ่งสูงกว่า 0.9±0.01 และระดับที่มีธาตุอาหารต่ำสุดคือ 0.8±0.04 (ภาพที่ 4)

การดึงธาตุอาหารไปใช้และอัตราการเจริญเติบโตของ duckweed ทั้ง 3 ชนิดคือ *Lemna gibba, Lemna minor* และ *Spirodela punctuate* มี 0.995 mg N/L-h, 0.129 mg P/L-h และ 1.33 g dry biomass/m^2-h เมื่อเปรียบเทียบ duckweed ทั้ง 3 ชนิด ในแหล่งน้ำเสียสามารถสรุปได้ว่า *L. gibba* และ *L. minor* ให้น้ำหนักได้ดีกว่าและมีการเจริญเติบโตได้ถึง 50% ของพื้นที่ (86.0 mg NH_4-N/L และ 25.3 mg PO_4-P/L) จากการดึงธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต (Jiele and Genxiang, 2011)

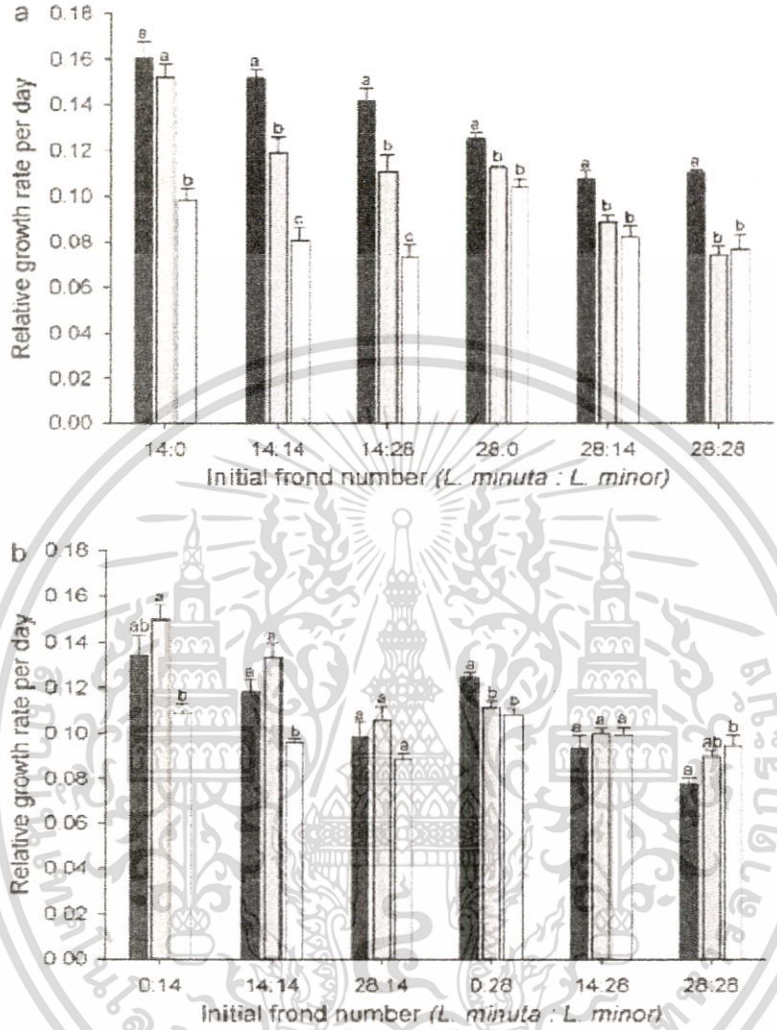
คุณค่าทางอาหารของแหนแดง แหนเป็ด และไข่น้ำ

แหล่งน้ำจะมีความแตกต่างของธาตุอาหารในน้ำที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่แตกต่างทางสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้น จากการทดลอง Surjiya (2011) ได้นำแหนแต่ละชนิดมาทำการอบและทำการชั่งน้ำหนักแห้งได้ค่าโปรตีน (crude protein) ไขมัน (crude fat) ไฟเบอร์ (crude fibre) และเถ้า (crude ash) (ตารางที่ 2) พบว่า แหนชนิด *Azolla pinnata* ให้คุณค่าอาหารที่เป็นโปรตีนมากที่สุดคือ 20.4% แหนชนิด *Azolla filiculoides* เป็นแหนที่มีคุณค่าทางไขมันมากที่สุดเมื่อเทียบกับแหนชนิดที่แตกต่างกันโดยมีค่าไขมันถึง 4.2% ส่วนค่าไฟเบอร์แหนชนิด*Azolla microphylla* ให้ไฟเบอร์มากถึง 15.8% และเถ้าแหนมีมากที่สุด เมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้ง *Azolla filiculoides* ซึ่งมีสูงถึง 18.5%

โปรตีนแหนแดง มีโปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้าแคลเซียมและฟอสฟอรัสเท่ากับ 20.2, 15.53, 2.80, 16,39, 1.14 และ 1.24 % ของแหนแดงอบแห้งตามลำดับ

คุณค่าทางโภชนาการของไข่น้ำพบว่า ไข่น้ำมีความชื้น 20-22% โปรตีน 17.88% ไขมัน 0.20% เถ้า 23.50% และคาร์โบไฮเดรต 38.2% และแคลเซียม 0.09% ไข่น้ำอบแห้งใน 100 กรัม ให้พลังงาน 8 กิโลแคลอรี่ เยื่อใย 0.3 กรัม ให้แคลเซียม 59 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของอัตราการโตที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันของ (a) *L. minuta* และ (b) *L. minor* ที่ระดับธาตุอาหารสูง (สีดำ) ธาตุอาหารปานกลาง (สีเทา) ธาตุอาหารน้อย (สีขาว) ตามลำดับ

ที่มา: Josphine et al. (2011)

แหนแดง และแหนเป็ด กับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

คุณภาพของน้ำเป็นตัวชี้วัดการเจริญเติบโตและน้ำหนักของแหนแดง และแหนเป็ด เนื่องจากแหล่งน้ำที่มีสารอาหารที่เหมาะสมที่ต้องการนำมาใช้ในการเจริญเติบโต และบ่งบอกถึงปริมาณของความเข้มข้นของไนเตรท ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และแอมโมเนีย ในแหล่งน้ำได้เมื่อมีการดึงธาตุอาหารในน้ำไปใช้โดยให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำมีทิศทางที่เปลี่ยนแปลงและแตกต่างกัน

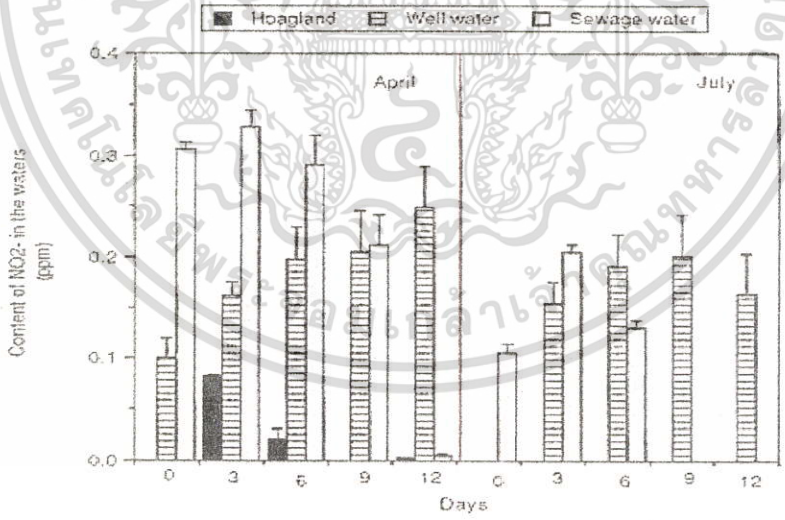
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของแหนที่แตกต่างกัน (น้ำหนักแห้ง)

Species	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Crude Fiber (%)	Crude Ash (%)
Azolla pinnata	20.4	3.3	15.5	17.2
Azolla microphylla	20.2	3.5	15.8	16.3
Azolla filiculoides	19.7	4.2	10.3	18.5
Azolla rubra	19.0	4.1	14.2	15.5
Azolla caroliniana	18.8	3.9	14.0	16.7
Azolla maxicana	18.6	3.8	15.1	17.2

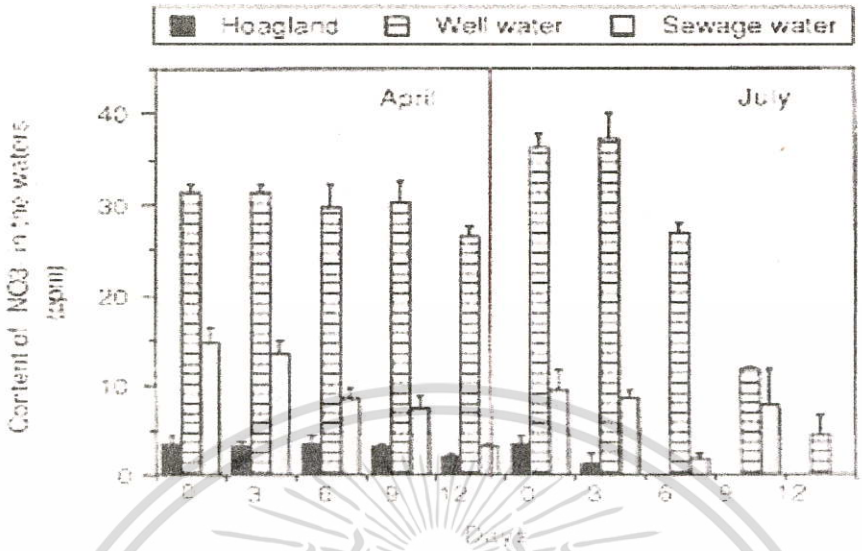
ที่มา: Narayan (2011)

Forni (2012) รายงานว่าการทำงานของเอมไซม์มีแนวโน้มที่ลดลง ความเข้มข้นของไนเตรทลดลง กระบวนการการเปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนเตรทหรือกระบวนการไนตริฟิเคชั่น พบว่ามีค่าสูงขึ้นจากเดือนกรกฎาคมในน้ำเสีย ปริมาณไนไตรท์ลดลงในขณะที่ไนไตรท์เพิ่มขึ้นจากน้ำเสีย และน้ำจากบ่อสามารถยืนยันได้ว่าแหนแดงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสีย
(ภาพที่ 5 และ 6)



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนไตรท์
ที่มา: Forni et al. (2012)

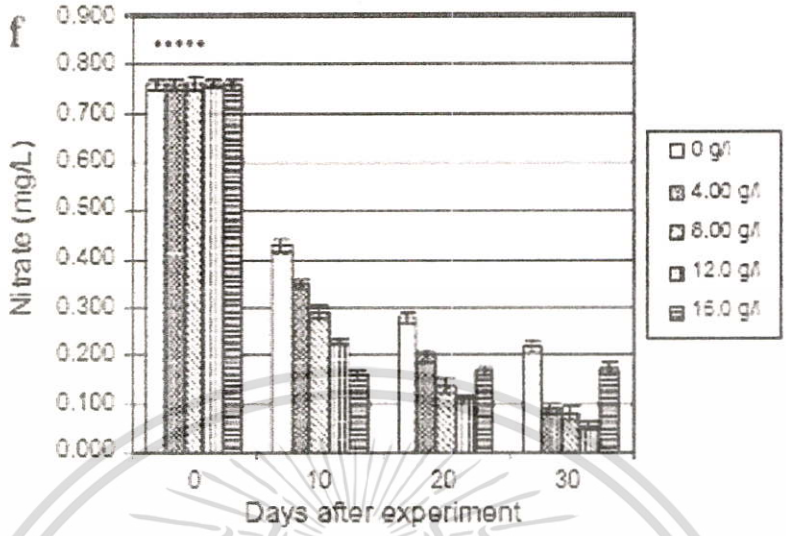
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทของน้ำที่แตกต่างกัน
ที่มา: Forni et al. (2012)

น้ำหนักที่แตกต่างของ *Wolffia arrhiza* และเวลาที่ใช้ในระดับที่แตกต่างกัน พบว่าไนเตรทมีความแตกต่างกัน หลังจากการทดลองเสร็จสิ้น ระดับไนเตรทที่เหลืออยู่ระหว่าง 0.0550 ถึง 0.430 มิลลิกรัมต่อลิตรลดลงจาก 0.760 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการใช้ไนเตรทมากพบระดับที่มีน้ำหนัก 12 กรัมต่อลิตร มีการลดลงจากไนเตรทที่ระดับ 0.055 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนที่มีการใช้ไนเตรทต่ำพบที่ 0 กรัมต่อลิตร ที่เวลา 10 วัน จากระดับเริ่มต้นที่ระดับ 0.430 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะมีการดึงไปใช้ในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม สำหรับน้ำหนักของ *W. arrhiza* ที่ 16กรัมต่อลิตร ระดับของไนเตรทเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำหนักของ *W. arrhiza* เกิดการตาย จึงมีการย่อยด้วยแบคทีเรียซึ่งเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นจึงมีปริมาณของไนเตรทเพิ่มขึ้น (Suppadit, 2011) ดังภาพที่ 7

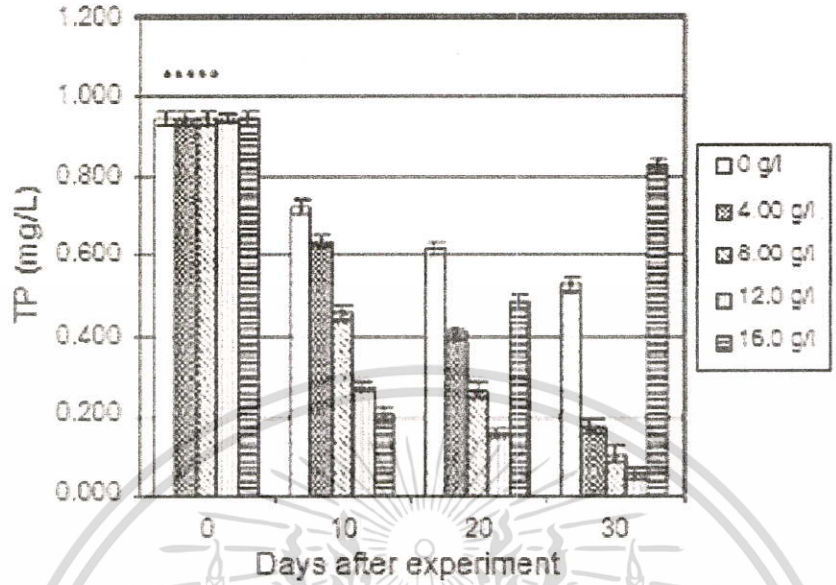
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ความแตกต่างของปริมาณไนเตรทของน้ำหนัก *Wolffia arrhiza* และระยะเวลา
ที่มา: Suppadit (2011)

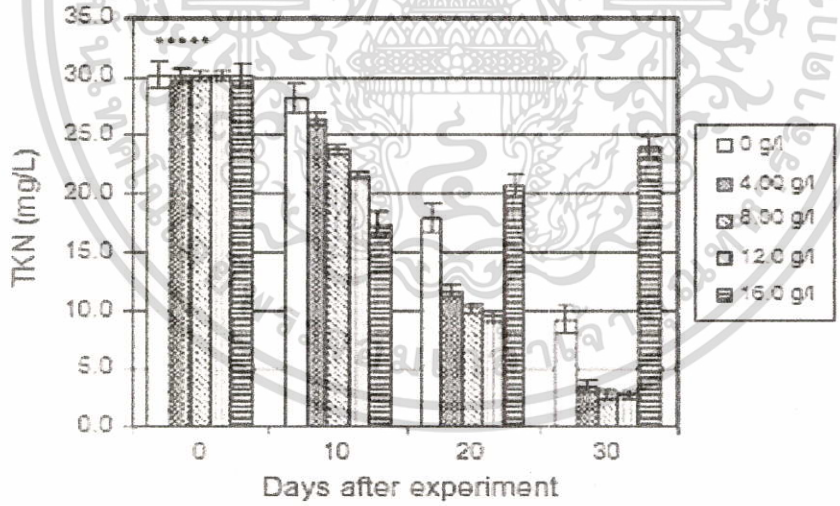
Suppadit (2011) ได้ทำการศึกษาโดยการนำ *Wolffia arrhiza* มาเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากฟาร์มนกกระทา โดยใช้น้ำหนักของไข่น้ำ 0, 4, 8, 12 และ 16 กรัมต่อลิตร โดยมีระยะเวลา 10, 20, 30 วัน พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวม (TP) เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเริ่มต้นของ *W. arrhiza* และ ระยะเวลามีความแตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ การลดลงของปริมาณฟอสฟอรัสรวมจาก W. *arrhiza* ที่ระดับ 0.950 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 30 วัน ขณะที่การลดลงของฟอสฟอรัสรวมมากที่สุดมีค่า 0.0600 มิลลิกรัมต่อลิตรและระดับ W. *arrhiza* ที่ 12 กรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 30 วัน แสดงถึง W. *arrhiza* มีการใช้ฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโต และได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนรวมซึ่งมีการทดลองน้ำหนักของ W. *arrhiza* และเวลาพบว่าระดับปริมาณเริ่มต้นของไนโตรเจนรวมมี 30.2 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนัก W. *arrhiza* ที่ 16.0 กรัมต่อลิตร และระยะเวลา 20 และ 30 วัน ได้มีการใช้ปริมาณไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมี W. *arrhiza* มากทำให้เกิดเปลี่ยนรูปไนโตรเจนจากน้ำเสียที่มาจากฟาร์ม (ภาพที่ 8 และ 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ความแตกต่างค่าฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) ของน้ำหนัก *Wolffia arrhiza* เมื่อระยะเวลาผ่านไป

ที่มา: Suppadit (2011)



ภาพที่ 9 ปริมาณ TKN ของน้ำหนัก *Wolffia arrhiza* ในระยะเวลา 30 วัน

ที่มา: Suppadit (2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

1. สไลด์
2. ดอปเปอร์ และลูกยาง
3. ดอปเปอร์ปลายแตก
4. สายยาง
5. หลอดทดลอง
6. ขวดโหลแก้ว
7. กระบอกตวง
8. บีกเกอร์ขนาด 50 มล. 100 มล. และ 1,000 มล.
9. ไมโครทิว
10. คิวเวต
11. เครื่อง และอุปกรณ์วิเคราะห์โปรตีน
12. เครื่องอบสาร
13. บ่อเลี้ยงปลานิล
14. อุปกรณ์เก็บมูลปลานิล
15. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง
16. เครื่องปั่นเหวี่ยง
17. กล้องจุลทรรศน์
18. กล้องจุลทรรศน์ถ่ายภาพ

3.2 แผนการทดลอง

15.1 เตรียมสถานที่ โดยใช้ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

15.2 เตรียมอุปกรณ์เลี้ยงปลานิล และปล่อยปลานิลขนาดประมาณ 100 กรัม ความหนาแน่น 50 ตัว/ลูกบาศก์เมตร เพื่อใช้เป็นแหล่งรวบรวมมูลปลา

15.3 รวบรวมมูลปลานิลเก็บในรูปตากแห้ง และวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก่อนนำไปใช้

15.4 เตรียมอุปกรณ์เลี้ยงสำหรับเลี้ยงแหนแดง และแหนเป็ด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ใช้ปุ๋ยเคมีผสมมูลปลานิลที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเท่ากัน เป็นชุดการทดลอง แต่ละชุดทำการทดลอง 3 ซ้ำ

15.5 เลี้ยงแหนแดงและแหนเป็ดเป็นระยะเวลา 1 เดือน หลังจากนั้นเก็บผลผลิตแหนแดง และแหนเป็ดชั่งน้ำหนัก และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15.6 นำแหนแดงและแหนเป็ดที่อบแห้งมาวิเคราะห์คุณค่าอาหาร ได้แก่ ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน

15.7 นำข้อมูลน้ำหนัก ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน มาเปรียบเทียบความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลค่าดูดกลืนแสงมาเทียบเป็นจำนวนเซลล์ในแต่ละชุดการทดลองวิเคราะห์ความแปรปรวน และหาค่าเฉลี่ยแบบ One-way ANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการคุณภาพน้ำ และห้องเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล
หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนตุลาคม 2555 – เดือนกันยายน 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การเจริญเติบโตของแหนแดง และแหนเป็ด

การเจริญเติบโตของแหนแดง น้ำหนักสดที่ใช้ทดลองมีน้ำหนัก 9 กรัม ทดลองเลี้ยงแหนแดง ที่ระดับความเข้มข้นมูลปลาที่แตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0.0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งหลังการทดลอง พบว่า (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 น้ำหนักสดและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของ แหนแดง

ความเข้มข้น (mg/L)	น้ำหนักสดก่อนทดลอง (กรัม)	น้ำหนักสดหลังทดลอง (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
0.0	9.00[a]	31.72±1.43[a]	1.41±0.08[b]
0.2	9.06[b]	34.60±2.93[a]	1.47±0.17[b]
0.4	9.01[a]	32.24±4.83[a]	1.57±0.11[b]
0.6	9.02[a]	39.62±4.10[a]	1.86±0.10[b]
0.8	9.01[b]	42.19±2.40[a]	1.92±0.22[a]

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดลองแหนแดงที่ความเข้มข้นของมูลปลาที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับคือ 0.0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักสดหลังการทดลอง พบว่าที่ความเข้มข้นระดับของมูลปลาที่ 0.8 ให้น้ำหนักสดมากกว่ามีน้ำหนักสดเท่ากับ 42.19 กรัม และน้ำหนักแห้งที่ความเข้มข้น 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตรมีน้ำหนัก 1.92±0.22 กรัม และที่ความเข้มข้นของมูลปลาที่ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตรมีน้ำหนักสด 39.62 กรัม และน้ำหนักแห้งมีน้ำหนัก 1.86±0.10 กรัม น้ำหนักที่ระดับความเข้มข้นที่ส่งผลให้การเจริญเติบโตของแหนแดงน้อยที่สุดคือที่ระดับความเข้มข้น 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตรมีน้ำหนักสดเท่ากับ 31.72 กรัม น้ำหนักแห้ง 1.41±0.08 กรัม (ภาพที่ 11 และ 12) จากการทดลองค่าทางสถิติแล้วพบว่ามีความแตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

ระดับความเข้มข้นของมูลปลานิลส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแหนเป็ดผลจากการทดลองพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของมูลปลาที่ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตรส่งผลให้มีการเจริญเติบโตของแหนเป็ดที่ดีกว่าระดับความเข้มข้นอื่น (ตารางที่ 4) ซึ่งมีน้ำหนักสด 44.41±3.03 กรัม และมีน้ำหนักแห้ง 2.5±0.17 กรัม และระดับความเข้มข้นที่ส่งผลให้น้ำหนักน้อยลงมาคือระดับมูลปลาที่ความเข้มข้น 0.2 0.4 และ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณไม่แตกต่างทางนัยสำคัญทางสถิติ มีน้ำหนัก 2.04±0.20, 2.36±0.12, 2.40±0.15 กรัม ตามลำดับ และมีน้ำหนักแห้ง 2.04±0.20, 2.36±0.12, 2.40±0.15 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ความเข้มข้นที่ส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตและน้ำหนักน้อยที่สุดคือระดับความเข้มข้นที่ 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีน้ำหนักสด 26.36±4.94 กรัม และน้ำหนักแห้ง 1.93±0.14 กรัมเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของความ

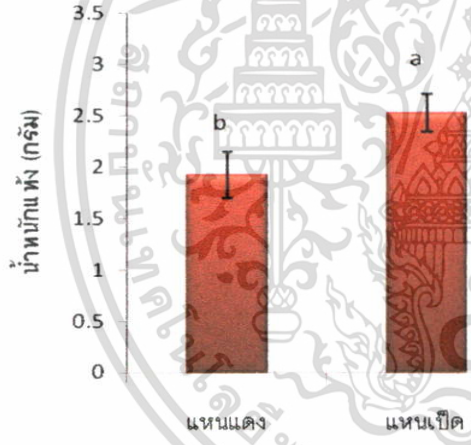
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นมูลปลาแต่ละความเข้มข้นค่าความเข้มข้นที่ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตรมีน้ำหนักแห้งดีที่สุด (ตารางที่ 5) ดังภาพที่ 10

ตารางที่ 4 น้ำหนักสดและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของแหนเป็ด

ความเข้มข้น (mg/L)	น้ำหนักสดก่อนทดลอง (กรัม)	น้ำหนักสดหลังทดลอง (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
0.0	9.04^{a}	26.36±4.94^{c}	1.93±0.14^{b}
0.2	9.01^{a}	26.36±4.32^{bc}	2.04±0.20^{ab}
0.4	9.01^{a}	31.13±2.20^{ab}	2.36±0.12^{ab}
0.6	9.03^{a}	39.07±2.92^{a}	2.40±0.15^{ab}
0.8	9.04^{a}	44.41±3.03^{a}	2.52±0.17^{a}

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)



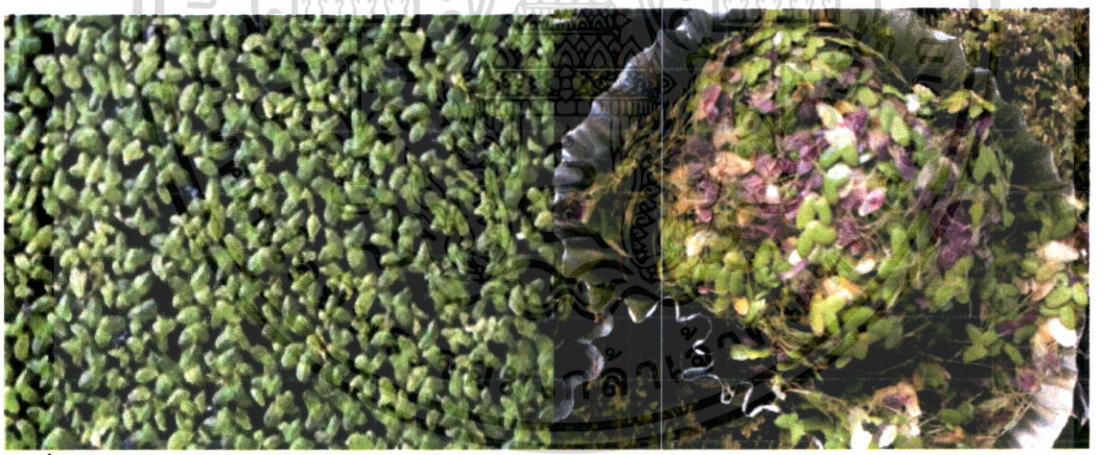
ภาพที่ 10 น้ำหนักแห้งของแหนแดง และแหนเป็ด ที่ความเข้มข้นมูล 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลผลิตของแหนแดง และแหนเป็ด ที่ความเข้มข้น 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าแหนเป็ดมีน้ำหนักแห้งที่มากกว่าแหนแดง การศึกษาการเจริญเติบโตของแหนแดง และแหนเป็ด ที่ระดับความเข้มข้นมูลปลาที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นถึงการเจริญเติบโตของแหนทั้ง 2 ชนิดนั้น ที่ระดับความเข้มข้นมูลปลาที่ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าและให้น้ำหนักที่ดีกว่าความเข้มข้นอื่นๆเนื่องด้วยในความเข้มข้นที่ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตรมีปริมาณของมูลปลาที่มากกว่าเมื่อมูลปลาทำการย่อยจะเกิดเป็นธาตุอาหารที่พืชสามารถดึงนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเจริญเติบโต ประกอบด้วย ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน ซึ่งได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ผลการทดลองสอดคล้องกับ Surjya (2011) ได้ทำการทดลองความแตกต่างชนิดของแหนแดงกับการเจริญเติบโตได้กล่าวไว้ว่าแหนแดงต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโตนอกจากนี้ Yang et al. (1996) ได้ทำการทดลองโดยการเลี้ยงปลานิลในกระชังพบว่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณของไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสในของเสียมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ถูกปล่อยออกมานั้นเป็นธาตุอาหารหลักในการใช้ธาตุอาหารเหล่านี้ในการเจริญเติบโต

ภาพที่ 11 แหนแดงสดและแหนแดงอบแห้ง



ภาพที่ 12 แหนเป็ดสดและแหนเป็ดอบแห้ง

คุณค่าทางอาหารของแหนแดง แหนเป็ด และไข่น้ำ

แหนแดง และแหนเป็ด เป็นพืชที่มีโภชนาการทางโปรตีนที่สูง เมื่อทำการศึกษาโภชนาการของแหนแดง และแหนเป็ด ที่เลี้ยงในความเข้มข้นของมูลปลาที่แตกต่างกัน 5 ระดับ พบว่า (ตารางที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ปริมาณโปรตีนของแหนแดง และแหนเป็ด ที่ความเข้มข้น 0.0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร

ชนิด	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	โปรตีน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	ไขมัน (%)
แหนแดง	0.0	22.33±1.21^{b}	21.25±0.78^{b}	2.14±0.06^{b}
	0.2	23.77±1.38^{ab}	23.25±1.09^{a}	2.25±0.09^{b}
	0.4	25.13±1.54^{a}	23.87±1.13^{a}	2.38±0.05^{a}
	0.6	25.48±1.23^{a}	24.15±1.27^{a}	2.41±0.03^{a}
	0.8	26.05±1.33^{a}	24.63±1.46^{a}	2.49±0.09^{a}
แหนเป็ด	0.0	10.23±1.03^{d}	15.25±1.21^{d}	1.24±0.08^{e}
	0.2	11.75±1.12^{cd}	15.98±1.03^{c}	1.72±0.03^{d}
	0.4	13.25±1.18^{c}	16.73±1.15^{c}	1.67±0.06^{d}
	0.6	14.42±1.03^{c}	17.21±1.03^{c}	1.89±0.08^{cd}
	0.8	15.70±1.11^{c}	18.08±1.02^{c}	2.02±0.07^{c}

หมายเหตุ อักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

คุณค่าโภชนาการของแหนแดง และแหนเป็ด ที่ระดับความเข้มข้นของมูลปลา 0.0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ในแหนแดงที่เลี้ยงในมูลปลาความเข้มข้นที่ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร มีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันสูงที่สุด 26.05±1.33% 24.63±1.46% และ 2.49±0.09% ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความเข้มข้นอื่นๆ มีปริมาณคุณค่าโภชนาการดังตารางที่ 5 จากผลการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของมูลปลามากขึ้นจะส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาของแหนแดงและแหนเป็ดเพิ่มขึ้น สอดคล้องคล้ายกับ Surjiya (2011) ได้นำแหนแต่ละชนิดมาทำการอบและทำการชั่งน้ำหนักแห้งได้ค่าโปรตีน (crude protein) ไขมัน (crude fat) ไฟเบอร์ (crude fibre) และเถ้า (crude ash) พบว่าค่าโปรตีนใน *Azolla pinnata* มี 20.40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

มูลปลานิลสามารถนำมาใช้เลี้ยงแหนแดง และแหนเป็ด โดยความเข้มข้นของมูลปลานิล 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้แหนแดงมีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันสูงที่สุด 26.05±1.33% 24.63±1.46% และ 2.49±0.09% ตามลำดับ ความเข้มข้นของมูลปลาที่ใช้เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Arora, A. and P.K. Singh. 2003. Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* spp. Biomass and Bioenergy 24:175-178.

Costa M.L., M.C.R. Santos, F. Carrapicoand A.L. Pereira. 2009. *Azolla-Anabaena*'s behavior in urban wastewater and artificial media-influence of combined nitrogen. Water Research 43: 3743-3750.

Fomi, C., J. Chen, L. Tancioni and M.G. Caiola. 1999. Evaluation of the fern Azolla for growth, nitrogen and phosphorus removal from wastewater. Water research 35:1,592-1,598.

Forni C., J. Chen, L. Tancioni and M. GrilliCaiola. 2001. Evaluation of the fern *Azolla* for growth, nitrogen and phosphorus removal from wastewater. Water Research 35: 1592-1598.

Jiele X. and Genxiang S., 2011.Growing duckweed in swine wastewater for nutrient recovery and biomass production.*Bioresource Technology. 102: 848-853.*

Josphine N., S. Iris, T. Ludwig. 2011. Competiton between *Lemma minuta* and *Lemna minor* at different nutrient concentrations. Aquatic Botany 94: 158-164.

Ngah, W.S. and M.A.K.M. Hanafiah, 2008. Removal of heavy metal from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. Bioresource Technology 99:3935-3948.

Suppadit T. 2011. Nutrient removal of effluent from quail farm through cultivation of Wolffiaarrhiza.Bioresource Technology. 102: 7388-7392.

Surjya N.D. 2011. Culture of *Azolla* and its efficacy in diet of *Labeorohita*. Aquaculture 310: 376-379.

Wimonwan I., P. Luepol, B. Kitti and S. Dusit. 2010. Growth Responses of Commen and Giant Duckweed under Controlled Hypereutrophic Environment. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ KMUTNB 20: 409-415.

Xu, J. and Genxiang, S. 2011. Growing duckweed in swine wastewater for nutrient recovery and biomass production. Bioresource Technology 102:848-853.

Yang Yi, C. Kwei Lin, J.S. Diana. 1996. Influence of Nile tilapia (Oreochromisniloticus) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing the cages. Aquaculture 146: 205-215.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติหัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล นายสมชาย หวังวิบูลย์กิจ
   Mr. Somchai Wangwibulkit
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1104 00691 49 7
3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์
4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

   สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
   โทรศัพท์ 0 2329 8157, โทรสาร 0 2329 8157 E-mail address kwsomcha@kmitl.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	คุณวุฒิ	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2529	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ประมง) เกียรตินิยม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2531	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2551	วิทยาศาสตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

   การจัดการคุณภาพน้ำเพื่อการประมง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการจัดการข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัย

   7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย

   การใช้วัสดุกรองน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*)
   การศึกษาคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
   เปรียบเทียบอาหาร 3 ชนิด ที่ใช้อนุบาลลูกปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) ในบ่อคอนกรีต
   ผลของระบบหมุนเวียนน้ำที่มีตัวกรองชีวภาพต่อการอนุบาลลูกปลาโรซีบาร์บ
   ผลของวิตามิน B_1 และ B_{12} ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และการเจริญเติบโตของคลอเรลล่า
   คุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในระบบปิด
   การเลี้ยงปูทะเลด้วยระบบน้ำต่างกันในพื้นที่จำกัด
   การเจริญเติบโตและอัตรารอดของกุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) ในน้ำที่มีความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลออสซิลาทอเรียระดับต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2542. การใช้วัสดุกรองน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*). หน้า 97-106. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการในงานนิทรรศการ "30 ปี เกษตรเจ้าคุณทหารลาดกระบัง". คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด กระบัง. กรุงเทพมหานคร.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และอัจฉรี เรืองเดช. 2542. การศึกษาคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.17(2):10-21.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ นที ฮวดจีง และประเทือง ศุภลัษณ์วัจนะ. 2545. เปรียบเทียบอาหาร 3 ชนิด ที่ใช้อนุบาลลูกปลากระพงขาว (*Lates calcarifer*) ในบ่อคอนกรีต. หน้า 161-170. ใน การประชุมทางวิชาการด้านเกษตร ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม งานเกษตรภาคใต้ ครั้งที่ 10. คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลา นครินทร์. สงขลา.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2545. ผลของระบบหมุนเวียนน้ำที่มีตัวกรองชีวภาพต่อการอนุบาลลูกปลาโรซีบาร์บ. (*Barbus conchonius*). หน้า 171-180. ใน การประชุมทางวิชาการด้านเกษตร ทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม งานเกษตรภาคใต้ ครั้งที่ 10. คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ อัจฉรี เรืองเดช และบุปผา จงพัฒน์. 2548. ผลของวิตามิน B_1 และ B_{12} ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และการเจริญเติบโตของคลอเรลล่า. หน้า 260-266. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยา ลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2549. คุณภาพน้ำ การเจริญเติบโต และอัตรารอดของปลานิล *(Oreochromis niloticus)* ที่เลี้ยงในระบบปิด. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 17(2):10-21.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2549. ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และฟอร์มาลินต่ออัตราการฟักและการพัฒนาตัวอ่อนของไข่กุ้งก้ามกรามที่แยกจากแม่กุ้ง. ใน การประชุมวิชาการประมง ประจำปี 2549. ณ ห้องประชุมกรมประมง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2551. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. และความสัมพันธ์ของปริมาณสาหร่ายต่อกลิ่นโคลนในกุ้งขาวแวนนาไม *(Litopenaeus vannamei)* ในบ่อเลี้ยง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 110 หน้า.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และบุปผา จงพัฒน์. 2549. การประเมินคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลออสซิลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.) ในน้ำที่มีอาหารกุ้งตกค้าง. หน้า 651-662. ใน การประชุมวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 2. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และอนัญญา เจริญพรพิภัทธ. 2549. การเลี้ยงปูทะเลด้วยระบบน้ำต่างกันในพื้นที่จำกัด. ใน การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 7. ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และศรัณย์ มาประจง. 2550. ผลของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลออสซิลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.) ต่อการตายของกุ้งขาวแวนนาไม *(Litopenaeus vannamei)* ที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 3. โรงแรมตักสิลา, จังหวัดมหาสารคาม.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และกฤตพร รำจวนเกียรติ. 2551. ผลของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซีสทีส (*Microcystis* sp.) ต่อการตายของกุ้งขาวแวนนาไม *(Litopenaeus vannamei)* ที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ. ใน การประชุมวิชาการ "สิ่งแวดล้อมนเรศวร" ครั้งที่ 4. สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยนเรศวร. พะเยา.

Wangwibulkit, S., C. Limsuwan and N. Chuchird. 2008. Effects of salinity and pH on the blue-green algae, *Oscillatoria* sp. and *Microcystis* sp., isolated from pacific white shrimp *(Litopenaeus vannamei)* ponds. KU. Fish. Res. Bull. 32(1):1-9.

อิทธิสุนทร นันทกิจ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และปิยพงศ์ โชติพันธุ์. 2541. การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมสภาพแวดล้อมในบ่ออนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ. ซีดีรอม. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตร ศาสตร์ ครั้งที่ 36 สาขาประมง. มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ภวรรณตรี สมบุญโต และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548. การเลี้ยงปลาทับทิมร่วมกับการผลิตผักสลัดแบบไร้ดินในระบบปิด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 36(5-6) ฉบับพิเศษ:1044-1047.

นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ สมชาย หวังวิบูลย์กิจ และมณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ. 2550. ผลของอุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ออัตราส่วนเพศของลูกปลาหางนกยูง. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 3. โรงแรมตักสิลา, จังหวัดมหาสารคาม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้