รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การตอบสนองทางพฤติกรรมและความทนทานต่อโลหะหนักของหอยโข่ง (*Pila* spp.) ที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นเพื่อใช้เป็นแนวทางการควบคุมสัตว์น้ำต่างถิ่นที่รุกรานในประเทศไทย (Behavioral responses and heavy metal tolerance of *Pila* spp. (native species) and *Pomacea canaliculata* (invasive alien species): approaches for controlling invasive aquatic animals in Thailand)

นางสาวจันทิมา ปิยะพงษ์
นางศศิธร มั่นเจริญ

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558
มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2558A10802297

สัญญาเลขที่ 84/2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการตอบสนองทางพฤติกรรมและความทนทานต่อโลหะหนักของหอยโข่ง (*Pila* spp.) ที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นเพื่อใช้เป็นแนวทางการควบคุมสัตว์น้ำต่างถิ่นที่รุกรานในประเทศไทย (Behavioral responses and heavy metal tolerance of *Pila* spp. (native species) and *Pomacea canaliculata* (invasive alien species): approaches for controlling invasive aquatic animals in Thailand)

นางสาวจันทิมา ปิยะพงษ์

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

นางศศิธร มั่นเจริญ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

31 สิงหาคม 2558

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 84/2558

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บุคลากร เจ้าหน้าที่ และนิสิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยเฉพาะคณะผู้วิจัยประกอบด้วย นางสาวปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์ นางสาวอารีรัตน์ บุญคน นางสาวพิมพิศา ศิลปสุวรรณ นายสุเมต แสนสร้อย นางสาวจิราพัชร แบนมาก และนางสาวกรองทอง ตั้งสิทธิ ที่มีส่วนร่วมในการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล สนับสนุนอุปกรณ์ สถานที่ และจัดพิมพ์รายงาน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้มีพระคุณที่ไม่ได้เอ่ยนามที่มีส่วนร่วมให้ความช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

Acknowledgments

This work was financially supported by the Research Grant of Burapha University through National Research Council of Thailand (Grant no. 84/2558)

We would like to be grateful to Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University for facility supports. We also thanks for Piyaruk Pradabphetrat, Areerat Boonkon, Pimpisa Sinlapasuwan, Sumet Saensroi, Jirapat Banmak and Krongthong Tangsitthi who assisted the data collection, data analysis and production of the final report.

Last but not least, We would like to express my gratitude to the unnamed others who supported this research.

บทคัดย่อ

ผลกระทบของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานที่มีผลต่อชนิดพันธุ์พื้นเมือง ส่วนใหญ่ เกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางพฤติกรรม หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานสำคัญชนิดหนึ่งของโลก การรุกรานของหอยเชอรี่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ ในระบบนิเวศ โดยเฉพาะหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (*Pila* spp.) ซึ่งหอยเชอรี่อาจแสดงพฤติกรรมต่างๆ เช่น พฤติกรรมการกิน พฤติ กรรมการหนีผู้ล่า และพฤติกรรมความ กล้าเสี่ยง จึงทำให้ประสบความสำเร็จในการรุกราน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษา สถานภาพการกระจายและปฏิสัมพันธ์ทางพฤติกรรมของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 การศึกษาภาคสนาม เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ที่ทำการเก็บตั วอย่างหอย เพื่อประเมินสถานภาพการกระจาย พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองชนิด *Pila pesmei* มากที่สุดที่บริเวณอ่าวปา กพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 23 ตัว และพบหอยเชอรี่ชนิด *Pomacea canaliculata* มากที่สุดที่บริเวณบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 134 ตัว และในส่วนที่ 2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ เป็นการศึกษาปฏิสัมพันธ์ทางพฤติกรรม ระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ พบว่า หอยเชอรี่มีอัต ราการกินอาหารและระยะทางในการหนีผู้ล่ามากกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หอยทั้ง 2 ชนิดแสดงพฤติกรรมความกล้าเสี่ยงไม่แตกต่างกัน

Abstract

Effect of invasive alien species mostly involves behavioral responses. The apple snail (*Pomacea canaliculata*) is one of the world worst invasive alien species. Its invasion might affect on living organisms in ecosystems, especially native apple snails (*Pila* spp.). It is possible that the apple snails might show better aggressive behavior, predator avoidance and higher boldness than the native apple snails. Therefore, this invasive species becomes successful and invades the native species. Purposes of this study are to investigate these snails distribution and behavioral interactions. There are 2 parts of this study: field study and laboratory experiments. In the field, we collected the basic data of the snails' habitats in order that we could evaluate their status and distribution. The native apple snails (*Pila pesmei*) were most found (23 individuals) in Pak Phanang, Nakhon Si Thammarat Province while the invasive apple snails were most found (134 individuals) in Bueng Boraphet, Nakhon Sawan Province. In the laboratory for the experiments in behavioral interaction between the invasive apple snails and the native apple snails, it was found that the invasive species had higher feeding rates and longer distance for predator avoidance than the native species with the statistical difference. However, there was no such difference in the boldness experiment.

สารบัญเรื่อง

เนื้อหา **หน้า**

บทคัดย่อ.....ง
Abstract.....จ
บทนำ.....1
เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน.....1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....3
ขอบเขตของการวิจัย.....4
แนวทางความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย.....4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5
เนื้อเรื่อง.....6
วิธีดำเนินการวิจัย.....6
ผลการวิจัย.....10
อภิปราย.....20
สรุปและเสนอแนะ.....22
ผลผลิต.....23
รายงานสรุปการเงิน.....24
บรรณานุกรม.....26
ภาคผนวก.....31

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2-1 การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวพันธุ์ กข15 ของหอยแต่ละชนิด.....14
2-2 การกินข้าวพันธุ์ กข15 และสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลา.....15
3-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะทางในการหนีผู้ล่าของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองแยกกัน (Solo trial) และทดลองร่วมกัน 2 ชนิด (Interspecific trial) โดย Wilcoxon Signed Rank Test.....16
3-2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการหนีผู้ล่ากับขนาด (ความสูง) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองแยกกัน (Solo trial) และทดลองร่วมกัน 2 ชนิด (Interspecific trial) โดย Spearman Rank Correlation Coefficient.....17
4-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะทางในการเคลื่อนที่ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองแยกกัน (Solo trial) และทดลองร่วมกัน 2 ชนิด (Interspecific trial) โดยใช้ Wilcoxon Signed Rank Test.....18
4-2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่กับขนาด (ความสูง) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองแยกกัน (Solo trial) และการทดลองร่วมกัน 2 ชนิด (Interspecific trial) โดย Spearman Rank Correlation Coefficient.....19

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2-1 การกินข้าวพันธุ์ กข15 และสาหร่ายหางกระรอกในแต่ละช่วงเวลา
ของหอยเชอรี่.....14
3-1 เปรียบเทียบระยะทางการหนีผู้ล่าของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่
พื้นเมืองโดยเครื่องหมาย ** แสดงความแตกต่างทางสถิติ
ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01.....16
4-1 เปรียบเทียบระยะทางที่เคลื่อนที่ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่.....18

บทนำ

เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน

Morrison and Hay (2011) ที่ได้ทำการศึกษาการกินอาหารและการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่ชนิดพันธุ์พื้นเมือง ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นไม่รุกราน และชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกราน ซึ่งทำการทดลองพฤติกรรมการเลือกกินอาหาร ทดลองในหอยเชอรี่ที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมือง (*Pomacea paludosa*) หอยเชอรี่ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นไม่รุกราน (*Pomacea haustrum, Pomacea diffusa*, *Marisa cornuarietes*) และชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน (*Pomacea canaliculata* และ *Pomacea insularum*) ใช้พืชทดลอง 8 ชนิด ได้แก่ บัวขาว (*Nymphaea odorata*) ไมเดนซ์แคน (*Panicu hemitomon*) ธูปฤาษี (*Typha* sp.) ช่อครามน้ำ (*Pontederia cordata*) สาหร่ายข้าวเหนียว (*Utricularia* sp.) เต่าเกียด (*Sagittaria latiforia*) ลานไพลิน (*Bacopa coroliniana*) และแห้วกระเทียม (*Eleocharis cellulosa*) โดยใช้ภาชนะขนาด 739 มิลลิลิตร ใส่น้ำ 3-4 เท่าของความสูงเปลือกหอย ใส่พืชน้ำลงไปในภาชนะทดลอง ทิ้งไว้ 3 วัน ผลการศึกษาพบว่า ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกรานกินอาหารและเจริญเติบโตได้ดีกว่าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นไม่รุกรานและชนิดพันธุ์พื้นเมือง

Carlsson *et al*. (2004) ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับผลของผู้ล่าที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมืองต่อหอยเชอรี่ที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่น โดยใช้ปลาหมอไทย (*Anabas testudineus*) และปู (*Esanthelphusa nimoafi*) เป็นผู้ล่า พบว่า ทั้งหอยเชอรี่ที่มีขนาดเล็ก (2-3 มม.) ขนาดกลาง (8-10 มม.) และขนาดใหญ่ (35-40 มม.) ตอบสนองต่อสารเคมีของปลาหมอไทยที่ปล่อยออกมา โดยหอยเชอรี่เมื่อได้รับสารเคมีจากปลาหมอไทยแล้วจะเคลื่อนที่ออกห่างผู้ล่าจากตำแหน่งเดิมไปยังตำแหน่งใหม่ ในทางตรงข้ามหอยเชอรี่ทุกขนาดไม่ตอบสนองต่อสารเคมีที่ปล่อยออกมาจากปู

Magnhagen *et al.* (2014) วิจัยเกี่ยวกับความแปรผันตามฤดูกาลด้านพฤติกรรมความกล้าของปลาบู่สองจุด (*Gobiusculus flavescens*) ในช่วงฤดูผสมพันธุ์ ศึกษาโดยการจำลองตู้ทดลองเป็น 2 แบบ แบบที่ 1 ตู้ทดลองแบบ emergence test ขนาด 75x25x30 เซนติเมตร แบ่งตู้ทดลองออกเป็น 2 ส่วนโดยแผ่นพลาสติกใส ส่วนที่ 1 ยาว 25 เซนติเมตร ใส่กรวดและพืช เพื่อจำลองให้ใกล้เคียงกับธรรมชาติ ส่วนที่ 2 ยาว 50 เซนติเมตร แบ่งตู้ออกเป็นช่องๆ ขนาด 5 เซนติเมตร ใส่ปลาลงในส่วนที่ 1 เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นยกแผ่นพลาสติกใสขึ้นสูง 15 เซนติเมตร เพื่อให้ปลาว่ายจากส่วนที่ 1 ไปยังส่วนที่ 2 ทำการทดลอง 30 นาที ประเมินความกล้าโดยบันทึก เวลาซ่อนตัวในส่วนที่ 1 จำนวนการว่ายเข้าออกระหว่างส่วนที่ 1-2 ระยะทางที่ปลาว่ายออกจากส่วนที่ 1 (จำนวนช่องที่ปลาว่ายข้าม) เวลาที่อยู่ในส่วนที่ 1 และเวลาทั้งหมดที่อยู่ในส่วนที่ 1 ตู้ทดลองแบบที่ 2 เป็นแบบ open field test ขนาด 45x45x45 เซนติเมตร แบ่งตู้ออกเป็น 3 บริเวณ และแบ่งเป็นช่องๆ ขนาด 6x6 เซนติเมตร ใส่ปลาลงบริเวณกลางตู้ทดลอง ทำการทดลอง 10 นาที ประเมิน

ความกล้า โดยบันทึกเวลาที่ปลาว่ายจากจุดปล่อยตัวไปยังบริเวณที่ 1 เวลาที่อยู่บริเวณที่ 1 เวลาที่อยู่บริเวณที่ 2 เวลาที่อยู่บริเวณที่ 3 จำนวนช่องที่ปลาว่ายข้ามใน 2 นาทีแรกหลังจากปล่อยปลา โดยการทดลองทั้ง 2 แบบ ทำในช่วงกลางฤดูผสมพันธุ์ และปลายฤดูผสมพันธุ์ พบว่า ปลาแสดงพฤติกรรมความกล้าสูงในช่วงกลางฤดูผสมพันธุ์และค่อยๆ ลดลงในช่วงปลายฤดูผสมพันธุ์

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยมีสิ่งมีชีวิตชนิดพันธุ์ต่างถิ่น (Alien species) อยู่มากกว่า 3,500 ชนิด และยังมีการนำเข้าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นใหม่ๆ อยู่ตลอดเวลาทั้งโดยตั้งใจและไม่ได้ตั้งใจ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นบางชนิดมีประโยชน์ต่อประเทศในด้านเศรษฐกิจ การเกษตร และปศุสัตว์ อย่างไรก็ตามชนิดพันธุ์ต่างถิ่นเหล่านี้บางชนิดถูกนำเข้ามาและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในระบบนิเวศใหม่ สามารถอยู่รอดและแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วจนกลายเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน (Invasive alien species) โดยทำให้เกิดการครอบครองพื้นที่โดยชนิดพันธุ์เดียว อาจทำให้ชนิดพันธุ์พื้นเมือง (Native species) สูญพันธุ์ และสร้างผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพไปจนถึงการสาธารณสุข สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมได้ในที่สุด (ณภัทร เฉลิมชุติปภา, 2553)

ปัญหาชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานจัดเป็นปัญหาสำคัญอันดับต้นๆ ที่นำไปสู่การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) สหภาพนานาชาติเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติและทรัพยากรธรรมชาติ (The International Union for conservation of Nature: IUCN) ได้จัดทำบัญชีรายการชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานอย่างร้ายแรงของโลก 100 ชนิด ซึ่งเป็นชนิดที่มีผลกระทบอย่างร้ายแรงต่อความหลากหลายทางชีวภาพ การเกษตร และมนุษย์ (Lowe et al., 2000) เช่น หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) เป็นชนิดพันธุ์หนึ่งซึ่งถูกจัดเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแล้วในประเทศไทย (ชวลิต วิทยานนท์, 2549; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) เนื่องจากหอยเชอรี่มีอัตราการขยายพันธุ์ที่รวดเร็วการเจริญเติบโตเร็ว สามารถกินได้ตลอดเวลา ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมหลายประเภท และมีความสามารถในการแข่งขันสูง (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) จึงทำให้หอยเชอรี่เพิ่มปริมาณมากและแพร่กระจายไปสู่แหล่งน้ำและนาข้าวในท้องถิ่น (อดิศักดิ์ จุมวงษ์, 2543) กลายเป็นศัตรูพืชที่สำคัญ ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว พืชน้ำ และชนิดพันธุ์อื่นๆ รวมถึงยังส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (*Pila* spp.) (Naylor, 1996; Cowie, 2002) ซึ่งผลกระทบของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานที่มีต่อชนิดพันธุ์พื้นเมืองส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางพฤติกรรม (Phillips and Suarez, 2012)

หอยเชอรี่อาจแสดงพฤติกรรมต่างๆ เช่น พฤติกรรมการกินอาหาร พฤติกรรมการหนีผู้ล่า พฤติกรรมความกล้าเสี่ยงได้ดีกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง รวมถึงหอยเชอรี่อาจมีแนวโน้มที่มีความทนทานต่อสารมลพิษ เช่น โลหะหนักต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง จึงทำให้หอยเชอรี่ประสบความสำเร็จในการรุกรานชนิดพันธุ์พื้นเมือง (Chapple et al., 2012) ส่งผลให้หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองมีจำนวนประชากรลดลง นอกจากนี้ความเป็นพิษของโลหะหนักซึ่งจัดเป็นสารมลพิษชนิดหนึ่งในสิ่งแวดล้อม (Liang et al., 2004; Wang et al., 2005) อาจส่งผลต่อการตอบสนองทางพฤติกรรมต่างๆ อีกด้วย (Atchison et al., 1987; Weis et al., 2001; Clotfelter et al., 2004; Zala and Penn, 2004) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาปฏิสัมพันธ์ทางพฤติกรรมระหว่างชนิดพันธุ์พื้นเมืองกับชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน โดยใช้หอยโข่งที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานเป็นสัตว์ต้นแบบในการศึกษา รวมถึงการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในหอยที่ศึกษาและแหล่งน้ำบริเวณที่เก็บตัวอย่างเพื่อประเมินความทนทานต่อโลหะหนัก โดยนำผลการศึกษาที่ได้ไปประเมินร่วมกับการตอบสนองทางพฤติกรรมต่อปริมาณโลหะหนักของหอยดังกล่าว ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพได้ (Lefcort et al., 2000) นอกจากนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาสถานภาพการกระจายของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ในประเทศไทย เนื่องจากข้อมูลปัจจุบันในเรื่องสถานภาพการแพร่กระจายและขนาดประชากรของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ในประเทศไทยนั้นยังไม่ชัดเจน (IUCN, 2013) ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการควบคุมปริมาณหรือกำจัดชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานในแหล่งน้ำธรรมชาติไม่ให้ส่งผลกระทบต่อชนิดพันธุ์พื้นเมืองและระบบนิเวศของแหล่งน้ำ (สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, 2553) รวมทั้งการสร้างองค์ความรู้พื้นฐานเพื่อใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินสถานภาพการกระจายของ หอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (*Pila* spp.) และหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ในประเทศไทย

2. เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ทางพฤติกรรมระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

3. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก เช่น แคดเมี ยม ตะกั่ว โคบอลต์ และนิกเกิล เป็นต้น ในหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ รวมทั้งแหล่งน้ำที่หอยเหล่านี้อาศัย โดยใช้เทคนิคที่อาศัยหลักการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า

4. เพื่อศึกษาการตอบสนองทางพฤติกรรมต่อปริมาณโลหะหนักของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีขอบเขตในการศึกษา 2 ประเด็น คือ

1.ขอบเขตเชิงเนื้อหา แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.1 การศึกษาภาคสนาม ซึ่งจะทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่เพื่อประเมินสถานภาพการกระจายของหอยดังกล่าวในประเทศไทยเพื่อเปรียบเทียบกับสถานภาพอ้างอิง (baseline)

1.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ เป็นการศึกษาปฏิสัมพันธ์ทางพฤติกรรมระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ ได้แก่ พฤติกรรมการกิน พฤติกรรมการหนีผู้ล่า พฤติกรรมความกล้าเสี่ยง การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในหอยที่ศึกษาและแหล่งน้ำบริเวณที่หอยเหล่านี้อาศัยอยู่ รวมถึงการศึกษาการตอบสนองทางพฤติกรรมต่อปริมาณโลหะหนักของหอย

2.ขอบเขตเชิงพื้นที่ พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา คือ

2.1 อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

2.2 บึงสีไฟ จังหวัดพิจิตร

2.3 บึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

2.4 หนองหานกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี

2.5 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำสนามบิน จังหวัดบุรีรัมย์

2.6 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี

2.7 บริเวณปากแม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรี

2.8 พื้นที่ชุ่มน้ำในอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2.9 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงฉวาก จังหวัดสุพรรณบุรี

2.10 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดไผ่ล้อมและวัดอัมพุวาราม จังหวัดปทุมธานี

2.11 ทุ่งโพธิ์ทองหรือทุ่งคำหยาด จังหวัดอ่างทอง

2.12 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

2.13 ห้องปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

แนวทางความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

หอยเชอรี่อาจแสดงพฤติกรรมต่างๆ เช่น พฤติกรรมการกิน พฤติกรรมการหนีผู้ล่า และพฤติกรรมความกล้าเสี่ยง รวมถึงหอยเชอรี่อาจมีความทนทานต่อสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม จึงทำให้ประสบความสำเร็จในการรุกรานชนิดพันธุ์พื้นเมือง ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีสมมติฐานในการศึกษาดังนี้

1. หอยเชอรี่กินอาหารมากกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง
2. หอยเชอรี่มีความสามารถในการหนีผู้ล่าได้ดีกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง

3. หอยเชอรี่มีความกล้าเสี่ยงมากกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง

4. หอยเชอรี่ทนทานต่อสารมลพิษ เช่น โลหะหนักต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง

โดยการวิจัยนี้มีกรอบแนวความคิด คือ การศึกษาพฤติกรรมของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ โดยเปรียบเทียบพฤติกรรมของหอยทั้งสองชนิดในเรื่องการกินอาหาร การหนีผู้ล่า และความกล้าเสี่ยง นอกจากนี้ยังศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักของหอยที่ศึกษาควบคู่กับการวิเคราะห์ความสอดคล้องของปริมาณโลหะหนักในบริเวณแหล่งน้ำที่หอยเหล่านี้อาศัยอยู่ เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินความทนทานต่อสารมลพิษ (โลหะหนัก) ของหอยชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบสถานภาพการกระจายของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (*Pila* spp.) ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นจุดเปรียบเทียบในการประเมินสถานภาพอ้างอิง (baseline) ในอนาคต

ทราบปฏิสัมพันธ์ทางพฤติกรรมระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

ทราบความสัมพันธ์ของปริมาณโลหะหนักในเนื้อเยื่อระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

ทราบเทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยเทคนิคเคมีไฟฟ้าที่อาจจะพัฒนาเป็นชุดทดสอบภาคสนาม (Portable kit) ได้

ทราบการตอบสนองทางพฤติกรรมต่อปริมาณโลหะหนักของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

ได้องค์ความรู้พื้นฐานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมและกำจัดชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน

นำผลการวิจัยเผยแพร่ต่อชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

เนื้อเรื่อง

วิธีการดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. บ่อซีเมนต์ขนาด 42x42x33 เซนติเมตร
2. บ่อซีเมนต์สำหรับเลี้ยงหอยหลังทำการทดลองขนาด 79x79x30 เซนติเมตร
3. ตู้ทดลองขนาด 30x30x30 เซนติเมตร
4. ถังน้ำ (ใช้เก็บสำรองน้ำ)
5. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Vernier caliper)
6. เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)
7. กล้องถ่ายรูป
8. ขวดน้ำพลาสติกขนาด 6 ลิตร
9. ไม้บรรทัด
10. ตาข่ายไนล่อน
11. อิฐบล็อกแดง
12. เชือก (ใช้สำหรับวัดระยะทางที่หอยเคลื่อนที่)
13. กระดาษกาว
14. กระดาษสี สีเขียว สีส้ม
15. เทปใส
16 ฟีเจอร์บอร์ด
17. อุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) รุ่น Garmin Etrex 20

การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การศึกษาภาคสนาม เพื่อประเมินสถานภาพของการกระจายของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ในประเทศไทยในปัจจุบัน ซึ่งพื้นที่ที่ใช้ศึกษานี้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำในประเทศไทยดังต่อไปนี้

1.1 อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.2 บึงสีไฟ จังหวัดพิจิตร

1.3 บึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

1.4 หนองหานกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี

1.5 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำสนามบิน จังหวัดบุรีรัมย์

1.6 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี

1.7 บริเวณปากแม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรี

1.8 พื้นที่ชุ่มน้ำในอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

1.9 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงฉวาก จังหวัดสุพรรณบุรี

1.10 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดไผ่ล้อมและวัดอัมพุวาราม จังหวัดปทุมธานี

1.11 ทุ่งโพธิ์ทองหรือทุ่งคำหยาด จังหวัดอ่างทอง

1.12 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

1) ศึกษาสภาพแวดล้อมลักษณะพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณรอบๆ จุดที่เก็บตัวอย่าง รวมถึงข้อมูลปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และระบุตำแหน่งด้วยพิกัดทางภูมิศาสตร์โดยใช้อุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)

2) ทำการสัมภาษณ์ พูดคุยกับชาวบ้านในท้องถิ่นหรือชาวบ้านในพื้นที่ศึกษา เกี่ยวกับข้อมูลหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ รวมถึงข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

3) เก็บรวบรวมตัวอย่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่มาพิจารณาสีเปลือก วัดขนาดความกว้างและความยาว รวมถึงสังเกตลักษณะความเว้าและนูนบริเวณฝาปิด (operculum)

4) นำตัวอย่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่มาทำการจัดจำแนกชนิดจากลักษณะสัณฐานวิทยาจากรูปร่างของเปลือก ฝาปิดเปลือก (operculum) และลักษณะภายนอกโดยทั่วไป โดยอ้างอิงจากเอกสารของ Brandt (1974) และ Keawjam (1986)

2. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ เป็นการศึกษาปฏิสัมพันธ์ทางพฤติกรรมระหว่าง หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ โดยมีการทดลองดังนี้

2.1 Feeding interactions

สัตว์ที่ใช้ทดลอง

1. หอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (*Pila. pesmei*) จำนวน 30 ตัว
2. หอยเชอรี่ (*Pomacea. canaliculata*) จำนวน 30 ตัว

พืชที่ใช้ทดลอง

1. ข้าวพันธุ์ กข15 (*O. sativa*)
2. สาหร่ายหางกระรอก (*H. verticillata*)

การทดลองนี้ดัดแปลงการศึกษาของ Burlakova *et al.* (2009) ทำการทดลองพฤติกรรมการเลือกกินอาหารระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ชนิดละ 30 ซ้ำการทดลองโดยมีวิธีการทดลองดังนี้

2.1.1 เตรียมบ่อทดลองซีเมนต์ขนาด 42 x 42 x 33 เซนติเมตร ใส่น้ำลงบ่อทดลองบ่อละ6 ลิตร ปรับสภาพน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.1.2 วัดความสูงและความกว้างของเปลือกหอยที่มีขนาดใกล้เคียงด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ โดยในแต่ละบ่อทดลองใส่หอยทดลอง 1 ตัว จากนั้นปรับสภาพหอยเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.1.3 ใส่พืชทดลองทั้ง 2 ชนิด ชนิดละ 3 ก้าน ยาวก้านละ 10 เซนติเมตร

2.1.4 บันทึกความยาวพืชที่เหลือ ทุก 3, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง

2.1.5 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS Version 17.0

2.2 Predator avoidance

สัตว์ที่ใช้ทดลอง

1. หอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (*Pila pesmei*) จำนวน 35 ตัว
2. หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) จำนวน 35 ตัว
3. ปลาหมอไทย *(Anabas testudineus*) จำนวน 21 ตัว

โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

2.2.1 เตรียมตู้ทดลองขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร แล้วใส่น้ำลงไปประมาณ 3 ลิตร

2.2.2 เตรียมตัวอย่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่จะใช้ในการทดลอง โดยเลือกตัวที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และเตรียมปลาหมอไทย (*Anabas testudineus*) ซึ่งเป็นผู้ล่าที่ใช้ในการทดลองนี้ โดยดัดแปลงจากการศึกษาของ Carlsson et al. (2004)

2.2.3 การทดลองแบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ (1) หอยเชอรี่ 1 ตัว (2) หอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง 1 ตัว (3) หอยเชอรี่ 1 ตัวและหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง 1 ตัว แต่ละกลุ่มทดลองจะทำการทดลอง 30 ซ้ำ และหอยแต่ละตัวจะใช้ในการทดลองเพียงครั้งเดียว

2.2.4 นำปลาหมอไทยใส่ในตู้ทดลอง แล้วใช้ภาชนะที่มีรูระบายอากาศรอบๆ ครอบปลาหมอไทยไว้ ทิ้งไว้ 10 นาทีเพื่อปรับสภาพ แล้วจึงค่อยๆ นำหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ซึ่ง

มีขนาดใกล้เคียงกันใส่ในตู้ทดลองตามกลุ่มทดลอง โดยวางหอยตรงกลางตู้ทดลองซึ่งห่างจากภาชนะที่ครอบปลาหมอไทยไว้ประมาณ 2-3 เซนติเมตร และใช้กล้องถ่ายรูปถ่ายตำแหน่งของหอยแต่ละชนิดก่อนเริ่มการทดลอง ใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง

2.2.5 เมื่อครบระยะเวลา 2 ชั่วโมง ใช้กล้องถ่ายรูปถ่ายตำแหน่งของหอยแต่ละชนิดหลังการทดลอง และทำการวัดระยะทางที่หอยเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิมในตอนเริ่มการทดลอง บันทึกตำแหน่งของหอยแต่ละชนิด รวมถึงข้อมูลอื่นๆ ที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการทดลอง

2.2.6 หลังทำการทดลองวัดขนาดความยาวและความกว้างของเปลือกหอย โดยใช้ไม้บรรทัดสำหรับวัดขนาดเปลือกหอย (Vernier caliper)

2.2.7 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS Version 17.0

2.3 Shyness-boldness traits

การทดลองนี้ดัดแปลงจากการศึกษาของ Brown et al. (2005) และ Cote et al. (2010) โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

สัตว์ที่ใช้ทดลอง

1. หอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (*Pila pesmei*) จำนวน 30 ตัว
2. หอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) จำนวน 30 ตัว

โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

2.3.1 เตรียมตู้ทดลองขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร จำนวน 12 ตู้ เติมน้ำลงในตู้ทดลองตู้ละ 3 ลิตร

2.3.2 เตรียมตัวอย่างหอยเชอรี่และหอยหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่จะใช้ในการทดลอง โดยเลือกตัวที่มีขนาดใกล้เคียงกัน 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ (1) หอยเชอรี่ 1 ตัว (2) หอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง 1 ตัว (3) หอยเชอรี่ 1 ตัว และหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง 1 ตัว แต่ละกลุ่มการทดลองจะทำการทดลอง 30 ซ้ำ

2.3.3 นำกระดาษสีเขียวตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ติดที่ตัวหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง และนำกระดาษสีส้มตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ติดที่ตัวหอยเชอรี่ เพื่อให้สังเกตง่าย

2.3.4 นำหอยแต่ละชนิด (ตามจำนวนของแต่ละกลุ่มทดลอง) ใส่ในกล่องพลาสติกที่มีสีดำ และทึบแสง ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 12.5 เซนติเมตร และสูง 24 เซนติเมตร ด้านหน้าของกล่องพลาสติกจะทำเป็นช่องไว้เป็นทางออกของหอย (trapdoor) กว้าง 10 เซนติเมตร และสูง 14 เซนติเมตร มีแผ่นพลาสติกทึบแสงไว้สำหรับเปิด-ปิด ซึ่งกล่องพลาสติกนี้วางอยู่ตำแหน่งตรงกลางของขอบตู้ทดลอง

2.3.5 ใช้กล้องถ่ายรูปถ่ายตำแหน่งของหอยแต่ละชนิดก่อนเริ่มการทดลอง และทิ้งไว้ 10 นาที เพื่อปรับสภาพ

2.3.6 เมื่อครบระยะเวลา 10 นาที ค่อยๆ ยกแผ่นพลาสติกทึบแสงขึ้น เพื่อปล่อยให้หอยเคลื่อนที่ออกจากกล่องพลาสติก ใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้น 2 ชั่วโมง

2.3.7 เมื่อครบระยะเวลา 2 ชั่วโมง ใช้กล้องถ่ายรูปถ่ายตำแหน่งของหอยแต่ละชนิดหลังการทดลอง และทำการวัดระยะทางที่หอยเคลื่อนที่ไปจากจุดเริ่มต้นในตอนเริ่มการทดลอง บันทึกตำแหน่งที่หอยแต่ละชนิดเคลื่อนที่ไปจากจุดเริ่มต้น

2.3.8 หลังการทดลอง วัดขนาดความสูง และความกว้างของเปลือกหอย โดยใช้ Vernier caliper

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี

ผลการวิจัย

1.การศึกษาภาคสนาม

การระบุตำแหน่งด้วยพิกัดทางภูมิศาสตร์โดยใช้อุปกรณ์ระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS)

1.1 อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

สถานีที่ 1 ละติจูด 08° 19' 237" ลองติจูด 100° 08' 589"

สถานีที่ 2 ละติจูด 08° 15' 934" ลองติจูด 100° 09' 925"

1.2 บึงสีไฟ จังหวัดพิจิตร

ละติจูด 16° 24' 982" ลองติจูด 100° 19' 153"

1.3 บึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

สถานีที่ 1 ละติจูด 15° 43' 225" ลองติจูด 100° 12' 773"

สถานีที่ 2 ละติจูด 15° 42' 681" ลองติจูด 100° 11' 338"

1.4 หนองหานกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี

ละติจูด 17° 12' 755" ลองติจูด 103° 02' 035"

1.5 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำสนามบิน จังหวัดบุรีรัมย์

สถานีที่ 1 ละติจูด 14° 38' 239" ลองติจูด 103° 04' 368"

สถานีที่ 2 ละติจูด 14° 38' 335" ลองติจูด 103° 04' 783"

1.6 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี

ละติจูด 13° 13' 560" ลองติจูด 100° 58' 465"

1.7 บริเวณปากแม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรี

ละติจูด 12° 18' 157" ลองติจูด 102° 20' 674"

1.8 พื้นที่ชุ่มน้ำในอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ละติจูด 12° 14' 662" ลองติจูด 099° 55' 950"

1.9 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงฉวาก จังหวัดสุพรรณบุรี

ละติจูด 14° 55' 240" ลองติจูด 100° 02' 327"

1.10 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดไผ่ล้อมและวัดอัมพุวาราม จังหวัดปทุมธานี

ละติจูด 14° 04' 598" ลองติจูด 100° 31' 539"

1.11 ทุ่งโพธิ์ทองหรือทุ่งคำหยาด จังหวัดอ่างทอง

ละติจูด 14° 38' 759" ลองติจูด 100° 21' 049"

1.12 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

สถานีที่ 1 ละติจูด 07° 46' 619" ลองติจูด 100° 07' 358"

สถานีที่ 2 ละติจูด 07° 44' 046" ลองติจูด 100° 09' 039"

จากตาราง ผ-1 การแยกชนิดหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ จะแยกจากเปลือกหอย ร่องของเปลือก ฝาปิดเปลือก และก้นหอย โดยหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองมีขนาดตัวใหญ่กว่าหอยเชอรี่ เปลือกจะหนาและมีสีดำเข้ม ฝาปิดเปลือกหนากว่าหอยเชอรี่ ส่วนหอยเชอรี่เปลือกจะบางและมีสีอ่อน ปากกว้างและแหลมบางกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง ฝาปิดเปลือกบาง ร่องของเปลือกลึกกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง ก้นแหลมกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง นอกจากนี้หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองวางไข่สีขาวบนดิน แต่หอยเชอรี่วางไข่สีชมพู

จากตาราง ผ-2 การพบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง จะพบที่บริเวณทุ่งนา หนองน้ำ บึง คลอง บ่อน้ำ นาข้าว ร่องน้ำ บ่อเลี้ยงปลา คูน้ำ

1) การนำหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองไปทำอาหารรับประทาน (ต้ม ย่าง เผา ยำ พล่า ลาบ ก้อย แกงกะทิ แกงป่า แกงอ่อม ใส่ส้มตำ ผัดกระเพรา ผัดเปรี้ยวหวาน ผัดเผ็ด) หรือใช้ประโยชน์ ได้แก่ นำน้ำที่เผาหอยโข่งมาทาแก้เริม ใช้เป็นอาหารเป็ด ใช้เป็นเหยื่อล่อปลาไหล และนำไปขาย

2) สาเหตุอื่นๆ ที่ไม่พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง ผู้ให้สัมภาษณ์ให้ความคิดเห็นว่า มีการทำนาปรังจึงใช้สารเคมีจำนวนมาก แหล่งน้ำมีความเปรี้ยว มีการสูญพันธุ์ บางพื้นที่ที่ทำการสำรวจเป็นนากุ้งจึงไม่พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง บางพื้นที่ที่ทำการสำรวจเป็นพื้นที่ป่าชายเลนน้ำจึงมีความเค็ม

จากตาราง ผ-3 การพบหอยเชอรี่ จะพบบริเวณทุ่งนา ร่องน้ำ นาข้าว ป่าพรุ หนองน้ำ บึง แหล่งน้ำทั่วไป คูน้ำ ริมแม่น้ำ คลอง ห้วย ที่มีน้ำขัง บ่อเลี้ยงปลา

1) ความเสียหายที่เกิดจากหอยเชอรี่ซึ่งกัดกินพืชน้ำ ได้แก่ ผักบุ้ง ผักกระเฉด ผักตบชวา บัว และหญ้าอ่อนๆ ที่อยู่ในนาข้าว

2) ความเสียหายอื่นๆ ที่เกิดจากหอยเชอรี่ ได้แก่ กินปลาที่ติดตาข่าย กินไข่ปลา

3) วิธีการป้องกันและกำจัดหอยเชอรี่ โดยใช้เหยื่อล่อ ได้แก่ ใบมะละกอหรือทางมะพร้าว โดยใช้ศัตรูตามธรรมชาติ ได้แก่ นกปากห่าง (นกช้อนหอย) ตะพาบ เป็ดไล่ทุ่ง โดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติ ได้แก่ กากชา น้ำหมักสมุนไพร และโดยใช้สารเคมี ได้แก่ ยาฆ่าหอยเชอรี่ (เลนเนต) ยาฆ่าปู (ผงสีขาว)

4) การนำหอยเชอรี่ไปใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นอาหาร (ลาบ แกง เผา ยำ ทอดซีอิ๊ว)

5) การนำหอยเชอรี่ไปใช้ประโยชน์ โดยใช้เป็นอาหารสัตว์ เช่น ปลาดุก กุ้ง ตะพาบ และเป็ด

6) การนำหอยเชอรี่ไปใช้ประโยชน์ โดยการนำไปขายกก.ละ 1-3 บาท เพื่อนำไปทำปุ๋ยหมัก ต้มขายกก.ละ 4-5 บาท (บางพื้นที่ขายกก.ละ 150 บาท) แกะเนื้อขายกก.ละ 50-70 บาท

7) การนำหอยเชอรี่ไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้แก่ ใช้ฉีดพ่นเป็นยาฆ่าเพลี้ย เป็นเหยื่อดักปลาไหล

การศึกษาสถานะภาพการกระจายของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

1.1 อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

สถานีที่ 1 *Pila* spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 65 ตัว

สถานีที่ 2 *Pila pesmei* 23 ตัว *P. canaliculata* 0 ตัว

1.2 บึงสีไฟ จังหวัดพิจิตร

Pila spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 41 ตัว

1.3 บึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์

สถานีที่ 1 *Pila* spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 59 ตัว

สถานีที่ 2 *Pila* spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 75 ตัว

1.4 หนองหานกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี

Pila polita. 11 ตัว *P. canaliculata* 10 ตัว

1.5 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำสนามบิน จังหวัดบุรีรัมย์

สถานีที่ 1 *Pila polita*. 2 ตัว *P. canaliculata* 0 ตัว

สถานีที่ 2 *Pila* spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 5 ตัว

1.6 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าอ่างเก็บน้ำบางพระ จังหวัดชลบุรี

Pila spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 3 ตัว

1.7 บริเวณปากแม่น้ำเวฬุ จังหวัดจันทบุรี

Pila spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 57 ตัว

1.8 พื้นที่ชุ่มน้ำในอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

Pila spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 32 ตัว

1.9 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงฉวาก จังหวัดสุพรรณบุรี

Pila spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 40 ตัว

1.10 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดไผ่ล้อมและวัดอัมพุวาราม จังหวัดปทุมธานี

Pila spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 9 ตัว

1.11 ทุ่งโพธิ์ทองหรือทุ่งคำหยาด จังหวัดอ่างทอง

Pila spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 10 ตัว

1.12 พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง

สถานีที่ 1 *Pila* spp. 0 ตัว *P. canaliculata* 15 ตัว

สถานีที่ 2 *Pila pesmei*. 13 ตัว *P. canaliculata* 53 ตัว

2. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

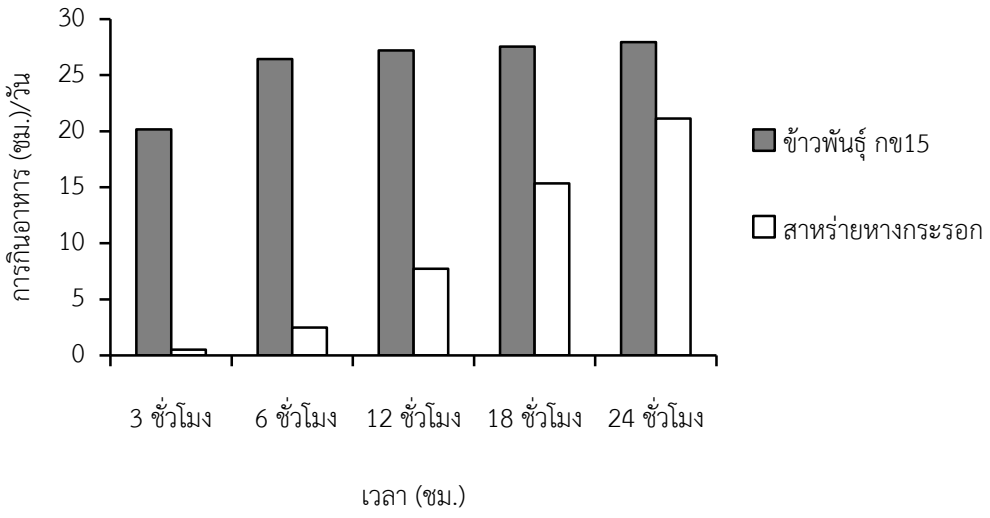
2.1. Feeding interactions

2.2.1 ผลการเปรียบเทียบการกินอาหารของหอยแต่ละชนิด

เปรียบเทียบการกินอาหารของหอยแต่ละชนิดโดยใช้สถิติทดสอบแบบวิลคอกสัน (The Wilcoxon Signed Rank Test) พบว่าทุกช่วงเวลาหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองกินข้าวพันธุ์ กข15 และสาหร่ายหางกระรอกในอัตราที่ไม่แตกต่างกัน (ดังแสดงในตารางที่ 2-1) และพบว่าหอยเชอรี่กินข้าวพันธุ์ กข15 และสาหร่ายหางกระรอกในอัตราที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ดังแสดงในตารางที่ 2-1 และภาพที่ 2-1)

ตารางที่ 2-1 การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวพันธุ์ กข15 ของหอยแต่ละชนิด

การทดลอง		Z	p
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยเชอรี่ ที่	3 ชั่วโมง	-4.552	0.001
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยเชอรี่ ที่	6 ชั่วโมง	-4.602	0.001
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยเชอรี่ ที่	12 ชั่วโมง	-4.541	0.001
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยเชอรี่ ที่	18 ชั่วโมง	-4.107	0.001
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยเชอรี่ ที่	24 ชั่วโมง	-3.408	0.001
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยโข่ง ที่	3 ชั่วโมง	-1.214	0.225
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยโข่ง ที่	6 ชั่วโมง	-0.734	0.463
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยโข่ง ที่	12 ชั่วโมง	-1.400	0.161
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยโข่ง ที่	18 ชั่วโมง	-1.122	0.262
การกินสาหร่ายหางกระรอกและกินข้าวของหอยโข่ง ที่	24 ชั่วโมง	-1.021	0.307



ภาพที่ 2-1 การกินข้าวพันธุ์ กข15 และสาหร่ายหางกระรอกในแต่ละช่วงเวลาของหอยเชอรี่

2.2.2. ผลการเปรียบเทียบอัตราการกินอาหารระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด

เปรียบเทียบการเลือกกินอาหารระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดโดยใช้สถิติทดสอบแบบแมนวิทนี่ (The Mann-Whitney U Test) ในแต่ละช่วงเวลา พบว่า หอยทั้ง 2 ชนิด เลือกกินข้าวพันธุ์ กข15

และสาหร่ายหางกระรอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การกินข้าวพันธุ์ กข15 และสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลา

การทดลอง	Z	p
การกินข้าวระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด 3 ชั่วโมง	-6.339	0.001
การกินข้าวระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด 6 ชั่วโมง	-6.658	0.001
การกินข้าวระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด 12 ชั่วโมง	-6.664	0.001
การกินข้าวระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด 18 ชั่วโมง	-6.711	0.001
การกินข้าวระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด 24 ชั่วโมง	-6.675	0.001
การกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด ที่ 3 ชั่วโมง	2.191	0.028
การกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด ที่ 6 ชั่วโมง	4.005	0.001
การกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด ที่ 12 ชั่วโมง	5.595	0.001
การกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด ที่ 18 ชั่วโมง	-5.719	0.001
การกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิด ที่ 24 ชั่วโมง	-6.069	0.001

2.3. Predator avoidance

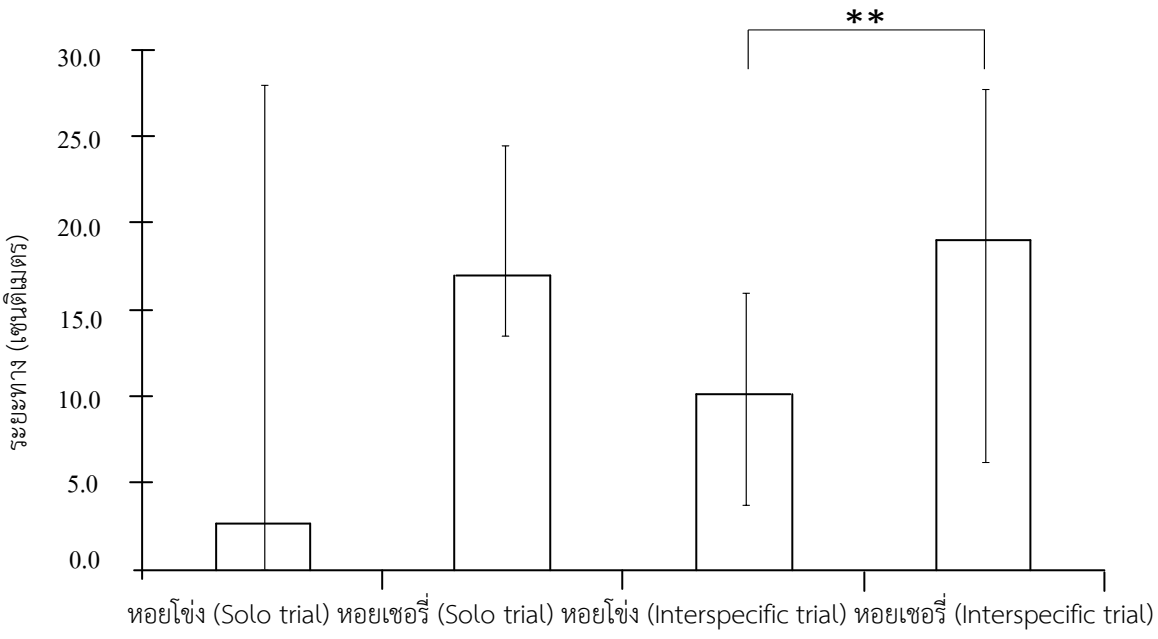
2.3.1 ระยะทางการหนีผู้ล่าของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

จากการทดลองการหนีผู้ล่าของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ได้ผลดังต่อไปนี้ เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการหนีผู้ล่าระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองเดี่ยวกับหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองร่วมกับหอยเชอรี่พบว่า (Wilcoxon Signed Rank Test: Z= -0.318, $p > 0.05$) และเปรียบเทียบระยะทางการหนีผู้ล่าระหว่างหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองเดี่ยวกับหอยเชอรี่ที่ทดลองร่วมกันกับหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (Wilcoxon Signed Rank Test: Z = -0.090, $p > 0.05$) ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการหนีผู้ล่าระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองร่วมกันกับหอยเชอรี่ พบว่าหอยเชอรี่มีระยะทางในการหนีผู้ล่ามากกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Wilcoxon Signed Rank Test: Z = -2.699,

$p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 3-1 โดยที่หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองเดี่ยวมีระยะทางในการหนีผู้ล่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 เซนติเมตร หอยเชอรี่ที่ทำการทดลองเดี่ยวมีระยะทางในการหนีผู้ล่า เฉลี่ยเท่ากับ 17 เซนติเมตร หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองร่วมกับหอยเชอรี่ มีระยะทางในการหนีผู้ล่า เฉลี่ยเท่ากับ 10 เซนติเมตร และหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองร่วมกับหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองมีระยะทางในการหนีผู้ล่า เฉลี่ยเท่ากับ 19 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะทางในการหนีผู้ล่าของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองแยกกัน (Solo trial) และทดลองร่วมกัน 2 ชนิด (Interspecific trial) โดย Wilcoxon Signed Rank Test

การทดลอง	n	Z	P
หอยโข่ง (Solo trial) กับหอยโข่ง (Interspecific trial)	35	-0.318	0.751
หอยเชอรี่ (Solo trial) กับหอยเชอรี่ (Interspecific trial)	35	-0.090	0.928
หอยโข่งกับหอยเชอรี่ (Interspecific trial)	35	-2.699	**0.007**



ภาพที่ 3-1 เปรียบเทียบระยะทางการหนีผู้ล่าของหอยเชอรี่และหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง โดยเครื่องหมาย ** แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01

2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการหนีผู้ล่ากับขนาด (ความสูง) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

จากการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการหนีผู้ล่ากับขนาด (ความสูง) หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ทั้ง 3 การทดลอง พบว่าระยะทางในการหนีผู้ล่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับขนาดของหอยดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางในการหนีผู้ล่ากับขนาด (ความสูง) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองแยกกัน (Solo trial) และทดลองร่วมกัน 2 ชนิด (Interspecific trial) โดย Spearman Rank Correlation Coefficient

การทดลอง	n	p	R
ระยะทางการหนีผู้ล่ากับขนาดของหอยโข่ง (Solo trial)	35	0.357	0.161
ระยะทางการหนีผู้ล่ากับขนาดของหอยเชอรี่(Solo trial)	35	0.623	-0.086
ระยะทางการหนีผู้ล่ากับขนาดของหอยโข่ง (Interspecific trial)	35	0.757	0.112
ระยะทางการหนีผู้ล่ากับขนาดของหอยเชอรี่ (Interspecific trial)	35	0.252	0.199

2.4. Shyness-boldness traits

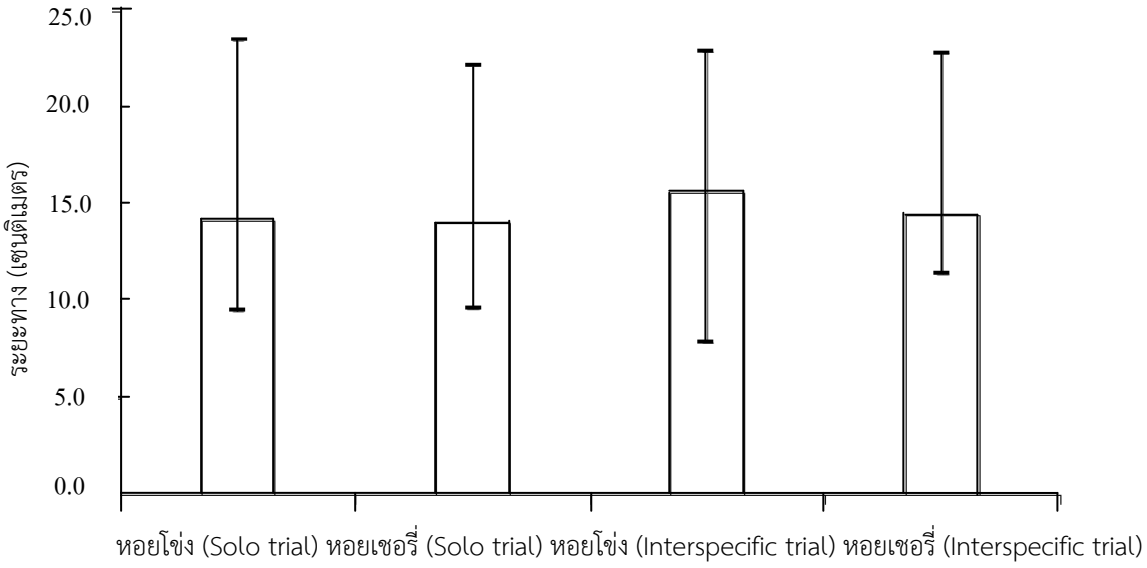
2.4.1 ระยะทางการเคลื่อนที่ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองกับหอยเชอรี่

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการเคลื่อนที่ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองเดี่ยวกับหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองร่วมกับหอยเชอรี่ พบว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองมีระยะทางการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน (Wilcoxon Signed Rank Test: $Z = -0.123$, $p > 0.05$) ส่วนการทดลองเปรียบเทียบระยะทางการเคลื่อนที่ของหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองเดี่ยวกับหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองร่วมกับหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง พบว่า หอยเชอรี่มีระยะการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน (Wilcoxon Signed Rank Test: $Z = -0.463$, $p > 0.05$) เช่นเดียวกับระยะทางการเคลื่อนที่ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองร่วมกับหอยเชอรี่ พบว่า หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่มีระยะทางการเคลื่อนจากจุดเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน (Wilcoxon Signed Rank Test: $Z = -0.141$, $p > 0.05$) ดังตารางที่ 4-1 โดยหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองเดี่ยวมีระยะทางการเคลื่อนที่ เฉลี่ยเท่ากับ 14.20 เซนติเมตร หอยเชอรี่ที่ทำการทดลองเดี่ยวมีระยะทางการเคลื่อนที่ เฉลี่ยเท่ากับ 14.05 เซนติเมตร ส่วนหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองร่วมกับ

หอยเชอรี่มีระยะทางการเคลื่อนที่ เฉลี่ยเท่ากับ 15.60 เซนติเมตร และหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองร่วมกับหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองมีระยะทางการเคลื่อนที่ เฉลี่ยเท่ากับ 14.45 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4-1)

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระยะทางในการเคลื่อนที่ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองแยกกัน (Solo trial) และทดลองร่วมกัน 2 ชนิด (Interspecific trial) โดยใช้ Wilcoxon Signed Rank Test

การทดลอง	n	Z	p
หอยโข่ง (Solo trial) กับหอยโข่ง (Interspecific trial)	30	-0.123	0.902
หอยเชอรี่ (Solo trial) กับหอยเชอรี่ (Interspecific trial)	30	-0.463	0.644
หอยโข่งกับหอยเชอรี่ (Interspecific trial)	30	-0.141	0.888



ภาพที่ 4-1 เปรียบเทียบระยะทางที่เคลื่อนที่ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

2.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่กับขนาด (ความสูง) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่กับขนาด (ความสูง) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ทั้ง 4 การทดลอง พบว่าระยะทางการเคลื่อนที่ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับขนาดของหอยในทุกการทดลอง ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางการเคลื่อนที่กับขนาด (ความสูง) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ที่ทำการการทดลองแยกกัน (Solo trial) และการทดลองร่วมกัน 2 ชนิด (Interspecific trial) โดย Spearman Rank Correlation Coefficient

การทดลอง	n	p	R
ระยะทางการเคลื่อนที่กับขนาดของหอยโข่ง (Solo trial)	30	0.585	-0.104
ระยะทางการเคลื่อนที่กับขนาดของหอยเชอรี่ (Solo trial)	30	0.622	0.094
ระยะทางการเคลื่อนที่กับขนาดของหอยโข่ง (Interspecific trial)	30	0.383	0.165
ระยะทางการเคลื่อนที่กับขนาดของหอยเชอรี่ (Interspecific trial)	30	0.703	-0.072

อภิปราย

จากการศึกษาสถานภาพการกระจายของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ใน 12 พื้นที่ศึกษา พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง 2 ชนิด ได้แก่ *Pila polita* และ *Pila pesmei* ใน 4 จังหวัด ได้แก่ อุดรธานี บุรีรัมย์ พัทลุง และนครศรีธรรมราช ซึ่งพบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองชนิด *P. pesmei* มากที่สุด จำนวน 23 ตัว ในบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช จากการศึกษาชนิดของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองของ Kaewjam (1986) ไม่พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองทั้ง 2 ชนิด ในภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองชนิด *P. pesmei* ทั้งในจังหวัดพัทลุงและนครศรีธรรมราช นอกจากนี้ สยาม อรุณศรีมรกต และสดัมภ์สิทธิ์ แสงสายันห์ (2545) รายงานว่าแหล่งน้ำหลายแห่งในประเทศไทย เริ่มพบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองน้อยลงและไม่พบในบริเวณที่มีหอยเชอรี่อาศัยอยู่ และพบว่าหอยเชอรี่เพิ่มจำนวนมากขึ้นในทุกแหล่งน้ำ โดยการศึกษาในครั้งนี้พบหอยเชอรี่มีการกระจายอยู่ในหลายจังหวัดและที่บริเวณบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์พบหอยเชอรี่มากที่สุด จำนวน 134 ตัว โดยบริเวณที่พบหอยเชอรี่มักไม่พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง

จากการศึกษาพฤติกรรมการเลือกกินอาหารระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้คือ หอยเชอรี่ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานเลือกกินข้าวมากกว่าสาหร่ายหางกระรอก และกินอาหารในปริมาณมากกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับศึกษาของ Chaichana and Sumpan (2014) ทำการเปรียบเทียบการกินอาหารและการเลือกกินอาหารโดยพบว่า หอยเชอรี่กินอาหารไม่เลือกและกินในอัตราที่มากกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (*Pila scutata*) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการกินอาหารและอัตราการเจริญเติบโตของหอยเชอรี่ชนิดพันธุ์พื้นเมือง (*Pomacea paludosa*) ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นไม่รุกราน (*Pomacea haustum* และ *Pomacea paludosa*) และชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน (*Pomacea insularum*, *Pomacea canaliculata* และ *Marisa cornuaritis*) ของ Morrison and Hay (2011) โดยพบว่าหอยเชอรี่ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานกินอาหารและเจริญเติบโตได้มากกว่าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ไม่รุกรานและชนิดพันธุ์พื้นเมือง

จากผลการศึกษาการหนีผู้ล่าพบว่าเป็นไปตามสมมติฐาน คือ หอยเชอรี่มีอัตราการหนีผู้ล่ามากกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง และสอดคล้องกับการศึกษาของ Keller และ Moore (2000) ศึกษาอิทธิพลของขนาดของกุ้งน้ำจืดที่เป็นเหยื่อ (*Orconectes virilis*) ต่อปฏิสัมพันธ์ระหว่างเหยื่อและผู้ล่าโดยใช้ปลาที่เป็นผู้ล่า 4 ชนิด ซึ่งพบว่า ขนาดของกุ้งน้ำจืดเมื่อเทียบกับปลาที่เป็นผู้ล่าแล้วทำให้ขนาดของกุ้งน้ำจืดไม่มีผลต่อปลา รวมถึงยังมีการศึกษาโดย Nyström (2005) ศึกษาผลกระทบของผู้ล่าที่ไม่ทำให้เหยื่อตาย (non-lethal predator effect) เปรียบเทียบระหว่างกุ้งที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมือง (*Astacus astacus*) และกุ้งที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่น (*Pacifastacus leniusculus*) พบว่า

ช่วงกลางคืนขณะที่มีผู้ล่ากุ้งน้ำจืดชนิดพันธุ์ต่างถิ่น (*Pacifastacus leniusculus*) ใช้เวลาอยู่ในที่กำบังมากกว่ากุ้งน้ำจืดชนิดพันธุ์พื้นเมือง (*Astacus astacus*) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Pennuto และ Keppler (2008) ที่ศึกษาพฤติกรรมการหนีผู้ล่าของแอมฟิพอด *Echinogammarus ischnus* ที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน และแอมฟิพอด *Gammarus fasciatus* ที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมืองในทะเลสาบเกรตเลกส์ โดยใช้ปลา 5 ชนิดเป็นผู้ล่า ได้แก่ round goby (*Apollonia melanostoma*), black crappies (*Promoxis nigromaculatus*), rainbow darters(*Etheostoma caeruleum*), yellow perch (*Perca lavescens*) และ brown bullhead (*Ameiurus nebulosus*) พบว่า *Echinogammarus ischnus* ที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานเคลื่อนที่ในระยะทางที่น้อยกว่าเมื่อทดสอบกับปลาผู้ล่าทั้ง 5 ชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะที่ไม่มีผู้ล่า ในขณะที่ความแตกต่างนี้พบเฉพาะบางชนิดของปลาที่เป็นผู้ล่าเท่านั้น *Gammarus fasciatus* ที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมืองซึ่งแสดงว่าแอมฟิพอดที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานแสดงพฤติกรรมการหนีผู้ล่าได้ดีกว่าแอมฟิพอดที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการศึกษาเกี่ยวกับขนาดของหอยเชอรี่ที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกรานและขนาดของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ไม่มีผลต่อระยะทางในการเคลื่อนที่หนีผู้ล่า

การศึกษาพฤติกรรมความกล้าระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ โดยการเปรียบเทียบระยะทางที่หอยแต่ละชนิดเคลื่อนที่ไปจากจุดเริ่มต้น พบว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง และ หอยเชอรี่มีระยะทางการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน แสดงว่าหอยทั้งสองชนิดนี้มีการแสดงพฤติกรรมความกล้าไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Pintor *et al*. (2008) ที่ศึกษาพฤติกรรมความกล้าในกุ้ง Crayfish ที่เป็นชนิดพันธุ์ท้องถิ่น และชนิดพันธุ์ต่างถิ่น โดยชนิด *Pacifastacus leniusculus* เป็นชนิดพันธุ์ท้องถิ่น และ ชนิด *P. fortis* เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่น พบว่าชนิดพันธุ์ต่างถิ่นมีการแสดงพฤติกรรมด้านความกล้ามากกว่าชนิดพันธุ์ท้องถิ่น เป็นไปได้ว่าในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ใช้การประเมินพฤติกรรมความกล้าในสภาวะที่มีผู้ล่า ดังนั้นอาจทำให้ผลการทดลองในการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า

สรุปและเสนอแนะ

การศึกษาสถานภาพการกระจายของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ใน 12 พื้นที่ศึกษา พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง 2 ชนิด ได้แก่ *Pila polita* และ *Pila pesmei* โดยพบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองชนิด *P. pesmei* มากที่สุดบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 23 ตัว และพบหอยเชอรี่ 1 ชนิด ได้แก่ *Pomacea canaliculata* โดยพบมากที่สุดบริเวณบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 134 ตัว และการศึกษาพฤติกรรมการเลือกกินอาหารระหว่างหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ พบว่า หอยเชอรี่เลือกกินข้าวพันธุ์ กข15 มากกว่าสาหร่ายหางกระรอก และการเลือกกินอาหารของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ รวมทั้งพบว่าหอยเชอรี่สามารถกินอาหารในอัตราที่มากกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาพฤติกรรมการหนีผู้ล่าของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่พบว่าหอยเชอรี่มีระยะทางในการหนีผู้ล่ามากกว่าหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง และขนาดของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ไม่มีผลต่อระยะทางในการหนีผู้ล่า อย่างไรก็ตามจากการศึกษาเปรียบเทียบระยะทางการเคลื่อนที่ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ เพื่อประเมินพฤติกรรมความกล้า พบว่าหอยทั้ง 2 ชนิดแสดงพฤติกรรมความกล้าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นควรมีการศึกษาในหัวข้อพฤติกรรมความกล้าของหอยเพิ่มเติมเพื่อประเมินของความมีอยู่ของความแตกต่างของพฤติกรรมนี้

ผลผลิต

คาดว่าตีพิมพ์ผลงานในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติอย่างน้อย 3 เรื่อง โดยวารสารเป้าหมาย คือ Ethology ซึ่งอยู่ในฐาน ISI มี impact factor เท่ากับ 1.947 Biological Invasions ซึ่งอยู่ในฐาน ISI มี impact factor เท่ากับ 2.509 และ Environmental Pollution ซึ่งอยู่ในฐาน ISI มี impact factor เท่ากับ 3.730

สร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จำนวน 6 คน ดังนี้ นิสิตปริญญาเอก 1 คน คือ นางสาวปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์ นิสิตปริญญาโท 1 คน คือ นางสาวกรองทอง ตั้งสิทธิ และนิสิตปริญญาตรี 4 คน

รายงานสรุปการเงิน

เลขที่โครงการระบบบริหารงานวิจัย (NRMS 13 หลัก) 2558A10802297 สัญญาเลขที่ 84/2558

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558

มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการการตอบสนองทางพฤติกรรมและความทนทานต่อโลหะหนักของหอยโข่ง (*Pila* spp.) ที่เป็นชนิดพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) ที่เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นเพื่อใช้เป็นแนวทางการควบคุมสัตว์น้ำต่างถิ่นที่รุกรานในประเทศไทย Behavioral responses and heavy metal tolerance of *Pila* spp. (native species) and *Pomacea canaliculata* (invasive alien species): approaches for controlling invasive aquatic animals in Thailand

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน นางสาวจันทิมา ปิยะพงษ์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

<u>รายรับ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ

งวดที่ 1 (50%) 350,000 .....บาท เมื่อวัน เดือน ปี.. มกราคม2558.....

งวดที่ 2 (40%) 280,000.....บาท เมื่อวัน เดือน ปี..พฤษภาคม 2558.....

งวดที่ 3 (10%) .....บาท เมื่อวัน เดือน ปี.....

รวม.....

<u>รายจ่าย</u>

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
1.ค่าตอบแทน	108,000	108,000	-

รายการ	งบประมาณที่ตั้งไว้	งบประมาณที่ใช้จริง	จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน
2.ค่าจ้าง	184,325	240,000	-55,675
3.ค่าวัสดุ	48,995	60,000	-11,005
4.ค่าใช้สอย	288,680	288,000	+680
5ค่าครุภัณฑ์	-	-	
6.ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ (โปรดระบุเป็นข้อย่อย)	-	-	
รวม	630,000	696,000	-66,000

(.....)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ชวลิต วิทยานนท์. (2549). ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่นที่รุกรานที่สุดในประเทศไทย. ใน *รายงานการประชุมวิชาการ เรื่องชนิดพันธุ์ต่างถิ่น วันที่ 31 สิงหาคม 2549* (หน้า 67-74). กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ณภัทร เฉลิมชุติปภา. (2553). เอเลียนสปีชีส์บุกทำลายความหลากหลายทางชีวภาพ. *วารสาร Update*, *276*, 51-61.

พิมพิศา ศิลปสุวรรณ. (2556). *พฤติกรรมการกินอาหารของหอยเชอรี่และหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง*. ปริญญาการศึกษาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมทรง สิทธิ. (2531). *การเลือกชนิดของพืชน้ำเป็นอาหารในหอยโข่งอเมริกาใต้ (Pomacea canaliculata)*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาชีววิทยา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สยาม อรุณศรีมรกต และสดัมภ์สิทธิ์ แสงสายัณห์. (2545). หอยโข่งไทยกำลังจะสูญพันธุ์. *วารสารกีฏและสัตววิทยา*, *24* (1), 66-67

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2552). *มาตรการป้องกันควบคุมและกำจัดชนิดพันธุ์ต่างถิ่น* (28 หน้า). กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

_____. (2553). *รายงานการประชุมวันสากลแห่งความหลากหลายทางชีวภาพ เรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพ: ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน* (194 หน้า). กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด. (2553). *ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำต่างถิ่น*. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

อดิศักดิ์ จุมวงษ์. (2543). มาทำความรู้จักหอยเชอรี่ (Golden apple snails). *แม่โจ้ปริทัศน์*, *1* (5), 38-41.

Atchison, G. J., Henry, M. G., and Sandheinrich, M. B. (1987). Effects of metals on fish behavior: a review. *Environmental Biology of fishes*, *18* (1), 11-25.

Brandt, R. A. (1974). *The non-marine aquatic Mollusca of Thailand*. Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft.

Brown, C., Jones, F., and Braithwaite, V. (2005). In situ examination of boldness–shyness traits in the tropical poeciliid, Brachyraphis episcopi. *Animal Behaviour*, *70* (5), 1003-1009.

Carlsson, N. O., Kestrup, A., Martensson, M., and Nyström, P. (2004). Lethal and non-lethal effects of multiple indigenous predators on the invasive golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). *Freshwater Biology*, *49* (10), 1269-1279.

Chapple, D. G., Simmonds, S. M., and Wong, B. (2012). Can behavioral and personality traits influence the success of unintentional species introductions*?. Trends in ecology and evolution*, *27* (1), 57-64.

Chaichana R. and Sumpan T. (2014). The potential ecological of the exotic snail *Pomacea canaliculata* on the Thai native snail *Pila scutata*. *ScienceAsia, 40*, 11-15.

Clotfelter, E. D., Bell, A. M., and Levering, K. R. (2004). The role of animal behaviour in the study of endocrine-disrupting chemicals. *Animal Behaviour*, *68* (4), 665-676.

Cote, J., Fogarty, S., Weinersmith, K., Brodin, T., and Sih, A. (2010). Personality traits and dispersal tendency in the invasive mosquitofish (*Gambusia affinis*).Proceedings of the Royal Society B: *Biological Sciences*, *9* (13), 1571-1579.

Cowie, R. H. (2002). Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts, and management. In Baker, G. M. (Ed.), *Molluscs as Crop Pests*. Wallingford, UK: CABI Publishing, 145-192.

IUCN (2013). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1.* http://www.iucnredlist.org. Downloaded on 02 July 2013.

Keawjam, R. S. (1986). The apple snails of Thailand: distribution, habitats and shell morphology. *Malacological review*, *19* (1-2), 61-81.

Keller, T. A., and Moore, P. A. (2000). Context-specific behavior: crayfish size influences crayfish–fish interactions. *Context*, *19* (2), 344-351.

Lefcort, H., Ammann, E., and Eiger, S. M. (2000). Antipredatory behavior as an index of heavy-metal pollution? A test using snails and caddisflies. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, *38* (3), 311-316.

Liang, L. N., He, B., Jiang, G. B., Chen, D. Y. and Yao, Z. W. (2004). Evaluation of mollusk as biomonitors to investigate heavy metal contaminations along the Chinese Bohai Sea. *Science of the Total Environment*, *324*, 105-113.

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., and De Poorter, M. (2000). *100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database* (p. 12). Auckland, New Zealand: Invasive Species Specialist Group.

MacDonald, J. A., Roudez, R., Glover, T., and Weis, J. S. (2007). The invasive green crab and Japanese shore crab: behavioral interactions with a native crab species, the blue crab. *Biological Invasions*, *9* (7), 837-848.

Magnhagen, C., Wacker, S., Forsgren, E., Myhre, L. C., Espy, E., and Amundsen, T. (2014). Context consistency and seasonal variation in boldness of male two-spotted gobies. *PloS one, 9* (3), 1-10.

Morrison, W. E., and Hay, M. E. (2011). Feeding and growth of native, invasive and non-invasive alien apple snails (Ampullariidae) in the United States: invasives eat more and grow more. *Biological Invasions*, *13* (4), 945-955.

Naylor, R. (1996). Invasions in agriculture: assessing the cost of the golden apple snail in Asia. *Ambio*, *25* (7), 443-448.

Nyström, P. (2005). Non-lethal predator effects on the performance of a native and an exotic crayfish species. *Freshwater Biology*, *50* (12), 1938-1949

Pennuto, C., and Keppler, D. (2008). Short-term predator avoidance behavior by I nvasive and native amphipods in the Great Lakes. *Aquatic ecology*, *42* (4), 629-641.

Pintor, L. M., Sih, A., and Bauer, M. L. (2008). Differences in aggression, activity and boldness between native and introduced populations of an invasive crayfish. *Oikos, 117*(11), 1629-1636.

Phillips, B. L. and Suarez, A. V. (2012). The role of behavioural variation in the invasion of new areas. In Candolin, U. and Wong, B.B.M. (Eds.), *Behavioural responses to a changing word* (p. 190-200). United Kingdom: Oxford University Press.

Wang, Y., Liang, L., Shi, J., and Jiang, G. (2005). Study on the contamination of heavy metals and their correlations in mollusks collected from coastal sites along the Chinese Bohai Sea. *Environment International*, *31*, 1103-1113.

Weis, J. S., Smith, G., Zhou, T., Santiago-Bass, C., and Weis, P. (2001). Effects of contaminants on behavior: biochemical mechanisms and ecological consequences. *Bioscience*, *51* (3), 209-217.

Zala, S. M., and Penn, D. J. (2004). Abnormal behaviours induced by chemical pollution: a review of the evidence and new challenges. *Animal Behaviour*, *68* (4), 649-664.

ภาคผนวก

ตาราง ผ-1 ข้อมูลพื้นฐานและความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ของผู้ให้สัมภาษณ์

รายการ		**จำนวน (N=74)**	**ร้อยละ**
เพศ			
	ชาย	46	62.16
	หญิง	28	37.84
อายุ			
	น้อยกว่า 31 ปี	12	16.22
	31-40 ปี	19	25.68
	41-50 ปี	20	27.03
	51-60 ปี	17	22.97
	มากกว่า 60 ปี	6	8.11
ระดับการศึกษาสูงสุด			
	ประถมศึกษาตอนต้น	5	6.76
	ประถมศึกษาตอนปลาย	27	36.49
	มัธยมศึกษาตอนต้น	13	17.57
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	13	17.57
	อนุปริญญา/ปวส./ปวท.	5	6.76
	ปริญญาตรี	10	13.51
	อื่นๆ	1	1.35
อาชีพหลัก			
	ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	12	16.22
	ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	9	12.16
	รับจ้างและบริการ	21	28.38
	ลูกจ้าง	8	10.81
	เกษตรกร	22	29.73
	นักเรียน/นักศึกษา	1	1.35
	อื่นๆ	1	1.35

ตาราง ผ-1 ข้อมูลพื้นฐานและความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ของผู้ให้สัมภาษณ์ (ต่อ)

รายการ		จำนวน (N=74)	ร้อยละ
ภูมิลำเนาเดิม			
	อยู่ที่เดียวกันหรือใกล้เคียงกับจุดสำรวจ	56	75.68
	มาจากที่อื่น	18	24.32
การแยกชนิดหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่			
	สามารถแยกชนิดได้	54	72.97
	ไม่สามารถแยกชนิดได้	20	27.03

ตาราง ผ-2 การพบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและการใช้ประโยชน์ของผู้ให้สัมภาษณ์

รายการ		จำนวน (N=74)	ร้อยละ
การพบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง			
	พบ	25	33.78
	ไม่พบ	49	66.22
ระยะเวลาที่ไม่พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (N = 49)			
	น้อยกว่า 10 ปี	14	28.57
	10-19 ปี	16	32.65
	20-29 ปี	7	14.29
	มากกว่า 29 ปี	3	6.12
	ไม่ระบุ	9	18.37
สาเหตุที่ไม่พบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (N = 49)			
	มีการแพร่กระจายของหอยเชอรี่	15	30.61
	มีการใช้ยาฆ่าหอย	6	12.25
	มีนกปากห่าง	6	12.25
	อื่นๆ	9	18.37
	ไม่ระบุ	13	26.53

ตาราง ผ-2 การพบหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและการใช้ประโยชน์ของผู้ให้สัมภาษณ์ (ต่อ)

รายการ		จำนวน (N=74)	ร้อยละ
การนำหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองไปรับประทานหรือใช้ประโยชน์			
	ไม่เคย	36	48.65
	เคย	38	51.35

ตาราง ผ-3 การระบาดและการกำจัดหอยเชอรี่ของผู้ให้สัมภาษณ์

รายการ		จำนวน (N=74)	ร้อยละ
การพบหอยเชอรี่			
	พบ	67	90.54
	ไม่พบ	7	9.46
ลักษณะของหอยเชอรี่ที่พบ (N = 67)			
	ตัวหอย	1	1.49
	ไข่หอย	7	10.45
	ทั้งตัวหอยและไข่หอย	59	88.06
การพบไข่หอยเชอรี่ (N = 67)			
	ไม่พบ	1	1.49
	พบมาก	44	65.67
	พบน้อย	20	29.85
	พบปานกลาง	2	2.99
ระยะเวลาที่หอยเชอรี่ระบาด (N = 67)			
	น้อยกว่า 10 ปี	6	8.96
	10-19 ปี	37	55.22
	20-29 ปี	9	13.43
	มากกว่า 29 ปี	8	11.94
	ไม่ระบุ	7	10.45
ฤดูที่หอยเชอรี่ระบาด (N = 67)			
	ฤดูฝน	54	80.60

ตาราง ผ-3 การระบาดและการกำจัดหอยเชอรี่ของผู้ให้สัมภาษณ์ (ต่อ)

รายการ		จำนวน (N=74)	ร้อยละ
ความเสียหายที่เกิดจากหอยเชอรี่*			
	ทุกฤดู	13	19.40
	ไม่มี	3	4.05
	กัดกินต้นข้าว	64	86.49
	เปลือกหอยบาดเท้า	17	22.97
	แย่งที่อยู่อาศัยของสัตว์	3	4.05
	กัดกินพืชน้ำ	17	22.97
	อื่นๆ	4	5.41
วิธีการป้องกันและกำจัดหอยเชอรี่*			
	ไม่กำจัด	9	12.16
	การจับเก็บตัวหอยและไข่	16	21.62
	การดักหรือการกั้นตามทางน้ำผ่านเข้านา	1	1.35
	ใช้ไม้หลักปักเพื่อล่อให้หอยมาวางไข่	1	1.35
	ใช้เหยื่อล่อ	4	5.41
	ใช้ศัตรูตามธรรมชาติ	33	44.59
	ใช้สารสกัดจากธรรมชาติ	12	16.22
	ใช้สารเคมี	37	50.00
การนำหอยเชอรี่ไปใช้ประโยชน์			
	ไม่ได้ใช้ประโยชน์	29	39.19
	นำไปใช้ประโยชน์	45	60.81
ลักษณะของการนำหอยเชอรี่ไปใช้ประโยชน์*			
	เป็นอาหาร	29	39.19
	ทำปุ๋ย	13	17.57
	เป็นอาหารสัตว์	11	14.86
	ขาย	17	22.97
	อื่นๆ	2	2.70

หมายเหตุ: * หมายถึง คิดค่าร้อยละในแต่ละรายการ

ตาราง ผ-4 ผลการทดลองอัตราการเลือกกินอาหารของหอยเชอรี่

การทดลอง		ชนิดหอย	ขนาดของเปลือกหอย		อัตราการกินข้าว					อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอก					T น้ำ (℃)
ครั้งที่	บ่อที่		กว้าง	สูง	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	
1	1	เชอรี่	3.15	4.05	20	30	30	30	30	0	0	0	0	7.6	28
1	3	เชอรี่	3.1	4.25	30	30	30	30	30	0	0	0	14.5	24.1	28
1	5	เชอรี่	3.5	4.6	30	30	30	30	30	0	0	3	20.1	24.9	28
1	7	เชอรี่	3.15	4.18	20	20	20	30	30	0	0	10.3	16.5	30	28
2	2	เชอรี่	3	4.16	30	30	30	30	30	0	0.6	5.5	5.5	14.7	27
2	4	เชอรี่	3.3	4.33	20	30	30	30	30	0	0.5	10.9	23.6	30	27
2	6	เชอรี่	2.9	4.2	30	30	30	30	30	0.6	1.4	4.3	6.7	6.7	27
2	8	เชอรี่	3.04	4.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
3	1	เชอรี่	3.35	4.44	30	30	30	30	30	0.4	0.4	4.1	8.67	30	28
3	3	เชอรี่	3.91	4.33	30	30	30	30	30	0	1.4	7.3	19.2	26.1	28
3	5	เชอรี่	2.84	3.93	13.6	30	30	30	30	1.8	2.4	2.4	14.2	18.2	28
3	7	เชอรี่	3.09	4.34	30	30	30	30	30	0	0.5	3.1	7.8	20.8	28
4	4	เชอรี่	3.11	4.27	30	30	30	30	30	1.2	1.2	8.2	17.4	20.9	25

ตาราง ผ-4 ผลการทดลองอัตราการเลือกกินอาหารของหอยเชอรี่ (ต่อ)

การทดลอง		ชนิดหอย	ขนาดของเปลือกหอย		อัตราการกินข้าว					อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอก					T น้ำ (℃)
ครั้งที่	บ่อที่		กว้าง	สูง	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	
4	6	เชอรี่	2.98	4.19	20	30	30	30	30	0	2.1	2.1	5.6	16	25
4	8	เชอรี่	2.98	4.252	10	30	30	30	30	0	0.6	5.6	6.5	9.3	25
5	1	เชอรี่	3.15	4.15	0	20	30	30	30	0	0	7.9	15.9	26.4	28
5	3	เชอรี่	3.28	4.32	20	30	30	30	30	4	7.4	19.4	30	30	28
5	5	เชอรี่	3.04	4.24	11.9	30	30	30	30	0	1.5	11.7	15.3	30	28
5	7	เชอรี่	3.13	4.19	20	30	30	30	30	0.8	2.3	12.7	30	30	28
6	2	เชอรี่	3.02	3.97	14.2	26.7	30	30	30	0	0	0.5	10.9	19.8	28
6	4	เชอรี่	3.17	4.33	20	30	30	30	30	0	1.3	9.5	30	30	28
6	6	เชอรี่	3.16	4.37	20	30	30	30	30	3.8	10	19.5	30	30	28
6	8	เชอรี่	3.03	4.16	30	30	30	30	30	0.5	6.1	16.2	23.5	30	28
7	1	เชอรี่	3	4.22	6.4	12.1	16.4	16.4	28.2	0	0	1.7	4.5	4.5	27
7	3	เชอรี่	2.99	4.12	26.3	30	30	30	30	0	0.9	9.8	23.9	30	27
7	5	เชอรี่	3.03	3.77	22	30	30	30	30	0	2	9.3	30	30	27

ตาราง ผ-4 ผลการทดลองอัตราการเลือกกินอาหารของหอยเชอรี่ (ต่อ)

การทดลอง		ชนิดหอย	ขนาดของเปลือกหอย		อัตราการกินข้าว					อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอก					T น้ำ (℃)
ครั้งที่	บ่อที่		กว้าง	สูง	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	
7	7	เชอรี่	3	3.96	20	26.9	30	30	30	1.9	30	30	30	30	27
8	2	เชอรี่	3.02	4.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.5
8	4	เชอรี่	2.9	4.32	20	27.3	30	30	30	0	0	1.2	1.2	3.9	27.5
8	8	เชอรี่	2.94	4.31	30	30	30	30	30	0	1.4	15.3	19.6	30	27.5

ตาราง ผ-5 ผลการทดลองอัตราการเลือกกินอาหารของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง

การทดลอง		ชนิดหอย	ขนาดของเปลือกหอย		อัตราการกินข้าว					อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอก					T น้ำ (℃)
ครั้งที่	บ่อที่		กว้าง	สูง	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	
1	2	โข่ง	3	4.37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
1	4	โข่ง	3.3	4.32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	28
1	6	โข่ง	3.35	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
1	8	โข่ง	3.25	4.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
2	1	โข่ง	3.84	3.99	3.2	9.1	11.5	11.5	11.5	0	0	0	0	0	27
2	3	โข่ง	2.83	3.72	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	1.4	27
2	5	โข่ง	3.04	4.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
2	7	โข่ง	3	4.08	10	17.6	20	22.6	22.6	0	0	0.4	0.4	0.4	27
3	2	โข่ง	3.11	4.02	0	2.2	2.7	2.7	2.7	0	0	0	0	0	27
3	4	โข่ง	3.22	4.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
3	6	โข่ง	2.97	4.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
3	8	โข่ง	2.99	3.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27

ตาราง ผ-5 ผลการทดลองอัตราการเลือกกินอาหารของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (ต่อ)

การทดลอง		ชนิดหอย	ขนาดของเปลือกหอย		อัตราการกินข้าว					อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอก					T น้ำ (°C)
ครั้งที่	บ่อที่		กว้าง	สูง	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	
4	3	โข่ง	3.07	4.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
4	5	โข่ง	3.05	4.27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
4	7	โข่ง	2.97	4.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
5	2	โข่ง	3.1	4.33	3.8	7.7	7.7	7.7	11.3	0	5.3	7	7	7.4	28
5	4	โข่ง	3.16	4.3	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	28
5	6	โข่ง	3.5	4.31	0	0	0	0	0	2.7	5.2	7.7	7.7	8	28
5	8	โข่ง	3.24	4.37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
6	1	โข่ง	3.02	3.97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
6	3	โข่ง	2.94	4.24	0	0	0	0	7.1	0	0	0	0	0	28
6	5	โข่ง	2.92	4.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
6	7	โข่ง	3.05	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
7	2	โข่ง	2.83	3.86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27

ตาราง ผ-5 ผลการทดลองอัตราการเลือกกินอาหารของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง (ต่อ)

การทดลอง		ชนิดหอย	ขนาดของเปลือกหอย		อัตราการกินข้าว					อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอก					T น้ำ (℃)
ครั้งที่	บ่อที่		กว้าง	สูง	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	3 ชม.	6 ชม.	12 ชม.	18 ชม.	24 ชม.	
7	4	โข่ง	2.83	3.68	0	0	0	0	0	2.6	2.6	2.6	2.6	2.8	27
7	6	โข่ง	2.89	3.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
7	8	โข่ง	2.73	3.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
8	1	โข่ง	2.86	4	0	0	0.8	10	10	0	0	0	0	0	27.5
8	3	โข่ง	2.78	3.85	0	0	11.2	11.2	11.2	0	0	0	0	0.8	27.5
8	5	โข่ง	2.93	4.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.5

ตาราง ผ-6 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวพันธุ์ กข15

ลำดับ	น้ำหนักภาชนะที่ใส่ (กรัม)	น้ำหนักข้าวสด (กรัม)	น้ำหนักข้าวแห้ง (กรัม)
1	1.3493	0.0391	0.0141
2	1.4004	0.0433	0.0146
3	1.3857	0.0333	0.0130
4	1.3811	0.0419	0.0145
5	1.4006	0.0534	0.0163
6	1.3945	0.0460	0.0148
7	1.3735	0.0445	0.0144
8	1.1972	0.0453	0.0143
9	1.3860	0.0438	0.0145
10	1.4109	0.0426	0.0143
11	1.3944	0.0307	0.0091
12	1.3818	0.0373	0.0112
13	1.1663	0.0346	0.0129
14	1.3725	0.0371	0.0130

ตาราง ผ-6 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวพันธุ์ กข15 (ต่อ)

ลำดับ	น้ำหนักภาชนะที่ใส่ (กรัม)	น้ำหนักข้าวสด (กรัม)	น้ำหนักข้าวแห้ง (กรัม)
15	1.3952	0.0420	0.0138
16	1.3702	0.0332	0.0118
17	1.3719	0.0505	0.0136
18	1.3922	0.0329	0.0130
19	1.3724	0.0429	0.0154
20	1.3852	0.0426	0.0133
21	1.3886	0.0492	0.0172
22	1.3863	0.0397	0.0126
23	1.3938	0.0393	0.0103
24	1.3783	0.0415	0.0143
25	1.3975	0.0398	0.0141
26	1.3967	0.0288	0.0096
27	1.3610	0.0374	0.0123
28	1.2881	0.0299	0.0091

ตาราง ผ-6 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวพันธุ์ กข15 (ต่อ)

ลำดับ	น้ำหนักภาชนะที่ใส่ (กรัม)	น้ำหนักข้าวสด (กรัม)	น้ำหนักข้าวแห้ง (กรัม)
29	1.3718	0.0336	0.0109
30	1.1491	0.0334	0.0113

ตาราง ผ-7 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของสาหร่ายหางกระรอก

ลำดับ	น้ำหนักภาชนะที่ใส่ (กรัม)	น้ำหนักสาหร่ายหางกระรอกสด (กรัม)	น้ำหนักสาหร่ายหางกระรอกแห้ง (กรัม)
1	1.3624	0.3195	0.0505
2	1.3473	0.3157	0.3673
3	1.3189	0.2716	0.6390
4	1.3142	0.2875	0.03186
5	1.3721	0.3408	0.0359
6	1.3811	0.4262	0.0492
7	1.3903	0.4488	0.0527
8	1.1147	0.3406	0.0454
9	1.3092	0.3591	0.0415
10	1.3043	0.2553	0.0324
11	1.2953	0.3923	0.0482
12	1.34695	0.3397	0.0369
13	1.27696	0.3552	0.0441
14	1.2829	0.4367	0.0507

ตาราง ผ-7 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของสาหร่ายหางกระรอก (ต่อ)

ลำดับ	น้ำหนักภาชนะที่ใส่ (กรัม)	น้ำหนักสาหร่ายหางกระรอกสด (กรัม)	น้ำหนักสาหร่ายหางกระรอกแห้ง (กรัม)
15	1.3342	0.3352	0.0278
16	1.3202	0.2509	0.0335
17	1.3120	0.2248	0.0224
18	1.3269	0.2550	0.0413
19	1.3393	0.2858	0.0348
20	1.3101	0.2038	0.0279
21	1.3007	0.3190	0.0362
22	1.3181	0.3211	0.0450
23	1.3561	0.3073	0.0437
24	1.3516	0.2691	0.0267
25	1.3736	0.2869	0.0445
26	1.3886	0.3008	0.0391
27	1.4099	0.2050	0.0236
28	1.3313	0.2023	0.0301
29	1.3782	0.2126	0.0366

ตาราง ผ-7 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของสาหร่ายหางกระรอก (ต่อ)

ลำดับ	น้ำหนักภาชนะที่ใส่ (กรัม)	น้ำหนักสาหร่ายหางกระรอกสด (กรัม)	น้ำหนักสาหร่ายหางกระรอกแห้ง (กรัม)
30	1.3794	0.2550	0.0424

ตาราง ผ-8 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลอัตราการกินในแต่ละช่วงเวลาของหอยทั้ง 2 ชนิด

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
การกินข้าวของหอยโข่ง (3ชั่วโมง)	.324	30	.000
การกินข้าวของหอยโข่ง (6ชั่วโมง)	.377	30	.000
การกินข้าวของหอยโข่ง (12ชั่วโมง)	.455	30	.000
การกินข้าวของหอยโข่ง (24ชั่วโมง)	.541	30	.000
การกินข้าวของหอยโข่ง (18ชั่วโมง)	.492	30	.000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (3ชั่วโมง)	.277	30	.000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (6ชั่วโมง)	.348	30	.000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (12ชั่วโมง)	.349	30	.000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (18ชั่วโมง)	.441	30	.000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (24ชั่วโมง)	.500	30	.000
การกินข้าวของหอยเชอรี่(3ชั่วโมง)	.850	30	.001
การกินข้าวของหอยเชอรี่ (6ชั่วโมง)	.500	30	.000
การกินข้าวของหอยเชอรี่ (12ชั่วโมง)	.396	30	.000
การกินข้าวของหอยเชอรี่ (18ชั่วโมง)	.344	30	.000
การกินข้าวของหอยเชอรี่ (24ชั่วโมง)	.288	30	.000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (3ชั่วโมง)	.546	30	.000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (6ชั่วโมง)	.446	30	.000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (12ชั่วโมง)	.892	30	.005
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (18ชั่วโมง)	.922	30	.030
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (24ชั่วโมง)	.807	30	.000

ตาราง ผ-9 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทางสถิติของอัตราการกินในแต่ละช่วงเวลาของหอยทั้ง 2 ชนิด

	Percentiles		
	25th	50th	75th
การกินข้าวของหอยโข่ง (3ชั่วโมง)	.0000	.0000	.0000
การกินข้าวของหอยโข่ง (6ชั่วโมง)	.0000	.0000	.0000
การกินข้าวของหอยโข่ง (12ชั่วโมง)	.0000	.0000	.0000
การกินข้าวของหอยโข่ง (18ชั่วโมง)	.0000	.0000	.0000
การกินข้าวของหอยโข่ง (24ชั่วโมง)	.0000	.0000	.6750
การกินข้าวของหอยเชอรี่(3ชั่วโมง)	14.0500	20.0000	30.0000
การกินข้าวของหอยเชอรี่ (6ชั่วโมง)	27.2000	30.0000	30.0000
การกินข้าวของหอยเชอรี่ (12ชั่วโมง)	30.0000	30.0000	30.0000
การกินข้าวของหอยเชอรี่ (18ชั่วโมง)	30.0000	30.0000	30.0000
การกินข้าวของหอยเชอรี่ (24ชั่วโมง)	30.0000	30.0000	30.0000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (3ชั่วโมง)	.0000	.0000	.0000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (6ชั่วโมง)	.0000	.0000	.0000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (12ชั่วโมง)	.0000	.0000	.0000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (18ชั่วโมง)	.0000	.0000	.0000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (24ชั่วโมง)	.0000	.0000	.5000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (3ชั่วโมง)	.0000	.0000	.5250
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (6ชั่วโมง)	.0000	.7500	2.0250
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (12ชั่วโมง)	2.0000	6.4500	11.1000
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (18ชั่วโมง)	6.2750	15.6000	23.6750
การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (24ชั่วโมง)	13.3500	25.5000	30.0000

ตาราง ผ-10 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินอาหารของหอยเชอรี่ โดยใช้สถิติทดสอบแบบ The Wilcoxon Signed Rank Test

	การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (3ชั่วโมง) – การกินข้าวของหอยเชอรี่ (3ชั่วโมง)	**การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (6ชั่วโมง) - การกินข้าวของหอยเชอรี่ (6ชั่วโมง)**	**การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (12ชั่วโมง) - การกินข้าวของหอยเชอรี่ (12ชั่วโมง)**	**การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (18ชั่วโมง) - การกินข้าวของหอยเชอรี่ (18ชั่วโมง)**	**การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยเชอรี่ (24ชั่วโมง) - การกินข้าวของหอยเชอรี่ (24ชั่วโมง)**
Z	-4.552[a]	-4.602[a]	-4.541[a]	-4.107[a]	-3.408[a]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.001

ตาราง ผ-11 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินอาหารของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง โดยใช้สถิติทดสอบแบบ The Wilcoxon Signed Rank Test

	การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (3ชั่วโมง) - การกินข้าวของหอยโข่ง (3ชั่วโมง)	**การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (6ชั่วโมง) - การกินข้าวของหอยโข่ง (6ชั่วโมง)**	**การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (12ชั่วโมง) - การกินข้าวของหอยโข่ง (12ชั่วโมง)**	**การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (18ชั่วโมง) - การกินข้าวของหอยโข่ง (18ชั่วโมง)**	**การกินสาหร่ายหางกระรอกของหอยโข่ง (24ชั่วโมง) - การกินข้าวของหอยโข่ง (24ชั่วโมง)**
Z	-1.214[a]	-.734[a]	-1.400[a]	-1.122[a]	-1.021[a]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.225	.463	.161	.262	.307

ตาราง ผ-12 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินข้าวพันธุ์ กข15 ระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 3 ชั่วโมง

	อัตราการกินข้าวระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 3 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	51.000
Wilcoxon W	516.000
Z	-6.339
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

ตาราง ผ-13 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินข้าวพันธุ์ กข15 ระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 6 ชั่วโมง

	อัตราการกินข้าวระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 6 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	35.000
Wilcoxon W	500.000
Z	-6.658
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

ตาราง ผ-14 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินข้าวพันธุ์ กข15 ระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 12 ชั่วโมง

	อัตราการกินข้าวระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 12 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	37.500
Wilcoxon W	502.500
Z	-6.664
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

ตาราง ผ-15 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินข้าวพันธุ์ กข15 ระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 18 ชั่วโมง

	อัตราการกินข้าวระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 18 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	37.000
Wilcoxon W	502.000
Z	-6.711
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

ตาราง ผ- 16 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินข้าวพันธุ์ กข15 ระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 24 ชั่วโมง

	อัตราการกินข้าวระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 24 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	37.000
Wilcoxon W	502.000
Z	-6.675
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

ตาราง ผ-17 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 3 ชั่วโมง

	อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 3 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	350.000
Wilcoxon W	815.000
Z	-2.191
Asymp. Sig. (2-tailed)	.028

ตาราง ผ- 18 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 6 ชั่วโมง

	อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 6 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	213.000
Wilcoxon W	678.000
Z	-4.005
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

ตาราง ผ-19 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 12 ชั่วโมง

	อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 12 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	96.000
Wilcoxon W	561.000
Z	-5.595
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

ตาราง ผ-20 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 18 ชั่วโมง

	อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 18 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	74.500
Wilcoxon W	509.500
Z	-5.719
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

ตาราง ผ-21 ผลการวิเคราะห์อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยทั้ง 2 ชนิดที่เวลา 24 ชั่วโมง

	อัตราการกินสาหร่ายหางกระรอกระหว่างหอยโข่งและหอยเชอรี่ 24 ชั่วโมง
Mann-Whitney U	55.000
Wilcoxon W	520.000
Z	-6.069
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

ตาราง ผ-22 ขนาดความสูงและความกว้างของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ จำนวน 35 ซ้ำ แสดงผลดังตารางต่อไปนี้

วันที่ทำการทดลอง : 26 มิถุนายน 2556 หมายเลข 1-8
ครั้งที่ 1 เวลา 18.44 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.14 น.

ขนาด (มิลลิเมตร)

หอยโข่ง			**หอยเชอรี่**		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
1	65	51	1	66	45
2	62	51	2	65	45
3	56	47	3	55	42
4	35	29	4	39	27
5	50	41	5	53	39
6	51	42	6	61	42
7	54	45	7	63	42
8	36	30	8	32	25

วันที่ทำการทดลอง : 27 มิถุนายน 2556 หมายเลข 9-16
ครั้งที่ 1 เวลา 18.57 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.17 น.

ขนาด (มิลลิเมตร)

หอยโข่ง			**หอยเชอรี่**		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
9	73	51	9	73	51
10	77	60	10	81	57
11	54	42	11	61	41
12	62	46	12	64	50
13	67	51	13	71	53
14	74	57	14	72	48
15	58	43	15	62	45
16	63	48	16	66	49

วันที่ทำการทดลอง : 28 มิถุนายน 2556 หมายเลข 17-24
ครั้งที่ 1 เวลา 18.35 น. ครั้งที่ 2 เวลา 20.55 น.

ขนาด (มิลลิเมตร)

หอยโข่ง			**หอยเชอรี่**		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
17	78	54	17	69	50
18	65	50	18	66	49
19	68	52	19	67	48
20	55	41	20	60	41
21	76	55	21	71	49
22	59	45	22	67	49
23	83	63	23	79	54
24	72	50	24	70	48

วันที่ทำการทดลอง : 15 กรกฎาคม 2556 หมายเลข 25-30
ครั้งที่ 1 เวลา 19.35 น. ครั้งที่ 2 เวลา 22.08 น.

ขนาด (มิลลิเมตร)

หอยโข่ง			**หอยเชอรี่**		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
25	70	54	25	67	46
26	66	51	26	68	49
27	66	50	27	63	46
28	82	65	28	65	47
29	66	50	29	72	51
30	85	67	30	66	49

วันที่ทำการทดลอง : 17 กรกฎาคม 2556 หมายเลข 31-35
ครั้งที่ 1 เวลา 17.42 น. ครั้งที่ 2 เวลา 20.00 น.

ขนาด (มิลลิเมตร)

หอยโข่ง			**หอยเชอรี่**		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
31	70	58	31	70	48
32	74	57	32	75	50
33	72	55	33	70	53
34	73	58	34	72	52
35	80	55	35	79	60

ตาราง ผ-23 ระยะทางของหอยเชอรี่และหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง จำนวน 35 ซ้ำ แสดงผลดังตารางต่อไปนี้

วันที่ทำการทดลอง : 26 มิถุนายน 2556 หมายเลข 1-8
ครั้งที่ 1 เวลา 18.44 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.14 น.

ระยะทาง (เซนติเมตร)

หมายเลข	**ครั้งที่ 1**				**ครั้งที่ 2**			
	อยู่ด้วยกัน	**อยู่แยกกัน**	**หอยโข่ง**	**หอยเชอรี่**	**อยู่ด้วยกัน**	**อยู่แยกกัน**	**หอยโข่ง**	**หอยเชอรี่**
1	/		10.0	3		/	29	14
2		/	2.0	13	/		15	29
3	/		7.0	20		/	0	15
4		/	-2.0	23	/		20	12
5	/		22.0	28		/	-2	17.5
6		/	0.0	18	/		0	6.5
7	/		6.0	10		/	28	17
8		/	28.0	-2	/		11	2

วันที่ทำการทดลอง : 27 มิถุนายน 2556 หมายเลข 9-16

ครั้งที่ 1 เวลา 18.57 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.17 น.

ระยะทาง (เซนติเมตร)

หมายเลข	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่
9	/		10.0	29		/	9	17.5
10		/	28.0	11	/		22	25.5
11	/		0.0	0		/	0	25.5
12		/	0.0	27.5	/		8.5	25.5
13	/		10.0	24.5		/	28.5	25.5
14		/	0.0	20	/		13	25.5
15	/		7.0	18.5		/	27	25.5
16		/	0.0	15	/		22.5	25.5

วันที่ทำการทดลอง : 28 มิถุนายน 2556 หมายเลข 17-24

ครั้งที่ 1 เวลา 18.35 น. ครั้งที่ 2 เวลา 20.55 น.

ระยะทาง (เซนติเมตร)

หมายเลข	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่
17	/		0.0	29		/	6	25.5
18		/	2.5	14.5	/		16	25.5
19	/		0.0	0		/	0	25.5
20		/	29.5	30	/		10.5	25.5
21	/		3.0	0		/	26.5	25.5
22		/	0.0	17	/		8.5	25.5
23	/		16.0	4		/	-3	25.5
24		/	2.5	31	/		0	25.5

วันที่ทำการทดลอง : 15 กรกฎาคม 2556 หมายเลข 25-30

ครั้งที่ 1 เวลา 19.35 น. ครั้งที่ 2 เวลา 22.08 น.

ระยะทาง (เซนติเมตร)

หมายเลข	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่
25	/		14.0	17.5		/	28.5	25.5
26		/	11.5	29.5	/		-3	25.5
27	/		27.0	30		/	14	25.5
28		/	30.0	14	/		24.5	25.5
29	/		-8.0	26		/	10	25.5
30		/	0.0	20	/		24	25.5

วันที่ทำการทดลอง : 17 กรกฎาคม 2556 หมายเลข 31-35

ครั้งที่ 1 เวลา 17.42 น. ครั้งที่ 2 เวลา 20.00 น.

ระยะทาง (เซนติเมตร)

หมายเลข	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่
31	/		5.5	2.5		/	0	25.5
32		/	0.0	27	/		4.5	25.5
33	/		31.5	30		/	32	25.5
34		/	0.0	13	/		5	25.5
35	/		0.5	2		/	31	25.5

ตาราง ผ-24 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติเปรียบเทียบระยะทางการหนีผู้ล่าของหอยเชอรี่และหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
a_kong_solo	.260	35	.000	.773	35	.000
a_apple_solo	.145	35	.062	.931	35	.029
a_kong_duo	.103	35	.200*	.970	35	.452
a_apple_duo	.170	35	.012	.894	35	.003
a_height_kong	.107	35	.200*	.954	35	.154
a_height_apple	.171	35	.011	.851	35	.000

Descriptive Statistics

	Percentiles		
	25th	50th (Median)	75th
a_kong_solo	.0000	2.5000	28.0000
a_apple_solo	13.0000	17.0000	26.0000
a_apple_duo	6.0000	19.0000	28.0000
a_kong_duo	3.0000	10.0000	16.0000

ตาราง ผ-25 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติการทดสอบระยะทางของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

Test Statistics[c]

	a_kong_duo - a_kong_solo	a_apple_duo - a_apple_solo	a_kong_duo - a_apple_duo
Z	-.318[a]	-.090[b]	-2.699[a]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.751	.928	.007

ตาราง ผ-26 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (ความสูง) และระยะทางการหนีผู้ล่าของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองเดี่ยวและทำการทดลองร่วมกัน

Correlations

			a_height_kong	a_kong_solo
Spearman's rho	a_height_kong	Correlation Coefficient	1.000	.161
		Sig. (2-tailed)	.	.357
		N	35	35
	a_kong_solo	Correlation Coefficient	.161	1.000
		Sig. (2-tailed)	.357	.
		N	35	35

Correlations

			a_height_kong	kong_duo
Spearman's rho	a_height_kong	Correlation Coefficient	1.000	.112
		Sig. (2-tailed)	.	.757
		N	35	10
	kong_duo	Correlation Coefficient	.112	1.000
		Sig. (2-tailed)	.757	.
		N	10	10

ตาราง ผ-27 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (ความสูง) และระยะทางการหนีผู้ล่าของหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองเดี่ยวและทำการทดลองร่วมกัน

Correlations

			a_apple_solo	a_height_apple
Spearman's rho	a_apple_solo	Correlation Coefficient	1.000	-.086
		Sig. (2-tailed)	.	.623
		N	35	35
	a_height_apple	Correlation Coefficient	-.086	1.000
		Sig. (2-tailed)	.623	.
		N	35	35

Correlations

			a_height_apple	a_apple_duo
Spearman's rho	a_height_apple	Correlation Coefficient	1.000	.199
		Sig. (2-tailed)	.	.252
		N	35	35
	a_apple_duo	Correlation Coefficient	.199	1.000
		Sig. (2-tailed)	.252	.
		N	35	35

ตาราง ผ-28 ระยะทาง (เซนติเมตร) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ จำนวน 30 ซ้ำ แสดงผลดังตารางต่อไปนี้

วันที่ทำการทดลอง: 1 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 15-22
ครั้งที่ 1 เวลา 18.29 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.15 น.

หมายเลข	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่
15		/	24.0	18.0	/		16.0	14.5
16	/		6.4	18.5		/	22.0	23.0
18	/		23.0	11.5		/	15.2	22.6
21	/		13.5	25.5		/	15.0	25.0

วันที่ทำการทดลอง: 1 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 23-30
ครั้งที่ 3 เวลา 00.06 น. ครั้งที่ 4 เวลา 02.45 น.

หมายเลข	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่
23	/		15.6	11.0		/	9.5	7.2
25	/		5.8	11.5		/	15.7	9.0
26		/	23.5	9.1	/		9.0	8.5
27	/		6.2	23.0		/	8.4	8.2
28		/	13.4	11.1	/		26.0	14.7

หมายเหตุ: หมายเลข คือรหัสของหอยแต่ละตัวที่นำมาทำการทดลองในแต่ละรอบ

ตาราง ผ-28 ระยะทาง (เซนติเมตร) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ จำนวน 30 ซ้ำ แสดงผลดังตารางต่อไปนี้ (ต่อ)

วันที่ทำการทดลอง: 2 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 1-8
ครั้งที่ 1 เวลา 18.54 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.29 น.

หมายเลข	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่
2		/	23.5	15.9	/		24.9	26.2
3	/		15.6	26.0		/	15.0	25.6
4		/	27.0	22.1	/		7.4	14.5
7	/		9.5	9.2		/	26.0	13.6
8		/	7.0	26.0	/		22.9	22.8

วันที่ทำการทดลอง: 2 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 9-14, 31-32
ครั้งที่ 3 เวลา 00.20 น. ครั้งที่ 4 เวลา 02.58 น.

หมายเลข	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่
9	/		24.0	11.2		/	19.8	5.0
10		/	12.9	15.6	/		11.6	13.9
11	/		14.8	25.1		/	21.7	23.2
12		/	25.0	26.5	/		22.6	4.6
13	/		8.0	16.8		/	11.2	5.2
14		/	22.5	14.2	/		4.4	25.5
31	/		17.9	12.7		/	8.0	13.3
32		/	9.5	12.6	/		11.4	14.7

ตาราง ผ-28 ระยะทาง (เซนติเมตร) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ จำนวน 30 ซ้ำ แสดงผลดังตารางต่อไปนี้ (ต่อ)

วันที่ทำการทดลอง: 5 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 33-40

ครั้งที่ 1 เวลา 18.34 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.10 น.

หมายเลข	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2			
	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่	อยู่ด้วยกัน	อยู่แยกกัน	หอยโข่ง	หอยเชอรี่
33		/	13.0	11.3	/		5.6	3.6
34	/		10.0	10.0		/	4.5	17.2
35		/	24.0	13.9	/		22.4	11.5
36	/		23.7	14.4		/	3.5	5.2
37		/	12.0	12.5	/		6.0	14.0
38	/		26.9	13.5		/	5.4	16.3
39		/	24.0	23.9	/		24.2	21.6
40	/		18.3	26.9		/	10.7	15.7

ตาราง ผ-29 ขนาดความสูงและความกว้าง (มิลลิเมตร) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ จำนวน 30 ซ้ำ แสดงผลดังตารางต่อไปนี้

วันที่ทำการทดลอง: 1 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 15-22

ครั้งที่ 1 เวลา 18.29 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.15 น.

หอยโข่ง			หอยเชอรี่		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
15	38.1	27.9	15	43	31.6
16	37.5	28.5	16	39.4	30.1
18	37.8	26.5	18	38.4	28.9
21	37.5	27.9	21	41.3	30.6

วันที่ทำการทดลอง: 1 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 23-30

ครั้งที่ 3 เวลา 00.06 น. ครั้งที่ 4 เวลา 02.45 น.

หอยโข่ง			หอยเชอรี่		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
23	36.8	27.4	23	41.9	30.7
25	36.2	28.5	25	39.2	28.6
26	35.5	28.1	26	39.2	28.5
27	40.2	28.9	27	42.7	28.9
28	40.5	30.2	28	41.0	30.8

ตาราง ผ-29 ขนาดความสูงและความกว้าง (มิลลิเมตร) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ จำนวน 30 ซ้ำ แสดงผลดังตารางต่อไปนี้ (ต่อ)

วันที่ทำการทดลอง: 2 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 1-8

ครั้งที่ 1 เวลา 18.54 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.29 น.

หอยโข่ง			หอยเชอรี่		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
2	40.5	30.3	2	41.1	28.6
3	39.9	31.3	3	42.0	31.0
4	40.4	29.5	4	41.4	32.1
7	44.5	31.6	7	43.9	32.0
8	40.9	32.5	8	43.8	33.7

วันที่ทำการทดลอง: 2 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 9-14, 31-32

ครั้งที่ 3 เวลา 00.20 น. ครั้งที่ 4 เวลา 02.58 น.

หอยโข่ง			หอยเชอรี่		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
9	40.6	29.2	9	41.6	31.6
10	41.3	31.5	10	44.2	35.0
11	36.3	28.7	11	43.6	33.0
12	41.2	31.0	12	42.8	32.0
13	43.0	32.2	13	42.6	32.3
14	39.0	23.0	14	41.8	32.9
31	42.0	32.0	31	43.0	32.4
32	41.3	29.5	32	42.1	29.2

ตาราง ผ-29 ขนาดความสูงและความกว้าง (มิลลิเมตร) ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่ จำนวน 30 ซ้ำ แสดงผลดังตารางต่อไปนี้ (ต่อ)

วันที่ทำการทดลอง: 5 พฤษภาคม 2557 หมายเลข 33-40

ครั้งที่ 1 เวลา 18.34 น. ครั้งที่ 2 เวลา 21.10 น.

หอยโข่ง			หอยเชอรี่		
หมายเลข	**ความสูง**	**ความกว้าง**	**หมายเลข**	**ความสูง**	**ความกว้าง**
33	40.3	30.3	33	44.4	33.0
34	44.4	31.0	34	41.3	35.4
35	43.6	30.0	35	44	33.2
36	42.4	29.5	36	41.2	31.0
37	43.0	32.6	37	43.7	33.2
38	39.2	31.9	38	43.5	32.3
39	43.5	32.9	39	34.5	30.0
40	43.6	32.8	40	45.2	34.0

ตาราง ผ-30 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบการแจกแจงปกติเปรียบเทียบระยะทางของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PI_SOLO	.165	30	.036	.922	30	.030
PO_SOLO	.124	30	.200*	.946	30	.129
PI_INTER	.160	30	.048	.906	30	.012
PO_INTER	.204	30	.003	.929	30	.046

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

ตาราง ผ-31 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของระยะทางที่หอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองและหอยเชอรี่เคลื่อนที่ไปจากจุดเริ่มต้น

Descriptive Statistics

	Percentiles		
	25th	50th (Median)	75th
PI_SOLO	9.475	14.200	23.500
PO_SOLO	9.625	14.050	22.225
PI_INTER	7.850	15.600	22.925
PO_INTER	11.425	14.450	22.850

ตาราง ผ-32 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติการทดสอบระยะทางของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมือง และหอยเชอรี่

Wilcoxon Signed Ranks Test

Test Statisticsa

	PI_INTER - PI_SOLO	PO_INTER - PO_SOLO	PO_INTER - PI_INTER
Z	-.123[b]	-.463[c]	-.141[c]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.902	.644	.888

ตาราง ผ-33 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (ความสูง) และระยะทางการเคลื่อนที่ของหอยโข่งพันธุ์พื้นเมืองที่ทำการทดลองเดี่ยวและทำการทดลองร่วมกัน

Correlations

			H_PI	PI_SOLO
		Sig. (2-tailed)	.	.585
		N	30	30
	PI_SOLO	Correlation Coefficient	-.104	1.000
		Sig. (2-tailed)	.585	.
		N	30	30

ตาราง ผ-33 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (ความสูง) และระยะทางการเคลื่อนที่ของหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองเดี่ยวและทำการทดลองร่วมกัน (ต่อ)

			H_PI	PI_INTER
Spearman's rho	H_PI	Correlation Coefficient	1.000	.165
		Sig. (2-tailed)	.	.383
		N	30	30
	PI_INTER	Correlation Coefficient	.165	1.000
		Sig. (2-tailed)	.383	.
		N	30	30

Correlations

			H_PO	PO_SOLO
Spearman's rho	H_PO	Correlation Coefficient	1.000	.094
		Sig. (2-tailed)	.	.622
		N	30	30
	PO_SOLO	Correlation Coefficient	.094	1.000
		Sig. (2-tailed)	.622	.
		N	30	30

ตาราง ผ-33 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างขนาด (ความสูง) และระยะทางการเคลื่อนที่ของหอยเชอรี่ที่ทำการทดลองเดี่ยวและทำการทดลองร่วมกัน (ต่อ)

			H_PO	PO_INTER
Spearman's rho	H_PO	Correlation Coefficient	1.000	-.072
		Sig. (2-tailed)	.	.703
		N	30	30
	PO_INTER	Correlation Coefficient	-.072	1.000
		Sig. (2-tailed)	.703	.
		N	30	30

Available online at www.buu.ac.th/BUUConference

Burapha University International Conference 2015

"Moving Forward to a Prosperous and Sustainable Community"

ST-O-013

Shyness and boldness in the native apple snail (*Pila pesmei*) and the invasive apple snail (*Pomacea canaliculata*)

Piyaruk Pradabphetrat[a]*, Jirapat Banmak[b], Sayam Aroonsrimorakot[c], Leopold Füreder[d] and Chantima Piyapong[b]

[a]*Program in Environmental Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand*
[b]*Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand*
[c]*Program in Appropriate Technology and Innovation for Environmental Security, Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom 73170, Thailand*
[d]*River Ecology and Conservation, Institute of Ecology, University of Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Austria*

Abstract

The apple snail (*Pomacea canaliculata*) is one of the 100 worst invasive alien species in the world. Its invasion might affect living organisms in ecosystems, especially native apple snails. Effect of invasive alien species on native species mostly involves behavioral responses such as they might have better boldness than the native apple snails. Hence, this invasive alien species becomes successful and invades the native species. The purpose of this study was to examine shyness and boldness behavior between the invasive apple snail (*P. canaliculata*) and the native apple snail (*Pila pesmei*). The distance to move from the shelter to explore the new environment was recorded as a measure of shyness and boldness. The experiments were divided into 3 groups: solo invasive apple snail, solo native apple snail and interspecific apple snails. It was found that the results did not support the prediction. There was no statistically significant difference in movement distance between the invasive apple snails and the native apple snails. In addition, it was found that there was no size effect on the movement distance for both species. We discuss factors underlying this contradictory result in order to quantify the existence of this behavioral difference between the native apple snail and the invasive apple snail in the future.

© 2015 Published by Burapha University.

Keywords: shyness ; boldness ; native species ; invasive alien species

* Corresponding author at: Program in Environmental Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand. Tel.: +66 (0) 81093 9578; fax: +66 (0) 3839- 3489.
E-mail address: ruk_envi@yahoo.com.

1. Introduction

The golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) is a native freshwater snail of South America. It was introduced into many countries in Asia, North and Central America in the 1980s for decorative snails in aquarium, a protein source for people and as an aquatic weed control agent (Naylor, 1996; Yusa and Wada, 1999; Cowie, 2002; Sin, 2003; Li-na et al., 2007; Kwong et al., 2009). When market demand for the snail declined because consumers did not like their taste, they were released from many snail-farming projects (Naylor, 1996; Yusa and Wada, 1999; Cowie, 2002). Also, the snails escaped from captivity and subsequently became spread and plentiful in many countries (Cowie, 2002). *P. canaliculata* is now considered to be one of the 100 worst invasive alien species in the world according to The International Union for Conservation of Nature (IUCN) due to its serious impact on biodiversity and biological invasion (Lowe et al., 2000).

Several life history traits of *P. canaliculata* may encourage its success to colonize in the invaded ecosystem, i.e., it can reach early sexual maturity and high fecundity under preferable conditions, it has high rates of dispersal, it is omnivore which feeds on various kinds of aquatic plants and any decomposing organic matter, it lacks natural enemies in the invaded areas, it is able to tolerate wide range of climatic conditions and highly polluted water, it has a high adaptability to new environments, and it can aestivate in the moist mud during the dry season (Naylor, 1996; Lach et al., 2000; Cowie, 2002; Yusa et al., 2006; Li-na et al., 2007; Dong et al., 2011). For these reasons, *P. canaliculata* has spreaded rapidly from agricultural areas into wetlands and other natural freshwater systems to become one of the most serious pests of agricultural and non-agricultural wetlands (Naylor, 1996; Halwart et al., 1998; Lach et al., 2000; Cowie, 2002; Qiu and Kwong, 2009; Horgan et al., 2014). Its invasion might affect living organisms in ecosystems, especially native apple snails (Lach et al., 2000; Cowie, 2002).

Effect of invasive alien species on native species mostly involves behavioral responses (Phillips and Suarez, 2012). Behavioral flexibility is an important determinant of whether the species will die or establish and become invasion success in a new area (Sol et al., 2002; Wright et al., 2010). In particular, behavioral interactions may enhance some advantage to species invading novel environments (Rehage et al., 2005). Individual variation in behavioral traits may influence the success or failure of arriving non-native species (alien species) at novel environments (Weis, 2010; Chapple et al., 2012). One behavioral trait that might promote invasion success is shy-bold continuum. Shy individuals averse to take risks in novel situations by retreating, less competitive, reduce activity levels and becoming more cautious, whereas bold individuals are more prone to take risks, more foraging or competing for resources, increase activity levels, quick to approach novel objects and explore the novel environments (Wilson et al., 1993; Wilson et al., 1994; Brown et al., 2007a; Brown et al., 2007b; Webster et al., 2007; Wilson and Godin, 2009; Scharnweber et al., 2011; González-Bernal et al., 2014). However, bold individuals are not only more active, but also tend to disperse further than shy ones (Wilson and Godin, 2009). For example, Fraser et al. (2001) found that the bolder Trinidadian killifish (*Rivulus hartii*) in the experimental-stream release moved farther than shy fish. Dingemanse et al. (2003) found that the female great tits (*Parus major*) which were fast or bold moved over greater distances than the slow or shy bird. Also, Magnhagen et al. (2014) found that a bolder two-spotted goby (*Gobiusculus flavescens*) moved further away from the shelter area than a shyer fish. Likewise, Bremner-Harrison et al. (2004) found that bolder captive-bred swift fox (*Vulpes velox*) moved over greater distance from the release point. Boldness is considered a key element influencing the dispersal distance which is important in a population rate (Fraser et al., 2001). For example, bold cane toads (*Rhinella marina*) may be the most likely to be major component of the population expansion, while shy individuals may benefit from established populations by bold individuals. Moreover, bold toads may be more likely to exploit resources in highly disturbed areas or to displace native species from their habitat (González-Bernal et al., 2014).

To see how the invasive apple snail (*P. canaliculata*) affected the native apple snails (*Pila* spp.), shyness and boldness behavior was studied and compared between the snails. The purpose of this study was to examine shyness and boldness behavior between the invasive apple snail and the native apple snail (*Pila pesmei*). We predicted that the invasive apple snail would be bolder than the native apple snail.

2. Methodology

Adults of shell *P. pesmei* (size 35.0-53.2 mm) were collected using a spade dig up from a run dry irrigation canal at Na Yai Subdistrict, Suwannaphum District, Roi Et Province, Thailand (WGS-84: 15° 42′ N, 103° 45′ E). *P. canaliculata* (size 27.3-79.5 mm.) were collected from the pond in Sa Khu Subdistrict, Suwannaphum District, Roi Et Province, Thailand (15° 36′ N, 103° 48′ E) using a hand net when they were floating or attached to aquatic plants (water primrose [*Ludwigia adscendens*], water spinach [*Ipomoea aquatica*], and water hyacinth [*Eichhornia crassipes*]) or by hand if they were on the bottom of the body of water. All apple snails were collected between the 20th and 22nd April 2014. Captured apple snails were placed in a paper box and transported to the laboratory at Burapha University, Chon Buri Province, Thailand. Individual apple snail species were placed into separate cement pond (79 x 79 x 30 cm) containing dechlorinated tap water (12 cm water depth) maintained at 25-28°C and clay substratum. Each cement pond was covered by nylon net (mesh size 2 mm) and overlaid with rock to prevent the apple snails' escape. All apple snails were acclimated for at least 3 days before the start of the experiment under a natural photoperiod and were fed once daily with *Hydrilla verticillata*, a known preferred food of *P. canaliculata* (Sitti, 1988; Ajith Kumara et al., 1999; Wang and Pei, 2012). *H. verticillata* were purchased from a water plant shop at Chatuchak Chon Buri market, Chon Buri, Thailand (13° 18' N, 100° 56' E) then were planted in tubs and were taken when needed for experiments. The water was changed weekly during the course of the study. The adult apple snails were randomly selected to use in laboratory experiment and to examine the shyness and boldness trait between the native apple snail (*P. pesmei*) and the invasive apple snail (*P. canaliculata*).

The experiment was a repeated measure design in which 30 *P. pesmei* and 30 *P. canaliculata* were tested in both of 2 conditions. In the first condition, an individual of each species were tested alone in a test tank. In the second condition, *P. pesmei* and *P. canaliculata* were tested together in the same test tank. The order of the testing was randomized but was balanced so that an apple snail was first experienced either the solo trial or the interspecific trial. Overall, there were 30 replicates for each trial. Competitors in each trial were also tested with size match. All experiments were conducted in a secluded room during night time between 18.00 and 05.00, when the apple snails are most active (Kwong et al., 2009).

Each apple snail was individually marked with different color of reflective tape before being individually placed into a shelter in a test tank (30 x 30 x 30 cm) filled with 3 L of dechlorinated tap water. The shelter was a dark plastic box (13 x 10 x 24 cm) with a trapdoor (10 x 14 cm; door 8 x 12 cm) placed at one middle edge of the test tank. To allow each apple snail to acclimatize, the trapdoor at the front of the plastic box was closed for the first 10 min of each trial. After the acclimation period, the trapdoor was lifted to allow the apple snail emerged from the shelter, come into and crawl freely throughout the remaining open arena of the test tank during the 2 h trial period. The position of each apple snail was photographed before and after the trials.

Boldness may be an important factor influencing the dispersal distance which is important in a spreading population (Fraser et al., 2001). The moving measure provides a means of estimation levels of boldness in an individual that reflect personality trait. Therefore, this measurement providing a method for predicting behavioral responses to new stimulus or the situations after release that is bold individuals should be less likely to avoid potential predators or stimulus that may pose a risk. (Bremner-Harrison et al., 2004). Here, the distance taken for the apple snails to leave the shelter (as measured by the shortest straight line from the release point to the end of the locomotion) and to explore the novel arena was recorded as a measure of shyness and boldness. Hence, we assumed that the apple snail leaving the shelter or greater moving distances

from the release point was an indicator of boldness behavior. In contrast, an individual residing in the shelter or lesser moving distances from the release point was an indicator of shyness behavior. At the end of each trial, the apple snail was removed from the test tank. Likewise the water was removed and was replaced with new water to avoid any confounding effect associated with olfactory cues from conspecifics and/or heterospecifics.

Data analysis

Shapiro-Wilk test was used to examine the hypothesis that a given sample was from a normal population. Since the data did not conform to a normal distribution for a parametric test, we then analyzed the data using nonparametric tests throughout these experiments. To investigate the individual shyness and boldness trait, that is, the distance apple snails moved from release point into an open experimental arena was analysed by using the Wilcoxon signed rank test. Exact tests were used throughout. Also, we evaluated the relationship between the distance moved for the apple snails in the experimental tank and their sizes by the Spearman rank correlation test. All analyses were performed using SPSS version 22.0 and the significance level at $p< 0.05$ was used to indicate the statistical difference.

3. Results

A Wilcoxon signed rank test revealed that there was no significant difference in distance to move from the shelter to explore the new environment between *P. pesmei* from solo trial and interspecific trial ($Z = -0.123$, $p = 0.902$, $n = 30$) and it was the same with *P. canaliculata* ($Z = -0.463$, $p = 0.644$, $n = 30$). Moreover, there was no significant difference between the pairwise comparison trial of *P. pesmei* and *P. canaliculata* ($Z = -0.141$, $p = 0.888$, $n = 30$) (see Table 1 and Fig. 1).

Table 1. Distance to move from the shelter for *P. pesmei* and *P. canaliculata* when tested separately (solo trial) and tested together (interspecific trial)

	n	**Z**	**p-value**
P. pesmei (solo trial) and *P. pesmei* (interspecific trial)	30	-0.123	0.902
P. canaliculata (solo trial) and *P. canaliculata* (interspecific trial)	30	-0.463	0.644
P. pesmei (interspecific trial) and *P. canaliculata* (interspecific trial)	30	-0.141	0.888

In addition, size (shell height) of apple snails was analyzed in relation to the distance to move from the shelter. We did not find a significant correlation between size (shell height) and the distance to move from the shelter for *P. pesmei* when tested separately (solo trial) and tested together (interspecific trial) (Spearman rank correlation: $r = -0.104$, $p = 0.585$, $n = 30$ and $r = 0.165$, $p = 0.383$, $n = 30$, respectively). Likewise there was no significant correlation between shell size and the distance to move from the shelter of *P. canaliculata* from solo trial and interspecific trial ($r = 0.094$, $p = 0.622$, $n = 30$ and $r = -0.072$, $p = 0.703$, $n = 30$, respectively) (see Fig 2).

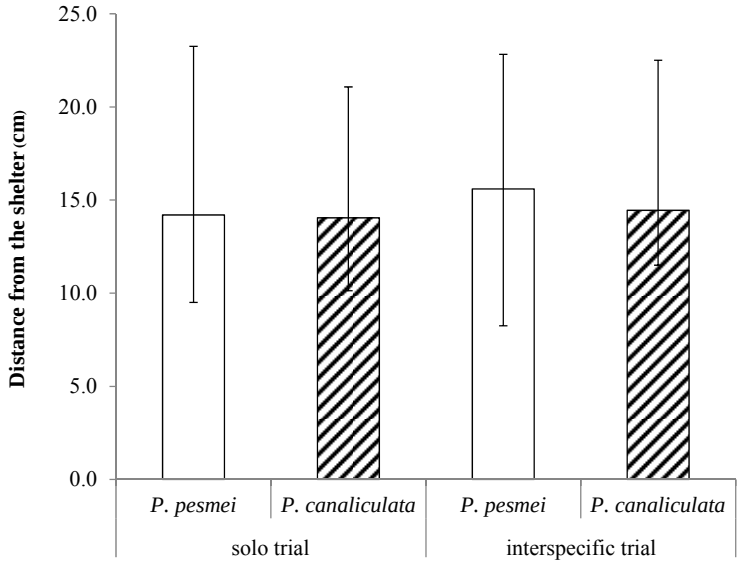


Fig. 1. Distance for *P. pesmei* and *P. canaliculata* to move from the shelter to open area of the test tank during an observation period. Each datum represents the median of 30 replicates ± quartile.

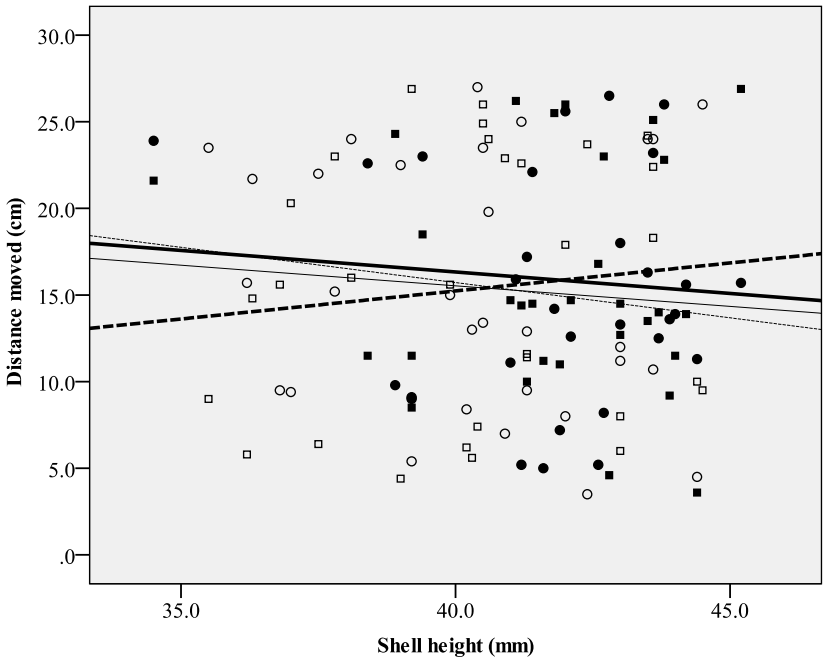


Fig. 2. The relationship between size (shell height) and the distance moved for *P. pesmei* and *P. canaliculata* in the experimental tank. Open circles = *P. pesmei* (solo trial), close circles = *P. canaliculata* (solo trial), open squares = *P. pesmei* (interspecific trial) and close squares = *P. canaliculata* (interspecific trial). Dashed lines represents regression line for *P. pesmei* and solid lines for *P. canaliculata* both in solo trial (thin line) and interspecific trial (thick line).

4. Discussions

To our best knowledge, we present the first study to quantify the behavioral variation in the context of shyness and boldness of the mollusks. However, it was found that *P. pesmei* and *P. canaliculata* did not differ in the distance moved from the shelter when tested in solo trial or interspecific trial, which indicates that no effect of social context (group size of competitors) on the expression of shyness-boldness trait. This result is contradictory with previous studies which found significant effects of group size on boldness. For example, Webster et al. (2007) showed that threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) behaved more boldly when in a group, were more active and resumed foraging more rapidly compared to when they were alone. Magnhagen and Bunnefeld (2009) also found that individual perch (*Perca fluviatilis*) tended to behave more boldly (spending more time in open arena) when they were in a group than were tested alone. These previous results demonstrate that the individuals that behave shyly when alone in one situation may act more boldly when in a group (Webster et al., 2007). Also, our contradictory results compared with previously the reported studies can be explained in two ways. Firstly, there is variation across populations in the wild of the native apple snail (*P. pesmei*). We only quantified one population. Therefore, this study might have been insufficient and not informative enough to conclude that there was no difference in this personality trait between the native apple snail and the invasive apple snail. More populations might be needed to prove the existence of this difference. Secondly, it is possible that there is species difference in relation to shy-bold continuum of the native apple snails. Comparing to the previous study (Keawjam, 1986), it was hardly to find other species (*P. ampullacea*, *P. angelica*, *P. gracilis* and *P. polita*) in natural habitats in Thailand (unpublished data) while *P. permei* was more common in the wild than the others and was chosen to study in the laboratory in the current study.

In addition, we did not find consistent differences between the native apple snail and the invasive apple snail in their behavioral responses (shy-bold continuum) to novel environment. This finding did not offer substantial support for our initial prediction that the invasive apple snail would behave bolder than the native apple snail. Contrary to the previous studies that invasive alien species often predominate over native species in boldness. For example, Rehage and Sih (2004) found that invasive mosquitofish (*Gambusia holbrooki* and *G. affinis*) were significantly bolder than non-invasive species (*G. hispaniolae*), but not *G. geiseri*. Also, Pintor et al. (2008) found that invasive single crayfish (*Pacifastasus leniusculus*) from invaded range and allopatric with a native congener (IRA) was bolder under predation risk in comparison to both populations from native range (NR) and from invaded range and sympatric with a native congener, the Shasta crayfish *P. fortis* (IRS). It could be explained that variation in behavioral trait (i.e. shy-boldness continuum) might promote invasion success of species. That is, bolder individuals (those that are more active, more disperse out of the shelter to explore novel objects or environments and approach the predator more often) may be more likely to expand population and become a successful invader. Moreover, the results reported by Rehage and Sih (2004) and Pintor et al. (2008) show that an individual's position on the shy-bold continuum is influenced by ecological context (ponds versus laboratory environment) and ecological factors (existence of predation risk-stimuli within the laboratory environment). However, we did not employ any predation risk-stimuli in our shyness and boldness tests. Therefore, the native species and invasive alien species in this study are equally likely to show shyness-boldness trait. The assessments of shyness and boldness behavior under laboratory conditions should observe both with and without explicit predation risk, thereby differentiating between adaptation of shyness and boldness on the basal level of behavior (in the absence of predation risk) and in response to explicit risk of predation.

Finally, we did not find any significant correlation between the shyness-boldness of *P. pesmei* and *P. canaliculata* and their size. It could be that each apple snail in this study was tested with similar size to avoid the effect of size differences. Our study is consistent with the previous studies of the freshwater fishes

(Wilson et al., 1993; Fraser et al., 2001; Wilson and Godin, 2009): the pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*), the killfish (*Rivulus hartii*) and the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*), respectively. Together with the current study suggested that these animals had similar energetic conditions. However, our results in this relationship were contradictory with the results reported by Brown and Braithwaite (2004) and Brown et al. (2005). They found that boldness was correlated with size when examining 8 populations of the poeciliid fish (*Brachyraphis episcopi*) and there was a significant positive relation between standard length and boldness. These results suggested this pattern was associated with a metabolic hypothesis: smaller fish had a higher metabolic rate and fewer body fat reserves, and smaller fish were compelled to emerge from shelter sooner than larger fish.

In conclusion, even though this study did not illustrate that the invasive apple snails were bolder than the native apple snails, it conveys the first study of this personality trait in mollusks. This study provides the use of a method available as tool for investigating the shy-bold continuum in the mollusks, especially gastropods, in the future.

Acknowledgements

This work financially supported by a research grant from Burapha University through the National Research Council of Thailand (grant no. 84/2558). We are grateful to the Office of the Higher Education Commission (OHEC), Thailand who financially supported this research through a PhD grant for Piyaruk Pradabphetrat. We are also thankful to the Erasmus Mundus Action 2 Project Swap and Transfer of the European Union (grant agreement number 2013-2537/001-001-EMA2) for supporting PhD studies of Piyaruk Pradabphetrat at the University of Innsbruck, Austria which contributed to our success in completing research. We thank undergraduates Sumet Saensroi, Krongthong Thangsitthi, Panicha Luang-On and Pongsakorn Ngokkham for assisting the data collection.

References

Ajith Kumara, P.A.D., Chandrasekara, W.U., Costa, H.H., 1999. Effect of crowding, food quality and body size on food utilization of the exotic snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), a potential pest of rice in Sri Lanka. Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences 4, p. 23.

Bremner-Harrison, S., Prodohl, P.A., Elwood, R.W., 2004. Behavioural trait assessment as a release criterion: boldness predicts early death in a reintroduction programme of captive-bred swift fox (*Vulpes velox*). Animal Conservation 7, p. 313.

Brown, C., Braithwaite, V.A., 2004. Size matters: a test of boldness in eight populations of the poeciliid *Brachyraphis episcopi*. Animal Behaviour 68, p. 1325.

Brown, C., Burgess, F., Braithwaite, V.A., 2007a. Heritable and experiential effects on boldness in a tropical poeciliid. Behavioral Ecology and Sociobiology 62, p. 237.

Brown, C., Jones, F., Braithwaite, V., 2005. In situ examination of boldness–shyness traits in the tropical poeciliid, *Brachyraphis episcopi*. Animal Behaviour 70, p. 1003.

Brown, C., Jones, F., Braithwaite, V.A., 2007b. Correlation between boldness and body mass in natural populations of the poeciliid *Brachyrhaphis episcopi*. Journal of Fish Biology 71, p. 1590.

Chapple, D.G., Simmonds, S.M., Wong, B.B.M., 2012. Can behavioral and personality traits influence the success of unintentional species introductions?. Trends in Ecology and Evolution 27, p. 57.

Cowie, R.H., 2002. Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts, and management, in *"Molluscs as Crop Pests"* G.M. Baker, Editor. CABI Publishing, Wallingford, p. 145.

Dingemanse, N.J., Both, C., Van Noordwijk, A.J., Rutten, A.L., Drent, P.J., 2003. Natal dispersal and personalities in great tits (*Parus major*). Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 270, p. 741.

Dong, S., Shentu, X., Pan, Y., Bai, X., Yu, X., Wang, H., 2011. Evaluation of genetic diversity in the golden apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), from different geographical populations in China by inter simple sequence repeat (ISSR). African Journal of Biotechnology 10, p. 1777.

Fraser, D.F., Gilliam, J.F., Daley, M.J., Le, A.N., Skalski, G.T., 2001. Explaining leptokurtic movement distributions: intrapopulation variation in boldness and exploration. The American Naturalist 158, p. 124.

González-Bernal, E., Brown, G.P., Shine, R., 2014. Invasive cane toads: social facilitation depends upon an individual's personality. PLOS ONE 9, e102880.

Halwart, M., Viray, M.C., Kaule, G., 1998. *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* as biological control agents of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* - Effects of predator size, prey size and prey density. Asian Fisheries Science 11, p. 31.

Horgan, F.G., Stuart, A.M., Kudavidanage, E.P., 2014. Impact of invasive apple snails on the functioning and services of natural and managed wetlands. Acta Oecologica 54, p. 90.

Keawjam, R.S., 1986. The apple snails of Thailand: distribution, habitats and shell morphology. Malacological review 19, p. 61.

Kwong, K.L., Chan, R.K.Y., Qiu, J.W., 2009. The potential of the invasive snail *Pomacea canaliculata* as a predator of various life-stages of five species of freshwater snails. Malacologia 51, p. 343.

Lach, L., Britton, D.K., Rundell, R.J., Cowie, R.H., 2000. Food preference and reproductive plasticity in an invasive freshwater snail. Biological invasions 2, p. 279.

Li-na, D., Davies, J., Xiao-yong, C., Gui-hua, C., Jun-xing, Y., 2007. A record of the invasive golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamark, 1819) at Black Dragon Spring, Dianchi Basin. Zoological Research 28, p. 325.

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M., 2000. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. Hollands Printing, Auckland.

Magnhagen, C., Bunnefeld, N., 2009. Express your personality or go along with the group: what determines the behaviour of shoaling perch?. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 276, p. 3369.

Magnhagen, C., Wacker, S., Forsgren, E., Myhre, L.C., Espy, E., Amundsen, T., 2014. Context consistency and seasonal variation in boldness of male two-spotted gobies. PLOS ONE 9, e93354.

Naylor, R., 1996. Invasions in agriculture: assessing the cost of the golden apple snail in Asia. Ambio 25, p. 443.

Phillips, B.L., Suarez, A.V., 2012. The role of behavioural variation in the invasion of new areas, in *"Behavioural Responses to a Changing World: Mechanisms and Consequences"* U. Candolin, B.B.M. Wong, Editors, Oxford University Press, Oxford, p. 190.

Pintor, L.M., Sih, A., Bauer, M.L., 2008. Differences in aggression, activity and boldness between native and introduced populations of an invasive crayfish. Oikos 117, p. 1629.

Qiu, J.W., Kwong, K.L., 2009. Effects of macrophytes on feeding and life-history traits of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata*. Freshwater Biology 54, p. 1720.

Rehage, J.S., Barnett, B.K., Sih, A., 2005. Behavioral responses to a novel predator and competitor of invasive mosquitofish and their non-invasive relatives (*Gambusia* sp.). Behavioral Ecology and Sociobiology 57, p. 256.

Rehage, J.S., Sih, A., 2004. Dispersal behavior, boldness, and the link to invasiveness: a comparison of four *Gambusia* species. Biological Invasions 6, p. 379.

Scharnweber, K., Plath, M., Tobler, M., 2011. Examination of boldness traits in sexual and asexual mollies (*Poecilia latipinna, P. formosa*). Acta Ethologica 14, p. 77.

Sin, T.S., 2003. Damage potential of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in irrigated rice and its control by cultural approaches. International Journal of Pest Management 49, p. 49.

Sitti, S., 1988. Selective feeding on some aouatic plants by the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). MSc Thesis, Kasetsart University, Thailand.

Sol, D., Timmermans, S., Lefebvre, L., 2002. Behavioural flexibility and invasion success in birds. Animal behaviour 63, p. 495.

Wang, Z., Pei, Y., 2012. Ecological risk resulting from invasive species: a lesson from riparian wetland rehabilitation. Procedia Environmental Sciences 13, p. 1798.

Webster, M.M., Ward, A.J.W., Hart, P.J.B., 2007. Boldness is influenced by social context in threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). Behaviour 144, p. 351.

Weis, J.S., 2010. The role of behavior in the success of invasive crustaceans. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology 43, p. 83.

Wilson, D.S., Clark, A.B., Coleman, K., Dearstyne, T., 1994. Shyness and boldness in humans and other animals. Trends in Ecology and Evolution 9, p. 442.

Wilson, D.S., Coleman, K., Clark, A.B., Biederman, L., 1993. Shy-bold continuum in pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*): an ecological study of a psychological trait. Journal of Comparative Psychology 107, p. 250.

Wilson, A.D.M., Godin, J.G.J., 2009. Boldness and intermittent locomotion in the bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*. Behavioral Ecology 21, p. 57.

Wright, T.F., Eberhard, J.R., Hobson, E.A., Avery, M.L., Russello, M.A., 2010. Behavioral flexibility and species invasions: the adaptive flexibility hypothesis. Ethology Ecology & Evolution 22, p. 393.

Yusa, Y., Sugiura, N., Wada, T., 2006. Predatory potential of freshwater animals on an invasive agricultural pest, the apple snail *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae), in southern Japan. Biological Invasions 8, p. 137.

Yusa, Y., Wada, T., 1999. Impact of the introduction of apple snails and their control in Japan. Naga, the ICLARM Quarterly 22, p. 9.

Biological Invasions

The invasive apple snail Pomacea canaliculata outcompetes the native apple snail Pila pesmei - strong evidence from feeding experiments in Thailand

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	The invasive apple snail Pomacea canaliculata outcompetes the native apple snail Pila pesmei - strong evidence from feeding experiments in Thailand
Article Type:	Research paper
Keywords:	feeding behavior; feeding preference; native species; invasive alien species; ecological niche
Corresponding Author:	Chantima Piyapong, PhD Burapha University Chonburi THAILAND
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Burapha University
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Piyaruk Pradabphetrat, MSc
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Piyaruk Pradabphetrat, MSc
	Pimpisa Sinlapasuwan, BEd
	Sumet Saensroi, BSc
	Sayam Aroonsrimorakot, MSc
	Leopold Füreder, PhD
	Colin Tosh, PhD
	Chantima Piyapong, PhD
Order of Authors Secondary Information:	
Funding Information:	Erasmus Mundus Action 2 Project Swap and Transfer of the European Union (2013-2537/001-001-EMA2) — Piyaruk Pradabphetrat, Leopold Füreder
	Burapha University through the National Research Council of Thailand (grant no. 84/2558) — Colin Tosh, Dr Chantima Piyapong
Abstract:	The apple snail (Pomacea canaliculata) is one of the 100 world's worst invasive alien species that has the potential to cause harm to aquatic ecosystems, wetland restoration projects, and agriculture. It is responsible for an altered aquatic biodiversity, by causing environmental impacts on the native aquatic fauna and native snail species. We hypotheses that 1) this invasive alien species successfully invades habitats of the native species Pila pesmei because it is more efficient in its resource (plant) exploitation and 2) there is a significant overlap in their resources (plants as food). Overall we predict that one impact of P. canaliculata on Pila pesmei is through resource (plant) removal from a shared habitat. The aims of this study were to examine feeding behavior and feeding preference of the native apple snail (Pila pesmei) and the invasive apple snail (P. canaliculata). The native species and the invasive species were tested separately and together to determine consumption rates. It was found that the present study supported the prediction. With the statistical significance, the invasive apple snails had higher consumption rates than the native apple snails when comparing both when tested separately and when tested together, respectively. To predict the potential impact of apple snails on aquatic plants, we tested the feeding

Powered by Editorial Manager® and ProduXion Manager® from Aries Systems Corporation

	preferences of P. pesmei and P. canaliculata by using the hydrilla plant (Hydrilla verticillata) and rice (Oryza sativa) in food-choice experiments. It was revealed that P. canaliculata preferred to consume the emergent plant O. sativa, over the rooted aquatic weed H. verticillata. Moreover, P. canaliculata consumed most in all plant species compared to P. pesmei. These experiments suggest that the invasive apple snail P. canaliculata is a superior competitor to native apple snail P. pesmei for consuming food as it also can exploit almost everything of plant origin in the environment. For these reasons, the invasive P. canaliculata is a strong competitor of the native P. pesmei and can highly degrade native species' ability to survive or establish in new environments.
Suggested Reviewers:	Robert Cowie Pacific Biosciences Research Center, University of Hawaii cowie@hawaii.edu
	Mark Hay Georgia Institute of Technology, School of Biology, 310 Ferst Drive, Atlanta, GA 30332, USA mark.hay@biology.gatech.edu
	Bungorn Thaewnon-ngiw Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Mahasarakham, 44150, Thailand ttbungorn@hotmail.com

Powered by Editorial Manager® and ProduXion Manager® from Aries Systems Corporation

Manuscript
Click here to download Manuscript: MS_Biological_Invasions.pdf
Click here to view linked References

The invasive apple snail *Pomacea canaliculata* outcompetes the native apple snail *Pila pesmei* – strong evidence from feeding experiments in Thailand

Piyaruk Pradabphetrat[1], Pimpisa Sinlapasuwan[2], Sumet Saensroi[3], Sayam Aroonsrimorakot[4], Leopold Füreder[5], Colin Tosh[6] and Chantima Piyapong[3]

[1] Program in Environmental Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

[2] Program in General Science Teaching, Faculty of Education, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

[3] Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

[4] Program in Appropriate Technology and Innovation for Environmental Security, Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Nakhon Pathom 73170, Thailand

[5] River Ecology and Conservation, Institute of Ecology, University of Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Austria

[6] School of Biology, Newcastle University, Newcastle Upon Tyne NE1 7RU, United Kingdom

Corresponding author: Chantima Piyapong, Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand.

Tel: +66 (0) 3839- 3489, +66 (0) 83888-2500; Fax: +66 (0) 3839- 3489; E-mail: chantimap@buu.ac.th

Abstract

The apple snail (*Pomacea canaliculata*) is one of the 100 world's worst invasive alien species that has the potential to cause harm to aquatic ecosystems, wetland restoration projects, and agriculture. It is responsible for an altered aquatic biodiversity, by causing environmental impacts on the native aquatic fauna and native snail species. We hypotheses that 1) this invasive alien species successfully invades habitats of the native species *Pila pesmei* because it is more efficient in its resource (plant) exploitation and 2) there is a significant overlap in their resources (plants as food). Overall we predict that one impact of *P. canaliculata* on *Pila pesmei* is through resource (plant) removal from a shared habitat. The aims of this study were to examine feeding behavior and feeding preference of the native apple snail (*Pila pesmei*) and the invasive apple snail (*P. canaliculata*). The native species and the invasive species were tested separately and together to determine consumption rates. It was found that the present study supported the prediction. With the statistical significance, the invasive apple snails had higher consumption rates than the native apple snails when comparing both when tested separately and when tested together, respectively. To predict the potential impact of apple snails on aquatic plants, we tested the feeding preferences of *P. pesmei* and *P. canaliculata* by using the hydrilla plant (*Hydrilla verticillata*) and rice (*Oryza sativa*) in food-choice experiments. It was revealed that *P. canaliculata* preferred to consume the emergent plant *O. sativa*, over the rooted aquatic weed *H. verticillata*. Moreover, *P. canaliculata* consumed most in all plant species compared to *P. pesmei*. These experiments suggest that the invasive apple snail *P. canaliculata* is a superior competitor to native apple snail *P. pesmei* for consuming food as it also can exploit almost everything of plant origin in the environment. For these reasons, the invasive *P. canaliculata* is a strong competitor of the native *P. pesmei* and can highly degrade native species' ability to survive or establish in new environments.

Keywords: feeding behavior, feeding preference, native species, invasive alien species, ecological niche

Introduction

Biological invasions by alien species are now considered as one of the world's most important environmental threats to natural ecosystems, biological diversity and a significant element of global change (Ruesink et al. 1995; Vitousek et al. 1996; Wittenberg and Cock 2001). They have also given rise to some of the most serious pest of agriculture, forest productivity, and fishery, causing yield loss and economic costs, as well as effects on human health (Wittenberg and Cock 2001). The International Union for Conservation of Nature (IUCN) has prepared a list of "100 of the World's Worst Invasive Alien Species" according to their severity of impact on biodiversity and/or human activities, and the severity of problems surrounding biological invasion by them (Lowe et al. 2000). On this list of invasive alien species is *Pomacea canaliculata*, a native freshwater snail of South America. This snail had been introduced into many countries in North and Central America and Asia in the 1980s as a decorative snail in aquaria or as a food source for people (Naylor 1996; Kwong et al. 2009). However, the snails have not become a successful food item because consumers did not like their taste and many snail farms were abandoned (Naylor 1996; Yusa and Wada 1999; Cowie 2002).

P. canaliculata can reach maturity in a short period of time and possesses a high fecundity (Cowie 2002). In addition, it is omnivore, feeding on soft aquatic plants and decomposing organic matter (Sitti 1988; Sebastian 2003; Carlsson and Brönmark 2006). Furthermore, *P. canaliculata* is extremely polyphagous and it is less selective in its choice of food and feed upon many types of aquatic plants in its environment (Estebenet and Martín 2002; Memon et al. 2011). This apple snail can inhabit in many types of aquatic ecosystems, such as standing water or slow-moving water in swamps, marshes, ditches, ponds, rivers, lakes, irrigation canals, and reservoirs (Cowie 2002; Thaewnon-ngiw et al. 2003). It also survives harsh environments such as polluted water with very low dissolved oxygen levels (Sebastian 2003; Li-na et al. 2007). For these reasons, *P. canaliculata* has spread rapidly from agricultural areas into wetlands and other natural freshwater systems to become one of the most serious pests of agricultural and non-agricultural wetlands (Naylor 1996; Halwart et al. 1998; Lach et al. 2000; Cowie 2002; Qiu and Kwong 2009; Horgan et al. 2014). The successful establishment and invasion of *P. canaliculata* in aquatic ecosystems (especially rice fields) causes yield loss and adds to

costs associated with replanting and control measures (Naylor 1996; Cowie 2002). It also has effects on human health, the natural environment and aquatic biodiversity, including impacts on the native aquatic fauna and native snail population (Naylor 1996; Cowie 2002).

The rate at which invasive alien species spread and the impact they have on native species might be associated with behavioral abilities and characteristics (Phillips and Suarez 2012). Some behavioral traits can influence the success or failure of non-native species (alien species) in novel environments (Weis 2010; Chapple et al. 2012). A comparative approach involves pairing invasive alien species with native species and is often useful to help understand why an invasive alien species has become so successful (Daehler 2003). Previous studies have examined the behavior of invasive alien species that can contribute to their invasion success. Many of these studies have focused on feeding behavior. The invasive alien species can be more successful by having a very broad diet and can outcompete native species for food resource (Weis 2010). In other words, feeding by the invasive alien species and competition with native species severely impacts native ecosystems (Martin et al. 2012). Morrison and Hay (2011) determined the feeding rates of native and non-native apple snails, and found that the invasive apple snail *Pomacea insularum* and *P. canaliculata* tended to eat more than the native *Pomacea paludosa* or the non-invasive *Pomacea haustrum*. In a similar study, the golden apple snail (*P. canaliculata*) was compared in the laboratory with an apple snail that is widely distributed in Thailand (*Pila scutata*) by Chaichana and Sumpan (2014). The result showed that *P. canaliculata* consumed more food than *P. scutata*. Moreover, *P. canaliculata* was also non-selective for food, while local apple snail (*P. scutata*) fed in preferred plants. This suggests that the decline in native snail populations may be linked to the invasion by *P. canaliculata* in a shared environment. The invasive apple snail *P. canaliculata* may displace native apple snails competing for resource (food) and that this competition is associated with feeding behavior and feeding preference.

The feeding behavior and feeding preference of *P. canaliculata* have been examined in both laboratory and field experiments (Lach et al. 2000; Carlsson et al. 2004; Carlsson and Brö nmark 2006; Boland et al. 2008; Burlakova et al. 2009; Qiu and Kwong 2009; Tamburi and Martín 2009;

Memon et al. 2011; Morrison and Hay 2011; Wang and Pei 2012; Zhao et al. 2012). Nevertheless, much less information exists about the feeding of *Pila* spp. and even less is known about the comparison experiments between feeding of invasive alien species (*P. canaliculata*) and native species (*Pila* spp.). Several species of apple snails of Thailand (*Pila* spp.) are important economically by providing food, especially for farmers (Keawjam 1986). However, unfortunately, *Pila* spp. have decreased in their natural habitats. *Pila pesmei* was more common to be found in the wild in Thailand than the other species (*P. ampullacea*, *P. angelica*, *P. gracilis* and *P. polita*) (unpublished data) – a reason for examination in this study. In order to contribute to the knowledge of this behavioral interaction that could be significant in contributing to explain why this invasive alien species has become successful in new environment, we investigated the feeding behavior and feeding preference of the native apple snail *P. pesmei* and the invasive apple snail *P. canaliculata*. We predict that i) the invasive *P. canaliculata* exhibits higher consumption rates than the native *P. pesmei* and ii) *P. canaliculata* is non-selective for food while *P. pesmei* is a food selective apple snail.

Materials and methods

Feeding behavior

Adult native apple snails (*P. pesmei*) (shell height 33-71 mm) were collected using a hand net from a canal in a palm oil plantation in Bankaun Subdistrict, Lang Suan District, Chumphon, Thailand (WGS-84: 9° 53' N, 99° 02' E) while invasive apple snails (*Pomacea canaliculata*) (shell height 30-71 mm) were collected using traps with papaya as bait from marsh in Hadnangkaew Subdistrict, Kabin Buri District, Prachin Buri, Thailand (13° 58' N, 101° 38' E). Apple snail sampling was conducted between May and June 2013. The specimens of both species were transported to the laboratory (Burapha University, Chon Buri, Thailand) and were reared in separate aquaria (30 x 45 x 30 cm) filled with 5 L of tap water (leaving it for 24 hours to dechlorinate). Fifteen adult snails were added to each aquarium. All apple snails were acclimated for at least 3 days until use under the experimental conditions (approximately 25-30°C and a natural photoperiod). Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) was used as the main food for the apple snails which is a known preferred food of *P. canaliculata* (Sitti 1988; Ajith Kunlara et al. 1999; Wang and Pei 2012). *H. verticillata* were purchased from water plant

shop at Chatuchak Chon Buri market, Chon Buri, Thailand (13° 18' N, 100° 56' E) then were planted in tubs and were taken when needed for experiments. Feature board was used to cover each aquarium and overlaid with rock to avoid apple snails escape. All aquaria were checked every day to add water and food. Once a week, water was changed and plants that are not consumed were removed to prevent contamination of water. The adult apple snails were randomly selected to use in laboratory experiments to investigate the feeding behavior of the native apple snails (*P. pesmei*) and the invasive apple snail (*P. canaliculata*).

The comparisons of individual feeding behavior of the native apple snails and invasive apple snail were tested in the laboratory. We used a repeated measures design with each apple snail (10 *P. pesmei* and 10 *P. canaliculata*) being tested in both of two conditions. In the first condition, *P. pesmei* and *P. canaliculata* were tested separately (one apple snail individual of each species in each test tank) with the food to obtain baseline data for each species. In the second condition, one individual of each species were tested together in a test tank. Each apple snail was randomly chosen with the size matched (shell height of approximately 30-81 mm which was measured by a vernier caliper), to determine whether responses change depending on the species of the competitor. Before testing, the shell of each apple snail species used was marked individually using different color of reflective tape. *P. canaliculata* is a highly voracious nocturnal herbivore that attends to food mostly at nighttime (Joshi et al. 2005; Memon et al. 2011; Massaguni and Latip 2012); therefore, all experiments were run at night.

The adults of each apple snail species were starved for 24 hours before the beginning of the experiment then removed from the aquaria and placed into each test tank (30 x 30 x 30 cm; containing 3 L tap water) at the middle of the bottom of the tank. The apple snails were allowed to acclimate for 10 minutes in the test tank. After the acclimatization period, 3 stalks of *H. verticillata* (each stalk length of 10 cm) were placed in the tank approximately 5 cm from the aperture of the apple snails. Feeding behavior of the apple snail was recorded video using a digital camera on top of each test tank and the time that each apple snail consumed the food was recorded. The apple snail that neither

contacted nor otherwise showed any interest in the food within 30 minutes was discarded from analysis of feeding interactions.

The shoot length measurement can provide a good estimate non-destructive biomass of aquatic plants (Pine et al. 1989); thus, it was used to measure the amount of plants consumed. After 30 minutes, the apple snail was removed from the test tank and the remaining plant material was measured and converted to the shoot length of plant consumed (cm). The consumption rate of each apple snail was expressed as shoot length of *H. verticillata* consumed per the time (cm/min). At the end of an experiment, the water in test tank was removed and was replaced with new water between trials to avoid any confounding effects associated with olfactory cues from conspecifics and/or heterospecifics.

Feeding preference

Adult native apple snails (*P. pesmei*) (shell height 35-53.2 mm) were collected using a spade and dug up from a run dry irrigation canal at Na Yai Subdistrict, Suwannaphum District, Roi Et, Thailand (WGS-84: 15° 42′ N, 103° 45′ E). Invasive apple snails (*P. canaliculata*) (shell height 27.3-79.5 mm) were collected from the pond in Sa Khu Subdistrict, Suwannaphum District, Roi Et, Thailand (15° 36′ N, 103° 48′ E). If the apple snails were floating or attached to aquatic plants (e.g., water primrose [*Ludwigia adscendens*], water spinach [*Ipomoea aquatica*], and water hyacinth [*Eichhornia crassipes*]) they were collected using a hand net. In addition, the apple snails were collected by hand if they were on the bottom of the body of water. The apple snails were collected in April 2014, were transported to the laboratory (Burapha University, Chon Buri, Thailand) and were maintained for at least 3 days before the start of experiment in cement pond (42 x 42 x 33 cm) that contained dechlorinated tap water (water level was $^{1}/_{2}$ of the height of the cement pond). All apple snails were fed once daily with a mixed diet of two aquatic plants commonly available in the laboratory area including common duckweed (*Lemna minor*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*), maintained at 25-28°C with a natural photoperiod, covered with nylon net (2 mm mesh) and overlaid with rock to prevent their escape. Food was renewed every day and the water was changed once a week.

A species of aquatic plant that is a preferred food of *P. canaliculata*, hydrilla (*H. verticillata*) (Sitti 1988; Ajith Kunlara et al. 1999; Wang and Pei 2012) and a species of agricultural plant that is negatively impacted by *P. canaliculata*, rice (*Oryza sativa*) (Joshi et al. 2002) were used in choice feeding experiments to determine the feeding preference of these apple snails, which could be used to predict the potential impact of *P. canaliculata* on aquatic plants and the native species (*Pila* spp.). *H. verticillata* were purchased from a water plant shop at Chatuchak Chon Buri market, Chon Buri, Thailand (13° 18' N, 100° 56' E) and were planted in tubs. *O. sativa* were collected at seedling stage (47 days) from a rice field in Na Yai Subdistrict, Suwannaphum District, Roi Et, Thailand (15° 42′ N, 103° 45′ E) and were planted in jardiniere. All plants were taken when needed for experiments.

Most studies have shown that *P. canaliculata* has a highly voracious appetite and is considered a nocturnal forager (Joshi et al. 2005; Memon et al. 2011; Massaguni and Latip 2012). However, in one study *P. canaliculata* showed rapid attraction to food whenever it was added to aquaria (Memon et al. 2011). Therefore, this experiment was carried out during both daytime and nighttime (24 hours), during daytime from 06.00 h to 18.00 h and during nighttime from 18:00 h to 06.00 h, in order to demonstrate the different consumption rates of the apple snails relative to time.

This experiment was conducted outdoors under natural light in a cement pond (42 x 42 x 33 cm) filled with 6 L of tap water that was left for 24 hours to dechlorinate before the experiments. After 24 hours settling time, one individual of *P. pesmei* and *P. canaliculata* of matched size with shell height of 32.5-46 mm were randomly removed from their housing cement pond, each species was placed in different cement ponds, and allowed to acclimate for 24 hours with no food. Afterwards, 3 stalks of *H. verticillata* (each stalk length of 10 cm) and 3 tender leaves of *O. sativa* (each leaf length of 10 cm from the top) were simultaneously placed in each cement pond and the apple snails were allowed to feed for 24 hours. The feeding preference of each apple snail was observed at 12 hours intervals. Thus, plants consumed were assessed at 06:00 h and 18:00 h. At the end of each trial, unconsumed *H. verticillata* and *O. sativa* parts in each cement ponds was measured and the food consumed by each

apple snail was estimated. Also, all apple snails were removed from the cement ponds and water was changed to prevent contamination of water. Each experiment was repeated 30 times and each apple snail was only used once. Shoot length was used to measure the amount of plants consumed due to high accuracy for non-destructive biomass estimates of aquatic plants (Pine et al. 1989); therefore, consumption was assessed as shoot length of plant consumed in 12 hours and 24 hours.

Statistical analysis

We used the Shapiro-Wilk test to examine the hypothesis that a given sample was from a normal population. The data did not meet the requirements for a parametric test; therefore, nonparametric tests were used throughout these experiments as none of the data conformed to a normal distribution. Pairwise comparisons of the consumption rate between *P. pesmei* and *P. canaliculata* were conducted with the Mann-Whitney U test. Also, the Wilcoxon signed ranks test was used for within-group comparisons of the consumption rate for *P. pesmei* versus *P. canaliculata*. Exact tests were used throughout. Subsequently, the effect of size on the consumption rate of each apple snail species was determined with Spearman's Rank Correlation Coefficient. Both the consumption rate of each species and correlation between size and consumption rate were compared separately between solo trials and trials with a heterospecific competitor. For the feeding preference experiment, we used the Wilcoxon signed ranks tests to measure the differences between consumption rate of *P. pesmei* and *P. canaliculata* when feeding on different plant species (*H. verticillata* and *O. sativa*) within each replicate. In addition, consumption rate of these apple snails on each plant species were compared using Mann-Whitney U test. All statistical analyses were carried out in SPSS version 22.0 and the statistical level of significance was accepted at $P < 0.05$.

Results

Feeding behavior

The consumption rate was calculated as the amount of plant consumed per the time apple snail took to consume the food (Table 1 and Fig. 1). *P. canaliculata* consumed food significantly more than *P. pesmei* both when *P. canaliculata* and *P. pesmei* were tested separately (Mann-Whitney U test,

Z = -2.797, P = 0.005) and when they were tested together (Wilcoxon signed ranks test, Z = -2.497, P = 0.013). *P. pesmei* consumed significantly more food when it was tested separately compared with the consumption rate when it tested together with *P. canaliculata* (Z = -3.593, P < 0.001). In contrast, the consumption rate of *P. canaliculata* showed no significant differences between when tested separately and when tested together with *P. pesmei* (Z = -1.512, P = 0.130). In addition, *P. canaliculata* when tested separately consumed significantly more food than *P. pesmei* when tested together (Z = -3.905, P < 0.001). However, *P. pesmei* when tested separately did not differ significantly from *P. canaliculata* when tested together (Z = -0.719, P = 0.472).

Table 1. Consumption of *H. verticillata* by *P. pesmei* and *P. canaliculata* when tested separately and tested together feeding on *H. verticillata* (N = 10).

	Z	**p-value**
P. pesmei (Tested separately) and *P. canaliculata* (Tested separately)	-2.797	0.005*
P. pesmei (Tested separately) and *P. pesmei* (Tested together)	-3.593	< 0.001*
P. pesmei (Tested separately) and *P. canaliculata* (Tested together)	-0.719	0.472
P. canaliculata (Tested separately) and *P. pesmei* (Tested together)	-3.905	< 0.001*
P. canaliculata (Tested separately) and *P. canaliculata* (Tested together)	-1.512	0.130
P. pesmei (Tested together) and *P. canaliculata* (Tested together)	-2.497	0.013*

Level of significance: *P < 0.05

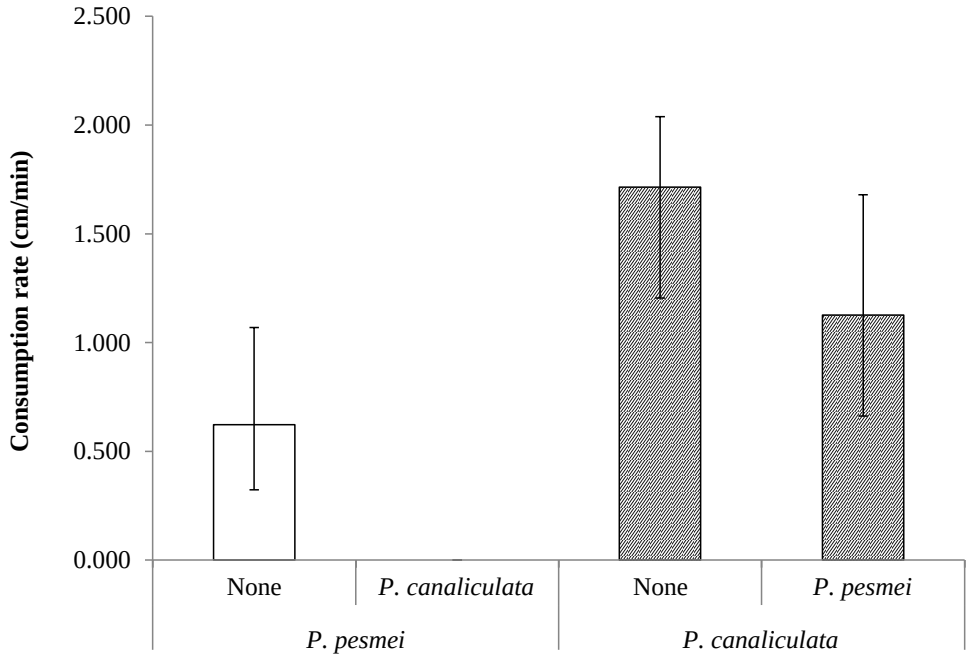


Fig. 1. Consumption rate of *P. pesmei* and *P. canaliculata* when tested separately and tested together feeding on *H. verticillata*. Each datum represents the median of 10 replicates ± quartile. The x axis refers to the competitor and "None" refers to solo trials (tested separately). Blank bar = *P. pesmei* and diagonal bar = *P. canaliculata*. (Significance level: $P < 0.05$).

In our study, size of apple snails was a significant correlate of consumption rate of *P. canaliculata* when tested separately (Spearman rank correlation, $r = 0.733$, $P = 0.016$) but not when it tested together with *P. pesmei* ($r = 0.266$, $P = 0.457$). There was no significant correlation between shell size and consumption rate of *P. pesmei* when tested separately and *P. pesmei* when tested together with *P. canaliculata* ($r = 0.200$, $P = 0.580$; $r = -0.399$, $P = 0.253$, respectively) (Fig. 2).

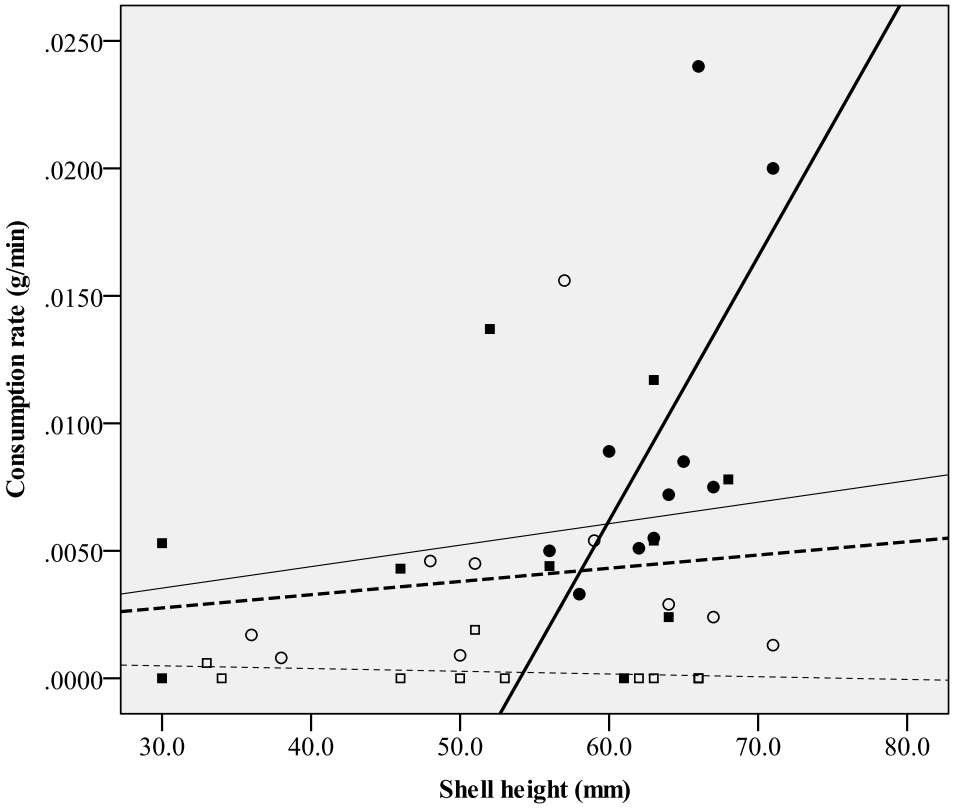


Fig. 2. The relationship between different size (shell height) and consumption rate of *P. pesmei* and *P. canaliculata*. Blank circle represents *P. pesmei* when tested separately, black circle for *P. canaliculata* when tested separately, blank square for *P. pesmei* when tested together with *P. canaliculata* and black square for *P. canaliculata* when tested together with *P. pesmei*. Dash line represents regression line for *P. pesmei* and solid line for *P.* canaliculata both when tested separately (thick line) and tested together (thin line).

Feeding preference

When offered a choice between the different food plants, *H. verticillata* and *O. sativa*, *P. canaliculata* showed significantly more preference for *O. sativa* than *H. verticillata* both in 12 hours and 24 hours ($Z = -4.541$, $P < 0.001$; $Z = -3.408$, $P < 0.001$, respectively) (Table 2 and Fig. 3) while *P. pesmei* consumed very little of any plant that there were no significant differences in its consumption between plants both when feeding in 12 hours and 24 hours (Wilcoxon signed ranks test, $Z = -1.400$, $P = 0.161$; $Z = -1.021$, $P = 0.307$, respectively) (Table 2).

Table 2. Consumption rate of *P. pesmei* and *P. canaliculata* feeding on *H. verticillata* and *O. sativa* in 12 hours and 24 hours (N = 30).

	Z	p-value
Consumption rate of *P. canaliculata* in 12 hours	-4.541	< 0.001*
Consumption rate of *P. canaliculata* in 24 hours	-3.408	< 0.001*
Consumption rate of *P. pesmei* in 12 hours	-1.400	0.161
Consumption rate of *P. pesmei* in 24 hours	-1.021	0.307

Level of significance: *P < 0.05

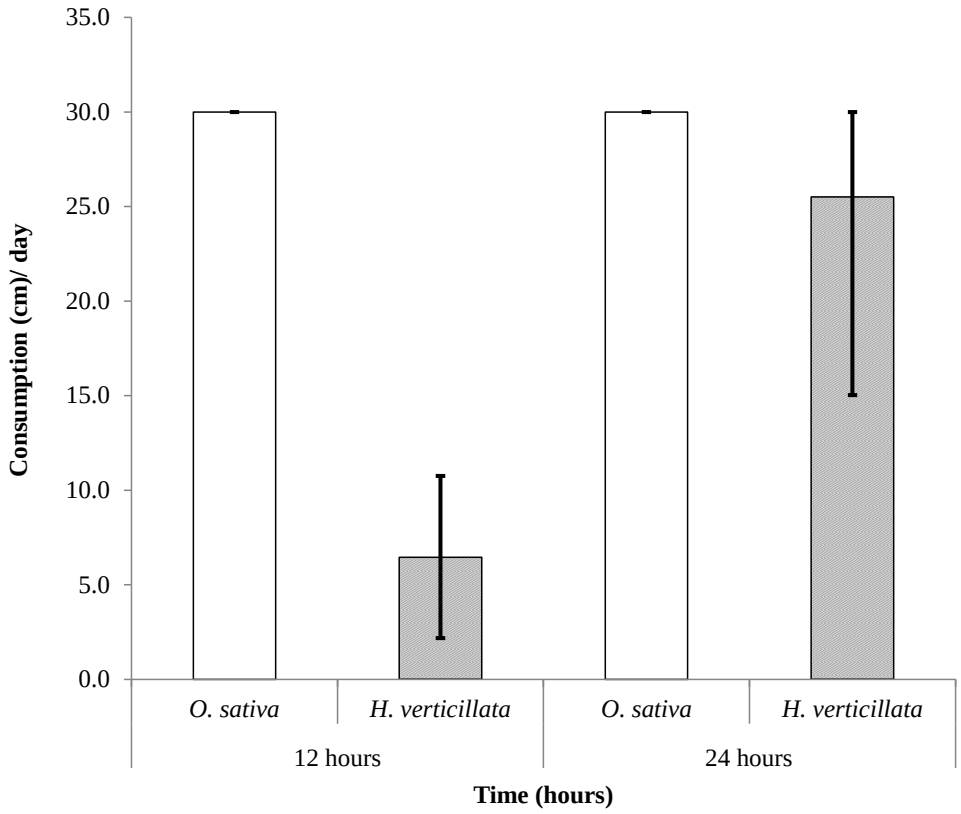


Fig. 3. Consumption of *P. canaliculata* feeding on *H. verticillata* (diagonal bar) and *O. sativa* (blank bar). Each datum represents the median of 30 replicates ± quartile. (Significance level: P < 0.05).

The amount of leaves of *O. sativa* and stalk of *H. verticillata* consumed by different apple snail species indicated that *P. canaliculata* showed significantly higher consumption on *O. sativa* and *H. verticillata* than *P. pesmei* both when feeding in 12 hours (Mann-Whitney U test, Z = -6.664, P < 0.001; Z = -5.595, P < 0.001, respectively) and 24 hours (Z = -6.675, P < 0.001; Z = -6.069, P < 0.001) (Table 3).

Table 3. *H. verticillata* and *O. sativa* consumption by *P. pesmei* and *P. canaliculata* in 12 hours and 24 hours (N = 30).

	Z	p-value
H. verticillata consumption in 12 hours	-5.595	< 0.001*
H. verticillata consumption in 24 hours	-6.069	< 0.001*
O. sativa consumption in 12 hours	-6.664	< 0.001*
O. sativa consumption in 24 hours	-6.675	< 0.001*

Level of significance: *P < 0.05

Discussion

Our results demonstrate feeding behavior that might help explain what makes invasive alien species successful. We found that *P. canaliculata* exhibited higher consumption rates on food tested compared with the native apple snail, *P. pesmei*, when both were tested separately and when they were tested in comparison to other species. The results from this study provide evidence that a superior consuming ability may be an important element in the invasiveness of *P. canaliculata*. This is similar to the study of Morrison and Hay (2011): the invasive apple snails *P. insularum* and *P. canaliculata* consumed more food than the native *Pomacea paludosa* or the non-invasive *Pomacea haustrum*. Furthermore, Chaichana and Sumpan (2014) experimentally demonstrated that the food consumption by *P. canaliculata* was higher than the local apple snail (*P. scutata*) when they were raised separately and when both they were raised together. We also found that the consumption rates of both apple snail species when tested together were lower than when they tested separately. This result is consistent with a situation observed by Chaichana and Sumpan (2014), who determined that there may be competition for food between species and a space limitation when they tested together in the same container.

Correlation analysis indicated that shell size of *P. canaliculata* when tested alone had a significant effect on the consumption rate. In contrast, there were no significant correlation between snail size and snail consumption rate of *P. pesmei* when tested separately and *P. pesmei* and *P. canaliculata* when tested together. Previous studies have demonstrated that small *Pomacea* snails have higher consumption than larger snails; thus, the damage to ecosystem and agriculture depend on size of the

invasive apple snail. For example, in a study of the snail *P. canaliculata* by Carlsson and Brönmark (2006) found that all snails regardless of size had a significant negative effect on the biomass of both macrophyte species and periphytic algae. However, the size-dependent foraging capacity (g plant consumed per g of snail) was higher for small snails (3 mm) compared with medium (10 mm) and adult snails (>25 mm). In a similar study, juvenile *P. canaliculata* and *P. insularum* consumed more resource by mass than adult apple snails (Boland et al. 2008). Burlakova et al. (2009) also found that smaller snails of *P. insularum* consumed greater amounts of plants than the larger snails. These results suggest that small snails remove more plant material than large ones because of the greater energetic demands (Steinman 1991) so they will have a greater impact on the ecosystem. Thus, the most important measure for protecting aquatic plants or agriculture plants from significant damage should be control the younger life stages of snails.

In the feeding preference experiment, *P. pesmei* consumed very little of any plant but the amount of each plant species consumed was not different while *P. canaliculata* consumed almost all of both species of plants tested. Our study is consistent with the previous studies of the freshwater snails. These studies suggested that the invasive alien species can be more successful by having a very broad diet (Weis 2010). In a laboratory experiment, Lach et al. (2000) found that *P. canaliculata* feeds on all available food except water hyacinth (*E. crassipes*). Another study also showed that the invasive apple snail *P. inslilarum* consumed all the invasive plants provided and consumed greater amounts of the native plants than invasive plants (Burlakova et al. 2009). Chaichana and Sumpan (2014) demonstrate that *P. canaliculata* was non-selective in its choice of food and consumed all the different food plants offered while *P. scutata* had preferred plant species. In addition, Carlsson et al. (2004) surveyed 14 wetlands in Thailand found the absence of certain aquatic plants in natural wetlands may associate with the high densities of the snail. These previous results demonstrate that *P. canaliculata* is non-selective snail, so it may spread readily and survive better in natural environments than native species (Chaichana and Sumpan 2014). Regarding *P. pesmei* consumption of plants during the choice assays, our finding can be explained in two ways. Firstly, this study was carried out outdoor under natural light in cement ponds. It is possible that the conditions inside the

pond may be unsuitable to the native apple snail (*P. pesmei*) compared to the conditions in a natural water source which could affect the feeding habits. Secondly, the native apple snail was selective for food which indicates that it tended to feed on preferred plants. Comparing to the previous studies (Sitti 1988; Ajith Kunlara et al. 1999; Wang and Pei 2012), *H. verticillata* was the most preferable plant of *P. canaliculata*. Moreover, the invasive apple snail (*P. canaliculata*) feed on various kinds of plants, especially some commercially important crops such as rice (*O. sativa*) (Sitti 1988; Ajith Kunlara et al. 1999). However, the plants have been chosen as food sources in this study are probably not the most preferred plants of *P. pesmei* but there was no other plants species preference in a choice assay. Hence, it is necessary to consume the available plants in the experimental habitat. For these reasons, *P. pesmei* consumed very little of any plant tested. The studies on the feeding preferences of *P. pesmei* and *P. canaliculata* under natural conditions in Thailand might be needed to investigate their potential to become pests of agricultural and non-agricultural plants.

In addition, we found that *O. sativa* was a preferred food and *H. verticillata* was consumed at low rate by *P. canaliculata*, while *P. pesmei* did not show any difference in food preference. Our result is in contrast to the previous studies of Sitti (1988), Ajith Kunlara et al. (1999) and Wang and Pei (2012). They found that *H. verticillata* was the highly preferred food of *P. canaliculata* when different food types were offered. Ajith Kunlara et al. (1999) suggested a possible reason for why *H. verticillata* is the preferred food since hydrilla is a rooted macrophyte and has a simple stalk to support the snails while feeding. However, *Azolla* and *Salvinia* are on the water surface and do not produce this facility. Wang and Pei (2012) also showed that *P. canaliculata* consumed submerged plants such as *H. verticillata* and *Potamogeten crispus* more than the emergent plants. Moreover, Burlakova et al. (2009) found that the invasive apple snail, *P. insularum*, consumed submerged plants at a significantly higher rate than emergent plants. This may be because the submerged plants have tissues that contain small amounts of lignin and tend to have higher protein concentrations than emergent plants. However, the apple snails cut the base of emergent plants with its radula (layered tooth) and eat the succulent leaves (Joshi et al. 2002). Thus, they have to spend more energy to come to the water surface to consume the submerged plants than in feeding emerged plants in the water column (Ajith

Kunlara et al. 1999). The emergent plants have heavy cell walls and very thick cuticles but they have succulent leaves and stalks that are easy to consume (Burlakova et al. 2009). Nonetheless, even though *P. canaliculata* can consume any plant, it prefers plants with soft tissues or young plant parts (Sin 2003). It could be that the apple snails may have preferred the emerged plants (i.e. *O. sativa*) because of the softness of leaves thus allowing easier consumption. Therefore, the apple snails showed more preference for *O. sativa* than *H. verticillata*.

In conclusion, our study has shown that the invasive apple snail *P. canaliculata* was a superior competitor to the native apple snail *P. pesmei* in consuming food and consumed almost everything available (plant origin) in the experimental environment. For these reason, *P. canaliculata* can influence the ability of the native snail to establish in a new environment. The tendency of the alien species to substantially outperform the co-occurring native species may have important consequences for conservation of Thai native apple snails and their ecology.

Acknowledgments

This work financially supported by a research grant from Burapha University through the National Research Council of Thailand (grant no. 84/2558). We are grateful to the Office of the Higher Education Commission (OHEC), Thailand who financially supported this research through a PhD grant for Piyaruk Pradabphetrat. We are thankful for support received through the Erasmus Mundus Action 2 Project Swap and Transfer of the European Union, grant agreement number 2013-2537/001-001-EMA2 and academic coordination of Burapha University (Thailand) and University of Innsbruck (Austria). We thank undergraduates Areerat Boonkon, Sirilak Waschirakhajonvong, Kanyanee Sapapsan, Chaleamkiat Samanpun, Atiphon Iamthiraphaibun, Sukanya Sukjam, Pongsakorn Ngokkham, Jirapat Banmak, Panicha Luang-On and Krongthong Thangsitthi for assisting the data collection.

References

Ajith Kunlara PAD, Chandrasekara WU, Costa HH (1999) Effect of crowding, food quality and body size on food utilization of the exotic snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck), a potential pest of rice in Sri Lanka. Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences 4:23-39

Boland BB, Meerhoff M, Fosalba C, Mazzeo N, Barnes MA, Burks RL (2008) Juvenile snails, adult appetites: contrasting resource consumption between two species of apple snails (*Pomacea*). Journal of Molluscan Studies 74:47-54. doi:10.1093/mollus/eym045

Burlakova LE, Karatayev AY, Padilla DK, Cartwright LD, Hollas DN (2009) Wetland restoration and invasive species: apple snail (*Pomacea insularum*) feeding on native and invasive aquatic plants. Restoration Ecology 17:433-440. doi:1O.11111j.1526-100X.2008.00429.x

Carlsson NO, Brönmark C (2006) Size-dependent effects of an invasive herbivorous snail (*Pomacea canaliculata*) on macrophytes and periphyton in Asian wetlands. Freshwater Biology 51:695-704. doi:10.1111/j.1365-2427.2006.01523.x

Carlsson NO, Brönmark C, Hansson LA (2004) Invading herbivory: the golden apple snail alters ecosystem functioning in Asian wetlands. Ecology 85:1575-1580

Chapple DG, Simmonds SM, Wong B (2012) Can behavioral and personality traits influence the success of unintentional species introductions?. Trends in ecology and evolution 27:57-64. doi:10.1016/j.tree.2011.09.010

Chaichana R, Sumpan T (2014) The potential ecological impact of the exotic snail *Pomacea canaliculata* on the Thai native snail *Pila scutata*. ScienceAsia 40:11-15. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2014.40.011

Cowie RH (2002) Apple snails (Ampullariidae) as agricultural pests: their biology, impacts, and management. In: Baker GM (ed) Molluscs as crop pests. CABI Publishing, Wallingford , pp 145-192

Daehler CC (2003) Performance comparisons of co-occurring native and alien invasive plants: implications for conservation and restoration. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 34:183-211. doi:10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132403

Elger A, Willby NJ (2003) Leaf dry matter content as an integrative expression of plant palatability: the case of freshwater macrophytes. Functional Ecology 17:58-65

Estebenet AL, Martín PR (2002) *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae): life-history traits and their plasticity. Biocell 26:83-89

Halwart M, Viray MC, Kaule G (1998) *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* as biological control agents of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* - Effects of predator size, prey size and prey density. Asian Fisheries Science 11:31-42

Horgan FG, Stuart AM, Kudavidanage EP (2014) Impact of invasive apple snails on the functioning and services of natural and managed wetlands. Acta Oecologica 54:90-100. doi:10.1016/j.actao.2012.10.002

Joshi RC, De la Cruz MS, Martin AR, Duca AV, Martin EC (2002) Relation of golden apple snail size to rice seedling damage in transplanted and direct-seeded rice cultivation. International Rice Research Notes 27:37-38

Joshi RC, Meepagala KM, Sturtz G, Cagauan AG, Mendoza CO, Dayan FE, Duke SO (2005) Molluscicidal activity of vulgarone B from *Artemisia douglasiana* (Besser) against the invasive, alien, mollusc pest, *Pomacea canaliculata* (Lamarck). International journal of pest management 51:175-180. doi:10.1080/09670870500183161

Kwong KL, Chan RKY, Qiu JW (2009) The potential of the invasive snail *Pomacea canaliculata* as a predator of various life-stages of five species of freshwater snails. Malacologia 51: 343-356. doi:10.4002/040.051.0208

Lach L, Britton DK, Rundell RJ, Cowie RH (2000) Food preference and reproductive plasticity in an invasive freshwater snail. Biological Invasions 2:279-288

Li-na D, Davies J, Xiao-yong C, Gui-hua C, Jun-xing Y (2007) A record of the invasive golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamark, 1819) at Black Dragon Spring, Dianchi Basin. Zoological Research 28:325-328

Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M (2000) 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. Species Survival Commission, World Conservation Union (IUCN), Auckland

Massaguni R, Latip SNHM (2012) Neem crude extract as potential biopesticide for controlling golden apple snail, *Pomacea canaliculata*. In: Soundararajan RP (ed) Pesticides - advances in chemical and botanical pesticides. InTech, Rijeka, pp 233-254. doi:10.5772/48626

Martin CW, Bayha KM, Valentine JF (2012) Establishment of the invasive island apple snail *Pomacea insularum* (Gastropoda: Ampullaridae) and eradication efforts in Mobile, Alabama, USA. Gulf of Mexico Science 30:30-38

Memon UN, Baloch WA, Tunio GR, Burdi GH, Korai AL, Pirzada AJ (2011) Food, feeding and growth of Golden Apple Snail *Pomacea canaliculata*, Lamarck (Gastropoda: Ampullariidae). Sindh University Research Journal (Science Series) 43:25-28

Morrison WE, Hay ME (2011) Feeding and growth of native, invasive and non-invasive alien apple snails (Ampullariidae) in the United States: invasives eat more and grow more. Biological Invasions 13:945-955. doi: 10.1007/s10530-010-9881-x

Naylor R (1996) Invasions in agriculture: assessing the cost of the golden apple snail in Asia. Ambio 25:443-448

Phillips BL, Suarez AV (2012) The role of behavioural variation in the invasion of new areas. In: Candolin U, Wong BBM (eds) Behavioural responses to a changing world: mechanisms and consequences. Oxford University Press, Oxford, pp 190-200

Pine RT, Anderson LWJ, Hung SSO (1989) Non-destructive estimation of aquatic macrophyte biomass. Journal of aquatic plant management 27:47-49

Qiu JW, Kwong KL (2009) Effects of macrophytes on feeding and life-history traits of the invasive apple snail *Pomacea canaliculata*. Freshwater Biology 54:1720-1730. doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02225.x

Ruesink JL, Parker IM, Groom MJ, Kareiva PM (1995) Reducing the risks of nonindigenous species introductions. BioScience 45:465-477

Sebastian LS (2003) Management options for the golden apple snail. The apple snail website. http://applesnail.net/pestalert/management_guide/pest_management.php. Accessed 12 January 2014

Sin TS (2003) Damage potential of the golden apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) in irrigated rice and its control by cultural approaches. International Journal of Pest Management 49:49-55. doi:10.1080/713867835

Sitti S (1987) Selective feeding on some aouatic plants by the golden apple snail *(Pomacea canaliculata)*. MSc Thesis, Kasetsart University

Steinman AD (1991) Effects of herbivore size and hunger level on periphyton communities. Journal of Phycology 27:54-59

Tamburi NE, Martín PR (2009) Feeding rates and food conversion efficiencies in the apple snail *Pomacea canaliculata* (Caenogastropoda: Ampullariidae). Malacologia 51:221-232. doi: 10.4002/040.051.0201

Thaewnon-ngiw B, Lauhachinda N, Sri-Aroon P, Lohachit C (2003) Distribution of *Pila polita* in a southern province of Thailand. Southeast Asian journal of tropical medicine and public health 34:128-130

Vitousek PM, D'Antonio CM, Loope LL, Westbrooks R (1996) Biological invasions as global environmental change. American Scientist 84:468-478

Wang Z, Pei Y (2012) Ecological risk resulting from invasive species: a lesson from riparian wetland rehabilitation. Procedia Environmental Sciences 13:1798-1808. doi:10.1016/j.proenv.2012.01.173

Weis JS (2010) The role of behavior in the success of invasive crustaceans. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology 43:83-98. doi:10.1080/10236244.2010.480838

Wittenberg R, Cock MJW (eds) (2001) Invasive alien species: a toolkit of best prevention and management practices. CABI Publishing, Wallingford

Zhao B, Dai W, Zhang JE, Cheng C, Li G (2012) Characteristics of feeding preference and nutrients utilization of golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) on macrophytes in paddy fields. Advance Journal of Food Science and Technology 4:316-321