

**ความชุกชุมของปูลม (*Ocypode* spp.) การย้ายเขตที่อยู่อาศัย และพฤติกรรมการขุดรู
ตอบสนองต่อนักท่องเที่ยวและความผันแปรของอุณหภูมิ
ในหาดทรายบนเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี**

**Abundance of Ghost Crabs (*Ocypode* spp.), Zonation Shift, and Burrowing Behavior
in Response to Tourist and Thermal Variation on Sandy Beaches**

of Koh Tao, Surat Thani Province

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์^{1*}, พัชรภา ชัยมงคล¹, ธาวิมล มัทธา¹ และ กมลชนก วงศ์อิสระกุล²

Puntip Wisesongpand^{1*}, Patcharapa Chaimongkol, Thalvimol Maktha¹ and Kamonchanok Wongissarakul²

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประเทศไทย

²สำนักวิชาการพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประเทศไทย

¹Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Thailand

²Office of Natural Science Research, National Science Museum, Thailand

Received : 3 July 2025, Received in revised form : 17 October 2025, Accepted : 11 November 2025

Available online : 20 November 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์และที่มา : เกาะเต่าเป็นแหล่งท่องเที่ยวระดับโลก หาดทรายบนเกาะเต่าเป็นบริเวณที่มีการพัฒนาสิ่งก่อสร้างเพื่อรองรับการท่องเที่ยว และมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก ประกอบกับเป็นบริเวณที่มีการแปรผันของอุณหภูมิ จึงมีโอกาสเกิดการคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพได้ โดยปูลมเป็นสัตว์ทะเลกลุ่มหนึ่งที่พบชุกชุมบนหาดทรายและได้รับผลกระทบจากการคุกคามโดยมนุษย์มากที่สุด การศึกษานี้ทำการศึกษาภายใต้หาดเดียวกันที่แบ่งเป็น 4 เขตที่มีจำนวนนักท่องเที่ยวและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ซึ่งปูลมในแต่ละเขตน่าจะมีการตอบสนองแตกต่างกัน ได้แก่ ความชุกชุม การย้ายเขตที่อยู่อาศัย และพฤติกรรมการขุดรู โดยรูปใช้เป็นที่อยู่อาศัย หลบภัยจากการล่า การคุกคามจากมนุษย์ สภาวะแห้ง และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ สะท้อนถึงความเป็นอยู่ของปูลมที่เปลี่ยนแปลงไปภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาปูลมเป็นตัวชี้วัดการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยจากนักท่องเที่ยวและการผันแปรของอุณหภูมิในหาดทราย เพื่อการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย : ทำการศึกษาที่หาดอ่าวโหลกบ้านเก่า เกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ละติจูด 10°04'01"N, ลองจิจูด 99°49'33"E) ซึ่งมีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก และมีการสร้างแนวกันคลื่นด้วยซีเมนต์ที่ด้านบนสุดของหาดติดกับแนวบ้านพัก วางแนวสำรวจและเก็บตัวอย่างแบ่งเป็น 4 เขตจากแนวกันคลื่น ได้แก่ เขตตอนบนของเขื่อน้ำขึ้นสูงสุด (A) เขตตอนล่างของเขื่อน้ำขึ้นสูงสุด (B) เขตตอนบนของเขื่อน้ำขึ้นน้ำลง (C) และเขตตอนล่างของเขื่อน้ำขึ้นน้ำลง (D) แต่ละเขตห่างกัน 1 เมตร สุ่มนับจำนวนปูลมโดยใช้ตารางสี่เหลี่ยม (quadrat) ซึ่งใช้เชือกขนาด 1x5 เมตร วางแนวสำรวจรวม 8 แนวเก็บตัวอย่าง โดยมีสถานีสำรวจรวมทั้งสิ้น 32 สถานี ศึกษาชนิดปูลม ความชุกชุมของปู ขนาดปู ความลึกของรู และรูปร่างปู ตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิทรายภายนอกและภายในรูในเขตต่าง ๆ บนหาด มีการประเมินจำนวนนักท่องเที่ยวที่พบในเขตต่าง ๆ บนหาด รวมทั้งตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมและคุณภาพน้ำ ได้แก่ ความลาดชัน ขนาดตะกอนทราย

ปริมาณอินทรีย์สาร ความชื้น ความดังของเสียง อุณหภูมิ น้ำ ความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และคลอรีน

ผลการวิจัย : หาดอ่าวโกลกบ้านเก่าเป็นหาดทรายที่มีความลาดชันต่ำ มีขนาดตะกอนทรายเป็นแบบทรายหยาบ มีปริมาณอินทรีย์สารเฉลี่ยร้อยละ 1.52 พบปูลม 2 ชนิด คือ ปูลมก้ามเรียบ (*Ocypode cordimanus* Latreille, 1818) ซึ่งเป็นชนิดเด่น และปูลมก้านตายาว (*Ocypode ceratophthalma* (Pallas, 1772)) ปูลมในเขตต่าง ๆ 4 เขตตอบสนองต่อนักท่องเที่ยวและการผันแปรของอุณหภูมิ โดยมีความชุกชุม ขนาดของรูปู และความลึกของรูปูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปูลมที่อยู่ในเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (C) ซึ่งเป็นแนวพักผ่อนและสัญจรของนักท่องเที่ยว มีความชุกชุมต่ำ (0.25 ± 0.16 รูดต่อตารางเมตร) มีขนาดรูใหญ่ (20.43 ± 10.22 มิลลิเมตร) มีการขุดรูที่ลึกที่สุด (13.97 ± 6.77 เซนติเมตร) และมีรูปร่างรูแตกแขนงและซับซ้อนกว่าเขตอื่น ๆ ส่วนปูลมขนาดใหญ่มีการย้ายเขตที่อยู่อาศัยขึ้นไปอาศัยอยู่เขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (A) ที่ไม่มีนักท่องเที่ยวสัญจรไปมาในเขตนี้ โดยมีความชุกชุมมากที่สุด (0.75 ± 0.40 รูดต่อตารางเมตร) มีการขุดรูที่ลึกเป็นรูปตัว J ตอบสนองต่อความผันแปรของอุณหภูมิ ส่วนปูลมขนาดเล็ก (9.47 ± 5.12 มิลลิเมตร) มีการหลีกเลี่ยงนักท่องเที่ยวลงไปที่อาศัยในเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (D) มีรูที่ตื้นที่สุด (8.46 ± 2.41 เซนติเมตร) อุณหภูมิระหว่างเขตต่าง ๆ 4 เขตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิภายนอก และภายในรูปูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปูลมจึงมีการตอบสนองต่อการแปรผันของอุณหภูมิโดยขุดรูที่ลึกขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงอุณหภูมิภายนอกที่สูงกว่าภายในรูปู ทั้งนี้คุณภาพน้ำในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ อุณหภูมิ น้ำทะเล 31.48 ± 1.34 °C ความเค็ม 32.03 ± 0.87 psu ความเป็นกรดเป็นด่าง 8.12 ± 1.10 และปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ 7.05 ± 0.51 mg/L ปูลมในหาดอ่าวโกลกบ้านเก่าในการศึกษานี้มีการตอบสนองต่อนักท่องเที่ยวมากกว่าการผันแปรของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในแต่ละเขต เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอยู่ในช่วงสั้น ๆ และมีการขึ้นลงของน้ำทะเล การตอบสนองของปูลมในเขตต่าง ๆ ในหาดเดียวกันของการศึกษานี้มีผลการศึกษาคล้ายคลึงกับการศึกษาที่ผ่านมาที่ทำการศึกษาในหาดหลายหาดที่มีระดับการคุกคามแตกต่างกัน ปูลมในหาดอ่าวโกลกบ้านเก่าในเขตต่าง ๆ มีการตอบสนองต่อนักท่องเที่ยวและการผันแปรของอุณหภูมิ โดยมีความชุกชุมลดลง มีการเปลี่ยนเขตที่อยู่อาศัย ขุดรูลึกขึ้นและซับซ้อนขึ้นอย่างชัดเจน ดังนั้นการศึกษาปูลมภายใต้หาดอ่าวโกลกบ้านเก่าที่มีการแบ่งเป็น 4 เขต จึงสามารถใช้อธิบายผลกระทบที่เกิดจากการคุกคามของนักท่องเที่ยวและการแปรผันของอุณหภูมิที่เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยของปูลมในหาดทรายได้ นอกจากนั้นจากการตรวจสอบอุณหภูมิอากาศบนเกาะเต่าระหว่างปี พ.ศ. 2565-2566 พบแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุดในปี พ.ศ. 2566 มากกว่าปี พ.ศ. 2565 ดังนั้นควรมีการติดตามอย่างต่อเนื่องถึงผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระยะยาว เพื่อศึกษาว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลต่อการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยของปูลมในอนาคตอย่างไร

สรุปผลการวิจัย : ปูลมในหาดอ่าวโกลกบ้านเก่า เกาะเต่า ที่อาศัยในเขตต่าง ๆ ที่มีนักท่องเที่ยวและการผันแปรของอุณหภูมิ มีการตอบสนองเพื่อหลบหลีกนักท่องเที่ยวและอุณหภูมิที่แตกต่างระหว่างภายนอกและภายในรูปู โดยมีความชุกชุมแตกต่างกัน มีการเปลี่ยนเขตที่อยู่อาศัย มีการขุดรูที่ลึกและซับซ้อนขึ้น การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าปูลมบนหาดอ่าวโกลกบ้านเก่ามีศักยภาพในการพัฒนาเป็นดัชนีชี้วัดผลกระทบจากการคุกคามของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่อาศัยของปูลมในเขตต่าง ๆ ภายใต้หาดเดียวกัน

คำสำคัญ : ปูลม ; เกาะเต่า ; หาดอ่าวโกลกบ้านเก่า ; การคุกคามของมนุษย์ ; การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Abstract

Background and Objectives : Koh Tao is one of the world's top tourist destinations, with significant construction development to support tourism and a high number of tourists on its sandy beaches coupled with temperature fluctuations, poses a potential threat to biodiversity. Ghost crabs are one of the dominant species inhabiting these beaches and is most affected by human threats. This study was conducted on a single beach divided into four zones with varying levels of tourist numbers and temperatures. Ghost crabs in each zone were expected to respond differently in terms of abundance, zonation shift, and burrow excavation for shelters, refuge from predators, human disturbance, desiccation and temperature changes, reflecting the changing lifestyles of ghost crabs under different environmental conditions. The objective of this study was to develop ghost crabs as bioindicators of habitat loss caused by tourists and temperature fluctuation on sandy beaches for management and conservation of coastal and marine resources of Thailand.

Methodology: The study was conducted on the sandy beach of Chalok Baan Kao Bay Beach, Koh Tao, Surat Thani Province, (lat. 10°04'01"N , long. 99°49'33"E) an area with a high number of tourists and a concrete seawall at the uppermost part of the beach adjacent to residential areas. Survey transects and sampling plots were established and divided into four zones from the seawall, including the upper part of high tide zone (A), the lower part of high tide zone (B), the upper part of mid tide zone (C), and the lower part of mid tide zone (D), each zone spaced one meter apart. Sampling was conducted using quadrats made of rope measuring 1 × 5 meters placed consecutively along eight transects, totaling 32 sampling stations. The study examined ghost crab species, burrow density, burrow size, burrow depth, and burrow morphology, along with measurements of air and sand temperatures in each zone on the beach, as well as at the burrow entrance and inside the burrow. The numbers of tourist in each zone on this beach were evaluated. The quality of environment and water quality were measured, such as beach slope, grain size, organic matter, moisture, loudness of sound, water temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, wind and wave.

Main Results : Chalok Baan Kao Bay Beach was characterized by a low sloping sandy beach composed of coarse sand with 1.52% organic matter. Two ghost crab species were found : the smooth-clawed ghost crab (*Ocypode cordimanus* Latreille, 1818), which is the dominant species, and the long-horn ghost crab (*Ocypode ceratophthalma* (Pallas, 1772)). Ghost crabs in the four different zones responded to tourists and temperature variations by having significantly different abundances, crab hole sizes, and crab hole depths ($p < 0.05$). The ghost crabs in the upper part of mid-tide zone (C), as a recreational and transit area for tourists, exhibited the lowest abundance (0.25 ± 0.16 holes/m²), with large burrows (20.43 ± 10.22 mm), the deepest burrow (13.97 ± 6.77 cm) with more branched and complex shapes than other zones. Large crabs shifted their habitat to the upper part of the high-tide zone (A) where there were no tourists, and were the most abundant (0.75 ± 0.40 holes/m²). Small crabs (9.47 ± 5.12 mm) avoided tourists and settled in the lower part of the mid-tide

zone (D) with the least deep burrows (8.46 ± 2.41 cm). Temperatures among the four zones were not significantly different ($p > 0.05$), but air temperature, external burrow temperature, and internal burrow temperature were significantly different ($p < 0.05$). Therefore, the ghost crabs responded to temperature variations by digging deeper burrows to avoid the high temperature outside the crab burrow. Water quality in the study area was within normal criteria, with seawater temperature at $31.48 \pm 1.34^\circ\text{C}$, salinity at 32.03 ± 0.87 psu, pH at 8.12 ± 1.10 , and dissolved oxygen at 7.05 ± 0.51 mg/L. The ghost crabs in Chalok Baan Kao Beach in this study responded more to tourists than to temperature fluctuations across zones, due to the short-term temperature increase and the tide level. The response of the ghost crabs in different zones on the same beach in this study was informative similar to previous studies conducted on multiple beaches with varying threat levels. The ghost crabs in Chalok Baan Kao Beach living in different zones responded to tourists and temperature variations, exhibiting decreased abundance, zonation shifts, and significantly increased burrowing depth and complexity. Therefore, the study of the ghost crabs under Chalok Baan Kao Bay Beach, which is divided into 4 zones, can be used to identify the impacts of tourist threats and temperature variations that cause the loss of ghost crab habitats in the sandy beaches. Furthermore, air temperature monitoring on Koh Tao between 2022 and 2023 showed a trend of rising maximum temperatures in 2023, the study period, compared to 2022. Therefore, the effects of long-term temperature changes should be continuously monitored to understand how climate change will impact ghost crab habitat loss in the future.

Conclusion: Ghost crabs inhabiting in four different zones of Chalok Baan Kao Bay Beach, Koh Tao, responded to tourists and temperature variation by altering their abundance, zonation shift, burrow depth, and burrow morphology. This study therefore indicated that ghost crabs on Chalok Baan Kao Bay Beach, have the potential to be developed as bioindicators for the impacts of human threats and temperature change, which lead to habitat alterations for ghost crabs within different zones of the same sandy beach.

Key Words : ghost crab ; Koh Tao ; Chalok Baan Kao Bay Beach ; human disturbance ; climate change

*Corresponding author. E-mail : ffsptp@ku.ac.th

Introduction

ในปัจจุบันนี้การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในทะเลกำลังเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อันเนื่องมาจากการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัย (habitat loss) ที่เกิดจากการคุกคามของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปูในหาดทรายก็เป็นสัตว์กลุ่มสำคัญที่กำลังได้รับผลกระทบจากการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีสาเหตุสำคัญมาจากการคุกคามของมนุษย์ เช่น การขยายตัวของชุมชน การก่อสร้างสิ่งรองรับการท่องเที่ยว การสร้างแนวกันคลื่น การสัญจรและพักผ่อนของนักท่องเที่ยวบนชายหาด การนำยานพาหนะมาวิ่งบนหาด การใช้เครื่องทำความสะอาดหาด การทำประมง และมลพิษ เป็นต้น (Chan *et al.*, 2006; MacCarone & Mathews, 2007; Wisespongpan *et al.*, 2009a; Yong *et al.*, 2011; Lucrezi & Schlacher, 2010; Gül & Griffen, 2018; Hobbs *et al.*, 2008) อีกสาเหตุสำคัญที่

กำลังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล คือ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (climate change) ที่ส่งผลให้เกิดอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระบบนิเวศชายฝั่ง การเกิดพายุที่รุนแรงมากที่นำไปสู่การกัดเซาะชายฝั่ง การเกิดตะกอนปกคลุมระบบนิเวศ การเกิดการฟอกขาวของปะการัง การแตกหักของปะการังจากพายุขนาดใหญ่ รวมทั้งการเกิดสภาวะทะเลกรด (Wisessongpand *et al.*, 2009b; Schoeman *et al.*, 2015; Gül & Griffen, 2019) และส่งผลกระทบต่อปู ได้แก่ การลดลงของผลผลิตและการเปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่อาศัยของปู Alaskan red king crab และ Snow crab ในทะเลเบอริง (Szuwalski *et al.*, 2021) การสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยของปูม้าจีน (*Portunus trituberculatus*) ในทะเลจีนตะวันออกและทะเลเหลือง (Liu *et al.*, 2022) การย้ายที่อยู่อาศัยของปูใบหิน (*Menippe mercenaria*) ในฟลอริดาและทำให้ฤดูกาลการวางไข่เปลี่ยนแปลง (Alaerts *et al.*, 2022) การแพร่กระจายของปูเสฉวนจากเขตร้อนไปเขตอบอุ่นมากขึ้น (Asakura, 2021) ความสามารถในการเลือกเปลือกหอยปูเสฉวน (*Pagurus longicarpus*) ลดลง ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการถูกล่าและสภาวะแห้งช่วงน้ำลดมากขึ้น (Gilliand *et al.*, 2021) และผลของตะกอนและอุณหภูมิที่สูงขึ้นที่มีต่ออัตราการรอดของปูเสฉวน (*Pagurus samuelis*) (Valere-Rivet *et al.*, 2017)

ปูลม (ghost crab) เป็นปูที่อยู่ในวงศ์ Ocypodidae พบแพร่กระจายชุกชุมบริเวณหาดทรายในเขตน้ำขึ้นน้ำลง โดยอาศัยอยู่ตั้งแต่เนินทราย (dune) ที่อยู่เหนือเขตน้ำขึ้นสูงสุดไปจนถึงแนวสาดซัดของคลื่นในเขตน้ำลงต่ำสุด กระบวนการกินอาหารและกระบวนการขุดรูของปูลมมีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศทางทะเลที่เรียกว่านิเวศบริการ (Ecological services) การอาศัยอยู่บนหาดทรายที่มักมีนักท่องเที่ยว ปูลมจึงพัฒนาให้ขาเดินที่เรียวยาวทำให้มีความสามารถในการวิ่งไปมาบนหาดทรายได้อย่างรวดเร็ว และการปรับตัวที่สำคัญ คือ การขุดรูหลบซ่อนผู้ล่า ผู้คุกคาม และอุณหภูมิที่สูงบนหาดทราย (Lucrezi & Schlacher, 2014) อย่างไรก็ตามปูลมก็ยังถูกคุกคามโดยมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจน โดยมีการตอบสนองที่สำคัญ คือ ความชุกชุมลดลง (Barros, 2001; Turra *et al.*, 2005; Chan *et al.*, 2006; Yong & Lim, 2009; Schlacher & Lucrezi, 2010; Barboza *et al.*, 2021) มีการเปลี่ยนแนวที่อยู่อาศัย (habitat shift) (MacCarone & Mathews, 2007; Lucrezi & Schlacher, 2010; Schoeman *et al.*, 2015; Gül & Griffen, 2018) และการขุดรูที่ซับซ้อนและลึกกว่าปกติ (Chan *et al.*, 2006; Lim *et al.*, 2011; Yong *et al.*, 2011) ดังนั้นจึงมีการเลือกใช้ปูลมเป็นตัวบ่งชี้การคุกคามของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในหลายพื้นที่ (Dunbar *et al.*, 2003; Chan *et al.*, 2006; Neves & Bemvenuti, 2006; Gül & Griffen, 2019; Lucrezi *et al.*, 2009; Yong & Lim, 2009; Schlacher *et al.*, 2011) รวมทั้งมีการพัฒนาปูลมเป็นโมเดลในการศึกษาชีววิทยาและวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้เกิดสภาวะทะเลกรด (Schoeman *et al.*, 2015)

หาดทรายเป็นพื้นที่ชายฝั่งที่มนุษย์เข้าถึงและใช้ประโยชน์ในการท่องเที่ยวมากที่สุด จึงมีโอกาสเกิดการคุกคามความหลากหลายทางชีวภาพและความชุกชุมของปู โดยปูลมเป็นปูกลุ่มหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการคุกคามโดยมนุษย์มากที่สุด การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาชนิด ความชุกชุม การแพร่กระจาย และรูปร่างของปูลมในเขตต่าง ๆ 4 เขตบนหาดอ่าวโกลกบ้านเก่า เกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นหาดทรายที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมาก รวมทั้งสิ่งก่อสร้าง เช่น แนวกันคลื่น บ้านพัก ร้านอาหารตลอดแนวตอนบนของหาด โดยมีการประเมินผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิบนหาดทรายที่สูงขึ้นด้วย ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างหาดหลาย ๆ หาดที่มีระดับการคุกคามแตกต่างกัน แต่การศึกษานี้เป็นการศึกษาที่ชี้ให้เห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นบนเขตที่ต่างกัน 4 เขตภายในหาดเดียวกันที่สามารถตรวจสอบการตอบสนองของปูลมได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการใช้ฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาประชากรของปูลมในประเทศไทย ในการเป็นตัวชี้วัดการคุกคามของ

มนุษย์และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศหาดทราย เพื่อการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรสิ่งมีชีวิตในทะเลต่อไป

Methodology

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลกระทบจากการคุกคามของมนุษย์โดยเฉพาะนักท่องเที่ยว ที่มาจากการพัฒนาการท่องเที่ยวในพื้นที่หมู่เกาะเต่า ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวติดอันดับโลก โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบในหาดเดียวกัน คือ หาดอ่าวโหลกบ้านเก่า โดยมีการแบ่งเป็นเขตต่าง ๆ 4 เขต ศึกษาการตอบสนองของปูมที่มีต่อนักท่องเที่ยวและการผันแปรของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิทรายภายนอกและภายในรูปม โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

1. การกำหนดพื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาที่หาดทรายบนหาดอ่าวโหลกบ้านเก่า ตั้งอยู่ที่ใต้ของเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ละติจูด $10^{\circ}04'01''\text{N}$, ลองจิจูด $99^{\circ}49'33''\text{E}$) (Figure 1) มีความยาวของหาดประมาณ 1,000 เมตร หาดกว้างประมาณ 40 เมตร ด้านใต้มีแอ่งน้ำขนาดใหญ่ สองด้านของหาดขนานด้วยโขดหินขนาดใหญ่ มีที่พักร้านอาหารตลอดแนวหาด โดยมีการสร้างแนวกันคลื่นเป็นแนวซีเมนต์ต่อกันจากบ้านพักเกือบตลอดแนว มีเรือท่องเที่ยวจำนวนมาก และนักท่องเที่ยวพักผ่อนและสัญจรไปมาตลอดทั้งวัน ทำการศึกษาในช่วงระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน พ.ศ. 2566

2. การวางแผนสำรวจและกำหนดสถานีสำรวจ

แบ่งหาดอ่าวโหลกบ้านเก่าออกเป็น 4 เขตจากแนวกันคลื่น แต่ละเขตห่างกัน 1 เมตร โดยใช้ตารางสุ่มสี่ตัว (quadrat) ที่ทำจากเชือกขนาด 1×5 เมตรวางต่อกัน 4 quadrat ประกอบด้วยเขตตอนบนของเขื่อน้ำขึ้นสูงสุด (A1-A8) เขตตอนล่างของเขื่อน้ำขึ้นสูงสุด (B1-B8) เขตตอนบนของเขื่อน้ำขึ้นน้ำลง (C1-C8) และเขตตอนล่างของเขื่อน้ำขึ้นน้ำลงติดกับทะเล (D1-D8) วางแนวสำรวจ 8 แนวเก็บตัวอย่าง โดยมีสถานีสำรวจและเก็บตัวอย่างรวม 32 สถานี (Figure 2) ทั้งนี้เขตตอนบนของเขื่อน้ำขึ้นสูงสุด (A1-A8) อยู่ติดกับแนวกันคลื่น ส่วนเขตตอนบนของเขื่อน้ำขึ้นน้ำลง (C1-C8) เป็นแนวพักผ่อนและสัญจรไปมาของนักท่องเที่ยว และบนหาดอ่าวโหลกบ้านเก่ายังมีต้นเทียนทะเลกระจายอยู่บนหาด

3. การศึกษาความชุกชุม ขนาดรู ความลึก และรูปร่างรูปม

นับจำนวนปูในแต่ละสถานีสำรวจเพื่อประเมินความชุกชุมเป็นความหนาแน่นคิดเป็นตัวต่อตารางเมตร และสุ่มจับปูมในรูเพื่อนำมาจำแนกชนิดตามวิธีของ Sakai & Türkay (2013) หลังจากนับจำนวนปู จะทำการวัดขนาดปากปู และวัดความลึกปูโดยใช้เชือกที่มีตะกั่วผูกไว้หย่อนลงไปในรู จากนั้นศึกษารูปร่างปูโดยสุ่มเลือกปูในแต่ละเขตที่ห่างจากแนวกันคลื่น 4 เขต เขตละ 3 รู ทำการหล่อรูด้วยปูนปลาสเตอร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 2 : 1 ค่อย ๆ เทปูนลงไป ในรู หลังจากเทปูนทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อปูนแข็งตัวแล้ว ไขปลั้วค่อย ๆ ขุดด้านข้างและนำรูปูที่หล่อไว้มาวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปากรู ความยาวของรู และถ่ายภาพลักษณะรูปร่างของรู ทราวยที่ปนเปื้อนปูนจะนำไปกำจัดทิ้งเพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อสัตว์ในหาดทราย

4. การประเมินจำนวนนักท่องเที่ยวและการศึกษาการผันแปรของอุณหภูมิในเขตต่าง ๆ บนหาด

ตรวจนับจำนวนนักท่องเที่ยวในเขตต่าง ๆ 4 เขตบนหาด โดยนับจำนวนนักท่องเที่ยวไปพร้อมกับ การสำรวจและเก็บตัวอย่างปูม ตรวจวัดค่าอุณหภูมิในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิอากาศด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิยี่ห้อ BENETECH รุ่น GM1360 โดยมีการวัดค่าอุณหภูมิอากาศในรอบวัน (9.00, 13.00, 16.00) วัดค่าอุณหภูมิทรายด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดยี่ห้อ PONPE รุ่น 430IR โดยวัดอุณหภูมิทรายที่ปากปูและภายในรูปมในเขตต่าง ๆ ที่วางแผน

สำรวจ และมีการวัดอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิทรายในที่โล่งแจ้งที่ไม่มีรูปในบริเวณเขตตอนบนของหาดติดกับแนวกันคลื่นและตอนล่างของหาดติดกับทะเลด้วย

5. การศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและคุณภาพน้ำ

ตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ความลาดชันของหาดโดยใช้กล้องวัดระดับยี่ห้อ Bosch รุ่น GOL:GR 500 ขนาดตะกอนในแต่ละเขตน้ำขึ้นน้ำลง โดยวิธีร่อนแยกขนาดผ่านตะแกรงขนาด 2000, 1000, 500, 250, 125 และ 63 ไมครอนด้วยเครื่องเขย่าตะกอนดินยี่ห้อ Retsch รุ่น AS200 ปริมาณอินทรีย์สารในแต่ละเขตน้ำขึ้นน้ำลงด้วยวิธี Ignition loss ที่ดัดแปลงมาจาก Hoogsteen *et al.* (2015) ความดังของเสียงด้วยเครื่องวัดเสียงยี่ห้อ BENETECH รุ่น GM1357 และความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ BENETECH รุ่น GM1360 ส่วนคุณภาพน้ำทำการตรวจวัดอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ด้วยเครื่องวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำยี่ห้อ HACH รุ่น HQ40D+LDO ความเค็มตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความเค็มยี่ห้อ HANNA รุ่น HI98319 และความเป็นกรดต่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดต่างยี่ห้อ HANNA รุ่น HI98107 รวมทั้งตรวจวัดปัจจัยทางอุทุนิยมวิทยา ได้แก่ สภาพแวดล้อมและความสูงคลื่น ความแรงของลม และปริมาณเมฆ (Pollution Control Department, 2001)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ความชุกชุมของรูป ความกว้างของปากรูป ความลึกของรูป รวมทั้งอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิทรายภายนอกและภายในของรูป คิดเป็นค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และมีการวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าต่าง ๆ ระหว่าง 4 เขต ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบตัวแปรอิสระ 1 ตัว (One way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละคู่ด้วยวิธีการทดสอบ Post hoc (Duncan test) และทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มของอุณหภูมิต่าง ๆ ด้วยวิธี T-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

7. จรรยาบรรณการใช้สัตว์เพื่องานทางด้านวิทยาศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หมายเลข ACKU66-FIS-012

Results

ความหลากหลายชนิดของปูในหาดอ่าวโลกบ้านเก่า

การศึกษานี้พบปูลมบนหาดอ่าวโลกบ้านเก่า 2 ชนิด คือ ปูลมก้ามเรียบ (*Ocypode cordimanus* Latreille, 1818) และปูลมก้านตายาว (*Ocypode ceratophthalma* (Pallas, 1772) (Figure 3) โดยปูลมก้ามเรียบมีลักษณะสำคัญ คือ บริเวณ palm หรือด้านในของปล้อง propodus ของก้ามไม่มีสัน (stridulating ridge) ส่วนปูลมก้านตายาว มีลักษณะสำคัญ คือ ตัวเต็มวัยจะมีขีดขาวที่ปลายก้านตา และมีสัน (stridulating ridge) ที่ตอนบนเป็นตุ่มจำนวน 10-11 ตุ่ม ตอนกลางเป็นขีดเรียงขนานกัน 8 ขีด และตอนล่างเป็นขีดที่เรียงชิดติดกันมาก 20-30 ขีด (Sakai & Turkey, 2013) โดยพบปูลมก้ามเรียบชุกชุมกว่าปูลมก้านตายาวและพบบนหาดทั้งกลางวันและกลางคืน ส่วนปูลมก้านตายาวพบบนหาดในช่วงกลางวัน

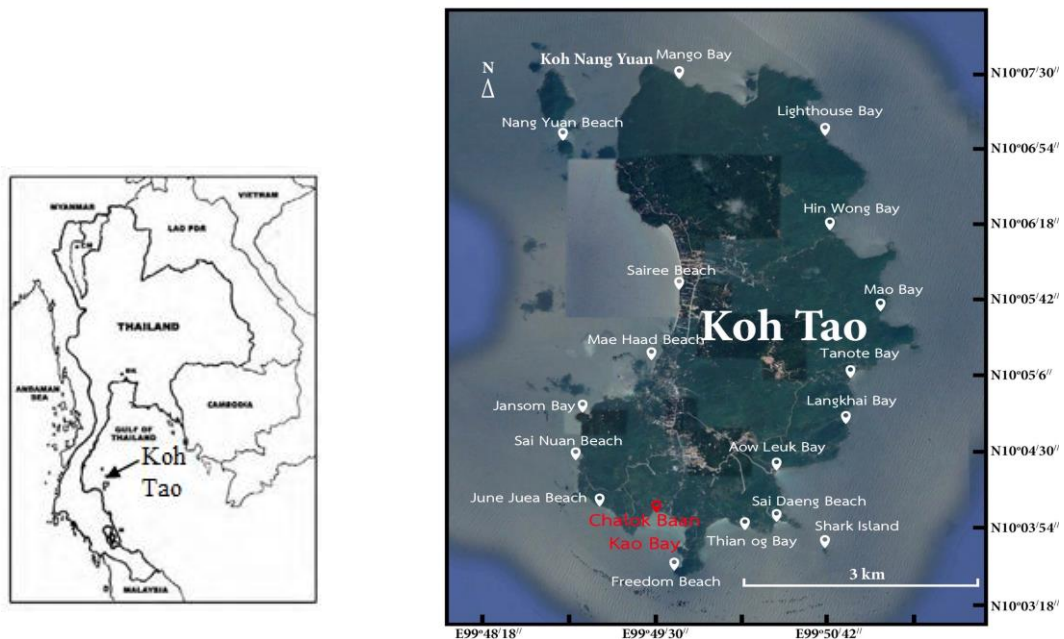


Figure 1 The location of Chalok Baan Kao Bay Beach located in the southern part of Koh Tao, Surat Thani Province, Thailand

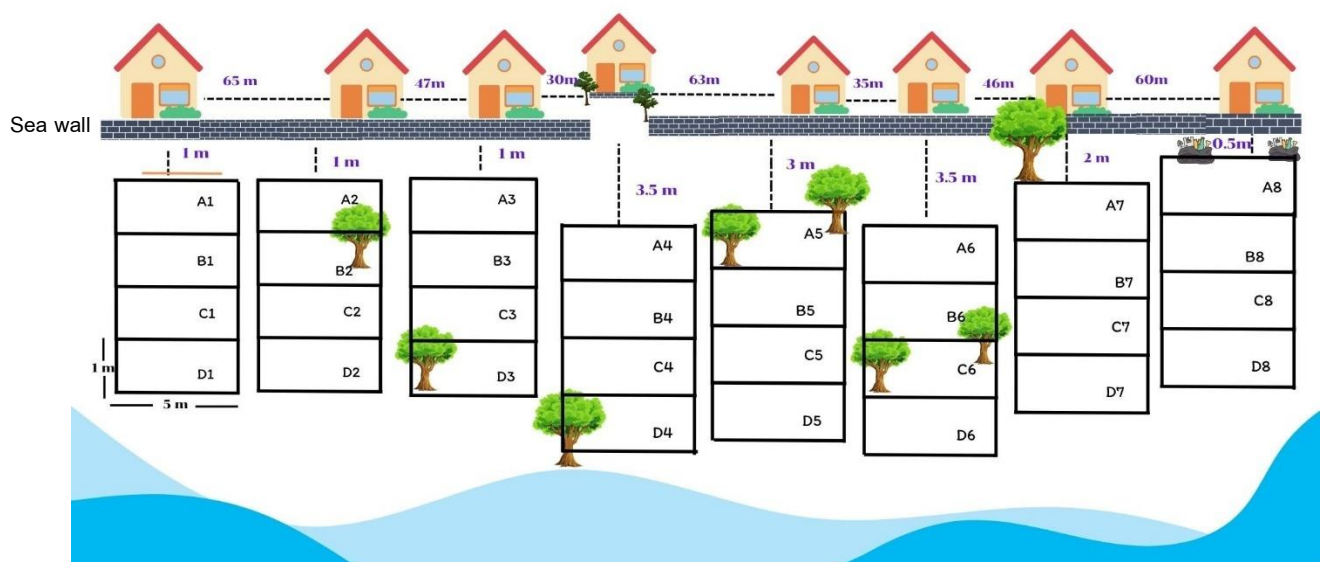


Figure 2 Eight line transects with 4 sampling quadrats, comparing density of ghost crab; burrow size, depth and shape between four zones (A-D) from sea wall of Chalok Baan Kao Bay Beach on Koh Tao, Surat Thani Province



Figure 3 *Ocypode cordimanus* (A) were more abundant than *Ocypode ceratophthalma*

(B) in Chalok Baan Kao Bay Beach on Koh Tao, Surat Thani Province (— = 1 cm)

ความชุกชุม ขนาดของรูปล ความลึกของรูปล และรูปร่างรูปลในเขตต่าง ๆ บนหาดอ่าวโลกบ้านเก่า

จากการศึกษาความชุกชุมของรูปลมโดยนับจำนวนรูปลในเขตต่าง ๆ 4 เขตจากแนวกันคลื่น พบว่าความชุกชุมของรูปลในเขตต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, $F = 4.581$) (Table 1) โดยพบรูปลมที่เขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (A) ชุกชุมที่สุด (0.75 ± 0.40 ตัวต่อตารางเมตร) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (B) (0.40 ± 0.26 ตัวต่อตารางเมตร) เขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (C) (0.25 ± 0.16 ตัวต่อตารางเมตร) และเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (D) (0.28 ± 0.14 ตัวต่อตารางเมตร) (Table 1)

ในการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูปลพบว่าขนาดของรูปลในเขตต่าง ๆ 4 เขต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, $F = 3.453$) โดยขนาดของรูปลในเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (D) มีขนาดเล็กที่สุด (9.47 ± 5.12 มม.) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (A) (19.14 ± 7.05 มม.) เขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (B) (21.88 ± 6.25 มม.) และเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (C) (20.43 ± 10.22 มม.) (Table 1)

ความลึกของรูปลในเขตต่าง ๆ 4 เขต แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, $F = 4.101$) (Table 1) โดยความลึกของรูปลในเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (C) (13.97 ± 4.36 ซม.) มีความลึกมากที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (B) (9.81 ± 1.91 ซม.) และเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (D) (8.46 ± 2.41 ซม.) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (A) (12.84 ± 3.08 ซม.) (Table 1)

รูปร่างของรูปลมในเขตต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน (Figure 4) โดยพบว่ารูปลมที่อยู่ในเขตตอนบนเหนือเขตน้ำขึ้นน้ำลง (C) มีรูปร่างที่สลับซับซ้อนกว่ารูปลที่อยู่ในเขตอื่น ๆ โดยมีรูปร่างรูปลที่มีการแตกแขนงไปทางด้านข้าง และรูมีขนาดใหญ่และเล็ก ในขณะที่รูปลที่อยู่ในเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (A) เป็นรูที่มีขนาดใหญ่และเล็กเช่นกัน แต่มีรูปร่างเป็นรูปตัว J ที่มีการขยายเป็นห้องที่ตอนปลายสุดของรู ส่วนเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (D) มีรูปลที่เล็กและมีความลึกน้อย รูปร่างรูปลเป็นรูปตัวเจที่มีความโค้ง (Figure 4)

Table 1 Abundance, burrow size and burrow depth of ghost crabs in four zones of Chalok Baan Kao Bay Beach, on Koh Tao, Surat Thani Province

Zones	Density (burrows/m ²)	Diameter of Burrows (mm)	Depth of burrows (cm)
A (upper part of the high tide zone)	0.75±0.40 ^a	19.14±7.05 ^a	12.84±3.08 ^{ab}
B (lower part of the high tide zone)	0.40±0.26 ^b	21.88±6.25 ^a	9.81±1.91 ^{bc}
C (upper part of the mid tide zone)	0.25±0.16 ^b	20.43±10.22 ^a	13.97±4.36 ^a
D (lower part of the mid tide zone)	0.28±0.14 ^b	9.47±5.12 ^b	8.46±2.41 ^c

Values within a column superscripted with different lowercase letters are significantly different (p<0.05)

จำนวนนักท่องเที่ยว ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิทรายภายนอกและภายในรูปลม

จำนวนนักท่องเที่ยวในเขตต่าง ๆ 4 เขตของพื้นที่หาดอ่าวโหลกบ้านเก่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพบนักท่องเที่ยวมากกว่า 80 คนสัญจรไปมาและพักผ่อนอยู่บนหาดในเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (C) มากกว่าเขตอื่น ๆ ในขณะที่เขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (A) ติดกับแนวกันคลื่น ไม่พบนักท่องเที่ยวในเขตนี้ ส่วนในเขตถัดลงมา คือ เขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (B) พบนักท่องเที่ยวไม่เกิน 10 คน และเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (D) พบนักท่องเที่ยวสัญจรผ่านไปลงเรือดำน้ำ 10-20 คน

จากการตรวจสอบอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิทรายที่ปากรู และอุณหภูมิทรายด้านในของรูปลมในเขตต่าง ๆ 4 เขตพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05; F = 0.962, 0.479 และ 0.533 ตามลำดับ) (Table 2) แต่อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 2 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ได้แก่ อุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายในรูปลม (t = 8.314) อุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิภายในรูปลม (t = -12.636) และอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิภายนอกรูปลม (t = -8.782) โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศ (33.86±1.08 °C) สูงกว่าอุณหภูมิทรายที่ภายนอกรูปลม (30.06±2.00 °C) และสูงกว่าอุณหภูมิทรายที่ภายในรูปลม (29.16±1.68 °C) (Table 2) นอกจากนั้นอุณหภูมิทรายในหาดที่โล่งแจ้งไม่มีรูปลมมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยตอนบนของหาดมีค่าระหว่าง 34.07-37.90 °C และตอนล่างของหาดมีค่าระหว่าง 33.2-35.73 °C

Table 2 Ambient air temperature, external and internal burrow temperature of ghost crabs in four zones of Chalok Baan Kao Bay Beach on Koh Tao, Surat Thani Province

Zones	Ambient air temperature (°C)	External burrow temperature (°C)	Internal burrow temperature (°C)
A (upper part of the high tide zone)	33.79±1.10 ^{ns}	31.00±2.69 ^{ns}	29.88±2.41 ^{ns}
B (lower part of the high tide zone)	33.95±1.11 ^{ns}	29.57±1.18 ^{ns}	28.96±0.84 ^{ns}
C (upper part of the mid tide zone)	33.73±1.17 ^{ns}	29.60±1.57 ^{ns}	28.62±1.06 ^{ns}
D (lower part of the mid tide zone)	34.04±1.22 ^{ns}	29.81±2.05 ^{ns}	29.02±1.83 ^{ns}
Average	33.86±1.08	30.06±2.00	29.16±1.68

ns = non significantly different (p>0.05)

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมและคุณภาพน้ำในพื้นที่ศึกษา

หาดอ่าวโหลกบ้านเก่าหาดที่มีความลาดชันต่ำ เฉพาะเขตตอนบนของเขตนํ้าขึ้นสูงสุด (A) ซึ่งอยู่ติดกับแนวกันคลื่น จะมีความลาดชันกว่าเขตอื่น ๆ ขนาดตะกอนทรายเฉลี่ย คือ 898.62 ไมครอน (coarse sand) ส่วนปริมาณอินทรีย์สาร มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.52 คุณภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณหาดอ่าวโหลกบ้านเก่า ได้แก่ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วงวัน 32.28 ± 1.47 °C ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิบนทรายในที่โล่งแจ้งที่มีค่าเฉลี่ย 34.47 ± 1.79 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 70.63 ± 3.13 และความดังเสียง 51.3-67.9 เดซิเบล สภาพคลื่นลมพบว่าทะเลมีคลื่นเล็กน้อยเป็นพริ้วคลื่น มีความสูง 0.5 เมตร ลมเบาความเร็ว 0.3-1.5 เมตรต่อวินาที ปริมาณเมฆ 3 oktas หรือ 4/10 ส่วนของท้องฟ้า ค่าคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมินํ้าทะเลมีค่าเฉลี่ย 31.48 ± 1.34 °C ค่าความเค็มเฉลี่ย 32.03 ± 0.87 psu ค่า pH เฉลี่ย 8.12 ± 1.10 ค่า DO เฉลี่ย 7.05 ± 0.51 mg/L

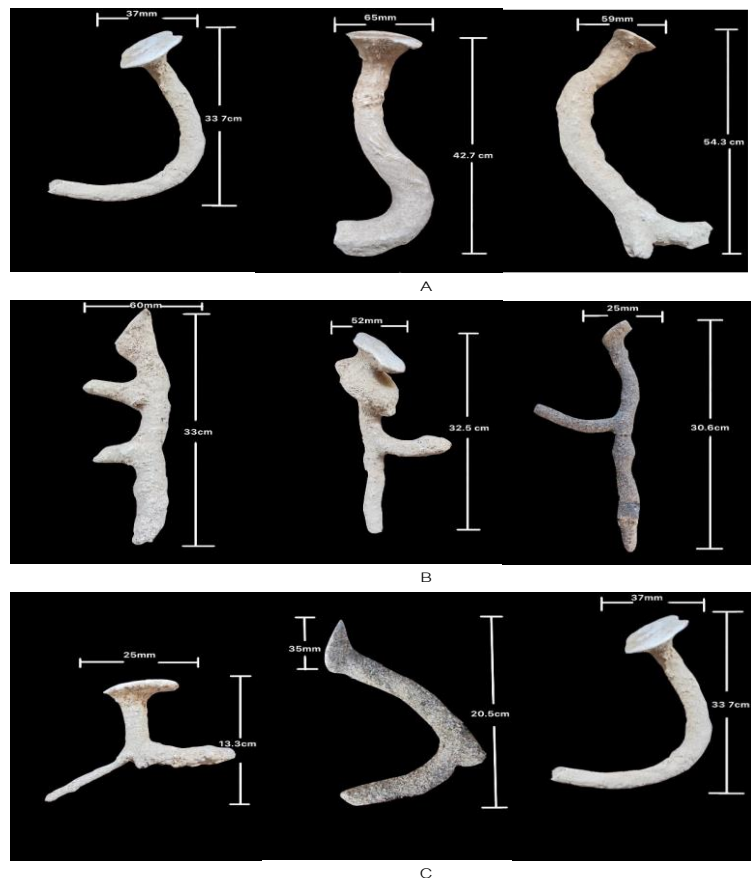


Figure 4 Burrow size, depth and shape of ghost crabs in Chalok Baan Kao Bay Beach on Koh Tao, Surat Thani Province The large and depth with J shape burrows appeared at upper part of the high tide zone (A) upper part of the mid tide zone (B) as a recreational and transit area for tourists. The small and shallow burrows appeared at lower part of the mid tide zone (C)

Discussion

ปูมที่พบบนโลกนี้อยู่ในวงศ์ Ocypodidae สกุล *Ocypode* มี 21 ชนิด แพร่กระจายเป็นบริเวณกว้างทั่วโลก ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่นตลอดแนวมหาสมุทรแปซิฟิก แอตแลนติก และอินเดีย (Sakai & Turkey, 2013) ในประเทศไทยมีรายงานพบปูม 4 ชนิด คือ *Ocypode ceratophthalma*, *Ocypode cordimanus*, *Ocypode nobilii* และ *Ocypode stimpsoni* (Naiyanetr, 2007) ในการศึกษาพบปูมบนหาดอ่าวโลกบ้านเก่า 2 ชนิด และที่น่าสนใจ คือ การพบปูมก้ามเรียบ (*O. cordimanus*) เป็นปูชนิดเด่น พบมากกว่าปูมก้านตายาว (*O. ceratophthalma*) ซึ่งในการศึกษาของคณะผู้วิจัยที่ผ่านมา ปูมก้ามเรียบเป็นชนิดที่พบในหาดทรายอื่น ๆ ของประเทศไทยน้อยมาก โดยมีรายงานพบเพียง 1 ตัวที่บริเวณหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง (Wisessongpand *et al.*, 2015) และในหาดอ่าวโลกบ้านเก่ายังไม่พบปูมเล็ก (*Ocypode stimpsoni*) ซึ่งเป็นชนิดที่มักพบเป็นชนิดเด่นในพื้นที่อื่น ๆ เช่น ในหาดทรายตลอดแนวชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้แก่ หาดบ้านกรูด หาดบ่อนอก หาดบ้านมะพร้าว หาดแหลมกุ่ม หาดหินกรูด และหาดไทรใหญ่ที่อยู่บนเกาะทะลุ (Wisessongpand *et al.*, 2010) หาดปากบารา จังหวัดสตูล (Wisessongpand *et al.*, 2013) หาดทรายบริเวณหมู่เกาะล้าน จังหวัดชลบุรี และบริเวณหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง (Wisessongpand *et al.*, 2015) และหาดทรายบริเวณสถานีวิจัยเพื่อการพัฒนาชายฝั่งอันดามันและหมู่เกาะก่า จังหวัดระนอง (Wisessongpand *et al.*, 2022) การพบปูมก้ามเรียบมากกว่าปูมชนิดอื่น ๆ ในหาดอ่าวโลกบ้านเก่า อาจเป็นเพราะว่าตะกอนทรายของหาดอ่าวโลกบ้านเก่ามีขนาดตะกอนเฉลี่ยเป็นทรายหยาบ (coarse sand) ซึ่งอาจเหมาะสมกับปูมก้ามเรียบมากกว่า และหาดอ่าวโลกบ้านเก่ายังพบปูมชุกชุมกว่าหาดอื่น ๆ บนเกาะเต่า (Wisessongpand *et al.*, 2024) เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์สารสูงกว่าหาดอื่น ๆ คือร้อยละ 1.52

หาดอ่าวโลกบ้านเก่าบนเกาะเต่าเป็นหาดทรายที่มีการพัฒนาลังรองรับการท่องเที่ยวไม่ว่าจะเป็นบ้านพักและร้านอาหารตลอดแนวหาด เพื่รองรับนักท่องเที่ยวจำนวนมากที่สัญจรไปมาและพักผ่อนบนหาด รวมทั้งมีการสร้างแนวกันคลื่นด้วยซีเมนต์ที่ด้านบนสุดของหาดติดกับแนวบ้านพัก การศึกษาปูมในหาดอ่าวโลกบ้านเก่านี้เป็นการศึกษาที่บนหาดอ่าวโลกบ้านเก่าเพียงหาดเดียวแต่แบ่งเป็น 4 เขต ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาอื่น ๆ ที่ผ่านมา ซึ่งพบว่าปูมมีการตอบสนองต่อนักท่องเที่ยวในเขตต่าง ๆ ของหาดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพบปูมขึ้นไปอาศัยอยู่ในเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (A) ชุกชุมมากกว่าเขตอื่น ๆ ซึ่งเขต A เป็นเขตที่ไม่มีนักท่องเที่ยวสัญจรไปมา เนื่องจากเป็นเขตมีความลาดชันสูงกว่าเขตอื่น ๆ ในขณะที่เขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (C) ที่มีความชุกชุมของปูน้อยที่สุดนั้น เป็นเขตสัญจรไปมาและมีเก้าอี้พักผ่อนของนักท่องเที่ยวมากที่สุด ซึ่งความชุกชุมของปูในสองเขตนี้ที่ต่างกันมาจากการตอบสนองต่อจำนวนนักท่องเที่ยวที่ต่างกัน โดยมีการเปลี่ยนเขตที่อยู่อาศัยขึ้นไปอยู่ตอนบนสุดของหาด

การศึกษานปูมในหาดอ่าวโลกบ้านเก่าเป็นการศึกษาที่ชี้ให้เห็นการตอบสนองของปูมที่มีต่อนักท่องเที่ยวบนหาดอ่าวโลกบ้านเก่าเพียงหาดเดียวแต่แบ่งเป็น 4 เขต ซึ่งในการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างหาดหลาย ๆ หาดที่มีการคุกคามของมนุษย์แตกต่างกัน ซึ่งมีการตอบสนองที่คล้ายคลึงกันโดยมีความชุกชุมลดลง เปลี่ยนเขตที่อยู่อาศัย ขุดรูลึกขึ้น และรูดซ้นขึ้น (Turra *et al.*, 2005; Chan *et al.*, 2006; MacCarone & Mathews, 2007; Hobbs *et al.* 2008) ตัวอย่างเช่น รายงานการศึกษานปูมก้ามเรียบ (*O. cordimanus*) ในออสเตรเลีย ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่พบชุกชุมในการศึกษานี้ โดยพบว่าตอนบนของหาดทรายที่อยู่ในแหล่งชุมชนมีปูมน้อยกว่าเขตที่ไม่มีชุมชน เนื่องจากแหล่งที่อยู่อาศัยของปูมถูกทำลายและทำให้พฤติกรรมของปูเปลี่ยนแปลงไป (Barros, 2001) ในขณะที่ใน

หาดอ่าวโกลกบ้านเก่าซึ่งตอนบนของหาดได้พัฒนาเป็นสิ่งปลูกสร้างเพื่อการท่องเที่ยว รวมทั้งมีการสร้างแนวกันคลื่นกั้นระหว่างเขตบ้านพักท่องเที่ยวและตัวหาด ปูลมในหาดอ่าวโกลกบ้านเก่าจึงมีการปรับแนวที่อยู่อาศัยขึ้นไปได้เพียงแนวกันคลื่นเท่านั้น และยังมีรายงานการศึกษาที่คล้ายคลึงกันว่าความหนาแน่นและขนาดของปูลมลดลงอย่างชัดเจนในหาดที่มีการคุกคามโดยมนุษย์ โดยปูลมที่อยู่ในหาดที่มีการคุกคามในระดับสูงมีการเปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่อาศัยไปอยู่ตอนปลายสุดของหาดที่ไม่มีคน และปูที่มีขนาดใหญ่จะแพร่กระจายขึ้นไปตอนบนของหาดที่มีการคุกคามต่ำกว่า (Gül & Griffen, 2018) ในการศึกษากิจกรรมของมนุษย์มีผลต่อความชุกชุมของปูลมก้านตายาว (*O. ceratophthalma*) ในสิงคโปร์ก็เช่นกัน พบว่าหาดที่มีการรบกวนของมนุษย์มากจะมีความหนาแน่นของรูน้อย มีขนาดตะกอนทรายเล็กและมักมีตะกอนที่อัดแน่น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าความหนาแน่นเฉลี่ยของรูปูลมบริเวณที่ไม่มีกิจกรรมเดินเรือจะสูงกว่า และไม่สัมพันธ์กับระดับการคุกคามของมนุษย์ (Yong & Lim, 2009) การศึกษานี้จึงมีความสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่แสดงให้เห็นว่าปูลมมีการตอบสนองต่อกิจกรรมของมนุษย์โดยเฉพาะการท่องเที่ยวได้อย่างชัดเจน

ปูลมยังมีการตอบสนองต่อนักท่องเที่ยวโดยมีพฤติกรรมการขุดรูที่แตกต่างกัน โดยพบว่าปูลมที่อยู่ในเขตตอนบนเหนือเขตน้ำขึ้นน้ำลง (C) ซึ่งเป็นแนวที่นักท่องเที่ยวพักผ่อนและสัญจรไปมา เป็นปูลมที่มีขนาดใหญ่และขุดรูลึกรวมทั้งมีการแตกแขนงซับซ้อนกว่าในเขตอื่น ๆ เพื่อหลบหลีกนักท่องเที่ยว ในขณะที่บริเวณเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (A) ซึ่งไม่มีนักท่องเที่ยวสัญจรไปมา เป็นเขตที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลงน้อยมาก จึงมีอุณหภูมิสูงกว่าเขตอื่น ๆ และต้องเผชิญกับสภาวะแห้งสูงด้วย ปูลมในเขตนี้จึงน่าจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากกว่าตอบสนองต่อนักท่องเที่ยว โดยการขุดรูที่ลึกแต่ซับซ้อนน้อยกว่า ส่วนใหญ่เป็นรูปตัว J ที่มีการขยายเป็นห้องในตอนล่างสุดของรู ส่วนปูลมที่มีขนาดเล็กโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูน้อยกว่าที่สุด มีการแพร่กระจายลงไปอาศัยอยู่ในเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (D) และมีความลึกของรูน้อยกว่าเขตอื่น ๆ ทั้งนี้ขนาดของรูปูลมมีความสัมพันธ์กับขนาดตัวปู (Turra *et al.*, 2005; Lucrezi *et al.*, 2009) แต่ความลึกและความซับซ้อนของรูปูลมไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดปู (Chakrabarti, 1981; Antia, 1989)

มีรายงานการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่าปูลมมีการขุดรูที่แตกแขนงและซับซ้อน เพื่อใช้ทั้งหลบหนีและซ่อนตัวจากผู้ล่า รวมทั้งผู้คุกคามซึ่งหมายถึงมนุษย์ด้วย (Yong *et al.*, 2011) ปูลมยังมีพฤติกรรมตอบสนองต่อการคุกคามของมนุษย์โดยขุดรูที่มีความซับซ้อนเป็นรูปร่าง I, J, Y, M (Lucrezi & Schlacher, 2010) ในการศึกษาพบว่าปูลมที่อยู่ในเขตตอนบนของเขตน้ำขึ้นสูงสุด (A) มักขุดรูเป็นรูป J ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาในอินเดียที่รายงานว่าปูลมก้ามเรียบ (*O. cordimanus*) ในหาดที่มีการคุกคามของมนุษย์จะขุดรูตั้งแต่ตอนกลางไปจนถึงตอนบนของหาด ส่วนใหญ่ขุดรูเป็นรูปตัว J และ Y เส้นผ่าศูนย์กลาง 1-4 เซนติเมตร ความลึก 10-90 เซนติเมตร (De, 2005) ในขณะที่ปูลมก้านตายาว (*O. ceratophthalma*) ในฮ่องกงมักขุดรูแพร่กระจายตอนบนของหาดติดกับเนินทราย ส่วนใหญ่ขุดรูเป็นรูปตัว Y เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-4.6 เซนติเมตร ความลึก 16-41 เซนติเมตร (Chan *et al.*, 2006) ถ้าปูลมเป็นเกลียวรูปตัว S มักเป็นรูที่ใช้ในการผสมพันธุ์ ซึ่งจะขุดโดยตัวผู้ในช่วงสืบพันธุ์ (Hartnoll, 1969) ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างของรูปูลมยังขึ้นอยู่กับขนาด อายุของปู และลักษณะนิสัยเฉพาะตัวของปูลมแต่ละตัว รวมทั้งปัจจัยทางกายภาพ เช่น น้ำขึ้นน้ำลง ขนาดตะกอนทราย ความชันของหาดทราย อุณหภูมิ และสภาวะแห้งช่วงน้ำลด (Chan, *et al.*, 2006; MacCarone & Mathews, 2007; Lucrezi & Schlacher, 2010; Gül & Griffen, 2018)

ในการศึกษานี้พบว่าปูมกลุ่มที่มีขนาดเล็กมีการแพร่กระจายลงไปในเขตตอนล่างของเขตน้ำขึ้นน้ำลง (D) และมีความลึกของปูมน้อยกว่าเขตอื่น ๆ ซึ่งเขตนี้นั้นส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่นักท่องเที่ยวเดินผ่านเพื่อไปลงเรือดำน้ำเท่านั้น ปัจจัยที่อาจมีผลต่อปูมในเขตนี้น่าจะมาจากทรายที่เป็นประเภททรายหยาบมาก (very coarse sand) เป็นทรายที่เปียกและพื้นไม่อยู่ตัว จึงทำให้ปูมขุดลงไปไม่ลึกมาก นอกจากนั้นตำแหน่งของปูมบนหาดมีผลต่อความซับซ้อนและการคงอยู่ของปูม โดยปูมที่ขุดในเขต D นั้น เป็นเขตที่มีการสาดซัดของคลื่น (swash zone) ปูมจึงมีความซับซ้อนน้อยและการคงอยู่ของรูสัน เนื่องจากมีการท่วมถึงของน้ำ ส่วนรูที่ขุดในเขตน้ำขึ้นสูงสุดและเนินทรายด้านบน (dune) มักจะมีความซับซ้อนและความคงอยู่มากกว่า (Duncan, 1986) ในรายงานการศึกษาของ MacCarone & Mathews (2007) ก็พบว่าปูมจะหลบหลีกกิจกรรมจากมนุษย์ สัตว์เลี้ยง และยานพาหนะ มาขุดบริเวณที่ต่ำกว่าเขตน้ำขึ้นสูงสุด ซึ่งเป็นเขตที่ได้รับผลกระทบจากคลื่นลมที่มากกว่า และเขตนี้นั้นมีทรายที่เปียกกว่า ทำให้การขุดลงไปทำได้ยากกว่า (Yong & Lim, 2009) นอกจากนั้นปูมวัยอ่อนที่มีขนาดเล็กมีพื้นที่เหงือกขนาดเล็กจึงต้องออกจากรูบ่อย เพื่อวิ่งไปในน้ำทำให้เหงือกชุ่มชื้นเพื่อใช้ในการหายใจ ดังนั้นปูมขนาดเล็กจึงไม่ต้องการรูที่ลึกมาก ในขณะที่ปูมขนาดใหญ่ไม่ต้องการให้เหงือกชุ่มชื้นบ่อยนัก จึงขึ้นไปอยู่ในเขตน้ำขึ้นสูงสุด และขุดรูที่ลึกลงไปในแนวโค้ง เพื่อใช้ในการผสมพันธุ์และหลบภัย (Chan *et al.*, 2006) นอกจากนักท่องเที่ยวยังมีสิ่งรบกวนอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการคุกคามปูมในหาดทราย ได้แก่ การขับขี่ยานพาหนะในหาดซึ่งอาจรบกวนปูมจนถึงทำให้ตายได้ (Schlacher *et al.* 2007) และยังทำให้เกิดการลดขอบเขตและระยะในการวิ่งไปมาของปูมบนหาดทราย (Schlacher & Lucrezi, 2010) รวมทั้งทำให้เกิดการลดลงของความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตด้วย (Lucrezi & Schlacher, 2014)

หาดอ่าวโกลกบ้านเก่ามีการสร้างแนวกันคลื่นตลอดแนวหาด ซึ่งแนวกันคลื่นนี้อาจมีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของปูมได้ โดยมีการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่าการสร้างกำแพงกันคลื่นเพื่อป้องกันพายุที่รุนแรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้น ทำให้เกิดผลกระทบทางนิเวศวิทยามากขึ้นหลังจากพายุพัดเข้าชายหาด โดยหาดทรายที่มีแนวกันคลื่นหลังจากได้รับพายุ หาดจะแคบและลาดชันขึ้น มีการสูญเสียทรายในบริเวณที่มีแนวกันคลื่นมากกว่าที่ไม่มีแนวกันคลื่น และบริเวณที่ไม่มีแนวกันคลื่นจะมีความหนาแน่นของปูมลดลงร้อยละ 36 ซึ่งน้อยกว่าบริเวณที่มีแนวกันคลื่นที่ลดลงถึงร้อยละ 62 และมีการลดลงต่อเนื่องถึงร้อยละ 83 เป็นเวลา 3 เดือนภายหลังเกิดพายุ และที่สำคัญทำให้การฟื้นตัวของระบบนิเวศหาดทรายนั้นต้องใช้เวลามากขึ้น (Lucrezi *et al.*, 2010) ผลการศึกษาในหาดอ่าวโกลกบ้านเก่านี้ชี้ให้เห็นว่าการคุกคามที่เกิดจากการท่องเที่ยวในหาดอ่าวโกลกบ้านเก่าอยู่ในระดับที่ไม่รุนแรงมาก ยังคงทำให้ปูมยังคงดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่มีการย้ายเขตที่อยู่อาศัยให้หลบหลีกแนวทางสัญจรของนักท่องเที่ยว รวมทั้งขุดรูลึกและซับซ้อนขึ้น การศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่าปูมในหาดอ่าวโกลกบ้านเก่าสามารถพัฒนาเป็นดัชนีชี้วัดผลกระทบจากการคุกคามของมนุษย์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่อาศัยของปูมในเขตต่าง ๆ ภายใต้อาณาเขตเดียวกัน

การศึกษานี้ได้ตรวจสอบการผันแปรอุณหภูมิในเขตต่าง ๆ บนหาดอ่าวโกลกบ้านเก่า ซึ่งพบความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิทรายภายนอกและภายในรู รวมทั้งในช่วงเวลากลางวันที่พบว่าอุณหภูมิทรายที่อยู่ในที่โล่งแจ้งและอุณหภูมิทรายที่ปากรูที่แตกต่างกันมาก ปูมจึงมีการตอบสนองต่อการผันแปรของอุณหภูมิ โดยการขุดรูที่ลึกเพื่ออาศัยอยู่ โดยพบปูมในหาดอ่าวโกลกบ้านเก่าส่วนหนึ่งขุดรูหนาแน่นบริเวณใต้ต้นเทียนทะเลและใกล้แนวกันคลื่นที่มีร่มเงาของบ้านพักรีสอร์ท อุณหภูมิถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความเป็นอยู่ของปูม โดยมีผลต่อระบบสรีรวิทยา การเคลื่อนที่ การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการอยู่รอด อุณหภูมิที่ปูมชนิดต่าง ๆ สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในธรรมชาติ คือ

ระหว่าง 12-50 °C (Lucrezi & Schlacher, 2014) ปูลมจึงมีกลไกในการควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกายไม่ให้สูงตามสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การระเหยน้ำออกจากตัวและรักษาอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 5-6 °C ปรับกระบวนการหายใจและใช้ออกซิเจนให้เหมาะสม และที่สำคัญ คือ จำกัดบริเวณที่อยู่อาศัยให้อยู่ภายในรู ซึ่งเป็นบริเวณที่ป้องกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี (Eshky 1985; Weinstein *et al.*, 1994; Strachan *et al.*, 1999) ซึ่งในการศึกษานี้ก็ชี้ให้เห็นว่าการขุดรูที่ลึกเป็นการปรับตัวที่สำคัญในการหลีกเลี่ยงอุณหภูมิภายนอกที่สูงกว่าอุณหภูมิภายในรู มีรายงานการศึกษาว่าปูลมก้านตายาว (*O. ceratophthalma*) ในพื้นที่ฮอังก มีอุณหภูมิที่ปากรูสูงถึง 48 °C แต่อุณหภูมิในรูที่ความลึก 250 มิลลิเมตร ลดลงเหลือเพียง 32 °C (Chan *et al.*, 2006) ดังนั้นกระบวนการขุดรูจึงเป็นสิ่งสำคัญของการอยู่รอดของปูลมในหาดทราย อย่างไรก็ตามอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิภายในรูปูลมในช่วงทำการศึกษาดังกล่าวในหาดอ่าวโลกบ้านเก่ายังคงเป็นอุณหภูมิที่ปูลมยังสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยอุณหภูมิจะสูงขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ ประกอบกับการขึ้นลงของน้ำทะเลในหาดทราย และการเข้าไปอาศัยอยู่ภายในรู จึงทำให้ปูลมในหาดอ่าวโลกบ้านเก่ามีการตอบสนองต่อการผันแปรของอุณหภูมิน้อยกว่าการตอบสนองต่อนักท่องเที่ยว

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบนเกาะเต่าเปรียบเทียบกับระหว่าง พ.ศ. 2565-2566 พบว่า พ.ศ. 2566 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ทำการศึกษานี้มีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า พ.ศ. 2565 โดยเฉพาะในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายนมีอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นถึง 40 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าบนเกาะเต่ามีแนวโน้มของการเพิ่มอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง (Accuweather, 2023) (Figure 5) และจากการทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยด้วยโมเดลต่าง ๆ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2100 พบว่าทุกโมเดลแสดงแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศในประเทศไทยในอนาคต (Kiguchi *et al.*, 2021) ในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งจะส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง ปูลมอาจตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ชัดเจนมากขึ้น เช่น ขุดรูที่ลึกและซับซ้อนขึ้น หรืออาจมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมต่าง ๆ รวมทั้งพัฒนาระบบสรีระเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ประเด็นสำคัญในการศึกษาต่อไป คือ การติดตามอย่างต่อเนื่องถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อปูลมมากขึ้นอย่างไร ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษา และจำเป็นต้องมีข้อมูลทั้งอุณหภูมิและข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของปูลมในพื้นที่ศึกษาควบคู่กันมาเสมอ จึงจะทำนายได้อย่างชัดเจนว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพหรือไม่ และที่สำคัญการเปรียบเทียบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นเวลานานและต่อเนื่อง ควรใช้ข้อมูลที่มาจากการตรวจวัดค่าอุณหภูมิในช่วงเวลาเดียวกันและสถานที่ที่ตรวจวัดใกล้เคียงกัน ทั้งนี้มีรายงานว่าปูลมมีการย้ายบริเวณที่อยู่อาศัยหรือเกิดการเปลี่ยนขอบเขตที่อยู่อาศัย (range edge) ซึ่งสันนิษฐานว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวเกิดสภาวะทะเลกรด ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงเชื่อว่าปูลมน่าจะใช้เป็นโมเดลในการศึกษานิเวศวิทยาและวิวัฒนาการที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ (Schoeman *et al.*, 2015)

ปูลมในหาดอ่าวโลกบ้านเก่าในเขตต่าง ๆ มีการตอบสนองต่อนักท่องเที่ยวและการผันแปรของอุณหภูมิ โดยมีความชุกชุมลดลง มีการเปลี่ยนเขตที่อยู่อาศัย ขุดรูที่ลึกขึ้นและซับซ้อนขึ้น ดังนั้นการศึกษาศรีปูลมภายใต้หาดอ่าวโลกบ้านเก่าที่มีการแบ่งเป็น 4 เขต จึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นดัชนีชี้วัดผลกระทบที่เกิดจากการคุกคามของมนุษย์และการแปรผันของอุณหภูมิที่เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยของปูในหาดทราย เช่นเดียวกับการศึกษาในประเทศอื่น ๆ เช่น ฮอังก บราซิล ออสเตรเลีย สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา ที่มีการใช้ปูลมชนิดต่าง ๆ เป็นดัชนีบ่งชี้การคุกคาม

ของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Chan *et al.*, 2006; Neves & Bemvenuti, 2006; Lucrezi *et al.*, 2009; Yong & Lim, 2009; Schlacher *et al.*, 2011; Gül & Griffen, 2019; Schoeman *et al.*, 2015)

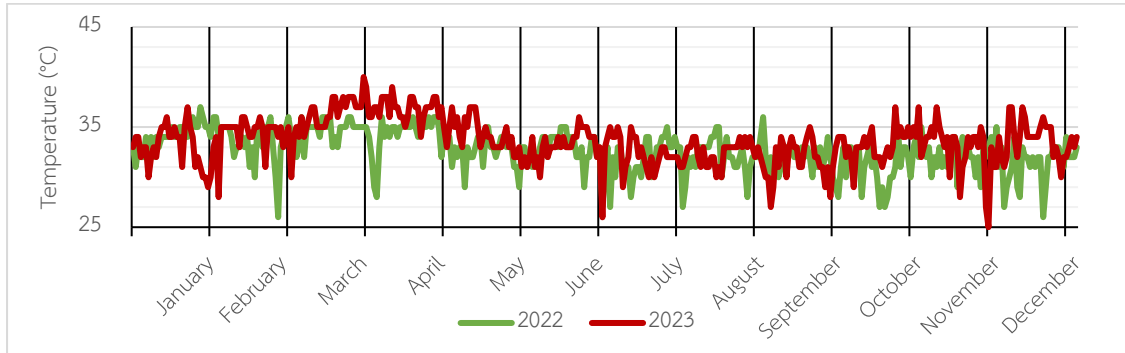


Figure 5 The monthly maximum temperature in Koh Tao comparing between 2022 and 2023
(Accuweather, 2023)

ภายใต้การพัฒนาโลกเพื่อรองรับความต้องการของมนุษย์ร่วมกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิบนพื้นโลกอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่น้ำเป็นห่วงมากขึ้น มีรายงานว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดพายุที่รุนแรงระดับเฮอริเคนและมีอิทธิพลร่วมจากการคุกคามของมนุษย์ จะส่งผลกระทบต่อประชากรปูลมที่รุนแรง ตัวอย่างเช่น การศึกษาปูลม (*Ocypode quadrata*) ในสหรัฐอเมริกาหลังการเกิดพายุเฮอริเคน พบว่าในหาดทรายที่มีการคุกคามของมนุษย์มากจะส่งผลการลดลงของความชุกชุมของปูลมมากกว่า และทำให้ปูลมมีการเปลี่ยนแปลงที่อยู่อาศัย และที่สำคัญคือ ผลกระทบภายหลังการเกิดเฮอริเคน โดยจะพบว่าหาดที่มีการคุกคามของมนุษย์จะมีการฟื้นตัวของปูลมเข้าสู่สภาพปกติได้ช้ากว่าหาดที่ได้รับผลกระทบจากพายุที่เป็นภัยธรรมชาติเพียงอย่างเดียว (Gül & Griffen, 2019)

มาตรการในการรับมือกับการเพิ่มขึ้นของนักท่องเที่ยวและอุณหภูมิอากาศที่มีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคตในแหล่งที่อยู่อาศัยของปูลมในหาดอ่าวโหลกบ้านเก่า สามารถดำเนินการโดยการจัดทำพื้นที่ด้านปลายหาดด้านใดด้านหนึ่งให้เป็นเขตสงวนไม่ให้นักท่องเที่ยวเข้าไปในพื้นที่ดังกล่าว และให้มีการปลูกต้นไม้ให้เป็นที่กำบังแสงแดด หรือสร้างหลังคาให้เป็นที่หลบแดดให้กับปูลมและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในหาดทราย ในอนาคตควรมีการพัฒนาแบบจำลองศึกษาการปรับตัวย้ายถิ่นที่อยู่อาศัยของปูลม เพื่อประโยชน์ต่อการจัดการอนุรักษ์ปูลมและปูอื่น ๆ ในหาดทรายต่อไป นอกจากนี้ควรมีการพัฒนาเทคโนโลยีศึกษาความชุกชุมของปูลมโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (Drone) ในการจัดทำเป็นแผนที่การแพร่กระจายของปูลม (mapping distribution) (Bycroft *et al.*, 2019) ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีในการสำรวจที่เหมาะสมกับหาดทรายซึ่งมักมีพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่และมีกำลังคนไม่มากนัก ซึ่งในการศึกษานี้ได้มีการทดลองใช้อากาศยานไร้คนขับมาทำการศึกษาซึ่งพบว่าสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการใช้เทคโนโลยีนี้ คือ รูปร่างต้องอยู่ในพื้นที่ที่โล่งไม่มีต้นไม้ปกคลุมหรือได้สิ่งก่อสร้างเช่น บ้านพักหรือร้านอาหารต่าง ๆ และสมรรถนะและความคมชัดของอากาศยานไร้คนขับต้องสูงพอ จึงจะช่วยให้การจัดทำเป็นแผนที่การแพร่กระจายของปูลมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Conclusions

ปูลมก้ามเรียบ (*Ocypode cordimanus*) และปูลมก้านตายาว (*Ocypode ceratophthalma*) ที่อาศัยในเขตต่าง ๆ บนหาดอ่าวโกลกบ้านเก่า เกาะเต่า มีการตอบสนองเพื่อหลบหลีกนักท่องเที่ยวนอกและอุณหภูมิที่แตกต่างระหว่างภายนอกและภายในรูปู โดยมีความชุกชุมแตกต่างกัน มีการเปลี่ยนเขตที่อยู่อาศัย ชูตัวสูงขึ้นและขับขับขึ้นขึ้น โดยปูลมมีการตอบสนองต่อจำนวนนักท่องเที่ยวมากกว่าการแปรผันของอุณหภูมิ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าปูลมมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นตัวบ่งชี้การสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยที่เกิดจากการคุกคามของมนุษย์ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในหาดทรายของประเทศไทย

Acknowledgments

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพของปูภายใต้การเปลี่ยนแปลงแหล่งที่อยู่อาศัยและสภาพภูมิอากาศบริเวณหมู่เกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2566

References

- Accuweather. (2023). *Montly temperature of Koh Tao*. Retrieved from <https://www.accuweather.com/th/ban-ko-tao/441653/weather-forecast/441653>, 29 Sep. 2024. (in Thai)
- Alaerts, L., Dobbelaere, T., Gravinese, P.M., & Hanert, E. (2022). Climate Change Will Fragment Florida Stone Crab Communities. *Frontiers in Marine Science*, 9, doi.org/10.3389/fmars.2022.839767.
- Antia, E.E. (1989). Beach cusps and burrowing activity of crabs on a fine-grained sandy beach, Southeastern Nigeria. *Journal of Coastal Research*, 5, 263–270.
- Asakura, A. (2021). Crustaceans in changing climate: Global warming and invasion of tropical land hermit crabs (Crustacea: Decapoda: Anomura: Coenobitidae) into temperate area in Japan. *Zoology*, 145, doi.org/10.1016/j.zool.2021.125893.
- Barboza, C.A.M., Mattos, G., Soares-Gomes, A., Zalmon, I.R., & Costa, L.L. (2021). Low Densities of the Ghost Crab *Ocypode quadrata* Related to Large Scale Human Modification of Sandy Shores. *Frontiers in Marine Science*, 8, doi.org/10.3389/fmars.2021.589542.
- Barros, B.F. (2001). Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. *Biological Conservation*, 97(3), 399–404.

- Bycroft, R., Leon, J.X., & Schoeman, D. (2019). Comparing random forests and convoluted neural networks for mapping ghost crab burrows using imagery from an unmanned aerial vehicle. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 224, 84–93.
- Chakrabarti, A. (1981). Burrow patterns of *Ocypode ceratophthalma* (Pallas) and their environmental significance. *Journal of Palaeontology*, 55, 431–441.
- Chan, B.K.K., Chan, K.K.Y., & Leung, P.C.M. (2006). Burrow architecture of the ghost crab *Ocypode ceratophthalma* on a sandy shore in Hong Kong. *Hydrobiologia*, 560, 43–49.
- De, C. (2005). Biophysical model of intertidal beach crab burrowing: application and significance. *Ichnos*, 12, 11–29.
- Dunbar, S.G., Coates, M., & Kay, A. (2003). Marine hermit crabs as indicators of freshwater inundation on tropical shores. *Memoirs of Museum Victoria*, 60(1), 27–34.
- Duncan, G.A. (1986). Burrows of *Ocypode quadrata* (Fabricius) as related to slopes of substrate surfaces. *Journal of Palaeontology*, 60, 384–389.
- Eshky, A.A. (1985). *Aspects of the ecology, behaviour and physiology of the ghost crab Ocypode saratan (Forskål)*. PhD thesis. University of Glasgow.
- Gilliand, S., Pechenik, J.A., & Clark, D. (2021). The effects of changes in temperature and salinity on the quality of shells selected by the hermit crab *Pagurus longicarpus*. *Invertebrate Biology*, 140(3), doi.org/10.1111/ivb.12345.
- Gül, M.R., & Griffen, B.D. (2018). Impacts of human disturbance on ghost crab burrow morphology and distribution on sandy shores. *PLoS One*, 13(12), e0209977.
- Gül, M.R., & Griffen, B.D. (2019). Combined impacts of natural and anthropogenic disturbances on the bioindicator *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 519, 151185. doi.org/10.1016/j.jembe.2019.151185.
- Hartnoll, R.G. (1969). Mating in the Brachyura. *Crustaceana*, 16, 161–181.

- Hobbs, C.H., Landry, C.B., & Perry, J.E. (2008). Assessing anthropogenic and natural impacts on ghost crabs (*Ocypode quadrata*) at Cape Hatteras National Seashore, North Carolina. *Journal of Coastal Research*, 24, 1450–1458.
- Hoogsteen, M.J.J., Lantinga, E.A., Bakker, E.J., Groot, J.C.J., & Tittonell, P.A. (2015). Estimating soil organic carbon through loss on ignition: effects of ignition conditions and structural water loss. *European Journal of Soil Science*, 66(2), 320–328.
- Kiguchi, M., Takata, K., & Hanasak, N. (2021). A review of climate-change impact and adaptation studies for the water sector in Thailand. *Environment Research Letters*, 16, 023004.
doi.org/10.1088/1748-9326/abce80.
- Lim, S.S.L., Yong, A.Y.P., & Tantichodok, P. (2011). Comparison of burrow morphology of juvenile and young adult *Ocypode ceratophthalmus* from Sai Kaew, Thailand. *Journal of Crustacean Biology*, 31(1), 59–65.
- Liu, X., Han, X., & Han, Z. (2022). Effects of climate change on the potential habitat distribution of swimming crab *Portunus trituberculatus* under the species distribution model. *Journal of Oceanology and Limnology*, 40, 1556–1565.
- Lucrezi, B.S., & Schlacher, T.A. (2010). Impacts of Off-Road Vehicles (ORVs) on Burrow Architecture of Ghost Crabs (Genus *Ocypode*) on Sandy Beachs. *Environmental Management*, 45, 1352–1362.
- Lucrezi, B.S. , & Schlacher, T.A. (2014). The ecology of ghost crabs - a review. *Oceanography and Marine Biology*, 52, 201–256.
- Lucrezi, S., Schlacher, T.A., & Robinson, W. (2010). Can storms and shore armouring exert additive effects on sandy beach habitats and biota? *Marine and Freshwater Research*, 61, 951–962.
- Lucrezi, S., Schlacher, T.A., & Walker, S. (2009). Monitoring human impacts on sandy shore ecosystems: a test of ghost crabs (*Ocypode* spp.) as biological indicators on an urban beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152(1-4), 413–424.
- MacCarone, A.D., & Mathews, P.L. (2007). Effect of human disturbance on the abundance and spatial distribution of the Atlantic Ghost crab (*Ocypode quadrata*) (Fabricius 1798) on a Texas beach. *The Texas Journal of Science*, 59(1), 51–61.

- Naiyanetr, P. (2007). *Check List of Crustacean Fauna in Thailand*. Bangkok: Office for Environmental Policy and Planning.
- Neves, F.M., & Bemvenuti, C.E. (2006). The ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along the Rio Grande do Sul coast, Brazil. *Biological Conservation*, 133, 431–435.
- Pollution Control Department. (2001). *Handbook of Seawater Sampling and Analysis 2nd*. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)
- Sakai, K., & Türkay, M. (2013). Revision of the genus *Ocypode* with the description of a new genus, *Hoplocypode* (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Memoirs of the Queensland Museum*, 56(2), 665–793.
- Schlacher, T.A., Thompson, L.M.C. , & Price, S. (2007). Vehicles versus conservation of invertebrates on sandy beaches: mortalities inflicted by off-road vehicles on ghost crabs. *Marine Ecology Evolutionary Perspective*, 28, 354–367.
- Schlacher, T.A., & Lucrezi, S. (2010). Experimental evidence that vehicle traffic changes burrow architecture and reduces population density of ghost crabs on sandy beaches. *Vie et Milieu—Life and Environment*, 60(4), 313–320.
- Schlacher, T.A., de Jager, R., & Nielsen, T. (2011). Vegetation and ghost crabs in coastal dunes as indicators of putative stressors from tourism. *Ecological Indicators*, 11, 284–294.
- Schoeman, D.S., Schlacher, T.A., Jones, A.R., Murray, A., Huijbers, C.M., Olds, A.D. , & Connolly, R.M. (2015). Edging along a Warming Coast: A Range Extension for a Common Sandy Beach Crab. *PLoS One*, 10(11), e0141976. doi.org/10.1371/journal.pone.0141976.
- Strachan, P.H., Smith, R.C., Hamilton, D.A.B., Taylor, A.C., & Atkinson, R.J.A. (1999). Studies on the ecology and behaviour of the ghost crab, *Ocypode cursor* (L.) in northern Cyprus. *Scientia Marina*, 63, 51–60.
- Szuwalski, C., Cheng, W., Foy, R., Hermann, A.J., Hollowed, A., Holsman, K., Lee, J., Stockhausen, W., & Zheng, J. (2021). Climate change and the future productivity and distribution of crab in the Bering Sea, *ICES Journal of Marine Science*, 78(2), 502–515.
- Turra, A., Gonçalves, M.A.O., & Denadai, M.R. (2005). Spatial distribution of the ghost crab *Ocypode quadrata* in low-energy tide-dominated sandy beaches. *Journal of Natural History*, 39, 2163–2177.

- Valère-Rivet, M.G., Juma, D., & Dunbar, S.G. (2017). Thermal tolerance of the hermit crab *Pagurus samuelis* subjected to shallow burial events. *Crustacean Research*, 46, 65–82.
- Wait, M., & Schoeman, D.S. (2012). Shell Use, Population Structure, and Reproduction of the Hermit Crab, *Clibanarius virescens* (Kraus, 1843) at Cape Recife, South Africa. *Journal of Crustacean Biology*, 32(2), 203–214.
- Weinstein, R.B., Full, R.J., & Ahn, A.N. (1994). Moderate dehydration decreases locomotor performance of the ghost crab, *Ocypode quadrata*. *Physiological Zoology*, 67, 873–891.
- Wispongpan, P., Kettitanabumrong, J., Srichomngam, W., & Jaingam, W. (2009a). Soldier crab (*Dotilla wichmanni*) : Indicator species of sandy beach threatening. In *Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference*. (pp. 543–552). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Wispongpan, P., Thamrongnawasawat, T., Jaingam, W., & Poddamrong, A. (2009b). Crab Biodiversity Threatening at Cape Phan wa, Phuket Province. In *Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference*. (pp. 533–542). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Wispongpan, P., Jaingam, W., Poddamrong, A., & Srichomngam, W. (2010). Biodiversity of crabs on coastal habitats of Prachuapkhiri Khan province. In *Proceedings of 48th Kasetsart University Annual Conference*. (pp. 435–446). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Wispongpan, P., Nimprasert, N., Inbumrung, K., & Srichomngam, W. (2013). Diversity of crabs in coastal habitats of Satun province. In *Proceedings of 51th Kasetsart University Annual Conference*. (pp. 430–438). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Wispongpan, P., Jaingam, W., Thamrongnawasawat, T., & Khaodon, K. (2015). Crab Communities at rocky beach and sandy beach around Mu Koh Lan, Choburi province and Mu Koh Mun, Rayong province. In *Proceedings of 53th Kasetsart University Annual Conference*. (pp. 1,333–1,341). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Wispongpan, P., Jaingam, W., Wongissarakul, K., Kongkaew, W., & Ratmuangkhwang, S. (2022). The Diversity of Crabs in 5 Ecosystems Along Andaman Coastal Research Station for Development and Mu Ko Kam, Ranong province. *Burapha Science Journal*, 27(1), 188–210. Retrieved from <https://scijournal.buu.ac.th/index.php/sci/article/view/3955> (in Thai)

Wispongpan, P., Wongissarakul, K., Jaingam, W., Maktha, T., & Chantarawat, N. (2024). The Diversity of Crabs under Complex Habitats around Ao Chalok Baan Kao Beach, Koh Tao, Suratthani Province. *Burapha Science Journal*, 29(1), 290–309. Retrieved from <https://li05.tci-thaijo.org/index.php/buuscij/article/view/280> (in Thai)

Yong, A.Y.P., & Lim, S.S.L. (2009). The potential of *Ocypode ceratophthalmus* (Pallas, 1772) as a bioindicator of human disturbance on Singapore beaches. *Crustaceana*, 82(12), 1579–1597.

Yong, A.Y.P., Lim, S.S.L., Kaenphet, A., & Tantichodok, O. (2011). Evidence of precision engineering in the excavation of *Ocypode ceratophthalmus* burrows on the west and east coasts of Thailand. *Crustaceana*, 84, 749–761.