

นิเวศวิทยาและพันธุกรรมของประชากรลิ่นขาว (*Manis javanica*) ในผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่

Ecology and Genetics of Sunda Pangolin (*Manis javanica*) Population in Dong Phrayayen-Khao Yai Forest Complex

ศุภกิจ วินิตพรสวรรค์¹ ทักซอร์ ภูมิมะกะสิกร¹ ไอลีน ลานี² ยิงบุญ จงสมชัย² และ อภิศักดิ์ สุขประเสริฐ¹
Supagit Vinitpornsawan¹ Tucksorn Bhummakasikara¹ Eileen Larney² Yingboon Chongsomchai²
and Apisak Sukprasert¹

บทคัดย่อ

ศุภกิจ วินิตพรสวรรค์, ทักซอร์ ภูมิมะกะสิกร, ไอลีน ลานี, ยิงบุญ จงสมชัย และ อภิศักดิ์ สุขประเสริฐ. 2565.

นิเวศวิทยาและพันธุกรรมของประชากรลิ่นขาว (*Manis javanica*) ในผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่.

หน้า 103-123. ใน ผลงานวิจัย และรายงานความก้าวหน้างานวิจัย ประจำปี 2564. กลุ่มงานวิจัยสัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ.

ลิ่นขาว (*Manis javanica*) ในประเทศไทย เป็นสัตว์ป่าคุ้มครองตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2562 ลิ่นเป็นสัตว์ป่าที่มีการลักลอบค้าอย่างผิดกฎหมายมากที่สุดในโลก ส่งผลให้ประชากรลิ่นอยู่ในสถานภาพใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่งตามบัญชีชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามขององค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ธรรมชาติ (IUCN) และเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองตามบัญชีหมายเลข 1 ตามอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดสัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (CITES) ทั้งนี้ การอนุรักษ์ลิ่นชนิดพันธุ์นี้ในปัจจุบันยังขาดองค์ความรู้ทั้งในด้านสถานภาพประชากร ถิ่นอาศัย และนิเวศวิทยาเชิงลึกบางประการของประชากรลิ่นขาวที่อาศัยในพื้นที่ป่าธรรมชาติ โครงการวิจัยจึงได้กำหนดเป้าหมายสำคัญประกอบด้วย (1) เพื่อติดตามและตรวจสอบสถานภาพประชากรและการกระจายของลิ่นขาวในพื้นที่มรดกโลกทางธรรมชาติดงพญาเย็น-เขาใหญ่ (2) เพื่อทราบข้อมูลลักษณะทางนิเวศวิทยาที่สำคัญ เช่น ขนาดถิ่นอาศัย พฤติกรรมการหากินและการเคลื่อนที่ของลิ่นขาว และ (3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของลิ่นขาว ดำเนินการสำรวจประชากรและการกระจายโดยตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติครอบคลุมพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติปางสีดา ผลการศึกษาพบว่า มีประชากรลิ่นขาวอาศัยในพื้นที่เป้าหมายราว 77 ตัว โดยมากพบลิ่นขาวมักอาศัยบนพื้นดิน แต่บางครั้งสามารถปีนและอาศัยบนต้นไม้ได้เช่นเดียวกับลิ่นชนิดอื่น โพรงรังของลิ่นขาวพบได้ในป่า 2 ประเภท ได้แก่ ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ลิ่นขาวมีพฤติกรรมหากินในเวลากลางคืน ตั้งแต่ช่วงเวลา 18.00-06.00 น. การประเมินขนาดพื้นที่หากินของลิ่นขาวด้วยวิธี minimum convex polygon พบว่าลิ่นขาวมีขนาดพื้นที่อาศัยและเคลื่อนที่หากินอยู่ระหว่าง 0.07-0.38 ตารางกิโลเมตรต่อตัว ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการจากการตรวจไมโทคอนเดรียดีเอ็นเอของลิ่น แสดงให้เห็นว่าพันธุกรรมของลิ่นขาวมีความแตกต่างกันระหว่างลิ่นขาวในกลุ่มป่าตะวันออกและกลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ ทั้งนี้การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับลิ่นขาวยังจำเป็นต้อง

¹ สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช (Wildlife Conservation Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation)

² สมาคมสัตววิทยาแห่งลอนดอน (ZSL) ประเทศไทย (Zoological Society of London, Thailand)

มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับพฤติกรรมทางสังคม การหาอาหาร และการสืบพันธุ์ ซึ่งองค์ความรู้ต่าง ๆ ดังกล่าวเหล่านี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการอนุรักษ์ การฟื้นฟู และอนุรักษ์ลิ้นจี่ได้อย่างเหมาะสม ต่อไป

คำสำคัญ : ลิ้นจี่, กล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ, วิจัยติดตามตัวสัตว์ป่า, สายความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของลิ้นจี่
กลุ่มป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่

ABSTRACT

Vinitpornsawan, S., Bhummakasikara., T., Larney, E., Chongsomchai, Y. and Sukprasert, A. 2022. **Ecology and Genetics of Sunda Pangolin (*Manis javanica*) Population in Dong Phrayayen-Khao Yai Forest Complex.** Wildlife Yearbook 19. 103-123.

In Thailand, the Sunda Pangolin (*Manis javanica*) is classified as Protected Wild Animals under the wild Animals Reservation and Protection Act B.E. 2562. The pangolin, now recognized as the world's most trafficked, is Critically Endangered (CR) and listed in CITES Appendix I, but conservation efforts are hindered by a lack of knowledge about the species' life history on where populations still exist. Our aims were (1) to assess population and distribution, and (2) to gain insights into its home range, mobility, diet and foraging behavior, and (3) to study phylogenetic relationships of pangolins. We conducted the first range-wide systematic survey for the species using a camera trap survey undertaken across Thap-Lan National Park and Pang Sida National Park. The Sunda Pangolin has a patchy distribution and a very low population about 77 individuals in the study area. This species is solitary, primarily nocturnal (sometimes crepuscular), and largely terrestrial although it is fully capable of climbing trees and, like other pangolins. The habitat preference and burrow characteristics of *M. javainca* are found in two different habitat types i.e. Evergreen forest and Mixed-deciduous forest. The peak activity levels were between 06:00 pm to 06:00 am. The 100% home range estimated by minimum convex polygons is between 0.07 and 0.38 individuals/km². The phylogenetic relationship of mitochondrial DNA of pangolin shows different genetic lineage in each forest complex (Eastern forest complex and Dong Phrayayen-Khao Yai forest complex). Further research investigating social, foraging and reproductive behavior are advocated and the benefits of such research to pangolin conservation are summarized. We also propose more studies should be carried out to improve the baseline data on the ecology of species for getting support for the conservation of the Sunda Pangolin.

KEYWORDS: Sunda Pangolin, Camera trap, Radio-telemetry, Phylogeny, Dong Phrayayen-Khao Yai forest complex

บทนำ

ลิ่นเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมเพียงชนิดเดียวในโลกที่มีเกล็ดปกคลุมลำตัว มีทั้งหมด 8 ชนิด กระจายพันธุ์ในทวีปแอฟริกาและเอเชีย สำหรับในประเทศไทยพบ 2 ชนิด คือ ลิ่นขาว (*Manis javanica*) พบได้ในทุกภาคของประเทศไทย กับลิ่นจีน (*Manis pentadactyla*) มีการกระจายอยู่ทางภาคเหนือ แต่นับจากอดีตมีรายงานการพบเพียงไม่กี่ครั้งเท่านั้น เช่น บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ โดยลิ่นจีนมีขนาดลำตัวที่เล็กกว่า หางสั้นกว่า และมีสีที่คล้ำกว่าลิ่นขาว ทั้งลิ่นขาวและลิ่นจีนเป็นสัตว์ป่าคุ้มครอง จำพวกสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2562 ลิ่นหรือลิ่นเป็นสัตว์ที่ไม่มีฟัน กินแมลงเป็นอาหาร (insectivore) มีบทบาทสำคัญต่อระบบนิเวศ โดยเป็นผู้ควบคุมศัตรูพืชในธรรมชาติและผู้ดูแลความอุดมสมบูรณ์ของดินเนื่องจากตัวลิ่นมีหาอาหารจำพวกปลวก มด แมลง หนอน และโดยธรรมชาติของตัวลิ่นที่มีเล็บยาวแหลมมักจะใช้เล็บขุดโพรงใต้ดินเพื่อสร้างที่กำบัง ซึ่งเป็นการช่วยพรวนดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ปัจจุบันทั้งลิ่นขาวและลิ่นจีนกำลังตกอยู่ในสถานะเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ในขั้นวิกฤต จำนวนประชากรของลิ่นนับตั้งแต่ปี 2549 เป็นต้นมา กำลังลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากตัวลิ่นเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ถูกลักลอบจับมาค้าขายกันมากที่สุดในโลก ถูกล่าเพื่อกินเนื้อ ใช้เกล็ดและอวัยวะทำยาแผนโบราณและยังใช้ในอุตสาหกรรมแฟชั่น อีกทั้งลิ่นถือว่าเป็นสัตว์ที่หายาก ลึกลับ ข้อมูลทางวิชาการในปัจจุบันมีน้อยมาก และไม่สามารถนำมาเพาะพันธุ์ได้จนถูกบรรจุไว้ในบัญชีหมายเลข 1 ตามอนุสัญญาว่าด้วยการค้าระหว่างประเทศซึ่งชนิดพันธุ์สัตว์ป่าและพืชป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora: CITES) และมีสถานภาพใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่ง (Critically Endangered) ตามบัญชีชนิดพันธุ์ที่ถูกคุกคามขององค์การระหว่างประเทศเพื่อการอนุรักษ์ (The IUCN Red List of Threatened Species: IUCN Red List)

จากสถิติการจับกุมการลักลอบค้าลิ่นในประเทศไทยพบว่าลิ่นจำนวนหลายร้อยตัวถูกลักลอบล่าและนำออกจากป่าธรรมชาติจากทั้งในประเทศและจากต่างประเทศ ในจำนวนนี้ภายหลังจากตรวจยึดจับกุมพบว่ายังมีชีวิตอยู่ แต่นับจากอดีตถึงปัจจุบัน กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ยังไม่สามารถที่จะเลี้ยงดูรักษา และจัดการลิ่นของกลางเหล่านี้ให้มีชีวิตอยู่ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งถือเป็นความสูญเสียต่อการอนุรักษ์สัตว์ป่าสายพันธุ์ที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่งทั้งในระดับประเทศและระดับนานาชาติ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาและพฤติกรรมของลิ่นที่ถูกต้องและเพียงพอ ดังนั้นการพัฒนางานองค์ความรู้และข้อมูลทางนิเวศวิทยา ชีววิทยา ตลอดจนการพัฒนารูปแบบข้อมูลทางพันธุกรรมของลิ่น โดยเฉพาะลิ่นขาวที่เป็นสายพันธุ์หลักและมีเขตการกระจายทั่วประเทศไทย จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนและมีความสำคัญยิ่งต่อการอนุรักษ์ประชากร การจัดการถิ่นอาศัย การเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ การปล่อยคืนสู่ธรรมชาติ และยังรวมถึงการสร้างมาตรการบังคับใช้กฎหมาย การติดตามตรวจสอบ การป้องกันการลักลอบล่าและค้าสัตว์ป่าที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ดังกล่าวนี้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินสถานภาพประชากรและการกระจายของลิงขาวในผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่
2. เพื่อศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยา ชีววิทยาเชิงลึก และพฤติกรรมการดำรงชีพของลิงขาวในสภาพธรรมชาติ
3. เพื่อจัดทำฐานข้อมูลพันธุกรรมของลิงขาวในผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษานิเวศวิทยาและพันธุกรรมของประชากรลิงขาวในผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ ในพื้นที่เป้าหมายดำเนินการ ได้แก่ อุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติปางสีดา เนื้อที่รวมทั้งสิ้น 3,080 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,925,000 ไร่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาประชากรและการกระจาย

สำรวจประชากรและการกระจายโดยวิธีการวางกริดสำรวจขนาดใหญ่ ขนาด 6x6 กิโลเมตร จำนวนทั้งหมด 57 กริด กระจายครอบคลุม 2 พื้นที่ป่าอนุรักษ์ ได้แก่ อุทยานแห่งชาติทับลาน และอุทยานแห่งชาติปางสีดา โดยภายในแต่ละกริดสำรวจขนาดใหญ่ทำการเลือกแปลงสำรวจแบบ Stratified Random Sampling ขนาด 1x1 กิโลเมตร และภายในแต่ละแปลงสำรวจกำหนดแนวเส้นสำรวจด้วยวิธีการแบบ Belt Count ทำการสำรวจร่องรอยของลิงขาว ร่วมกับการค้นหาโพรงรัง และกองมูล โดยนักวิจัยทำการบันทึกจำนวนโพรงรังที่พบ ลักษณะและองค์ประกอบต่าง ๆ ของโพรงรัง (ความกว้าง ความยาว ความลึก อุณหภูมิ ความชื้น ลักษณะดินและพื้นผิว ฯลฯ) ปังจ้ยแหวดล้อมทั้งกายภาพและชีวภาพโดยรอบ (ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน สังกะสี ฯลฯ) เมื่อพบโพรงรังทำการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ (Camera trap) ในบริเวณใกล้โพรงรัง โดยติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับต้นไม้เพื่อหลีกเลี่ยงและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อพฤติกรรมของสัตว์ป่าเป้าหมาย ติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติในแต่ละจุดต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 90 วัน เมื่อทำการติดตั้งกล้องในบริเวณที่กำหนดเรียบร้อยแล้วทำการบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ หมายเลขประจำกล้อง วันเดือนปี เวลา และสภาพป่าของตำแหน่งที่ทำการตั้งกล้อง

2. การศึกษาพฤติกรรม

ดำเนินการจับลิงขาวเพื่อติดอุปกรณ์ติดตามตัว (VHF Transmitter) โดยกำหนดจำนวนลิงขาวที่เป็นตัวแทนในการศึกษาและติดตามพฤติกรรมจำนวนทั้งสิ้น 5 ตัว คัดเลือกลิงขาวที่เป็นตัวแทนหรืออาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมและลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน หรือลิงขาวที่จะเป็นตัวแทนซึ่งอาศัยอยู่ใน อุทยานแห่งชาติทับลาน และอุทยานแห่งชาติปางสีดา แต่ละแห่งกำหนดให้มีการสำรวจติดตามพฤติกรรมลิงขาว

ทั้งในช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝนแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ปี บันทึกข้อมูลพฤติกรรมและลักษณะทางนิเวศวิทยาและชีววิทยาที่สำคัญ เช่น ช่วงเวลาของการทำกิจกรรมในรอบวัน (การพักผ่อน การหากิน) ขนาดพื้นที่หากิน (Home range) ลักษณะการใช้โพรงรัง องค์ประกอบของปัจจัยแวดล้อมต่อการเลือกใช้พื้นที่ในแต่ละฤดูกาล รวมถึงการเก็บตัวอย่างกองมูลเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมในการเลือกใช้อาหาร

3. การจัดทำฐานข้อมูลพันธุกรรม

ดำเนินการเก็บตัวอย่างขนและเลือดของลิงชวา โดยตัวอย่างเลือดจะถูกเก็บไว้ในหลอดเก็บเลือดที่ใส่สารป้องกันเลือดแข็งตัว (EDTA) ปริมาณ 1–3 มิลลิลิตร สำหรับตัวอย่างขน จะดำเนินการเก็บตัวอย่างขนที่ติดรากขน ประมาณ 5–10 เส้น ใส่ลงในซองซิปล็อค แล้วเก็บรักษาตัวอย่างไว้ในช่องแช่แข็งของตู้เย็น เพื่อเตรียมนำส่งห้องปฏิบัติการทางชีวโมเลกุล

ตัวอย่างเลือด 50–100 ไมโครลิตรต่อตัวอย่าง และขนของลิงชวา 5–10 เส้นต่อตัวอย่าง จะถูกนำมาสกัดสารพันธุกรรมด้วยชุดสกัด DNeasy Blood & Tissue Kit (QIAGEN) ตามวิธีการของการสกัดสารพันธุกรรม หลังจากนั้นนำสารพันธุกรรมในแต่ละตัวอย่างมาเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมในตำแหน่งที่ต้องการด้วยวิธี Polymerase Chain Reaction (PCR) โดยใช้ชุดน้ำยา HotStarTaq Master Mix Kit (QIAGEN) กับ Primer ที่จำเพาะกับตำแหน่ง Control Region (CR) Cytochrome oxidase subunit I (COI) และ Cytochrome B (CytB) รายละเอียด Primer ในแต่ละตำแหน่งตาม Ewart et al. 2021 Hsieh et al. 2011 และ Zhang et al. 2015a ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 รายละเอียดของ Primer ที่ใช้ในการศึกษา

ชื่อไพรเมอร์	ลำดับของไพรเมอร์ (5'-3')	ตำแหน่ง	อ้างอิง
L15997uni	AGCCCCCAAGCTGATATTCT	Control Region (CR)	Hsieh et al. 2011
panDH15972	AGGGCATGACACCACAGTTATG	Control Region (CR)	Hsieh et al. 2011
pangolin-COI-HZG3	AGATTTACAGTCTAATGCTT	Cytochrome oxidase subunit I (COI)	Zhang et al. 2015a
pangolin-COI-HZR1	CCCATGTATCCAAAGGGCTCTT	Cytochrome oxidase subunit I (COI)	Zhang et al. 2015a
PID_F	CCCTCYAAYATCTCHGCATGATGRAA	Cytochrome B (CytB)	Ewart et al. 2021
PID_R	GCNCCTCARRADGAYATYTGCTCTCA	Cytochrome B (CytB)	Ewart et al. 2021

นำผลผลิต PCR ที่ได้จากขั้นตอนเพิ่มปริมาณไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยชุด GenUPTM Exo SAP Kit (BiotechRabbit) และติดสีฟลูออเรสเซนซ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลำดับสารพันธุกรรมด้วยชุด BigDyeTM Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ในเครื่องวิเคราะห์ลำดับสารพันธุกรรม Applied Biosystems 3500 Genetic Analyzer

นำผลลำดับสารพันธุกรรมที่ได้มาจากแต่ละตัวอย่าง ในแต่ละตำแหน่งมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ ลำดับพันธุกรรมด้วยโปรแกรม BioEdit v.7.2.5 (Hall et al. 2011) และสร้างสายวิวัฒนาการ (Phylogenetic tree) ด้วยโปรแกรม MEGA-X v.10.0.5 (Kumar et al. 2018) โดยวิธี Maximum Likelihood Method (ML) ที่ 500 bootstrap เพื่อเป็นฐานข้อมูลพันธุกรรมของลิงชวา และใช้ลำดับสารพันธุกรรมของแมวบ้าน (*Felis catus*) เป็น Outgroup โดยลำดับพันธุกรรมดังกล่าวได้มาจาก GenBank

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกระจายและการใช้พื้นที่อาศัย

ประเมินรูปแบบและลักษณะการครอบครองพื้นที่ศึกษา โดยหาความสัมพันธ์ของข้อมูลการปรากฏและไม่ปรากฏจากกล้องดักถ่ายภาพตามหลักการ Occupancy sampling approach ข้อมูลถูกนำมาจัดเรียงในรูปแบบเมทริกซ์ และถูกนำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรม PRESENCE 13 (Hines 2006) และเนื่องจากโอกาสในการสำรวจพบลิงชวาในพื้นที่ป่าแต่ละประเภทนั้นอาจมีความแตกต่างกัน และไม่สามารถพบได้ในทุก ๆ หน่วยการสำรวจ (MacKenzie and Kendall 2002) ดังนั้น ความน่าจะเป็นของโอกาสในการสำรวจพบลิงชวาในพื้นที่ป่าไม้จึงกำหนดให้มีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 และพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าไม้เท่ากับ 0 ซึ่งแนวคิดและวิธีการดังกล่าวนี้ เมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลพื้นฐานทางด้านกายภาพและชีวภาพที่ปรากฏจริงในพื้นที่ศึกษาทำให้การวิเคราะห์ผลการใช้พื้นที่อาศัยของลิงชวามีความถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น (Karanth and Nichols 2002)

ดำเนินการวิเคราะห์ผลโดยประยุกต์ใช้ Occupancy modeling approach บนหลักการความน่าจะเป็นที่ลิงชวาจะเลือกใช้พื้นที่ร่วมกับตัวแปรของโอกาสที่จะสำรวจพบสัตว์ป่าเป้าหมาย (MacKenzie et al. 2002) ผ่านกระบวนการทางสถิติแบบ Maximum likelihood (MacKenzie et al. 2002; Hines 2006) ซึ่งแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูกจัดเรียงลำดับโดยค่า Akaike Information Criterion (AIC) และค่าเฉลี่ยน้ำหนักของแต่ละแบบจำลอง (Akaike weights) (Burnham and Anderson 2004) โดยแบบจำลองที่ดีที่สุดในการอธิบายทำนายความน่าจะเป็นของการครอบครองพื้นที่ของลิงชวาจะมีค่า AIC น้อยที่สุด อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ผลพบว่าหากไม่มีแบบจำลองใด ๆ เลยที่มีค่า Akaike weights (w_i) มากกว่า 0.9 แบบจำลองในลำดับถัดไปจะถูกนำมาใช้ในการพิจารณาาร่วมด้วยเพื่อหาค่าเฉลี่ยของแบบจำลองสุดท้าย (model averaging technique) โดยทำการรวมค่า Akaike weights ของแบบจำลองในอันดับแรกลงไปจนกระทั่งมีค่า weights เกิน 0.9 (ความเชื่อมั่นของสมการเกินร้อยละ 90) (Burnham and Anderson 2002; Linkie et al. 2007) หลังจากนั้นทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ใหม่ให้กับตัวแปรแต่ละตัวในสมการโดยการคูณค่าสัมประสิทธิ์เดิมของตัวแปรแต่ละตัวกับค่า Akaike weights ของแบบจำลองนั้น ๆ ตามหลักการคำนวณของ Burnham and Anderson (2002)

$$\hat{\theta}_A = \sum_{i=1}^R \bar{\theta}_i w_i \quad (1)$$

ซึ่ง $\hat{\theta}$ เป็นตัวแปรที่ใช้แทนค่า model averaging $\bar{\theta}_i$ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัวของแบบจำลอง i ที่ได้จากการวิเคราะห์ตามหลักการ Occupancy modelling approach W_i คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (AIC weight) ของแต่ละแบบจำลอง และ R คือ จำนวนแบบจำลองทั้งหมดที่ถูกนำมาใช้พิจารณาในการหาค่าเฉลี่ยของแบบจำลองสุดท้าย

$$SE(\hat{\theta}_A) = \sum_{i=1}^m w_i \sqrt{\text{Var}(\hat{\theta}_i | u_i) + (\hat{\theta}_i - \hat{\theta}_A)^2} \quad (2)$$

หลังจากนั้นทำการคำนวณค่า Odds ratio ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อที่จะใช้ในการอธิบายตัวแปรที่ใช้ในการทำนายความสัมพันธ์ของการเลือกใช้พื้นที่ต่อปัจจัยแวดล้อมทั้งทางกายภาพ และสังคมของลิงชวา ทำการคำนวณค่าความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัวโดยการหาผลรวมของค่า Akaike weight ของตัวแปรแต่ละตัวในชุดของแบบจำลอง (Burnham and Anderson 2002)

การทำแบบจำลองเชิงพื้นที่ การครอบครองพื้นที่-ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรแต่ละตัวในแบบจำลองทางสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์ถูกนำเข้าสู่กระบวนการจัดทำแบบจำลองเชิงพื้นที่ร่วมกับข้อมูลปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่ได้จัดเตรียมไว้ในรูปแบบของข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ดำเนินการสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ด้วยเทคนิคและฟังก์ชัน Spatial Analysis ในโปรแกรม ArcGIS 10.3 (ESRI, Redlands, CA) ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองชี้ให้เห็นถึงความน่าจะเป็นของการใช้พื้นที่ของลิงชวาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติปางสีดา

2. ขนาดพื้นที่อาศัย

ตำแหน่งการหากินและจุดพักนอนของลิงชวาจากวิทยุติดตามตัว (VHF Transmitter) จะถูกบันทึกด้วยเครื่องหาพิกัดสัญญาณดาวเทียม (GPS) และนำข้อมูลตำแหน่งของลิงชวาแต่ละตัวมาคำนวณหาขนาดพื้นที่อาศัย โดยวิธี Minimum Bounding Geometry และ Minimum Convex Polygon ในชุดโปรแกรม ArcGIS 10.3

3. การหาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ

ลำดับพันธุกรรมที่ได้มาจากแต่ละตัวอย่างในแต่ละตำแหน่งนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบลำดับพันธุกรรมด้วยโปรแกรม BioEdit v.7.2.5 (Hall et al. 2011) และสร้างสายความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ (Phylogenetic tree) ด้วยโปรแกรม MEGA-X v.10.0.5 (Kumar et al. 2018) ใช้วิธี Maximum Likelihood (ML) ที่ 500 bootstrap เพื่อเป็นฐานข้อมูลพันธุกรรมของลิงชวา และใช้ลำดับสารพันธุกรรมของแมวบ้าน (*Felis catus*) เป็น Outgroup

ผลการวิจัย

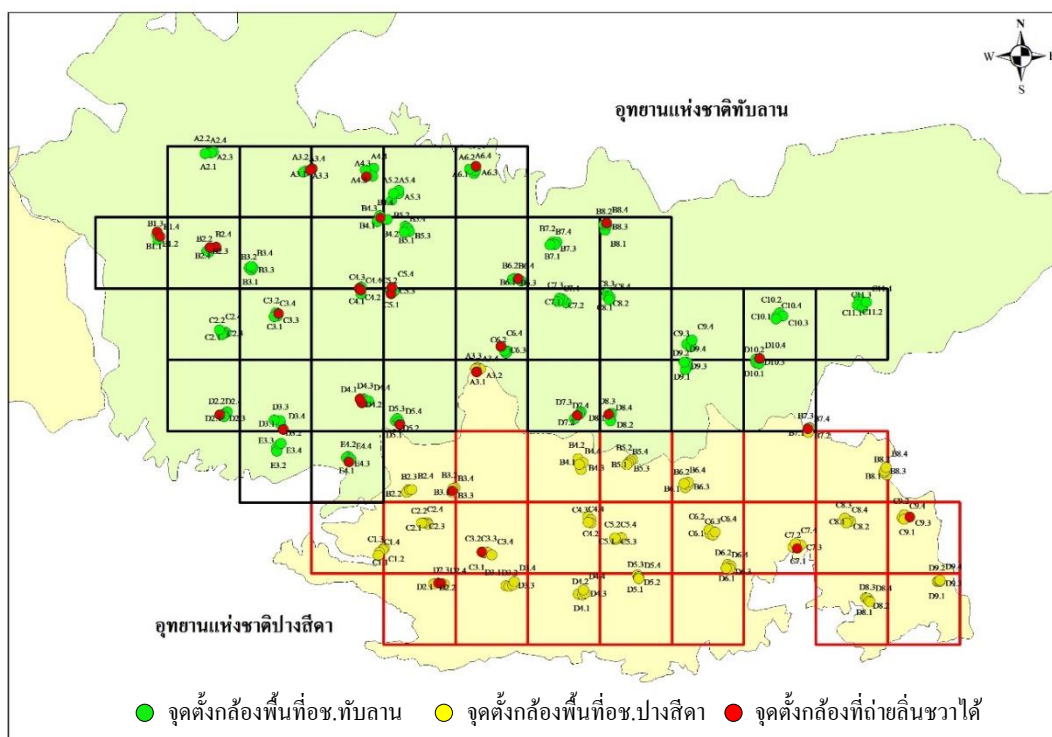
1. การประเมินสถานภาพประชากรและการกระจายของลิงขาว

การสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจประชากรและการกระจายของลิงขาว โดยการวางกริดสำรวจขนาด 6x6 กิโลเมตร และการตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติในพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติทับลาน จำนวนทั้งสิ้น 33 กริด ครอบคลุมพื้นที่ 1,188 ตารางกิโลเมตร และในพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติปางสีดา จำนวนทั้งสิ้น 24 กริด ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 864 ตารางกิโลเมตร (ดังภาพที่ 1) ภายในแต่ละกริดสำรวจขนาดใหญ่ทำการสุ่มเลือกกริดย่อยเพื่อวางแปลงสำรวจขนาด 1x1 กิโลเมตร จำนวน 1 แปลง โดยพิจารณาความเหมาะสมจากการเดินสำรวจภายในแต่ละกริดเพื่อเป็นตัวแทน ดำเนินการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติในแปลงขนาด 1x1 กิโลเมตร ที่ได้สำรวจเลือกไว้ จำนวนทั้งสิ้น 4 จุด ให้แต่ละจุดวางกล้องห่างกัน 200 เมตร ติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 90 วัน โดยในแต่ละตำแหน่งจุดติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ ทำการเก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อม สภาพพื้นที่ และทางนิเวศวิทยาที่สำรวจพบของลิงขาว ได้แก่ ชนิดของต้นไม้ที่เกิดโพรงเส้นรอบวงของต้นไม้ และขนาดของโพรงต้นไม้ ข้อมูลร่องรอยต่าง ๆ ของลิงขาว ชนิดของมดและปลวกที่อยู่บริเวณโพรง ประเภทป่า ความสูงจากระดับน้ำทะเล และระยะห่างจากแหล่งน้ำหรือแหล่งโป่ง (ภาพที่ 2)

1.1 ผลการวางกริดสำรวจและติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ

ติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน ทั้งหมด 33 กริด สามารถถ่ายภาพลิงขาวได้ใน 20 กริด โดยมีความถี่ของการตรวจจับภาพลิงขาว (ตารางที่ 2) และติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติในพื้นที่อุทยานแห่งชาติปางสีดา ทั้งหมด 24 กริด สามารถถ่ายภาพลิงขาวได้ใน 7 กริด โดยมีความถี่ของการตรวจจับภาพลิงขาว ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 1 กริดสำรวจและจุดตั้งกล้องถ่ายภาพอัตโนมัติในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติปางสีดา

ตารางที่ 2 ความถี่ของการตรวจจับภาพเสือ ต่อ 100 trap night ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน

กริดสำรวจ		ความถี่ของการตรวจจับภาพเสือ ต่อ 100 trap night
1.	TLA3	TLA3.1 1.02
		TLA3.2 0.89
2.	TLA4	TLA4.3 0.79
3.	TLA6	TLA6.3 1.60
4.	TLB1	TLB1.1 1.07
		TLB1.3 2.15
5.	TLB2	TLB2.1 2.13
		TLB2.4 2.13
6.	TLB4	TLB4.1 0.82
7.	TLB6	TLB6.2 1.07
8.	TLB8	TLB8.4 1.29
9.	TLC3	TLC3.2 1.11
10.	TLC4	TLC4.2 2.65
		TLC4.3 1.15

ตารางที่ 2 (ต่อ): ความถี่ของการตรวจจับภาพลิ่นขาว ต่อ 100 trap night ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน

กริดสำรวจ			ความถี่ของการตรวจจับภาพลิ่นขาว ต่อ 100 trap night
11.	TLC5	TLC5.2	4.08
		TLC5.4	0.93
12.	TLC6	TLC6.4	1.15
13.	TLD2	TLD2.4	1.10
14.	TLD3	TLD3.4	1.02
15.	TLD4	TLD4.1	4.54
		TLD4.2	1.01
16.	TLD5	TLD5.4	1.03
17.	TLD7	TLD7.3	1.47
18.	TLD8	TLD8.3	0.73
19.	TLD10	TLD10.4	1.32
20.	TLE4	TLE4.3	1.33

ตารางที่ 3 ความถี่ของการตรวจจับภาพลิ่นขาว ต่อ 100 trap night ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติปางสีดา

กริดสำรวจ			ความถี่ของการตรวจจับภาพลิ่นขาว ต่อ 100 trap night
1.	PDA3	PDA3.4	0.69
2.	PDB3	PDB3.3	2.19
3.	PDB7	PDB7.3	1.78
4.	PDC3	PDC3.2	2.08
5.	PDC7	PDC7.2	1.11
6.	PDC9	PDC9.3	1.11
7.	PDD2	PDD2.1	2.15
		PDD2.3	1.09



ภาพที่ 2 การสำรวจลิ่นชาโดยการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ



ภาพที่ 3 ลิ่นชาที่สำรวจพบจากกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ

1.2 การประเมินประชากรและการใช้ประโยชน์พื้นที่ของลิ่นชา

ลิ่นชามีการกระจายทั้ง 2 พื้นที่อุทยาน โดยคิดเป็นร้อยละการครอบครองพื้นที่เท่ากับ ร้อยละ 35.7 ของพื้นที่ทั้งหมด ลิ่นชามีการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างเข้มข้นและมีความชุกชุมมากในพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติทับลาน จากการประเมินโอกาสในการสำรวจพบลิ่นชาพบว่ามีความถี่เฉลี่ย 2 ครั้ง ต่อการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติ 100 วัน และการประเมินความหนาแน่นของลิ่นชาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติปางสีดา โดยหลัก Occupancy Sampling คาดว่ามีลิ่นชาทั้งหมด 77 ตัว ในพื้นที่ศึกษา

การวิเคราะห์ยังชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้พื้นที่อาศัยของลิ่นชา ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ป่า ความลาดชัน ระยะห่างจากชุมชน กิจกรรมรบกวนของมนุษย์ (ตารางที่ 4) โดยความลาดชัน ระยะห่างจากชุมชน กิจกรรมรบกวนของมนุษย์ มีความสัมพันธ์และค่าความสำคัญสูงสุด (ตารางที่ 5) ลิ่นชามีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย สามารถใช้พื้นที่ป่าได้หลากหลายประเภท โดยพื้นที่ป่าที่มีลักษณะค่อนข้างเปิดโล่งมักพบลิ่นชาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าพื้นที่ป่าดิบ ลิ่นชาส่วนมากหลีกเลี่ยงพื้นที่ใกล้ชุมชน ซึ่งในพื้นที่ศึกษาทั้งสองแห่งที่เป็นพื้นที่อาศัยที่ลิ่นชามักพบปัญหาภัยคุกคามจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นจำนวนมาก เช่น การเก็บหาของป่า ตัดไม้ และล่าสัตว์ เป็นต้น ทั้งนี้พบว่าพื้นที่อาศัยที่เหมาะสมมาก

ของล้นขวาเท่ากับ 1,792 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 59 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติปางสีดา รวมกันทั้งหมด (ภาพที่ 4)

โดยมีสมการสำหรับประเมินพื้นที่อาศัยที่เหมาะสมดังนี้

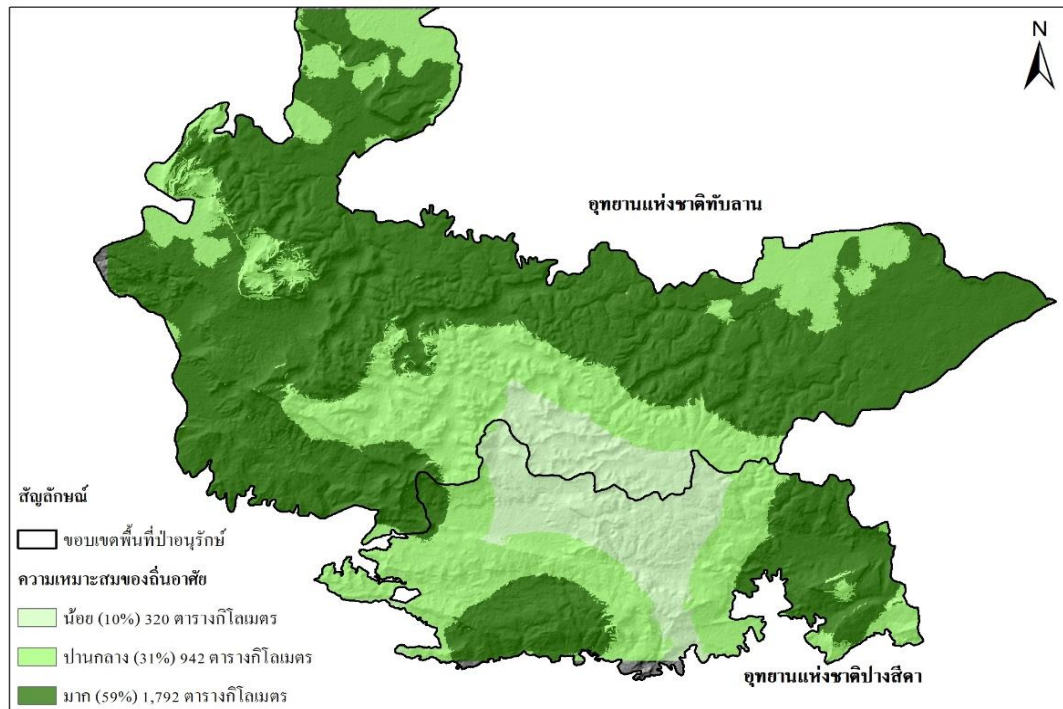
$$y = (-4.38) + (-1.25)\text{slope} + (-1.52)\text{threat} + (1.31)\text{village} + (0.16)\text{forest}$$

ตารางที่ 4 แบบจำลองสำหรับการประเมินการครอบครองถิ่นอาศัยของล้นขวาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติปางสีดา

no	Model	AIC	delta AIC	AICwqt	Model Likelihood	no. Par	-2*LogLike
1	psi(slope,threat,village),p(.)	517.38	0.00	0.6468	1.0000	4	509.38
2	psi(slope,threat,village,forest),p(.)	518.59	1.21	0.3532	0.5461	5	508.59

ตารางที่ 5 ค่าความสำคัญของปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องต่อการเลือกใช้พื้นที่ของล้นขวา

Parameter	Coefficient	SE	Odds Ratio	Importance
Intercept	-4.38	0.640	0.01	1
slope	-1.25	0.174	0.29	1
threat	-1.52	0.201	0.22	1
village	1.31	0.222	3.72	1
forest	0.16	0.078	1.17	0.35



ภาพที่ 4 การคาดการณ์ถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของลิ่นขาวในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน และอุทยานแห่งชาติปางสีดา

2. การศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยา ชีววิทยาเชิงลึก และพฤติกรรมการดำรงชีพของลิ่นขาวในสภาพธรรมชาติ

2.1 ดำเนินการจับลิ่นขาวติดอุปกรณ์ติดตามตัว (VHF Transmitter) จำนวนทั้งสิ้น 5 ตัว บันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาของลิ่นขาวแต่ละตัว ได้แก่ เพศ น้ำหนัก และการวัดขนาด ทำการเก็บข้อมูลตำแหน่งการพักอาศัยและหากินในแต่ละวัน ช่วงเวลาของการทำกิจกรรมในรอบวัน ลักษณะการใช้โพรงรัง และองค์ประกอบของปัจจัยแวดล้อมในสภาพธรรมชาติที่มีผลต่อการเลือกใช้พื้นที่ในแต่ละช่วงวันและแต่ละฤดูกาล (ภาพที่ 5) ลิ่นขาวที่ถูกจับติดอุปกรณ์ติดตามตัว ได้แก่

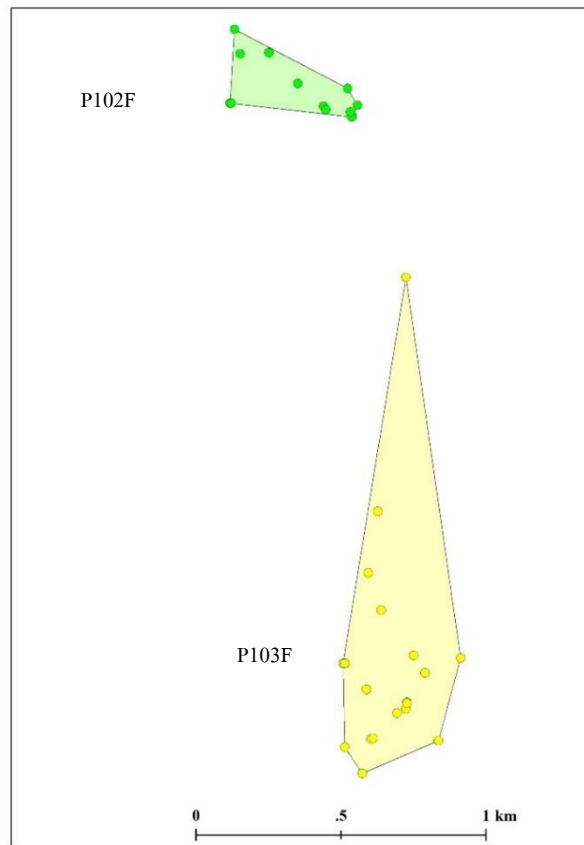
- 1) ลิ่นรหัส P101F เพศเมีย น้ำหนัก 4.7 กิโลกรัม ติดอุปกรณ์ติดตามตัวและปล่อยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2564
- 2) ลิ่นรหัส P102F เพศเมีย น้ำหนัก 1.5 กิโลกรัม ติดอุปกรณ์ติดตามตัวและปล่อยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2564
- 3) ลิ่นรหัส P103F เพศเมีย น้ำหนัก 1.9 กิโลกรัม ติดอุปกรณ์ติดตามตัวและปล่อยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564
- 4) ลิ่นรหัส P104M เพศผู้ น้ำหนัก 2.4 กิโลกรัม ติดอุปกรณ์ติดตามตัวและปล่อยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน วันที่ 26 มีนาคม 2564
- 5) ลิ่นรหัส P105M เพศผู้ น้ำหนัก 1.6 กิโลกรัม ติดอุปกรณ์ติดตามตัวและปล่อยในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลาน วันที่ 08 มิถุนายน 2564



ภาพที่ 5 ลิ่นขาวที่ติดอุปกรณ์ติดตามตัวและลักษณะการใช้โพรงรังนอนในสภาพธรรมชาติ

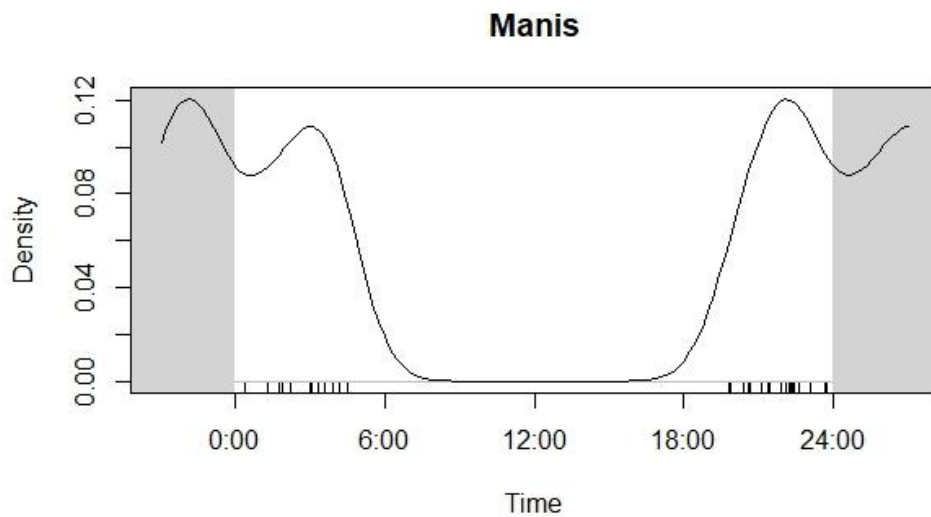
จากการติดตามพฤติกรรมทางนิเวศวิทยาโดยอุปกรณ์ติดตามตัวลิ่นขาวทั้ง 5 ตัว สามารถติดตามและบันทึกข้อมูลลิ่นเพื่อประเมินขนาดพื้นที่อาศัยได้จากข้อมูลลิ่น จำนวน 2 ตัว ได้แก่ รหัส P102F (เพศเมีย) ดำเนินการติดตามตั้งแต่วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2564 ถึง 02 เมษายน 2564 พบมีพื้นที่ใช้ประโยชน์และหากินเท่ากับ 0.07 ตารางกิโลเมตร และลิ่นขาว รหัส P103F (เพศเมีย) ดำเนินการติดตามตั้งแต่วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2564 ถึง 26 พฤษภาคม 2564 พบมีพื้นที่ใช้ประโยชน์และหากินเท่ากับ 0.38 ตารางกิโลเมตร (ภาพที่ 6) ลิ่นขาวมีระยะกระจัดของการเคลื่อนที่หากินจนถึงตำแหน่งพักนอนเฉลี่ยอยู่ที่ 64.2 เมตรต่อวัน (มีช่วงการเคลื่อนที่ได้ตั้งแต่ 0–167 เมตรต่อวัน) ในส่วนข้อมูลจากการติดตามลิ่นขาว P101F (เพศเมีย) P104M (เพศผู้) และ P105M (เพศผู้) มีปริมาณน้อยไม่สามารถนำมาใช้ประเมินขนาดพื้นที่ใช้ประโยชน์และหากินได้

ลิ่นขาวสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งในพื้นที่ป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณ ที่ระดับความสูงตั้งแต่ 400–600 เมตรจากน้ำทะเลปานกลาง โดยลักษณะโพรงรังของลิ่นสำหรับการหลบนอนมีลักษณะเป็นโพรงมืดไม่โดนแสงแดด โดยทั่วไปจะมีพุ่มไม้หนาปิดบังตัวโพรงรังอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันอันตรายจากสัตว์ผู้ล่าและช่วยป้องกันความร้อนจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นในช่วงเวลากลางวัน ทั้งนี้ ลิ่นขาวเลือกใช้โพรงรังนอน 3 แบบ ได้แก่ โพรงดินหรือโพรงจอมปลวก โพรงต้นไม้ และรังนอนบนต้นไม้ โดยพบว่าการเลือกโพรงรังแต่ละประเภทของลิ่นขาวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ (อุณหภูมิโพรงรังที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 25–26 องศาเซลเซียส) ปริมาณน้ำฝน (ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อการเลือกใช้โพรงรังนอนบนต้นไม้ของลิ่นขาว) ขนาดของต้นไม้ที่เกิดโพรงรัง (ต้นไม้ขนาดใหญ่ มีเส้นรอบวงมากกว่า 145 เซนติเมตร) และกลุ่มของต้นไม้ที่เกิดโพรง เช่น ตะแบก (*Lagerstroemia* spp.) เคี่ยม (*Cotylelobium*) กระบก (*Irvingia*) สมพง (*Tetrameles*) และทองหลาง (*Erythrina*)



ภาพที่ 6 ขนาดพื้นที่หากิน (Home range) ของลิงขาว P102F และ P103F โดยการใช้วิทยุติดตามตัว (VHF Transmitter)

2.2 พฤติกรรมการออกหากินและเคลื่อนที่จากจุดพักนอน โดยกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติชี้ให้เห็นว่าลิงขาวเป็นสัตว์หากินกลางคืน มีพฤติกรรมหากินและการเคลื่อนที่ในช่วงตั้งแต่ 18.00–06.00 น. โดยพบมีกิจกรรมเข้มข้นใน 2 ช่วงเวลา คือ 20.00–23.00 น. และ 01.00–04.00 น. ดังภาพที่ 7

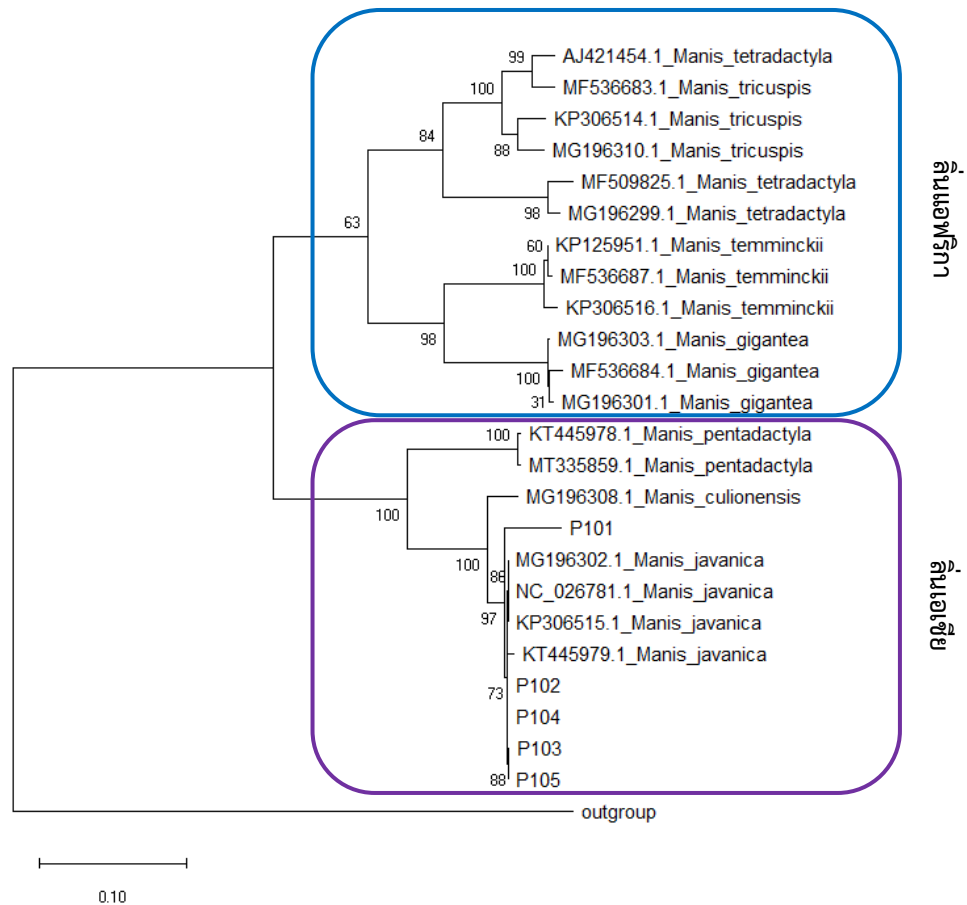


ภาพที่ 7 ความหนาแน่นต่อเวลาการพบเจอลิงขาวในผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ

3. การจัดทำฐานข้อมูลทางพันธุกรรมของลิงขาว

การเก็บตัวอย่างจากลิงขาวทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยนำมาสกัดสารพันธุกรรม และนำไปเพิ่มปริมาณพันธุกรรมโดยใช้เทคนิค PCR (Polymerase Chain Reaction) ในตำแหน่ง Cytochrome oxidase subunit 1 (COI) Cytochrome B (CytB) และ Control Region (CR) พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมได้ใน 3 ตำแหน่ง ในทุกตัวอย่าง ยกเว้น ตัวอย่าง P101 ในตำแหน่ง CR ซึ่งผลผลิต PCR ที่เกิดขึ้นไม่ชัดเจนและมีจำนวน 2 แถบ และเมื่อนำผลผลิต PCR จากแต่ละตำแหน่ง มาดูลำดับสารพันธุกรรม ด้วยโปรแกรม BioEdit v.7.2.5 (Hall et al. 2011) และตัดลำดับพันธุกรรมที่เป็น primer ออกพบว่ามีความยาวนี้ ตำแหน่ง Cytochrome oxidase subunit 1 (COI) ได้ผลผลิต PCR ขนาด 797 เบส ตำแหน่ง Cytochrome B (CytB) ได้ผลผลิต PCR ขนาด 274 เบส และตำแหน่ง Control Region (CR) ได้ผลผลิต PCR ขนาด 596 เบส

เมื่อนำลำดับสารพันธุกรรมจากผลผลิต PCR ทั้ง 3 ตำแหน่ง มาหาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ ด้วยวิธี Maximum Likelihood โดยใช้โปรแกรม MEGA-X v.10.0.5 (Kumar et al. 2018) และใช้ข้อมูลพันธุกรรมของลิงชนิดต่าง ๆ จากฐานข้อมูล NCBI ใน GenBank เข้าร่วมในการวิเคราะห์ด้วยพบว่า ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการในการศึกษานี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มลิงแอฟริกา และกลุ่มลิงเอเชีย โดยตัวอย่างที่ได้มาจากการศึกษานี้ทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มของลิงขาว ซึ่งเป็นกลุ่มย่อยของลิงเอเชีย สำหรับตัวอย่าง P102 กับ P104 และ P103 กับ P105 มีแนวโน้มแบ่งออกมาเป็นกลุ่มย่อย ในขณะที่ตัวอย่าง P101 ไม่ได้แบ่งจากกลุ่มข้อมูลพันธุกรรมของลิงขาวที่ได้มาจากฐานข้อมูล NCBI อย่างชัดเจน รายละเอียดตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงการหาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการด้วยวิธี Maximum Likelihood ที่ 500 bootstrap

วิจารณ์ผล

1. สถานภาพประชากรและการกระจายของลิ่นชวา

การประเมินประชากรลิ่นชวาจากกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานและในพื้นที่อุทยานแห่งชาติปางสีดา พบว่ามีประชากรจากการประเมินราว 77 ตัว ซึ่งเป็นจำนวนประชากรที่ค่อนข้างน้อยมากเมื่อเทียบกับประเทศสิงคโปร์ที่มีข้อมูลประมาณการของลิ่นชวาอยู่ถึง 1,068 ตัว โดยที่ประเทศสิงคโปร์มีพื้นที่ประมาณ 729 ตารางกิโลเมตร (Challender et al. 2019)

2. การศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยา ชีววิทยาเชิงลึก และพฤติกรรมการดำรงชีพของลิ่นชวาในสภาพธรรมชาติ

ลิ่นชวตัวเมียมีขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์หากินเท่ากับ 0.07–0.38 ตารางกิโลเมตร สามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งพื้นที่ป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณ อย่างไรก็ตาม การศึกษาลิ่นชวาโดยการวิหตุติดตามตัวในประเทศสิงคโปร์ พบลิ่นชวมีขนาดพื้นที่อาศัยราว 0.06–0.07 ตารางกิโลเมตร (Lim and Ng 2007)

สามารถอยู่อาศัยได้ในหลากหลายประเภทป่า ทั้งป่าสมบูรณ์ (primary forest) และป่าที่กำลังฟื้นตัว (secondary forest) โดยพื้นที่ป่าเหล่านี้ต้องประกอบไปด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีโพรงสำหรับพักนอน

พื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติปางสีดาพบลิงชวามีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย ป่าที่มีลักษณะค่อนข้างเปิดโล่ง ในขณะที่การศึกษาวิจัยการเลือกใช้พื้นที่อาศัยที่เหมาะสมของลิงในประเทศเนปาล พบลิงมีการใช้ประโยชน์มากในพื้นที่ที่มีความลาดชันได้ตั้งแต่ 30°–50° ชอบพื้นที่ป่าที่มีเรือนยอดปกคลุมปานกลาง

การศึกษาค้นพบว่าลิงชวาเลือกใช้โพรงรังนอน 3 แบบ คือ โพรงดินหรือโพรงจอมปลวก โพรงต้นไม้ และรังนอนบนต้นไม้ โดยต้นไม้ที่เกิดโพรงรังต้องเป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีเส้นรอบวงมากกว่า 145 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Lim and Ng (2007) ที่ลิงชวาเลือกใช้ต้นไม้ขนาดใหญ่ มีเส้นรอบวงมากกว่า 157 เซนติเมตร นอกจากนี้ การศึกษาลิงชวาในพื้นที่ทางตะวันตกของเกาะชวา พบว่ามีการเลือกใช้โพรงหินในการพักนอนด้วย (Withaningsih et al. 2018)

ลิงชวาเป็นสัตว์หากินกลางคืน พบมีพฤติกรรมหากินและเคลื่อนที่ในช่วงตั้งแต่ 18.00–06.00 น. โดยพบมีกิจกรรมเข้มข้นใน 2 ช่วงเวลา คือ 20.00–23.00 น. และ 01.00–04.00 น. สอดคล้องกับการศึกษาลิงชวาในประเทศสิงคโปร์ ที่พบว่าลิงชวามีระยะเวลาหากินประมาณ 2–3 ชั่วโมง/วัน และมีกิจกรรมเข้มข้นในช่วงเวลาตั้งแต่ 03.00–06.00 น. (Lim and Ng 2007)

3. การจัดทำฐานข้อมูลทางพันธุกรรมของลิงชวา

การศึกษานี้ได้ใช้ลำดับสารพันธุกรรมของลิงชวาใน 3 ตำแหน่ง บนไมโทคอนเดรีย ดีเอ็นเอ (Mitochondrial DNA) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความหลากหลายและถูกนำมาใช้ในการศึกษาหาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการเป็นอย่างมาก รวมถึงเป็นตำแหน่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อบอกถึงแหล่งที่มาของลิงชวากลางที่ถูกจับกุมได้ (Ewart et al. 2021; Hsieh et al. 2011; Luczon et al. 2016; Zhang et al. 2015a, 2020) เมื่อนำข้อมูลจากตำแหน่งทั้ง 3 มาประกอบกันเพื่อดูความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ ทำให้เห็นแนวโน้มการมีความจำเพาะทางพันธุกรรมของลิงชวาในแต่ละพื้นที่กลุ่มป่า โดยในตัวอย่างลิง P102 และลิง P104 เป็นตัวอย่างลิงชวาที่เก็บตัวอย่างมาจากบริเวณป่าตะวันออก (เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน และศูนย์ช่วยเหลือสัตว์ป่าที่ 2 กระบี่) สำหรับตัวอย่าง P103 และ P105 เป็นตัวอย่างที่ได้มาจากพื้นที่ผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่ ซึ่งพื้นที่ทั้ง 2 แห่ง นั้น มีระยะห่างกันประมาณ 100 กิโลเมตร และมีพื้นที่ใช้สอยของมนุษย์อยู่ระหว่างพื้นที่ดังกล่าว ทำให้โอกาสการเคลื่อนที่ไปมาระหว่างกลุ่มป่าของลิงชวาเป็นไปได้ลำบาก ดังนั้น ลิงชวาในการศึกษานี้จึงมีแนวโน้มที่จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมในแต่ละพื้นที่และกลุ่มป่าที่เก็บตัวอย่างมาได้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มจำนวนตัวอย่างของลิงชวาจากแต่ละพื้นที่จะทำให้ได้ผลการศึกษาที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และมีโอกาสที่จะแสดงความแตกต่างของพันธุกรรมของลิงชวาในแต่ละพื้นที่ได้จริง

สรุปผลการวิจัย

1. การประเมินสถานภาพประชากรและการกระจายของลิงชวา

การสำรวจและตรวจสอบกล้องดักถ่ายภาพอัตโนมัติในพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานจากทั้งหมด 33 กริด สามารถถ่ายภาพลิงชวาได้ 20 กริด และในพื้นที่อุทยานแห่งชาติปางสีดาจากทั้งหมด 24 กริดสำรวจสามารถถ่ายภาพลิงชวาได้ 7 กริด มีประชากรลิงชวาอาศัยในพื้นที่เป้าหมายรวม 77 ตัว ลิงชวามีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย สามารถใช้พื้นที่ป่าได้หลากหลายที่มีลักษณะค่อนข้างเปิดโล่ง ลิงชวาส่วนมากหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่ใกล้ชุมชน จากการประเมินพบว่าเป็นพื้นที่อาศัยที่เหมาะสมมากกับลิงชวาเท่ากับ 1,792 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 59 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติทับลานและอุทยานแห่งชาติปางสีดา

2. การศึกษาลักษณะทางนิเวศวิทยา ชีววิทยาเชิงลึก และพฤติกรรมการดำรงชีพของลิงชวาในสภาพธรรมชาติ

การติดตามลิงชวาโดยการติดอุปกรณ์ติดตามตัว (VHF Transmitter) จำนวน 5 ตัว พบว่าลิงชวาสามารถอยู่อาศัยได้ในหลากหลายประเภทป่าทั้งป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ ความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 400–600 เมตร ลิงชวาเลือกใช้โพรงรังนอน 3 แบบ คือ โพรงดิน โพรงต้นไม้ และรังนอนบนต้นไม้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ อาทิเช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และขนาดของต้นไม้ที่เกิดโพรงรัง จากการติดตามสัญญาณวิทยุและเก็บข้อมูลพื้นที่อาศัยพบลิงชวาเพศเมีย มีขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์หากินระหว่าง 0.07–0.38 ตารางกิโลเมตร ลิงชวามีระยะการกระจัดในการหากินจนถึงที่พักนอนต่อวันเฉลี่ยอยู่ที่ 64.2 เมตรต่อวัน (มีระยะเคลื่อนที่ได้ตั้งแต่ 0–167 เมตรต่อวัน) ลิงชวาเป็นสัตว์หากินกลางคืน มีพฤติกรรมหากินและเคลื่อนที่ในช่วงตั้งแต่ 18.00–06.00 น. โดยพบมีกิจกรรมเข้มข้นใน 2 ช่วงเวลา คือ 20.00–23.00 น. และ 01.00–04.00 น.

3. การจัดทำฐานข้อมูลทางพันธุกรรมของลิงชวา

การหาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของลิงชวด้วยวิธี Maximum Likelihood โดยใช้ลำดับสารพันธุกรรมใน 3 ตำแหน่ง บนไมโทคอนเดรียดีเอ็นเอ พบลิงชวาจากตัวอย่างที่ศึกษา (P101–P105) จัดอยู่ในกลุ่มของลิงชวา (97% bootstrap) และมีแนวโน้มความจำเพาะทางพันธุกรรมในแต่ละพื้นที่กลุ่มป่า โดยลิงชวารหัส P102 และลิงชวารหัส P104 มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันทางพันธุกรรมและเป็นตัวอย่างลิงชวาที่เก็บตัวอย่างมาจากบริเวณป่าตะวันออก ส่วนลิงชวารหัส P103 และลิงชวารหัส P105 มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันทางพันธุกรรมและเป็นตัวอย่างที่ได้มาจากพื้นที่ผืนป่าดงพญาเย็น-เขาใหญ่นั้น ลิงชวาในการศึกษานี้จึงมีแนวโน้มที่จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมในแต่ละพื้นที่และกลุ่มป่าที่เก็บตัวอย่างมาได้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มจำนวนตัวอย่างของลิงชวาจากแต่ละพื้นที่จะทำให้ได้ผลการศึกษาที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

งบประมาณที่ได้รับการสนับสนุนในการทำวิจัย

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช แผนงานพื้นฐานด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน ผลผลิตที่ 2 : องค์ความรู้ด้านการอนุรักษ์ป่าไม้และสัตว์ป่า กิจกรรมการวิจัยด้านป่าไม้และสัตว์ป่า

เอกสารอ้างอิง

- Burnham, K.P. and Anderson, D.R. 2002. **Model selection and multimodal inference: a practical information-theoretic approach**. Springer-Verlag New York Inc., New York.
- Burnham, K.P. and Anderson, D.R. 2004. **Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection**. Sociological Method and Research. 33: 261-304.
- Challender, D., Willcox, D.H.A., Panjang, E., Lim, N., Nash, H., Heinrich, S. & Chong, J. 2019. ***Manis javanica***. The IUCN Red List of Threatened Species 2019.
- Ewart, K. M., Lightson, A. L., Sitam, F. T., Rovie-Ryan, J., Nguyen, S. G., Morgan, K. I., Luczon, A., Anadon, E. M. S., De Bruyn, M., Bourgeois, S., Ouitavon, K., Kotze, A., Bakar, M. S. A., Salgado-Lynn, M., & McEwing, R. (2021). **DNA analyses of large pangolin scale seizures Species identification validation and case studies**. Forensic Science International: Animals and Environments, 1, 100014.
- Hall, T., Biosciences, I., & Carlsbad, C. (2011). **BioEdit: An important software for molecular biology**. *GERF Bulletin of Biosciences*, 2 (June), 60–61.
- Hines, J.E. 2006. PRESENCE 5.3. **Software to estimate patch and occupancy rates and related parameters**. USGS-Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, Maryland, USA.
- Hsieh, H. M., Lee, J. C. I., Wu, J. H., Chen, C. A., Chen, Y. J., Wang, G. B., Chin, S. C., Wang, L. C., Linacre, A., & Tsai, L. C. (2011). **Establishing the pangolin mitochondrial D-loop sequences from the confiscated scales**. Forensic Science International: Genetics, 5 (4), 303–307.
- Karanth, K.U. and Nichols, J.D. 2002. **Monitoring tigers and their prey: a manual for researchers, managers and conservationists in tropical Asia**. Centre for Wildlife Studies, Bangalore, India.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2018). **MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms**. Molecular Biology and Evolution, 35 (6), 1547–1549.

- Lim, N.T.L., Ng, P.K.L. 2007. **Home range, activity cycle and natal den usage of a female Sunda pangolin *Manis javanica* (Mammalia: Pholidota) in Singapore.** Endang Species Res. 3: 1–8.
- Linkie, M., Dinata, A., Nugroho, A. and Haidir, I.A. 2007. **Estimating occupancy of a data deficient mammalian species living in tropical rainforests: Sun bears in the Kerinci Seblat region, Sumatra.** Biological Conservation. 137: 20–27.
- Luczon, A. U., Ong, P. S., Quilang, J. P., & Fontanilla, I. K. C. (2016). **Determining species identity from confiscated pangolin remains using DNA barcoding.** Mitochondrial DNA Part B: Resources, 1 (1), 763–766.
- MacKenzie, D.I. and Kendall, W.L. 2002. **How should detection probability be incorporated into estimates of relative abundance?** Ecology. 83: 2387–2393.
- MacKenzie, D.I., Nichols, J.D., Lachman, G.B., Droege, S., Royle, J.A. and Langtimm, C.A. 2002. **Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one.** Ecology. 83: 2248–2255.
- Suwal, T.L., Thapa, A., Gurung, S., Chandra Aryal, P., Basnet, H., Basnet, K., Shah, K.B., Thapa, S., Koirala, S., Dahal, S., Katuwal, H.B., Sharma, N., Jnawali, S.R., Khanal, K., Dhakal, M., Acharya, K.P., Ingram, D.J., Jay-Chyi Pei, K. (2020). **Predicting the potential distribution and habitat variables associated with pangolins in Nepal,** Global Ecology and Conservation.
- Withaningsih S, Noorahya F, Megantara EN, Parikesit, Husodo T. 2018. **Nest existences and population of Pangolin (*Manis javanica* Desmarest, 1822) at the designated area of Cisokan Hydropower, West Java, Indonesia.** Biodiversitas 19: 153–162.
- Zhang, H., Ades, G., Miller, M. P., Yang, F., Lai, K. Wai, & Fischer, G. A. (2020). **Genetic identification of African pangolins and their origin in illegal trade.** Global Ecology and Conservation, 23, e01119.
- Zhang, H., Miller, M. P., Yang, F., Chan, H. K., Gaubert, P., Ades, G., & Fischer, G. A. 2015a. **Molecular tracing of confiscated pangolin scales for conservation and illegal trade monitoring in Southeast Asia.** Global Ecology and Conservation, 4 (July), 414–422.