



โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ  
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.)  
Plant Genetic Conservation Projects The Royal Initiative of  
Her Royal Highness Maha Chakri Sirindhorn (RSPG)

การใช้เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอเพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม  
ของสัตว์ฟันแทะในพื้นที่ธรรมชาติของสวนสัตว์ขอนแก่น  
Using DNA molecular markers to study the genetic diversity of Rodents  
in the natural area of Khonkaen Zoo.

โดย

ฝ่ายอนุรักษ์ วิจัย และสุขภาพสัตว์ สวนสัตว์ขอนแก่น  
ตุลาคม 2566 – กันยายน 2567

**ชื่อโครงการวิจัย** : การใช้เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอเพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของสัตว์  
ฟันแทะในพื้นที่ธรรมชาติของสวนสัตว์ขอนแก่น

### บทคัดย่อ

สวนสัตว์ขอนแก่นตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ป่าธรรมชาติ และมีการเข้าใช้พื้นที่เพื่อก่อสร้างสวนสัตว์ โดยมีลักษณะเป็นป่าดิบแล้งผสมเต็งรัง เป็นพื้นที่ป่าที่มีความสมบูรณ์ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ซึ่งรวมไปถึงสัตว์กลุ่มสัตว์ฟันแทะ ประโยชน์ของสัตว์กลุ่มนี้มีหลากหลายประการ เช่น ช่วยควบคุมปริมาณแมลงภายในป่า เพิ่มความหลากหลายของพันธุ์พืช โดยการกัดแทะเมล็ดพันธุ์ไม้ที่มีเปลือกแข็ง และนำไปฝังดินจนงอกออกมาเป็นต้น ทั้งยังเป็นตัวบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ เป็นเหยื่อสำหรับสัตว์ใหญ่อื่น ๆ เช่น งู นกล่าเหยื่อ เป็นต้น โดยในปีงบประมาณ 2565 สวนสัตว์ขอนแก่น ได้รับจัดสรรงบประมาณในการดำเนินโครงการสำรวจความหลากหลายพันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะ ภายในสวนสัตว์ขอนแก่น ซึ่งเป็นการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพด้านความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ (Species diversity) ภายในสวนสัตว์ขอนแก่น พบสัตว์ฟันแทะ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ กระจ้อน กระจอกหลากสี และหนูพานเหลือง สวนสัตว์ขอนแก่นมีแนวคิดในการในการศึกษาความหลากหลายพันธุกรรม (Genetic diversity) ของสัตว์ฟันแทะ 3 ชนิดดังกล่าว และทำการเก็บตัวอย่างจากเลือด ขน หรือมูล ทั้งหมด 34 ตัวอย่าง จำแนกเป็นกระจ้อน 4 ตัวอย่าง กระจอกหลากสี 22 ตัวอย่าง และหนูพานเหลือง 8 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์จากการผันแปรของลำดับเบสใน Control region บนไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอของสัตว์ฟันแทะ ผลการวิเคราะห์หาลำดับเบสได้ขนาดความยาวของผลผลิต PCR ทั้งหมด ประมาณ 1230 – 1260 bp ซึ่งครอบคลุมในส่วนของ Control region ของสัตว์แต่ละชนิด จากการศึกษา สามารถจัดกลุ่มตามรูปแบบที่แตกต่างของลำดับเบส หรือ Haplotype จากกระจอกหลากสี 22 ตัวอย่าง ได้ทั้งหมด 6 รูปแบบ กระจ้อนที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง สามารถจัดได้ 3 รูปแบบ

การศึกษาคความหลากหลายทางพันธุกรรมสัตว์ฟันแทะของสวนสัตว์ขอนแก่นนั้นพบว่า กลุ่มสัตว์ฟันแทะที่ได้จากการศึกษา ประกอบด้วย หนูพานเหลือง กระจอกหลากสี และกระจ้อนนั้นมีความหลากหลายทางพันธุกรรมค่อนข้างสูง โดยพบว่ามีหลากหลายของ Haplotype และทุก Haplotype เป็น Haplotype ใหม่ที่ยังไม่มีการรายงานในฐานข้อมูล Genbank ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสากลที่ทำการศึกษาด้านดีเอ็นเอ และเมื่อนำสัตว์ทั้งสามชนิดมาศึกษาความสัมพันธ์ด้านวิวัฒนาการและสร้างแผนภูมิต้นไม้ทางไฟโลเจเนติก (Phylogenetic tree) พบว่าสัตว์ทั้งสามแยกออกจากกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ จากการศึกษากระจอกหลากสี มีความน่าสนใจคือพันธุกรรมที่ได้จากการศึกษามีความใกล้ชิดกับกระจอกหลากสีของประเทศญี่ปุ่นและประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และมีความแตกต่างอย่างชัดเจนจากประเทศไต้หวัน ในส่วนของกระจ้อนนั้น ถึงจะมีการรายงานการศึกษาในจังหวัดสุราษฎร์ธานี แต่กลับพบว่า พันธุกรรมของกระจ้อนในสวนสัตว์ขอนแก่นมีความคล้ายคลึงกับกระจ้อนในประเทศพม่ามากกว่า และพันธุกรรมหนูพานเหลืองในสวนสัตว์ขอนแก่นมีความใกล้ชิดกันมาก โดยมีความแตกต่างของลำดับเบสเพียงเล็กน้อย และมีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมร่วมกับหนูพานเหลืองในประเทศเวียดนามและแตกต่างกับที่พบในประเทศอินโดนีเซีย

**Project :** Using DNA molecular markers to study the genetic diversity of Rodents in the natural area of Khonkaen Zoo.

### Abstract

Khonkaen Zoo is located in a natural forest area which its characteristics composed of a dry evergreen forest mixed with deciduous dipterocarps. This forest is classified as an area with a high diversity of flora and fauna including rodent facilitating seed dispersal, and serving as bioindicators of ecosystem health and abundance. It is prey for other larger animals such as snakes, birds of prey, etc. In fiscal year 2022, the Khonkaen Zoo allocated budget to carry out a survey project to investigate the genetic diversity of rodents within its area in terms of species diversity. As a result, we found three rodents species including Indochinese ground squirrel (*Menetes berdmorei*), Finlayson's squirrel (*Callosciurus finlaysonii*) and Red spiny rat (*Maxomys surifer*) in Khon Kaen Zoo area. Thirty-four samples, obtained from the blood, fur, or droppings of surveyed rodents were analyzed for genetic diversity based on sequence variations in the control region on the rodents mitochondrial DNA. The results of the sequencing analysis yielded a total PCR product length of approximately 1230 – 1260 bp, which covered the control region of each rodent species. Each species sequences were sorted into groups according to the haplotype or a set of DNA variants derived from each sample. Six haplotypes were classified in twenty-two samples collected from *C.finlaysonii* while four samples of *M.berdmorei* and eight samples of *M.surifer* were composed of three haplotypes.

This study that the rodent population obtained in the Khonkaen Zoo. Including *M.berdmorei*, *C.finlaysonii*. and *M.surifer*, exhibited relatively high genetic diversity as evidenced by a wide variety of haplotypes detected. Notably, all identified haplotypes have not yet been corded in the Genbank database, an international database of DNA studies. The evolutionary relationships and phylogenetic tree created from the three rodent species, were distinct from each other. The genetics sequences obtained from *C.finlaysonii* showed significant similarity to its conspecifics in Japan and Southeast Asia while exhibited clear genetic divergence from populations in Taiwan. Regarding *M.berdmorei*, the gene sequences obtained in this study were found to differ from those reported in the previous study in Surat Thani Province, Thailand. In contrast, the genetic analysis indicated that *M.berdmorei* in Khon Kaen Zoo exhibited greater similarity to those found in Myanmar. However, only *M.surifer* showed a slight divergence in base sequences. The haplotype is found to be genetically close to those reported in Vietnam, while displaying genetic differences from the in Indonesia.

สงวนลิขสิทธิ์ของนิตยสาร

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยภายใต้ชุดโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ(อพ.สธ.) นักวิจัย ฝ่ายอนุรักษ์ วิจัยและสุขภาพสัตว์ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณผู้อำนวยการสวนสัตว์ขอนแก่น รวมไปถึงผู้บริหารที่เกี่ยวข้องจากทุกฝ่ายของสวนสัตว์ขอนแก่น ที่ช่วยในการดำเนินงาน ทำให้งานวิจัยโครงการการใช้เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอเพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะในพื้นที่ธรรมชาติของสวนสัตว์ขอนแก่น สามารถดำเนินการได้อย่างเรียบร้อย และเป็นไปตามแผนการดำเนินงาน

สวนสัตว์ขอนแก่น

สารบัญ

|  |       |
|--|-------|
| เรื่อง                                       | หน้า  |
| บทคัดย่อ                                     | ก     |
| Abstract                                     | ข-ค   |
| กิตติกรรมประกาศ                              | ง     |
| สารบัญ                                       | จ     |
| สารบัญตาราง                                  | ฉ     |
| สารบัญภาพ                                    | ช     |
| <b>บทที่ 1 บทนำ</b>                          |       |
| 1.1 หลักการและเหตุผล                         | 1     |
| 1.2 วัตถุประสงค์                             | 1     |
| 1.3 เป้าหมาย                                 | 2     |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                | 2     |
| <b>บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง</b> | 3-4   |
| <b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย</b>         |       |
| 3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา                 | 5     |
| 3.2 วัสดุอุปกรณ์                             | 5-6   |
| 3.3 สารเคมี                                  | 7-8   |
| 3.4 วิธีดำเนินงาน                            | 8-11  |
| <b>บทที่ 4 ผลการศึกษา</b>                    | 12-22 |
| <b>บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ</b>   |       |
| 5.1 สรุปผลการศึกษา                           | 23    |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ                               | 24    |
| เอกสารอ้างอิง                                | 25    |
| ภาคผนวก                                      | 26    |
| ภาคผนวก 1                                    | 27-28 |
| ภาคผนวก 2                                    | 29-40 |

ภาคผนวก 3  
ภาคผนวก 4

41  
42-75

ฉ

### สารบัญตาราง

| ตาราง  | หน้า |
|--|------|
| 4.1 แสดงช่วงปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอของละมั่งที่สกัดได้จากตัวอย่างเลือด                    | 12   |
| 4.2 แสดงจำนวน Haplotypes ที่ได้จากการศึกษาไมโทคอนเดรียลบริเวณ control region ของกระจ๊อน      | 18   |
| 4.3 แสดงจำนวน Haplotypes ที่ได้จากการศึกษาไมโทคอนเดรียลบริเวณ control region ของหนูพานเหลือง | 18   |
| 4.4 แสดงจำนวน Haplotypes ที่ได้จากการศึกษาไมโทคอนเดรียลบริเวณ control region ของกระรอกหลากสี | 19   |

### สารบัญภาพ

| ภาพ   | หน้า  |
|---|-------|
| 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ control region ในรูปแบบ Chromatogram ของ กระจ้อนหมายเลข KKZ- Mb2 โดยใช้ไพรเมอร์ L15933   | 14    |
| 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ control region ในรูปแบบ Chromatogram ของหนูฟานเหลือง หมายเลข KKZ - Ms37 โดยใช้ไพรเมอร์ L15933  | 15-16 |
| 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ control region ในรูปแบบ Chromatogram ของกระรอกหลากสี หมายเลข KKZ-Cf45 โดยใช้ไพรเมอร์ L15933  | 17    |
| 4.4 แสดง Phylogenetic tree แสดง Haplotype ต่างๆและความสัมพันธ์ของแต่ละ Haplotype ด้วยวิธี Neighbor-joining<br>(○กระรอกหลากสี, □กระจ้อน, ◇หนูฟานเหลือง)<br>สีที่แตกต่างกันแสดง Haplotype ที่แตกต่างกัน | 20    |

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 หลักการและเหตุผล

สวนสัตว์ขอนแก่น องค์การสวนสัตว์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ในสังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยภารกิจหลักองค์การสวนสัตว์ ได้แก่ การดำเนินงานด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรสัตว์ป่านอกถิ่นอาศัยควบคู่กับสนับสนุนการอนุรักษ์สัตว์ป่าในถิ่นอาศัย การดำเนินงานด้านการศึกษาวิจัยในสาขาต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนงานอนุรักษ์ ดำเนินงานด้านการให้การศึกษาแก่เยาวชนและประชาชน รวมถึงการปลูกฝังจิตสำนึกทางการอนุรักษ์อย่างยั่งยืน และเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจในบรรยากาศที่เป็นธรรมชาติ ซึ่งในแต่ละพื้นที่มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่เป็นองค์ประกอบในสภาพพื้นที่และสภาพพื้นที่และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

สวนสัตว์ขอนแก่นตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ป่าธรรมชาติและมีการเข้าใช้พื้นที่เพื่อก่อสร้างสวนสัตว์ โดยมีลักษณะของป่าดิบแล้งผสมเต็งรัง โดยจัดเป็นพื้นที่ป่าที่มีความสมบูรณ์ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง รวมไปถึงสัตว์กลุ่มสัตว์ฟันแทะ ซึ่งประโยชน์ของสัตว์กลุ่มนี้มีหลายอย่าง ทั้งช่วยควบคุมปริมาณแมลงภายในป่า เพิ่มความหลากหลายของพันธุ์พืช โดยการกัดแทะเมล็ดพันธุ์ไม้ที่มีเปลือกแข็ง และนำไปฝังดินจนงอกออกมาเป็นต้น ทั้งยังเป็นตัวบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ เป็นเหยื่อสำหรับสัตว์ใหญ่อื่นๆ เช่น งู นกล่าเหยื่อ เป็นต้น โดยในปีงบประมาณ 2565 สวนสัตว์ขอนแก่น ได้รับจัดสรรงบประมาณในการดำเนินโครงการสำรวจความหลากหลายพันธุ์กรรมของสัตว์ฟันแทะภายในสวนสัตว์ขอนแก่น ซึ่งเป็นการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพด้านความหลากหลายทางชนิดพันธุ์(Species diversity) พบสัตว์ฟันแทะ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ กระรอก กระจง และหนูฟันเหลือง โดยสวนสัตว์ขอนแก่นมีแนวคิดในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม(Genetic diversity) ของสัตว์ฟันแทะ 3 ชนิดดังกล่าว เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการจัดการและหาแนวทางในการอนุรักษ์ต่อไป

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสนองพระราชดำริโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ให้ต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. เพื่อทราบถึงพันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะภายในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่น
3. เพื่อทราบถึงความสัมพันธ์ของชนิดสัตว์ฟันแทะที่อยู่ในระบบนิเวศในสวนสัตว์

4. เพื่อหาแนวทางการจัดการและการปกป้องของชนิดพันธุ์สัตว์ที่อยู่ในระบบนิเวศในสวนสัตว์

สวนสัตว์ขอนแก่น

### 1.3 เป้าหมาย

เพื่อให้ได้ฐานข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรม(Genetic diversity) โดยการศึกษาด้วยเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของสัตว์ฟันแทะ ในสวนสัตว์ขอนแก่น และใช้ในการจัดการและวางแผนในการอนุรักษ์พันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะในสวนสัตว์ขอนแก่น

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ร่วมสนองพระราชดำริตามโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ภายในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่น
2. ทำให้ทราบถึงพันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะภายในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่น
3. ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของชนิดสัตว์ฟันแทะที่อยู่ในระบบนิเวศในสวนสัตว์
4. นำข้อมูลที่ได้เป็นแนวทางการจัดการและการปกป้องของชนิดพันธุ์สัตว์

## บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็กในอันดับสัตว์ฟันแทะ (Rodentia) และอันดับกระแต (Scandentia) เป็นสัตว์ป่าที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป ตั้งแต่ในพื้นที่ป่าธรรมชาติไปจนถึงถิ่นอาศัยของมนุษย์ (ยวลักษณ์, 2559) มีบทบาทในการช่วยกระจายเมล็ดพันธุ์พืช ผสมเกสรดอกไม้ และเป็นอาหารสำคัญของสัตว์กินเนื้อบางชนิด คือสัตว์เหล่านี้ช่วยในการกระจายพืชพันธุ์และมีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหาร แต่ในทางตรงกันข้าม ยังพบว่าสัตว์จำพวกนี้ได้ทำลายผลผลิตทางการเกษตรและเป็นพาหะของโรคติดต่อได้ (ตติยนุช, 2563) สัตว์ฟันแทะ สัตว์ในอันดับนี้ได้แก่ พวกหนู กระรอก สัตว์กลุ่มนี้มีฟันตัดโค้ง ใช้สำหรับสับอาหารไม่มีฟันเขี้ยว ฟันตัดไม่มีรากฟันและเจริญเติบโตได้ตลอดชีวิต สัตว์ในกลุ่มนี้จึงต้องแทะเพื่อทำให้ฟันสึกไม่เช่นนั้นฟันจะยาวออกมาตลอด ประกอบไปด้วย 1) วงศ์ Sciuridae พวก Diurnal squirrel เป็นกระรอกที่หากินกลางวัน มีขนาดใหญ่ มีหางยาวเป็นพวงสวยงาม มีกรงเล็บแหลมคม และมีใบหูใหญ่ บางชนิดมีปอยขนที่หู กระรอกขนาดเล็กและใหญ่สามารถแบ่งตามได้ 3 กลุ่ม คือ กระรอกขนาดใหญ่ เช่น พญากระรอก ซึ่งในเมืองไทยสามารถพบได้ 2 ชนิด ได้แก่ พญากระรอกดำ (*Ratufa bicolor*) และพญากระรอกเหลือง (*R. affinis*) ซึ่งเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองตามพระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 2) วงศ์ Hystricidae พวกเม่น (Porcupine) มีลักษณะทั่วไปตัวยาวเต็มที่ประมาณ 2 – 2 ฟุตครึ่ง ขาสั้น มีขนที่บริเวณหลังและช่วงท้ายลำตัวแข็งยาวเป็นหนามมีลายสลับสีขาวดำ เป็นสัตว์หากินกลางคืน หากินรากพืชหรือผลไม้ เป็นอาหารหลัก 3) วงศ์ Muridae พวกหนู จะมีรูปร่างแบบหนู คือ รูปร่างทรงกระบอกและด้านหัวมีทรง แหลม มีสี่ขา หางยาว โดยสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในวงศ์นี้มีจำนวนชนิดที่มากที่สุดในโลกคิดเป็นร้อยละ 65 ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมในอันดับ สัตว์ ฟันแทะทั้งหมด (วิชาญ, 2561) การจำแนกชนิดของหนู คือ ลักษณะภายนอก เช่น น้ำหนัก ลักษณะของขน สี จำนวนเต้านม และอื่นๆ 4) วงศ์ Rhizomyidae พวกอ้น (Bamboo rat) มีขนาดใหญ่ ความยาวตั้งแต่ 150-480 มิลลิเมตร (เฉพาะส่วนหัวและลำตัว) กับความยาวหางตั้งแต่ 50-200 มิลลิเมตร และน้ำหนักตั้งแต่ 150 กรัมถึง 4 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับชนิด ส่วนใหญ่กินลำต้นหรือส่วนหัวของพืชที่อยู่ใต้ดินเป็นอาหาร โดยขึ้นจากโพรงมาหาอาหาร มักไม่ค่อยออกจากโพรงหากไม่ใช่เป็นการหาอาหาร ระยะเวลาในการออกหากินในช่วงพลัดค่ำหรือกลางคืน ขนาดของโพรงกว้างขวางและแบ่งออกเป็นห้องต่าง ๆ ได้หลายห้อง

ความหลากหลายระหว่างระบบนิเวศเป็นความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งซับซ้อน สามารถ เห็นได้จากความแตกต่างระหว่างระบบนิเวศประเภทต่างๆ เช่น ป่าดงดิบ พุ่มหญ้า ป่าชายเลน ทะเลสาบ บึง หนอง ชายหาด แนวปะการัง ตลอดจนระบบนิเวศที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น พุ่มนา อ่างเก็บ น้ำ หรือแม้กระทั่งชุมชนเมืองของเราเอง ในระบบนิเวศเหล่านี้ สิ่งมีชีวิตที่ต่างชนิดกัน และมีสภาพการ อยู่อาศัยแตกต่างกัน ความแตกต่างหลากหลายระหว่างระบบนิเวศ ทำให้โลกมีถิ่นที่อยู่อาศัยเหมาะสม สำหรับสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) สวนสัตว์ขอนแก่นตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ป่าธรรมชาติและมีการเข้าใช้พื้นที่เพื่อก่อสร้างสวนสัตว์ โดยมีลักษณะของป่าดิบแล้งผสมเต็งรัง โดยจัดเป็นพื้นที่ป่าที่มีความสมบูรณ์ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง รวมไปถึงสัตว์กลุ่มสัตว์ฟันแทะ ซึ่งประโยชน์ของสัตว์กลุ่มนี้มีหลายอย่าง ทั้งช่วยควบคุมปริมาณแมลงภายในป่า เพิ่มความหลากหลายของพันธุ์พืช โดยการกัดแทะเมล็ดพันธุ์ไม้ที่มีเปลือกแข็ง และนำไปฝังดินจนงอกออกมาเป็นต้น ทั้งยังเป็นตัวบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ เป็นเหยื่อสำหรับสัตว์ใหญ่อื่นๆ เช่น งู นก ล่าเหยื่อ เป็นต้น โดยสวนสัตว์ขอนแก่นมีแนวคิดในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic diversity) ของสัตว์ฟันแทะเพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการจัดการและหาแนวทางในการอนุรักษ์ต่อไป

สงวนลิขสิทธิ์ของนิตยสาร

### บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่างจากเลือด มูล หรือขน จากโครงการ “การสำรวจความหลากหลายทางพันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะภายในพื้นที่ปกปักษ์ทรัพยากร สวนสัตว์ขอนแก่น” ที่ได้ดำเนินโครงการในปีงบประมาณ 2565 โดยตัวอย่างจากเลือดทำการเจาะเลือดใส่กระดาษกรอง และเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อ ขน มูล เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะมีการสกัดดีเอ็นเอ การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างได้ทั้งหมด 34 ตัวอย่าง จำแนกเป็นกระรอกหลากสี 22 ตัวอย่าง กระจ๊อน 4 ตัวอย่าง และหนูพานเหลือง 8 ตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมต่อไป

#### 3.2 วัสดุอุปกรณ์

##### 3.2.1 อุปกรณ์ ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเลือด

- 1) กระบอกฉีดยา (Disposable Syringe) ความจุ 1 มิลลิลิตร ยี่ห้อ NIPRO
- 2) เข็มฉีดยา (Hypodermic Needle) เบอร์ 25 (สี่เหลี่ยม) ยี่ห้อ NIPRO
- 3) หลอดเก็บเลือด (blood collection tube) มีสารกันเลือดแข็งชนิด EDTA (Tube with K2E (K,EDTA)) ขนาด 0.5 มิลลิลิตร (สีม่วง) ยี่ห้อ BD Microtainer

##### 3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัด DNA

- 1) Micropipette 20-200  $\mu\text{l}$  รุ่น Proline Plus Mechanical Pipette 20-200  $\mu\text{l}$  (Sartorius, Finland)
- 2) Micropipette 2-20  $\mu\text{l}$  รุ่น Proline Plus Mechanical Pipette 2-20  $\mu\text{l}$  (Sartorius, Finland)
- 3) Micropipette 0.1-3  $\mu\text{l}$  รุ่น Proline Plus Mechanical Pipette 0.1-3  $\mu\text{l}$  (Sartorius, Finland)
- 4) Pipette tip blue tip 100-1,000  $\mu\text{l}$ , Yellow tip 1-200  $\mu\text{l}$  ยี่ห้อ KIRGEN, China
- 5) Pipette tip micro tip 0.1-10  $\mu\text{l}$  (Gilson, USA)
- 6) เครื่องปั่นเหวี่ยงชนิดควบคุมอุณหภูมิ (Refrigerated Centrifuge) รุ่น Pro-Research K2015R ถู่มืออย่าง ไชล์ S (Centurion Scientific, UK)
- 7) เครื่องควบคุมอุณหภูมิน้ำ (Water bath) รุ่น Waterbath WNB7 (Memmert, Germany)
- 8) เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) รุ่น SA-252F (STURDY, Taiwan)
- 9) ตู้แช่แข็ง (Freezer) -20 °C รุ่น HCF478H-2 (N2) (Haier, Thailand)
- 10) ตู้แช่เย็น (Fridge) 4 และ -20 °C รุ่น STM 124F (S-COOL, Thailand)

- 11) เครื่องปั่นตก (Spin down) รุ่น MINI-6KS Centrifuge (Bioline, USA)
- 12) เครื่องเขย่าสาร (Personal Vortex) รุ่น V-1 plus (Biosan, EU)
- 13) เครื่องวัดปริมาณสารระดับนาโน (NanoDrop) รุ่น Genova Nano 737501 (Jenway, UK)
- 14) เครื่องดูดจ่ายสารละลาย ขนาด 100-1000 ไมโครลิตร (Micropipette 100-1000  $\mu$ l) รุ่น

Proline Plus Mechanical 1-channel Pipette 100-1000  $\mu$ l (Sartorius, Finland)

- 15) หลอด microcentrifuge (Micro-centrifuge tube) ขนาด 1.5 ml (Hycon, Thailand)
- 16) แท่นวางหลอดทดลอง (microtube rack) สำหรับหลอดขนาด 1.5 ml
- 17) กระดาษเช็ดเลนส์ (Lens cleaning wiper)

### 3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ PCR

- 1) Micropipette 2-20  $\mu$ l รุ่น Proline Plus Mechanical Pipette 2-20  $\mu$ l (Sartorius, Finland)
- 2) Micropipette 0.1-3  $\mu$ l รุ่น Proline Plus Mechanical Pipette 0.1-3  $\mu$ l (Sartorius, Finland)
- 3) Pipette tip Yellow tip 1-200  $\mu$ l (KIRGEN, China)
- 4) Pipette tip micro tip 0.1-10  $\mu$ l (Gilson, USA)
- 5) เครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม (Polymerase Chain Reaction (PCR)) รุ่น 5PRIMEG/02 (Techne Prime thermal cycler, UK)
- 6) ตู้ปฏิบัติการชี้อาร์ (Biosafety PCR Cabinet) รุ่น PCR-01 (AUGUSTIN, Thailand)
- 7) เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) รุ่น SA-252F (STURDY, Taiwan)
- 8) ตู้แช่แข็ง (Freezer) -20 °C รุ่น HCF478H-2 (N2) (Haier, Thailand)
- 9) ตู้แช่เย็น (Fridge) 4 และ -20 °C รุ่น STM 124F (S-COOL, Thailand)
- 10) เครื่องปั่นตก (Spin down) รุ่น MINI-6KS Centrifuge (Bioline, USA)
- 11) เครื่องดูดจ่ายสารละลาย ขนาด 20-200 ไมโครลิตร (Micropipette 20-200  $\mu$ l) รุ่น Proline Plus Mechanical Pipette 20-200  $\mu$ l (Sartorius, Finland)
- 12) หลอด microcentrifuge (Micro-centrifuge tube) ขนาด 1.5 ml (Hycon, Thailand)
- 13) หลอด PCR (PCR 8-strip tube) ขนาด 0.2 ml พร้อมฝาปิด (KIRGEN, China)
- 14) แท่นวางหลอดทดลอง (microtube rack) สำหรับหลอดขนาด 1.5 ml
- 15) แท่นวางหลอดทดลอง (microtube rack) สำหรับหลอดขนาด 0.2 ml
- 16) ถูน้ำแข็ง หรือเจลเก็บความเย็น (Ice pack)

### 3.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ทำ Gel electrophoresis

- 1) Micropipette 2-20  $\mu$ l รุ่น Proline Plus Mechanical Pipette 2-20  $\mu$ l (Sartorius, Finland)
- 2) Micropipette 0.1-3  $\mu$ l รุ่น Proline Plus Mechanical Pipette 0.1-3  $\mu$ l (Sartorius, Finland)
- 3) Pipette tip Yellow tip 1-200  $\mu$ l (KIRGEN, China)
- 4) Pipette tip micro tip 0.1-10  $\mu$ l (Gilson, USA)
- 5) ตู้ปฏิบัติการชีวความปลอดภัย (Biosafety PCR Cabinet) รุ่น PCR-01 (AUGUSTIN, Thailand)
- 6) ตู้อบไมโครเวฟ (Microwave oven) รุ่น R-220 (Sharp, Japan)
- 7) เครื่องอิเล็กโทรโฟรีซิสแบบแนวนอน (Horizontal Electrophoresis) พร้อมชุดอุปกรณ์ รุ่น Wide Mini-Sub Cell GT Systems (Bio-Rad, China)
- 8) เครื่องอิเล็กโทรโฟรีซิสแบบแนวนอน (Horizontal Electrophoresis) พร้อมชุดอุปกรณ์ รุ่น MT-108 (Major Science, USA)
- 9) เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับอิเล็กโทรโฟรีซิสแบบแนวนอน (Power supply for Electrophoresis Horizontal) รุ่น PowerPac Basic (Bio-Rad, Singapore)
- 10) เครื่องอ่านและถ่ายภาพแถบดีเอ็นเอ (Gel Document) รุ่น Bio-Print CX4 (Vilber, France) (ควบคุมการถ่ายภาพด้วยซอฟต์แวร์ Bio-Vision)
- 11) เครื่องชั่งสาร (Digital balance) 0.0001-210 กรัม รุ่น PA214 (Ohaus, USA)
- 12) เครื่องปั่นตก (Spin down) รุ่น MINI-6KS Centrifuge (Bioline, USA)
- 13) แท่นวางหลอดทดลอง (microtube rack) สำหรับหลอดขนาด 1.5 ml
- 14) แท่นวางหลอดทดลอง (microtube rack) สำหรับหลอดขนาด 0.2 ml
- 15) ขวดดูแรน (Laboratory Bottle)
- 16) กระบอกตวง (Cylinder)

### 3.3 สารเคมี

#### 3.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการสกัด DNA

- 1) ชุด Kit สำหรับสกัดดีเอ็นเอ Genomic DNA Isolation Kit (Blood/Cultured Cell/Fungus), Genomic DNA Isolation Kit (Tissue) (BIO-HELIX, Taiwan)
- 2) น้ำกลั่นบริสุทธิ์ปราศจากเชื้อ (Sterile purified water) (Calbiochem, USA)

#### 3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทำ PCR

- 1) น้ำยาสำเร็จรูป (Master Mix) ที่ใช้ในงาน PCR (OnePCR<sup>®</sup> Ultra) (BIO-HELIX, Taiwan)
- 2) โพรเมอร์ (Forward & Reverse Primers) (Macrogen, Korea)

3) น้ำกลั่นบริสุทธิ์ปราศจากเชื้อ (Sterile purified water) (Calbiochem, USA)

### 3.3.3 สารเคมีที่ใช้ทำ Gel electrophoresis

- 1) ดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker) ขนาดช่วง 100 คู่เบส (OneMARK 100) (BIO-HELIX, Taiwan)
- 2) 10X TBE Buffer (UltraPur<sup>®</sup> 10X TBE Buffer) (Life Technologies, USA)
- 3) 10X TBE Buffer (Merck KGaA, USA)
- 4) ผง Agarose (Life Technologies, USA)
- 5) น้ำกลั่น (Distilled water) (Better Syndicate, Thailand)

## 3.4 วิธีการดำเนินงาน

### 3.4.1 การสกัดดีเอ็นเอ

นำตัวอย่างเลือดในหลอด EDTA ซึ่งเก็บรักษาในตู้เย็นควบคุมอุณหภูมิ -20 °C ละลายที่อุณหภูมิห้องตัวอย่างจากเลือด มวล หรือชน ชุด Kit สำหรับสกัดดีเอ็นเอ Genomic DNA Isolation Kit (Blood/Cultured Cell/Fungus), Genomic DNA Isolation Kit (Tissue) (BIO-HELIX, Taiwan) ทำการตรวจคุณภาพดีเอ็นเอด้วยเครื่องวัดปริมาณสารระดับนาโน (NanoDrop) ซึ่งใช้วัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) แสดงถึงค่าความเข้มข้นของดีเอ็นเอและความบริสุทธิ์ของสารละลายดีเอ็นเอ และวัดค่าความเข้มข้นของดีเอ็นเอ และโหมต 260/280 เพื่อการวัดค่าความบริสุทธิ์ของสารละลายดีเอ็นเอ ประเมินคุณภาพดีเอ็นเอ โดยแปรผลข้อมูลค่าที่อ่านได้ซึ่งหากดีเอ็นเอไม่บริสุทธิ์อาจต้องทำการสกัดใหม่อีกครั้ง

- A260/A280 น้อยกว่า 1.65 แสดงว่า ดีเอ็นเอที่สกัดได้มีโปรตีนปนเปื้อน
- A260/A280 อยู่ระหว่าง 1.65 - 1.85 แสดงว่า ดีเอ็นเอมีความบริสุทธิ์
- A260/A280 มากกว่า 1.85 แสดงว่า ดีเอ็นเอที่สกัดได้มีอาร์เอ็นเอปนเปื้อน

### 3.4.2 การทำ PCR

ทำการเพิ่มขึ้นส่วนของละมั่งและเนื้อทรายด้วยเทคนิค Polymerase Chain Reaction (PCR) โดยนำสารละลาย DNA ที่ได้จากการสกัดมาเพิ่มขึ้นส่วนของยีน โดยใช้เครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการออกแบบไพรเมอร์จำนวน 1 คู่

Forward (L15933 5' CTCGGTCTTGTAACCAAAAATG 3') และ

Reverse (H637 5' AGGACCAAACCTTTGTGTTTATG 3')

การเตรียมทำ PCR

- OnePCR<sup>™</sup> Ultra ปริมาตร 12.5 µl
- Forward primer ปริมาตร 0.5 µl
- Reverse primer ปริมาตร 0.5 µl



ฟุ้งกระจายของตัวอย่างในบัพเฟอร์ โดยเว้นหลุมแรกไว้หยอด DNA marker (OneMARK 100) และหลุมสุดท้ายไว้หยอด negative control ปริมาตรหลุมละ 2  $\mu$ l หลังจากหยอดตัวอย่างทั้งหมดแล้ว

5) เมื่อโหลดตัวอย่างที่ต้องการรันเจล ครบแล้ว จึงทำการเปิดการทำงานของ เครื่อง อิเล็กโทรโฟรีซิส โดยทำการตั้งค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 75-100 V และใช้เวลาประมาณ 45-60 นาที โดยเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนตัวของดีเอ็นเอแปรผันกับเปอร์เซ็นต์เจลที่ใช้ และทำการสังเกตการเคลื่อนที่ของดีเอ็นเอโดยดูจากสีของ loading dye เป็นระยะๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการทำงาน

6) ตรวจสอบความยาวของชิ้นส่วน DNA ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) โดยทำการย้ายแผ่นเจลไปวางในเครื่องอ่านและถ่ายภาพแถบดีเอ็นเอ (Gel Document) ทำการเปิดโปรแกรม Bio-Vision กดปุ่ม Start เพื่อเริ่มการถ่ายภาพ เมื่อหน้าจอบรรยากาศ band ของ DNA ขึ้น ให้ทำการปรับความสว่าง, ขนาด และความคมชัดของภาพตามความเหมาะสม แล้วจึงทำการเก็บบันทึกภาพ โดยตรวจสอบว่ามี amplified PCR products เกิดขึ้นหรือไม่ โดยการวิเคราะห์แถบของ PCR product โดยเทียบกับดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker) ขนาดช่วง 100 คู่เบส ด้วยทุกครั้ง เพื่อประเมินแถบของ PCR product ที่ปรากฏว่ามีขนาดตรงกับความยาวของไพรเมอร์หรือไม่

#### 3.4.4 การเปรียบเทียบลำดับเบส (Alignment)

นำชิ้นส่วนดีเอ็นเอบริสุทธิ์ในรูป PCR-Product ซึ่งเก็บไว้ในหลอดที่อุณหภูมิ 4 ถึง -20 °C ไปส่งวิเคราะห์ลำดับเบส (DNA Sequencing) โดยบริษัท Wardmedic ซึ่งจะได้ผลลำดับเบสในส่วนของ Control region บนไมโทคอนเรียลดีเอ็นเอ ซึ่งมีความยาวประมาณ 1260 คู่เบส แล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของลำดับเบสของแต่ละตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม BioEdit Sequence Alignment Editor version 7.2.6.0 เพื่อทำการจัดกลุ่มรูปแบบ (Haplotype) เพื่อหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะที่ใช้ในงานวิจัย

## บทที่ 4 ผลการศึกษา

### 4.1 ปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอจากการสกัดตัวอย่าง

ทำการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างสัตว์ฟันแทะที่ทำการสำรวจในพื้นที่ธรรมชาติภายในสวนสัตว์ขอนแก่น สามารถจำแนกชนิดสัตว์ฟันแทะได้เป็น 3 ชนิดประกอบด้วย กระจง จำนวน 4 ตัวอย่าง หนูฟันเหลือง จำนวน 8 ตัวอย่าง และกระรอกหลากสี จำนวน 22 ตัวอย่าง รวมจำนวนทั้งหมด 34 ตัวอย่าง โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป Genomic DNA Isolation Kit (Blood/Cultured Cell/Fungus) และชุด Genomic DNA Isolation Kit (Tissue) ของบริษัท BIO-HELIX พบว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 8.434 – 39.26 ng/ $\mu$ l และมีความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเออยู่ในช่วง 1.418 – 2.210

**ตาราง 4.1** แสดงช่วงปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอของละมั่งที่สกัดได้จากตัวอย่างเลือด

| ชนิดสัตว์ฟันแทะ           | ค่าความเข้มข้น(ng/ $\mu$ l) | ค่าความบริสุทธิ์<br>( $A_{260}/A_{280}$ ) |
|---------------------------|-----------------------------|---|
| กระจง (4 ตัวอย่าง)        | 8.434 – 20.65               | 1.418 – 2.210                             |
| หนูฟันเหลือง (8 ตัวอย่าง) | 15.25 – 33.96               | 1.550 – 2.104                             |

#### 4.2 การศึกษาไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอของสัตว์ฟันแทะ

นำตัวอย่างเลือดและขนจากตัวอย่างของสัตว์ฟันแทะในพื้นที่ธรรมชาติภายในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่น มาวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุล โดยทำการสกัดดีเอ็นเอ และเพิ่มชิ้นส่วนยีนด้วยเทคนิค Polymerase Chain Reaction (PCR) โดยใช้ไพรเมอร์จำนวน 1 คู่ ในส่วนของ D-loop ของไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีขนาดตั้งแต่ 1040 – 1260 คู่เบส ซึ่งครอบคลุมในส่วนของ Control region ที่จะนำมาทำการศึกษา และขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับสัตว์แต่ละชนิด

Forward (L15933 5' CTCGGTCTTGTAACCAAAAATG 3')

Reverse (H637 5' AGGACCAAACCTTTGTGTTTATG 3')

ทำการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างของสัตว์ฟันแทะที่ทำการสำรวจเก็บตัวอย่างในพื้นที่ธรรมชาติภายในสวนสัตว์ขอนแก่น จากนั้นจึงนำเทคนิค PCR มาใช้เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ โดยปรับอุณหภูมิในการ Annealing เป็น 50 องศาเซลเซียสเพื่อความเหมาะสมต่อการเข้าจับของไพรเมอร์ โดยปฏิกิริยา PCR กระทำภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ ดังนี้

|                        |                                   |          |
|------------------------|-----------------------------------|----------|
| - Preheat              | ที่อุณหภูมิ 105 °C                |          |
| - Initial Denaturation | ที่อุณหภูมิ 94 °C เป็นเวลา 1 นาที | } 35 รอบ |
| - Denaturation         | ที่อุณหภูมิ 94 °C เป็นเวลา 1 นาที |          |
| - Annealing            | ที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 1 นาที |          |
| - Extension            | ที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นเวลา 1 นาที |          |
| - Final Extension      | ที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นเวลา 2 นาที |          |
| - Final Hold           | ที่อุณหภูมิ 4 °C                  |          |

จากการวิเคราะห์ดีเอ็นเอโดยการตรวจสอบผลผลิตที่ได้ใน 1.5 % agarose gel ด้วยเครื่องอิเล็กโตรโฟรีซิส พบว่าแถบดีเอ็นเอจากผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ (PCR products) ที่ปรากฏตรงกับขนาดของดีเอ็นเอเป้าหมาย ซึ่งมีขนาด 897 - 1131 คู่เบส ขึ้นอยู่กับสัตว์แต่ละชนิด ทำการส่งวิเคราะห์ลำดับเบสเพื่อเปรียบเทียบและนำมาศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรม

#### 4.3 ลำดับเบสของไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอส่วน Control region ของกระจ๊อน

ผลการส่งวิเคราะห์ลำดับเบสได้ข้อมูลลำดับเบสที่อยู่ในรูปของ Chromatogram (ภาพ 4.1 ) โดยเบสที่ได้แสดงในรูปแบบของกราฟที่มีสีแตกต่างกันในแต่ละเบส พิจารณาเบสที่มีความสูงของกราฟที่เหมาะสมและไม่

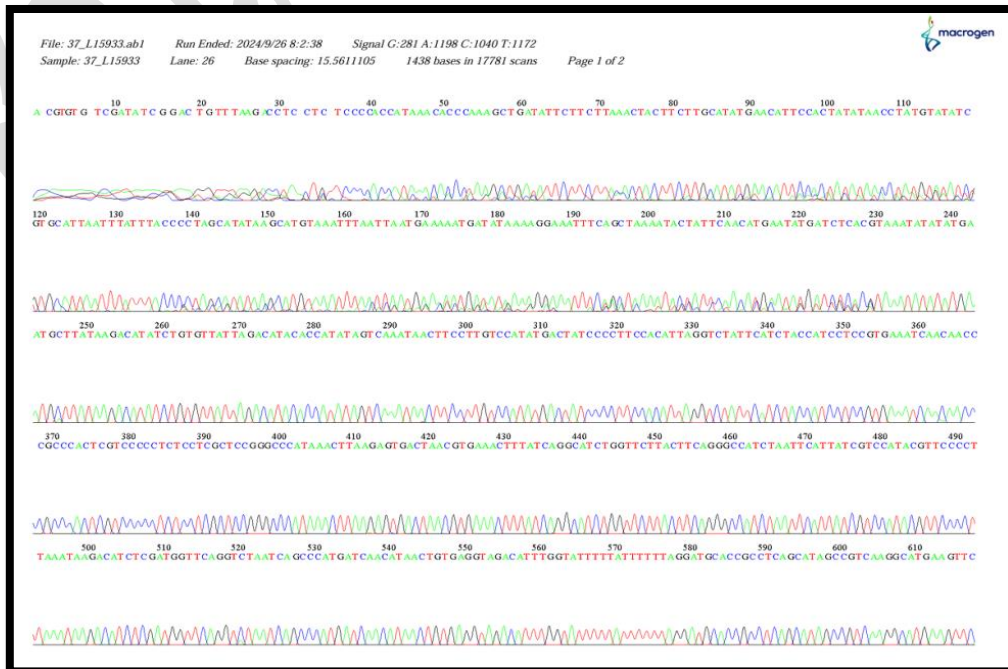


ภาพ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ control region ในรูปแบบ Chromatogram ของ กระจั่น หมายเลข KKZ- Mb2 โดยใช้ไพรเมอร์ L15933

4.4 ลำดับเบสของไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอส่วน Control region ของหนูพานเหลือง

ผลการส่งวิเคราะห์หาลำดับเบสได้ข้อมูลลำดับเบสที่อยู่ในรูปของ Chromatogram (ภาพ 4.2) โดยเบสที่ได้แสดงในรูปแบบของกราฟที่มีสีแตกต่างกันในแต่ละเบส พิจารณาเบสที่มีความสูงของกราฟที่เหมาะสมและไม่มีการปนเปื้อนเบสอื่นๆ ในตำแหน่งเดียวกัน ได้ขนาดความยาวของผลผลิต PCR ทั้งหมด ประมาณ 1230 bp ซึ่งครอบคลุมในส่วนของ Control region แล้วจากนั้นนำลำดับเบสที่ได้มาเปรียบเทียบกับลำดับเบสหนูพานเหลืองดีเอ็นเอของหนูพานเหลืองที่มีรายงานใน Gen Bank (accession number: NC 036732.1, HQ877314.1, HQ877282.1, HQ877302.1 HQ877305.1 HQ877264.1) เพื่อตรวจสอบความเหมือนและความหลากหลายของลำดับเบสจากการใช้โปรแกรม BioEdit Sequence Alignment Editor version 7.2.6.0 ทำการเปรียบเทียบความเหมือนกันของลำดับเบสเพื่อหาความแตกต่างของลำดับเบสและตัดลำดับเบสที่ไม่เหมาะสมต่อการศึกษาออกโดยใช้โปรแกรม Clustal W เพื่อจัดกลุ่ม (Haplotypeพบขนาดของลำดับเบสที่นำมาศึกษาในส่วน Control region ของ

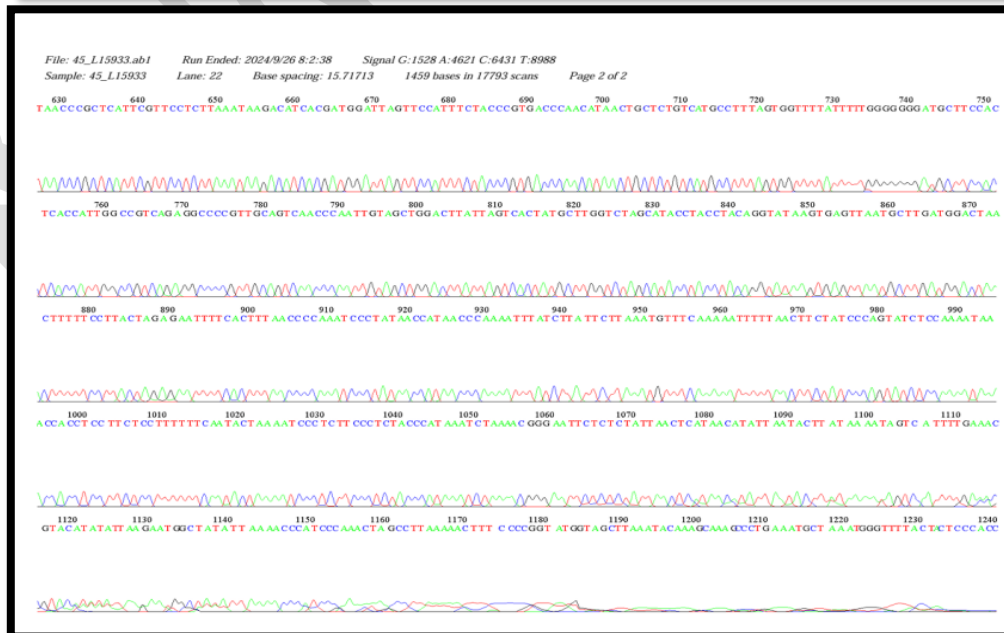
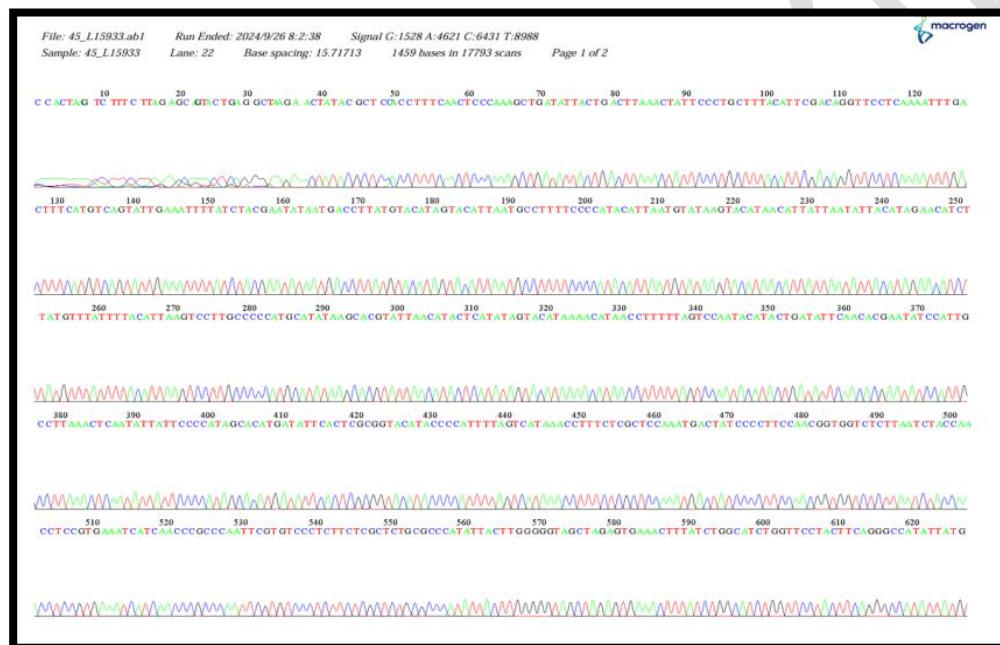
หนูพานเหลือง มี ความ 8 ตัวอย่าง ข น ำ ด ย ำ ว ประมาณ 960 คู่เบส



หนูพานเหลือง มี ความ 8 ตัวอย่าง ข น ำ ด ย ำ ว ประมาณ 960 คู่เบส



และตัดลำดับเบสที่ไม่เหมาะสมต่อการศึกษาออกโดยใช้โปรแกรม Clustal W เพื่อจัดกลุ่ม Haplotype ของกระรอก  
หลากสี 22 ตัวอย่าง มีขนาดลำดับเบสความยาวประมาณ 910 - 912 คู่เบส



ภาพ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ control region ในรูปแบบ Chromatogram ของกระรอกหลากสี หมายเลข KKZ-Cf45 โดยใช้ไพรเมอร์ L15933

#### 4.6 การจัดกลุ่ม Haplotype ของกระจ๊อนและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ

การหาลำดับเบสบนไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอ เพื่อจัดกลุ่มตามรูปแบบที่แตกต่างกันของลำดับเบส หรือ Haplotype ของกระจ๊อนจากดีเอ็นเอต้นแบบ (DNA template) ที่ได้มาจากตัวอย่างกระจ๊อนในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่น จำนวน 4 ตัวอย่าง พบว่ามีการจัดเรียงตัวของลำดับเบสที่มีความแตกต่างกันไปจากการวิเคราะห์ลำดับเบสในกลุ่มประชากร พบว่ามีรูปแบบของลำดับเบส (Haplotype) ทั้งหมด 3 รูปแบบ โดยรูปแบบของลำดับเบสที่มีจำนวนประชากรมากที่สุดคือ Haplotype 1 (2 ตัวอย่าง) ส่วน Haplotype2 และ Haplotype3 มีจำนวนกระจ๊อนอยู่อย่างละ 1 ตัวอย่าง

ตาราง 4.2 แสดงจำนวน Haplotypes ที่ได้จากการศึกษาไมโทคอลเดรียลบริเวณ control region ของกระจ๊อน

| Ha<br>plotypes | หมายเลขตัวอย่าง | จำนวน (n) |
|----------------|-----------------|-----------|
| 1              | KKZ-Mb / 40, 53 | 2         |
| 2              | KKZ-Mb / 2      | 1         |
| 3              | KKZ-Mb / 31     | 1         |
| <b>รวม</b>     |                 | <b>4</b>  |

#### 4.7 การจัดกลุ่ม Haplotype ของหนูพานเหลืองและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ

การหาลำดับเบสบนไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอ เพื่อจัดกลุ่มตามรูปแบบที่แตกต่างกันของลำดับเบส หรือ Haplotype ของหนูพานเหลืองจากดีเอ็นเอต้นแบบ (DNA template) ที่ได้มาจากตัวอย่างหนูพานเหลืองในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่น จำนวน 8 ตัวอย่าง พบว่ามีการจัดเรียงตัวของลำดับเบสที่มีความแตกต่างกันไปจากการวิเคราะห์ลำดับเบสในกลุ่มประชากร พบว่ามีรูปแบบของลำดับเบส (Haplotype) ทั้งหมด 3 รูปแบบ โดยรูปแบบของลำดับเบสที่มีจำนวนประชากรมากที่สุดคือ Haplotype 1 มีจำนวน 5 ตัวอย่าง Haplotype 2 มีจำนวน 2 ตัวอย่าง และ Haplotype 3 มีจำนวน 1 ตัวอย่าง

ตาราง 4.3 แสดงจำนวน Haplotypes ที่ได้จากการศึกษาไมโทคอลเดรียลบริเวณ control region ของหนูพานเหลือง

| Ha<br>plotypes | หมายเลขตัวอย่าง | จำนวน (n) |
|----------------|-----------------|-----------|
|----------------|-----------------|-----------|

|            |                             |          |
|------------|-----------------------------|----------|
| 1          | KKZ-Ms / 30, 37, 21, 19, 10 | 5        |
| 2          | KKZ-Ms / 9, 13              | 2        |
| 3          | KKZ-Ms / 14                 | 1        |
| <b>รวม</b> |                             | <b>8</b> |

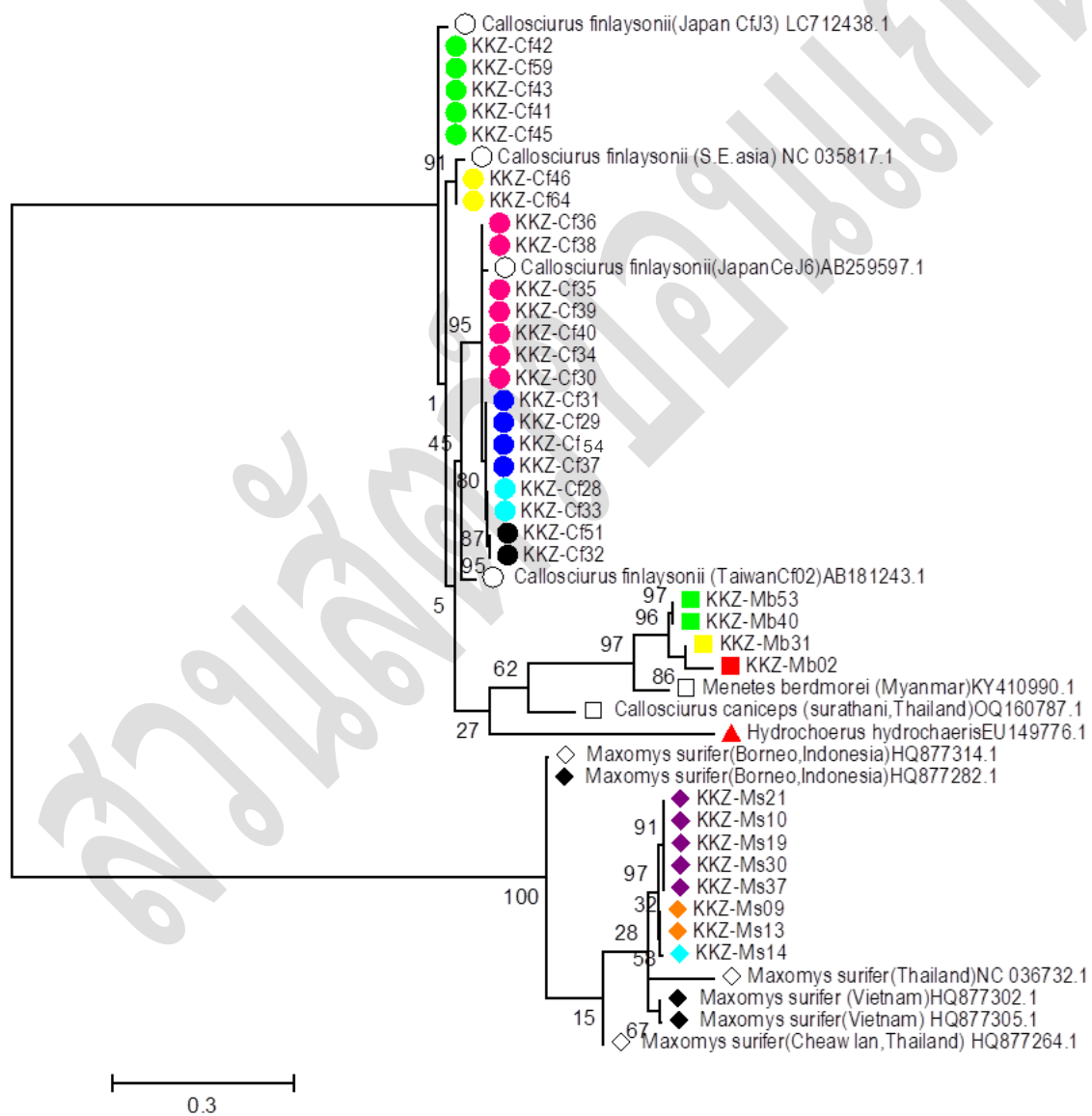
#### 4.8 การจัดกลุ่ม Haplotype ของกระรอกหลากสี และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการ

การหาลำดับเบสบนไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอ เพื่อจัดกลุ่มตามรูปแบบที่แตกต่างกันของลำดับเบส หรือ Haplotype ของกระรอกหลากสีจากดีเอ็นเอต้นแบบ (DNA template) ที่ได้มาจากตัวอย่างกระรอกหลากสีในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่น จำนวน 22 ตัวอย่าง พบว่ามีการจัดเรียงตัวของลำดับเบสที่มีความแตกต่างกันไปจากการวิเคราะห์ลำดับเบสในกลุ่มประชากร พบว่ามีรูปแบบของลำดับเบส (Haplotype) ทั้งหมด 6 รูปแบบ โดยรูปแบบของลำดับเบสที่มีจำนวนประชากรมากที่สุดคือ Haplotype 1 มีจำนวน 7 ตัวอย่าง รองลงมาเป็น Haplotype 2 จำนวน 5 ตัวอย่าง และ Haplotype 3 จำนวน 4 ตัวอย่าง ส่วน Haplotype 4, 5 และ 6 มีตัวอย่างละจำนวน 2 ตัวอย่าง

**ตาราง 4.4** แสดงจำนวน Haplotypes ที่ได้จากการศึกษาไมโทคอนเดรียลบริเวณ control region ของกระรอกหลากสี

| Ha<br>plotypes | หมายเลขตัวอย่าง                     | จำนวน (n) |
|----------------|-------------------------------------|-----------|
| 1              | KKZ-Cf / 39, 38, 30, 36, 35, 34, 40 | 7         |
| 2              | KKZ-Cf / 45, 41, 59, 43, 42         | 5         |
| 3              | KKZ-Cf / 31, 37, 54, 29             | 4         |
| 4              | KKZ-Cf / 46, 64                     | 2         |
| 5              | KKZ-Cf / 28, 33                     | 2         |
| 6              | KKZ-Cf / 51, 32                     | 2         |
| <b>รวม</b>     |                                     | <b>22</b> |

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละ Haplotype ทั้งหมดจากลำดับเบส โดยการสร้าง Phylogenetic tree ด้วยวิธีการหาระยะห่างทางพันธุกรรมตามวิธี neighbor-joining ด้วยโปรแกรม MEGA 7 ร่วมกับการทดสอบความน่าเชื่อถือของ tree ด้วย Bootstrap 1,000 รอบ สามารถสร้างเป็น Phylogenetic tree ดังแสดงในภาพ 4.4



ภาพ 4.4 แสดง Phylogenetic tree แสดง Haplotype ต่างๆและความสัมพันธ์ของแต่ละ Haplotype ด้วยวิธี Neighbor-joining (○ กระรอกหลากสี, □ กระจ๊อน, ◇ หนูพานเหลือง) สีที่แตกต่างกันแสดง Haplotype ที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในประชากรสัตว์ฟันแทะภายในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่น ตามวิธี Neighbor-joining เมื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของ Haplotype จากแผนผังความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมใน ประชากรสัตว์ฟันแทะพบว่ามีรูปแบบที่วิวัฒนาการหรือมีความใกล้ชิดกันได้จำนวน 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในประชากรกระรอกหลากสี (*Callosciurus finlaysonii*) เมื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของ Haplotype จากแผนผังความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในประชากร กระรอกหลากสี พบว่ามีรูปแบบของ DNA (Haplotype) ทั้งหมด 6 รูปแบบ จากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 22 ตัวอย่าง โดยรูปแบบ Haplotype 1 มีจำนวนรวม 7 ตัวอย่าง (KKZ-Cf39, KKZ-Cf38, KKZ-Cf30, KKZ-Cf36, KKZ-Cf35, KKZ-Cf34 และKKZ-Cf-40) รูปแบบของ DNA Haplotype 2 พบจำนวน 5 ตัวอย่าง (KKZ-Cf45, KKZ-Cf41, KKZ-Cf59, KKZ-Cf43 และ KKZ-Cf42) รูปแบบของ DNA Haplotype 3 พบจำนวน 4 ตัวอย่าง (KKZ-Cf31, KKZ-Cf37, KKZ-Cf54 และKKZ-Cf29) รูปแบบของ DNA Haplotype 4 พบจำนวน 2 ตัวอย่าง (KKZ-Cf46 และKKZ-Cf64) รูปแบบของ DNA Haplotype 5 พบจำนวน 2 ตัวอย่าง (KKZ-Cf28 และKKZ-Cf33) รูปแบบของ DNA Haplotype 6 พบจำนวน 2 ตัวอย่าง (KKZ-Cf51 และKKZ-Cf32)

ผลการศึกษาร่วม Control region บนไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอของกระรอกหลากสี พบว่ามีขนาด 910-912 คู่เบส และเมื่อแบ่งกลุ่มกระรอกหลากสีจากค่าระยะห่างทางพันธุกรรมด้วยวิธี Neighbor-joining สามารถ แบ่งรูปแบบของลำดับเบสในส่วน Control region ได้เป็น 6 รูปแบบ (Haplotypes) โดย Haplotype 2 มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมสูงกับกระรอกหลากสีที่มีการศึกษาในประเทศญี่ปุ่นที่มีรายงานใน Genbank ซึ่งเป็น Haplotype CfJ03 ซึ่งแสดงถึงการสืบทอดพันธุกรรมมาจากบรรพบุรุษร่วมเดียวกันโดยมีลำดับเบสอ้างอิง (LC712438.1) และมีค่าความน่าเชื่อถือ (Bootstrap) เท่ากับ 91 แสดงว่าการจัดกลุ่ม Haplotype นั้นมีความ น่าเชื่อถือหรือความเป็นไปได้ในระดับสูง Haplotype 4 มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับกระรอกหลากสีใน ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งแสดงถึงการสืบทอดพันธุกรรมมาจากบรรพบุรุษร่วมเดียวกันโดยมีลำดับเบสอ้างอิง (NC 035817.1) Haplotype 1, 3, 5, 6 มีความแตกต่างกันของลำดับเบสภายในกลุ่มเพียง เล็กน้อยและมีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมสูง ซึ่งแสดงถึงการสืบทอดพันธุกรรมมาจากบรรพบุรุษร่วมเดียวกันโดยมี ลำดับเบสอ้างอิง (AB259597.7) การศึกษาในประเทศญี่ปุ่นที่มีรายงานใน Genbank ซึ่งเป็น Haplotype CfJ06 และ มีค่าความน่าเชื่อถือ (Bootstrap) เท่ากับ 95, 80, 87, 95 ตามลำดับ แสดงว่าการจัดกลุ่ม Haplotype นั้นมีความ น่าเชื่อถือหรือความเป็นไปได้สูง

กลุ่มที่ 2 จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในประชากรกระจ๊อน (*Menetes berdmorei*) เมื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของ Haplotype จากแผนผังความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในประชากรกระจ๊อน พบว่ามี รูปแบบของ DNA (Haplotype) ทั้งหมด 3 รูปแบบ จากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง โดยรูปแบบ



Haplotype 1 มีจำนวนรวม 2 ตัวอย่าง (KKZ-Mb40 และ KKZ-Mb53) รูปแบบของ DNA  
 Haplotype 2 พบจำนวน 1 ตัวอย่าง (KKZ-Mb31) และรูปแบบของ DNA Haplotype 3 จำนวน 1  
 ตัวอย่าง (KKZ-Mb2)

ผลการศึกษารหัสส่วน Control region บนไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอของกระจ๊อน พบว่ามีขนาด 956-1131 คู่เบส และเมื่อแบ่งกลุ่มกระจ๊อนจากค่าระยะห่างทางพันธุกรรมด้วยวิธี Neighbor-joining สามารถแบ่งรูปแบบของลำดับเบสในส่วน Control region ได้เป็น 3 รูปแบบ (Haplotypes) โดย Haplotype 1, 2, 3 มีความแตกต่างกันของลำดับเบสภายในกลุ่มเพียงเล็กน้อยและมีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมสูง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในกระจ๊อนในเขตภูมิภาคอื่นทั่วโลกๆพบว่า กระจ๊อนในสวนสัตว์ขอนแก่นมีความคล้ายคลึงด้านพันธุกรรมกับกระจ๊อนในประเทศพม่า มากกว่ากระจ๊อนที่มีการศึกษาที่ประเทศไทยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยมีลำดับเบสอ้างอิง (LC712438.1) และ (OQ160787.1) ที่ได้จากฐานข้อมูลใน Genbank และในกลุ่มกระจ๊อนที่ศึกษาในสวนสัตว์ขอนแก่นมีค่าความน่าเชื่อถือ (Bootstrap) ในการจำแนกกลุ่ม Haplotype เท่ากับ 97, 96, 97 ตามลำดับ แสดงว่าการจัดกลุ่ม Haplotype นั้นมีความน่าเชื่อถือหรือความเป็นไปได้ในระดับสูง

กลุ่มที่ 3 จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในประชากรหนูพวนเหลือง (*Maxomys surifer*) เมื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของ Haplotype จากแผนผังความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในประชากรหนูพวนเหลือง พบว่ามีรูปแบบของ DNA (Haplotype) ทั้งหมด 3 รูปแบบ จากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ตัวอย่าง โดยรูปแบบ Haplotype 1 มีจำนวนรวม 5 ตัวอย่าง (KKZ-Ms30, KKZ-Ms37, KKZ-Ms21, KKZ-Ms19 และ KKZ-Ms10) รูปแบบของ Haplotype 2 พบจำนวน 2 ตัวอย่าง (KKZ-Ms9 และ KKZ-Ms13) และ Haplotype 3 พบจำนวน 1 ตัวอย่าง (KKZ-Ms14)

ผลการศึกษารหัสส่วน Control region บนไมโทคอนเดรียลดีเอ็นเอของหนูพวนเหลือง พบว่ามีขนาด 897-960 คู่เบส และเมื่อแบ่งกลุ่มหนูพวนเหลือง จากค่าระยะห่างทางพันธุกรรมด้วยวิธี Neighbor-joining สามารถแบ่งรูปแบบของลำดับเบสในส่วน Control region ได้เป็น 3 รูปแบบ (Haplotypes) โดย Haplotype 1, 2, 3 มีความแตกต่างกันของลำดับเบสภายในกลุ่มเพียงเล็กน้อยและมีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมสูง ซึ่งแสดงถึงการสืบทอดพันธุกรรมมาจากบรรพบุรุษร่วมกันโดยมีลำดับเบสอ้างอิง (HQ877314.1), (HQ877282.1), (HQ877264.1) และ (NC 036732.1) ได้จากฐานข้อมูล Genbank และมีค่าความน่าเชื่อถือ (Bootstrap) เท่ากับ 97 ตามลำดับ แสดงว่าการจัดกลุ่ม Haplotype นั้นมีความน่าเชื่อถือหรือความเป็นไปได้ในระดับสูง และก็พบว่าหนูพวนเหลืองของสวนสัตว์ขอนแก่นมีความสัมพันธ์กับหนูพวนเหลืองที่มีการศึกษาในก่อนหน้าในประเทศไทย และเวียดนามและแบ่งกลุ่มอย่างชัดเจนกับหนูพวนเหลืองในประเทศอินโดนีเซีย

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ทำการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างสัตว์ฟันแทะที่ทำการสำรวจภายในสวนสัตว์ขอนแก่น จำแนกเป็น กระจ๊อน จำนวน 4 ตัวอย่าง หนูฟันเหลือง จำนวน 8 ตัวอย่าง และกระรอกหลากสี จำนวน 22 ตัวอย่าง รวมจำนวน ทั้งหมด 34 ตัวอย่าง โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูป Genomic DNA Isolation Kit (Blood/Cultured Cell/Fungus) และชุด Genomic DNA Isolation Kit (Tissue) ของบริษัท BIO-HELIX พบว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 8.434 – 39.26 ng/ $\mu$ l และมีความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเออยู่ในช่วง 1.418 – 2.210 โดยค่าความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอ ( $A_{260}/A_{280}$ ) ที่ไม่ควรอยู่ในช่วง 1.65 - 1.85 หากได้ค่าที่ต่ำหรือสูงกว่านี้แสดงว่าดีเอ็นเอที่สกัดได้มีโปรตีนหรืออาร์เอ็นเอปนเปื้อนอยู่ ถ้าเป็นในกรณีนี้ควรหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดแยกที่ดียิ่งขึ้นซึ่งจากค่าที่อ่านได้พบว่าค่าความเข้มข้นของดีเอ็นเอจากตัวอย่างที่ โดยรวมมีค่าความเข้มข้นค่อนข้างสูง รวมถึงค่าความบริสุทธิ์ของดีเอ็นเอ อยู่ในช่วงของค่าความบริสุทธิ์ค่อนข้างแคบและคงที่ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของดีเอ็นเอที่เราทำการสกัดได้และสามารถนำไปศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมต่อไป

#### กระรอกหลากสี

ผลการวิเคราะห์ลำดับเบส ได้ขนาดความยาวของผลผลิต PCR ทั้งหมด ประมาณ 1260 ซึ่งครอบคลุมในส่วนของ Control region สามารถจัดกลุ่มตามรูปแบบที่แตกต่างกันของลำดับเบส หรือ Haplotype ทั้งหมด 6 รูปแบบ จากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 22 ตัวอย่าง โดยรูปแบบ Haplotype 1 มีจำนวนรวม 7 ตัวอย่าง (KKZ-Cf39, KKZ-Cf38, KKZ-Cf30, KKZ-Cf36, KKZ-Cf35, KKZ-Cf34 และKKZ-Cf-40) รูปแบบของ DNA Haplotype 2 พบจำนวน 5 ตัวอย่าง (KKZ-Cf45, KKZ-Cf41, KKZ-Cf59, KKZ-Cf43และ KKZ-Cf42) รูปแบบของ DNA Haplotype 3 พบจำนวน 4 ตัวอย่าง (KKZ-Cf31, KKZ-Cf37, KKZ-Cf54 และKKZ-Cf29) รูปแบบของ DNA Haplotype 4 พบจำนวน 2 ตัวอย่าง (KKZ-Cf46 และKKZ-Cf64) รูปแบบของ DNA Haplotype 5 พบจำนวน 2 ตัวอย่าง (KKZ-Cf28 และKKZ-Cf33) รูปแบบของ DNA Haplotype 6 พบจำนวน 2 ตัวอย่าง (KKZ-Cf51 และKKZ-Cf32)

#### กระจ๊อน

ผลการวิเคราะห์ลำดับเบส ได้ขนาดความยาวของผลผลิต PCR ทั้งหมด ประมาณ 1230 bp ซึ่งครอบคลุมในส่วนของ Control regionสามารถจัดกลุ่มตามรูปแบบที่แตกต่างกันของลำดับเบส หรือ Haplotype ทั้งหมด 3 รูปแบบ จากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง โดยรูปแบบ Haplotype 1 มีจำนวนรวม 2 ตัวอย่าง (KKZ-Mb40 และ KKZ-Mb53) รูปแบบของ DNA Haplotype 2 พบจำนวน 1 ตัวอย่าง (KKZ-Mb31) และรูปแบบของ DNA Haplotype 3 จำนวน 1 ตัวอย่าง (KKZ-Mb2)

### หนูปานเหลือง

ผลการวิเคราะห์ลำดับเบสได้ขนาดความยาวของผลผลิต PCR ทั้งหมด ประมาณ 1230 bp ซึ่งครอบคลุมในส่วนของ control region สามารถจัดกลุ่มตามรูปแบบที่แตกต่างกันของลำดับเบส หรือ Haplotype ทั้งหมด 3 รูปแบบ จากตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 8 ตัวอย่าง โดยรูปแบบ Haplotype 1 มีจำนวนรวม 5 ตัวอย่าง (KKZ-Ms30, KKZ-Ms37, KKZ-Ms21, KKZ-Ms19 และ KKZ-Ms10) รูปแบบของ DNA Haplotype 2 พบจำนวน 2 ตัวอย่าง (KKZ-Ms9, KKZ-Ms14 และ KKZ-Ms13) รูปแบบของ DNA Haplotype 3 พบจำนวน 1 ตัวอย่าง (KKZ-Ms14)

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมสัตว์ฟันแทะของสวนสัตว์ขอนแก่นนั้นพบว่า กลุ่มสัตว์ฟันแทะที่ได้จากการศึกษาประกอบด้วย หนูปานเหลือง กระรอกหลากสี และกระจ๊อนนั้นมีความหลากหลายทางพันธุกรรมค่อนข้างสูงโดยพบว่ามีความหลากหลายของ Haplotype และทุก Haplotype เป็น Haplotype ใหม่ที่ยังไม่มีการรายงานในฐานข้อมูล Genbank ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสากลที่ทำการศึกษาด้านดีเอ็นเอ และพบว่าสัตว์ทั้งสามชนิดนั้นเมื่อนำมาศึกษาความสัมพันธ์ด้านวิวัฒนาการและสร้างแผนภูมิ Phylogenetic tree พบว่าสัตว์ทั้งสามแยกออกจากกันอย่างชัดเจน และจากการศึกษากระรอกหลากสีนั้น มีความน่าสนใจคือพันธุกรรมที่ได้จากการศึกษามีความใกล้เคียงกับกระรอกหลากสีของประเทศญี่ปุ่นและกระรอกหลากสีในประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแตกต่างอย่างชัดเจนจากประเทศไต้หวัน ในส่วนของกระจ๊อนนั้นถึงจะมีการรายงานการศึกษาในประเทศไทยในจังหวัดสุราษฎร์ธานีแต่ก็พบว่าพันธุกรรมของกระจ๊อนในสวนสัตว์ขอนแก่นกลับมีความคล้ายเคียงกับกระจ๊อนในประเทศพม่ามากกว่า และหนูปานเหลืองของสวนสัตว์ขอนแก่นมีความใกล้เคียงทางพันธุกรรมกันมากโดยพบว่ามี ความแตกต่างของลำดับเบสเพียงเล็กน้อย และมีความใกล้เคียงทางพันธุกรรมร่วมกับหนูปานเหลืองในเวียดนามและแตกต่างกับที่พบในประเทศอินโดนีเซีย

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะ เกิดจากการเก็บตัวอย่างจากประชากรสัตว์ฟันแทะภายในสวนสัตว์ขอนแก่นตามเส้นสำรวจของพื้นที่ปกปัก ทำให้ข้อมูลที่ได้รับไม่สามารถตัดสินถึงความหลากหลายพันธุกรรมของประชากรที่แท้จริงของสัตว์ฟันแทะชนิดนั้นๆได้ และการวิเคราะห์ความหลากหลายพันธุกรรมจากสัตว์ฟันแทะทั้งหมดภายในสวนสัตว์นั้นเป็นไปได้ยากและต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก ซึ่งอย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถบ่งชี้ถึงความหลากหลายพันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะ เพื่อให้ทราบถึงพื้นที่ในการหาอาหารและดำรงชีวิตของสัตว์ฟันแทะในกลุ่มกระรอกหลากสี กระจ๊อน และหนูปานเหลือง

2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมจากสถานที่อื่นๆ และเพิ่มจำนวนประชากรในการศึกษา เพื่อให้ได้มาซึ่งแหล่งข้อมูลทางพันธุกรรมเกี่ยวกับความหลากหลายทางพันธุกรรมของสัตว์ฟันแทะเพื่อใช้เป็นแหล่งข้อมูลพื้นฐานและเพื่อเติมเต็มข้อมูลในด้านความหลากหลายทางพันธุกรรมเพื่อประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลทางด้านนิเวศวิทยาและลักษณะการกระจายพันธุ์ของสัตว์ฟันแทะ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการพื้นที่ปกปักและอนุรักษ์พันธุกรรมต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

ตติยนุช แหม่มใส, นริรัตน์ สังขะไชย, พิระวัส วงษ์ลือชัย, ปุญญพัฒน์ เศษวิสัย, ทิฆมเวท เวฬุวนารักษ์, รวงรัตน์ พุทธิ รงค์ วัตร, กฤษณา ใจชื่น และอินทอร เจื่อนาค. 2563. ความหลากหลายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็กใน

**พื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชเขาวังเขมร จังหวัดกาญจนบุรี.** ศูนย์เฝ้าระวังติดตามโรคจากสัตว์ป่า สัตว์ต่างถิ่น และสัตว์อพยพ ภาควิชาปรีคลินิกและสัตวศาสตร์ประยุกต์ ภาควิชาเวชศาสตร์คลินิกและการสาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

มินตา ชัยประสงค์สุข. 2547. **ความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของปรังในสกุล Encephalartos (Zamiaceae) โดยใช้เทคนิค RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยูลักษณ์ ชนะชัย, รองลาภ สุขมาสรวง และ ประทีป ดั่งวงศา. 2559. **ความหลากหลายชนิดและความมากมายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็กในป่าเบญจพรรณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี.** วารสารสัตว์ป่าเมืองไทย ฉบับที่ 1 2559.

วิชาญ วรธนะไควล์, ปราสาททอง พรหมเกิด, สมเกียรติ กล้าแข็ง และทรงทัฬ แก้วตา. 2561. **ความหลากหลายชนิดและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของหนูหริ่ง สกุล Mus (Rodentia: Muridae: Murinae) ที่พบในประเทศไทย** Diversity and Genetic Relationships of Mice Group in the Genus Mus (Rodentia: Muridae: Murinae) in Thailand. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2561 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2563. **ความหลากหลายทางชีวภาพ.** สืบค้นเมื่อ 11 กุมภาพันธ์ 2565, จาก <https://www.onep.go.th/>

Phadet boonkhaw, Umphornpimon prayoon, Budsabong kanchanasaka, Fumio Hayashi. (2017). Colour polymorphism and genetic relationships among twelve subspecies of *Callosciurus finlaysonii* in Thailand. **Mammalian Biology**, 2017, 6-13.

Tatsuo Oshida, Koichi Ikeda, Kazuhiko Yamada, Ryuichi Masuda. (2021, 22 jan). Phylogeography of the Japanese Giant Flying Squirrel, *Petaurista leucogenys*, Based on Mitochondrial DNA Control Region Sequences. **Zoological Science**. 107-114.

## ภาคผนวก

## ภาคผนวกที่ 1 พิกัด GPS และสัตว์พื้นทะเลที่ทำการศึกษา

| ปีงบประมาณ | ตัวที่ | ชนิดสัตว์    | พิกัด GPS               |
|------------|--------|--------------|-------------------------|
| 2565       | 2      | กระเจียน     | 16.8326145, 102.9055389 |
|            | 9      | หอยฟานเหลือง | 16.8314406, 102.9048740 |
|            | 10     | หอยฟานเหลือง | 16.8314403, 102.9045361 |
|            | 13     | หอยฟานเหลือง | 16.8312693, 102.9050564 |
|            | 14     | หอยฟานเหลือง | 16.8301894, 102.9033777 |
|            | 19     | หอยฟานเหลือง | 16.8314403, 102.9045361 |

|             |    |              |                         |
|-------------|----|--------------|-------------------------|
|             | 21 | หนูปานเหลือง | 16.8308216, 102.9030052 |
|             | 30 | หนูปานเหลือง | 16.8309166, 102.9041599 |
|             | 31 | กระเจี๊วน    | 16.8322647, 102.9057823 |
|             | 37 | หนูปานเหลือง | 16.8326145, 102.9055389 |
|             | 40 | กระเจี๊วน    | 16.8318559, 102.9058560 |
|             | 45 | กระรอกหลากสี | 16.8322371, 102.9039580 |
|             | 46 | กระรอกหลากสี | 16.8308216, 102.9030052 |
|             | 50 | กระรอกหลากสี | 16.8321049, 102.9035664 |
|             | 53 | กระเจี๊วน    | 16.8322647, 102.9057823 |
|             | 54 | กระรอกหลากสี | 16.8318819, 102.9047117 |
|             | 59 | กระรอกหลากสี | 16.8324220, 102.9052227 |
|             | 64 | กระรอกหลากสี | 16.8311862, 102.9026582 |
| <b>2567</b> | 1  | กระรอกหลากสี | 16.8466336, 102.8932392 |
|             | 2  | กระรอกหลากสี | 16.8450431, 102.8901310 |
|             | 3  | กระรอกหลากสี | 16.8446433, 102.8907287 |
|             | 4  | กระรอกหลากสี | 16.8449536, 102.8899056 |
|             | 5  | กระรอกหลากสี | 16.8452552, 102.8914696 |
|             | 6  | กระรอกหลากสี | 16.8452552, 102.8914696 |
|             | 7  | กระรอกหลากสี | 16.8448380, 102.8898148 |
|             | 8  | กระรอกหลากสี | 16.8448380, 102.8898148 |
|             | 9  | กระรอกหลากสี | 16.8448380, 102.8898148 |
|             | 10 | กระรอกหลากสี | 16.8452552, 102.8914696 |
|             | 11 | กระรอกหลากสี | 16.8402293, 102.8996971 |
|             | 12 | กระรอกหลากสี | 16.8452552, 102.8914696 |

ภาคผนวกที่ 1 พิกัด GPS และสัตว์พื้นแทะที่ทำการศึกษา(ต่อ)

| ปีงบประมาณ | ตัวที่ | ชนิดสัตว์    | พิกัด GPS               |
|------------|--------|--------------|-------------------------|
|            | 13     | กระรอกหลากสี | 16.8402293, 102.8996971 |
|            | 14     | กระรอกหลากสี | 16.8402293, 102.8996971 |
|            | 15     | กระรอกหลากสี | 16.8468938, 102.8957929 |
|            | 16     | กระรอกหลากสี | 16.8444340, 102.8981351 |

ภาคผนวกที่ 2 ข้อมูลสัตว์ฟันแทะที่ใช้ในการศึกษา

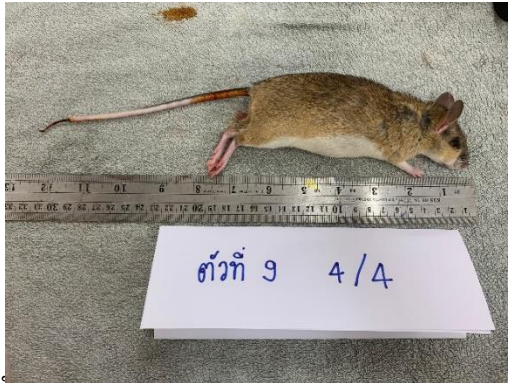
สัตว์ฟันแทะตัวที่ 1 (จับได้ตัวที่ 2 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระจ๊อน ชื่อวิทยาศาสตร์ *Menetes berdmorei* เพศ ผู้ น้ำหนัก 183.8 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 2 (จับได้ตัวที่ 9 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ หนูฟานเหลือง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Maxomys surifer* เพศ ผู้ น้ำหนัก 123.8 กรัม



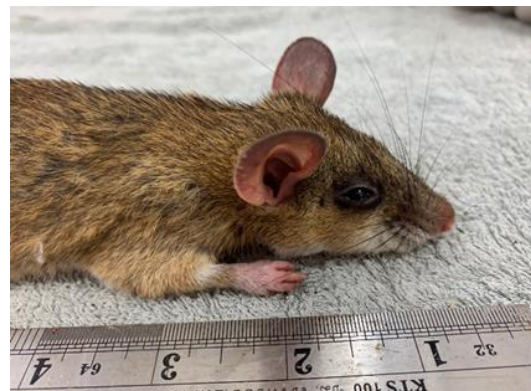
สัตว์ฟันแทะตัวที่ 9 (จับได้วันที่ 10 มิ.ย. พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ หนูฟานเหลือง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Maxomys surifer* เพศ ผู้ น้ำหนัก 117.4 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 4 (จับได้ตัวที่ 13 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ หนูฟานเหลือง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Maxomys surifer* เพศ ผู้ น้ำหนัก 191.4 กรัม



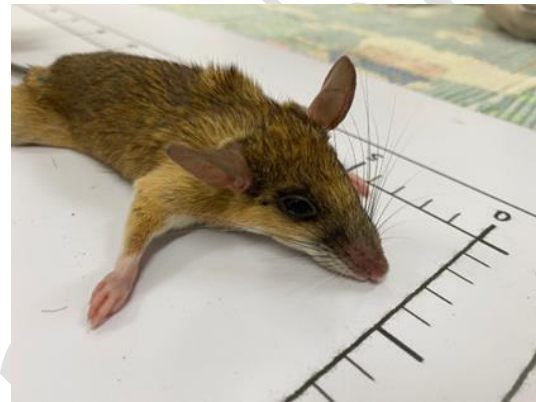
สัตว์ฟันแทะตัวที่ 5 (จับได้ตัวที่ 14 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ หนูฟานเหลือง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Maxomys surifer* เพศ ผู้ น้ำหนัก 89 กรัม



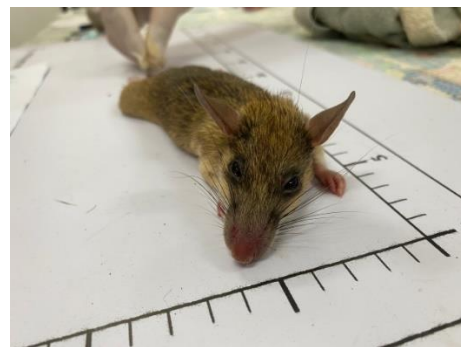
สัตว์ฟันแทะตัวที่ 6 (จับได้ตัวที่ 19 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ หนูฟานเหลือง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Maxomys surifer* เพศเมีย น้ำหนัก 124.2 กรัม



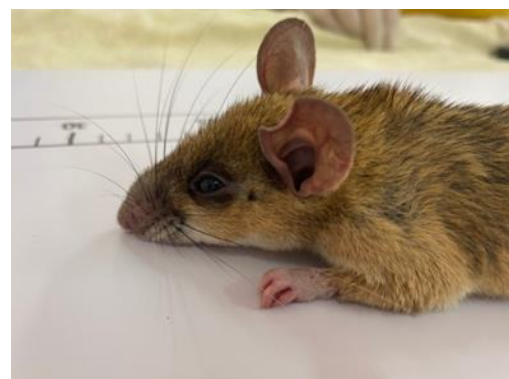
สัตว์ฟันแทะตัวที่ 7 (จับได้ตัวที่ 21 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ หนูฟานเหลือง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Maxomys surifer* เพศเมีย น้ำหนัก 129 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 8 (จับได้ตัวที่ 30 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ หนูฟานเหลือง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Maxomys surifer* เพศผู้ น้ำหนัก 162.6 กรัม



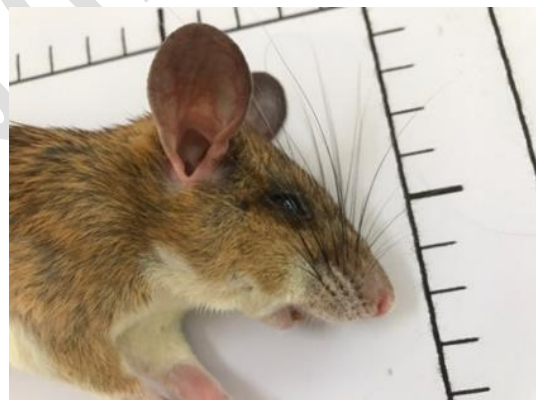
สัตว์ฟันแทะตัวที่ 9 (จับได้ตัวที่ 31 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระจ๊อน ชื่อวิทยาศาสตร์ *Menetes berdmorei* เพศ ผู้ น้ำหนัก 229 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 10 (จับได้ตัวที่ 37 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ หนูพวนเหลือง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Maxomys surifer* เพศ ผู้ น้ำหนัก 177.6 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 11 (จับได้ตัวที่ 40 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระจ๊อน ชื่อวิทยาศาสตร์ *Menetes berdmorei* เพศเมีย น้ำหนัก 201.2 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 12 (จับได้ตัวที่ 45 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศ ผู้ น้ำหนัก 284 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 13 (จับได้ตัวที่ 46 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 297 กรัม



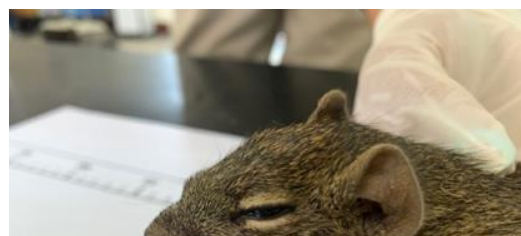
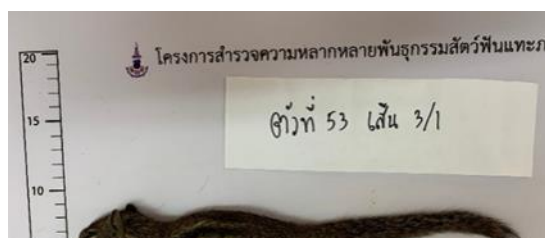
สัตว์ฟันแทะตัวที่ 14 (จับได้ตัวที่ 51 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 172.6 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 15 (จับได้ตัวที่ 53 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระจ้อน ชื่อวิทยาศาสตร์ *Menetes berdmorei* เพศผู้ น้ำหนัก 125.8 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 16 (จับได้ตัวที่ 54 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศ ผู้ น้ำหนัก 238.8 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 17 (จับได้ตัวที่ 59 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 254.8 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 18 (จับได้ตัวที่ 64 ปี พ.ศ.2565)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศ ผู้ น้ำหนัก 244 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 19 (จับได้ตัวที่ 1 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 179.2 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 20 (จับได้ตัวที่ 2 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศผู้ น้ำหนัก 287.4 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 21 (จับได้ตัวที่ 3 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศผู้ น้ำหนัก 267.4 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 22 (จับได้ตัวที่ 4 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศ ผู้ น้ำหนัก 290.6 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 23 (จับได้ตัวที่ 5 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 193.8 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 24 (จับได้ตัวที่ 6 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศ ผู้ น้ำหนัก 243.8 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 25 (จับได้ตัวที่ 7 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 285 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 26 (จับได้ตัวที่ 8 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 308 กรัม



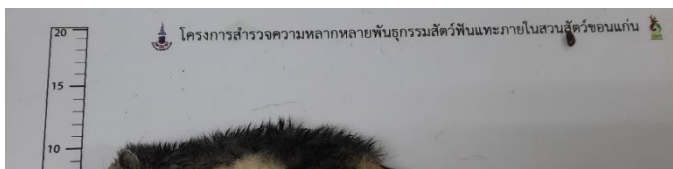
สัตว์ฟันแทะตัวที่ 27 (จับได้ตัวที่ 9 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 238.6 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 28 (จับได้ตัวที่ 10 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 332.8 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 29 (จับได้ตัวที่ 11 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศ ผู้ น้ำหนัก 250 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 30 (จับได้ตัวที่ 12 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 310 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 31 (จับได้ตัวที่ 13 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 275.4 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 32 (จับได้ตัวที่ 14 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 334 กรัม



สัตว์ฟันแทะตัวที่ 33 (จับได้ตัวที่ 15 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศผู้ น้ำหนัก 233.8 กรัม



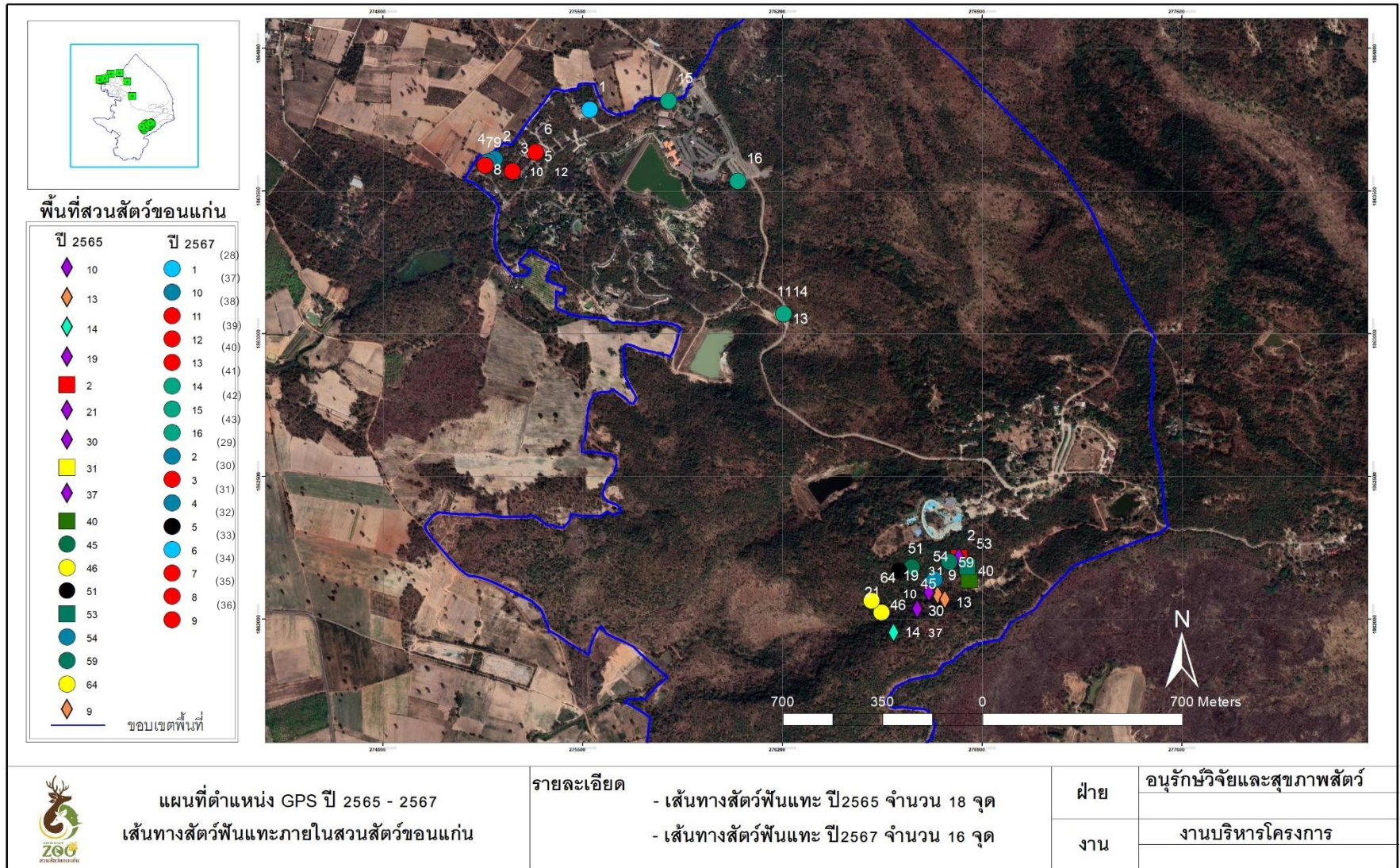
สัตว์ฟันแทะตัวที่ 34 (จับได้ตัวที่ 16 ปี พ.ศ.2567)

ชนิดสัตว์ กระรอกหลากสี ชื่อวิทยาศาสตร์ *Callosciurus finlaysonii* เพศเมีย น้ำหนัก 288.2 กรัม



สามารถดาวน์โหลดแบบเต็ม

ภาคผนวกที่ 3 แผนที่ตำแหน่ง GPS สัตว์พินแทะภายในพื้นที่สวนสัตว์ขอนแก่น



ภาคผนวกที่ 4 ข้อมูลลำดับเบสของไมโทคอนเดรียลในส่วนของ Control region ของสัตว์ฟันแทะ

>KKZ-Mb2

AGGGTAGAATAATAAATTCCAGCCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTGCTAGCTAAACTATTCCCTGTC  
AAAACCTTATAAATATCTTCTTCTTCTTCGATGGTTACCCCTAAATTGACATCTATGTCAGTATTGAAT  
TTTGACCAACAAATCGCATAATTTTATGTAATACGTGCATTAATGCCCTACCACATGAATATTCATGAA  
ATACATAATAATGATTAAGTACATAGAACATAATATGTTTAATAAACATTAACCCAGCCCTCATG  
CATATAAGCAAGTACATAAATACTCACGTAGTACATAAACATTACTACCATACCTCCACTAACATTAT  
GTCCCCCACACGAATATCCCAGATACCTAGAAATGATTAGCCCACATAGTACATAATATTCACCTTGC  
GGTACATACCCCATTTAGTCATAAACCTTTCTCGCTCCAAATGACTATCCCTTTCCAATGGTGGTCTCT  
TAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAAATCGTGTCCCTCTTCTCGCTCTGAGCCCAT  
ATATACTTGGGGGTAGCTAATCTGAACTTTATCTGGCATCTGGTTCCTACCTCAGGGCCATATCATG  
CTTTATCGCCCACTCGTTCCTTAATAAGACATCACGATGGATTAGTTCCATTCTTAACCCGTGAC  
CCAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTTTATTTGGGGGGATGCTTCCACTCACCATTGGC  
CGTCAAAGGCCCCGTT  
GCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAATCACTATTCTTGGTCTTGCATATATCACTATCAGGTA  
TTAAGGAGTTAATGCGTGATGGACTACAAATTTTTCTAGACTAAAACCTTCTTTCTTTTTCCCTA  
TCCCAATTATCATAAACCTTACAATTTATCCTAATCAATAAATGCT

>KKZ-Mb31

AGGGTAGAATAATATATTCCGCCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTGCTAGCTAAACTATTCCCTGTCAA  
AACCTTATAAATATCTTCTTCTTCTTCGATGGTTACCCCTAAATTGACATCTATGTCAGTATTGAATTTT  
GACCAACAAATCGCATAATTTTATGTAATACGTGCATTAATGCCCTACCACATGAATATTCATGAAATA  
CATAATAATGATTA AAAAGTACATAGAACATAATATGTTTAATAAACATTA AAAACCCAGCCCTCATGCAT  
ATAAGCAAGTACATAAATACTCACGTAGTACATAAAACATTACTACCATACCTCCACTAACATTATGTC  
CCCCACACGAATATCCCAGATACCTAGAAATGATTATCCCACATAGTACATAATATTCACCTGCGGT  
ACATACCCCATTTAGTCATAAACCTTTCTCGCTCCAAATGACTATCCCTTTCCAATGGTGGTCTCTTAA  
TCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAAATCGTGTCCCTCTTCTCGCTCTGAGCCCATATA  
TACTTGGGGGTAGCTAATCTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTCCTACCTCAGGGCCATATCATGCTT  
TATCGCCCACTCGTTCCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAGTTCATTCTTAACCCGTGACCCA  
ACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTTTATTTGGGGGGATGCTTCCACTCACCATTGGCCGT  
CAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGTCACTATTCTTGGTCTTGCATAT  
ATCACTATCAGGTATTAAGGAGTTAATGCTTGATGGACTAGAAAATTTTTACTAGAGAAAAACCTACTTT  
AACTTTTTGACTTATACAAATTATCTAAACCTTCCCATTATTCATATAATTTTTCTTCTTCTTATATGTTAC  
AAAAATTTTAACTCTTATGTCAGTATCTCTGAATCACCTCCCTAATTTTAAATTTACCTGATACTAAATT  
CCCTCATAACTAATCCCCTACTTTAACAAAAA

>KKZ-Mb40

AGGGTAGAATAATAAATTCAGCCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAGCTAAACTATTCCCTGTCA  
AAACCTTATAAATATCTTCTTCTTCTTCGATGGTTACCCCCTAAATTGACATTTATGTCAGTATTGAATTT  
TGACCAACAAATCGCATAATTTTATGTAATACGTGCATTAATGCCCTACCACATGAATATTCATGAAAT  
ACATAATAATTATTAAGTACATAGAACATAATATGTTTAATAAACATTAATAATCCAGTCCCCATGCA  
TATAAGCAAGTACATAGATACCCATATAGTACATAAAACATTATCACTATGCTTCCACTAACGTCATGC  
TTATCCACACGAATATCCCAGATACTTAGAAATGATTAGTCCCCATAGCACATAACATTCACTTGCGG  
TACATACCCCATTCAGTCATAAACCTTTCTCGCTCCAAATGACTATCCCCTTCCAATGGTGGTCTCTTA  
ATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCAAACCGTGTCCCTCTTCTCGCTCTGAGCCATA  
TACACTTGGGGGTAGCTAATCTGAACTTTATCTGGCATCTGGTTCCTACCTCAGGGCCATATCATGC  
TTTATCGCCCACTCGTTCCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAGTTCATTCTTAACCCGTGACC  
CAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTTTATTTGGGGGGGATGCTTCCACTCACCATTGG  
CCGTCAGAGGCCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGTCACTATTCTTGGTCTTGC  
ATATATCACTATCAGGTATTAAGGAGTTAATGCTTGATGGACTAGGAATTTTTTACTAGAGAAAAACCT  
ACTTTAACTTTTTGACTCATACAAATTACCTTAACCTTCCCATTATTCATATAATTTTTCTTCTTATAT  
GTTACAAAAATTTTAACTCTTATGTCAGTATCTCTGAATCACCTCCCTAATTTTAAATTTACCTAATACT  
AAATCCCTCATAACTAATCCCCTACTTTAACAAAA

>KKZ-Mb53

AGGGTAGAATAATAAATTCCAGCCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAGCTAAACTATTCCCTGTCA  
AAACCTTATAAATATCTTCTTCTTCTTCGATGGTTACCCCCTAAATTGACATTTATGTCAGTATTGAATTT  
TGACCAACAAATCGCATAATTTTATGTAATACGTGCATTAATGCCCTACCACATGAATATTCATGAAAT  
ACATAATAATTATTAAGTACATAGAACATAATATGTTTAATAAACATTAATAATCCAGTCCCCATGCA  
TATAAGCAAGTACATAGATACCCATATAGTACATAAAACATTATCACTATGCTTCCACTAACGTCATGC  
TTATCCACACGAATATCCCAGATACTTAGAAATGATTAGTCCCATAGCACATAACATTCACTTGCGG  
TACATACCCCATTCAGTCATAAACCTTTCTCGCTCCAAATGACTATCCCCTTCCAATGGTGGTCTCTTA  
ATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAAACCGTGTCCCTCTTCTCGCTCTGAGCCATA  
TACACTTGGGGGTAGCTAATCTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTCCTACCTCAGGGCCATATCATGC  
TTTATCGCCCCTCGTTCCCCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAGTTCATTCTTAACCCGTGACC  
CAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTTTATTTGGGGGGATGCTTCCACTCACCATTGGCC  
GTCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGTCACTATTCTTGGTCTTGCAT  
ATATCACTATCAGGTATTAAGGAGTTAATGCTTGATGGACTAGGAATTTTTTACTAGAGAAAAACCTAC  
TTTAACTTTTTGACTCATACAAATTACCTTAACCTTCCCATTATTCATATAATTTTTCTTCTTATATGT  
TACAAAAATTTTTAACTC

>KKZ-Ms19

CAAAGCTGATATTCTTCTTAAACTACTTCTTGCATATGAACATTCCACTATATAACCTATGTATATCGTG  
CATTAAATTTATTTACCCCTAGCATATAAGCATGTAAATTTAATTAATGAAAAATGATATAAAAGGAAATTT  
CAACTAAAATACTATTCAACATGAATATGATCTCACGTAAATATATATGAATGCTTATAAGACATATCTG  
TGTTATTAGACATACACCATATAGTCAAATAACTTCCTTGTCCATATGACTATCCCCTTCCACATTAGGT  
CTATTCATCTACCATCCTCCGTGAAATCAACAACCCGCCACTCGTCCCCCTCTCCTCGCTCCGGGC  
CCATAAACTTAAGAGTGACTAACGTGAAACTTTATCAGGCATCTGGTTCTTACTTCAGGGCCATCTAAT  
TCATTATCGTCCATACGTTCCCCTTAAATAAGACATCTCGATGGTTCAGGTCTAATCAGCCCATGATCA  
ACATAACTGTGAGGTAGACATTTGGTATTTTTATTTTTAGGATGCACCGCC  
TCAGCATAGCCGTCAAGGCATGAAGTTCAACTTTACGTCTAGACGAACCTACAGTTAAGGGTCATTTA  
TCCTCATAGTCAAGCTCCGAAGACTATAAGTTAATGCTTTGAGGACATAAATCTTTATTAAGCCTTAAA  
TTCTACTTTTTTCCTTACCAAACCCCCCTCCCCATCCCTAAAAATCTCCAATGCCAAACCCCAAAA  
ACATTGAAGAACAAAACCAATCATCTACTAGGGACTTCATTCATTCTAGTAGTCCCCCAAATAAGAC  
TTAAATCCCAGTATTGGTAACATTTCCCAAACCAAACCTCCATCTAAATAAAACCACCAACTCTACCT  
ATCTCCCAAATAAATTCCCACCCATTACAGTTAATGTAGCTTATCACAAAGCAAAGCACTGAAAATGC  
TTAGATGGATTT

>KKZ-MS21

CAAAGCTGAGATTCTTCTTACACTACTTCATGCATATGAATATTCCACTATAAAACCTATGGGTATCGT  
GCATTAATTTATTTACCCATAGCATATAAGCATGTAAATTTAATTAATGAAAAATGATATAAAAAGAAATT  
TCAACTAAAATACTATTCAACATGAATATGATCTCACGTAAATATATATGAATGCTTATAAGACATATCT  
GTGTTATTAGACATACACCATATAGTCAAATAACTTCCTTGTCCATATGACTATCCCCTTCCACATTAG  
GTCTATTCATCTACCATCCTCCGTGAAATCAACAACCCGCCACTCGTCCCCCTCTCCTCGCTCCGG  
GCCATAAACTTAAGAGTGACTAACGTGAAACTTTATCAGGCATCTGGTTCTTACTTCAGGGCCATCT  
AATTCATTATCGTCCATACGTTCCCCTTAAATAAGACATCTCGATGGTTCAGGTCTAATCAGCCCATGA  
TCAACATAACTGTGAGGTAGACATTTGGTATTTTTATTTTTAGGATGCACCGCCTCAGCATAGCCGTC  
AAGGCATGAAGTTCAACTTTACGTCTAGACGAACCTACAGTTAAGGGTCATTTATCCTCATAGTCAAG  
CTCCGAAGACTATAAGTTAATGCTTTGAGGACATAAATCTTTATTAAGCCTTAAATTCTACTTTTTTCCTT  
ACCAAACCCCCCTCCCCATCCCTAAAAATCTCCAATGCCAAACCCCAAAAACATTGAAGAACAAA  
ACCAATCATCTACTAGGGACTTCATTCATTCTAGTAGTCCCCCAAATAAGACTTAAATCCCAGTATTG  
GTAACATTTCCCAAACCAAACCTCCATCTAAATAAAACCACCAACTCTACCTATCTCCCAAATAAATT  
CCCACCCATTACAGTTAATGTAGCTTATCACAAAGCAAAGCACTGAAAATGCTTAGATGGATT

>KKZ-Ms37

CAAAGCTGATATTCTTCTTAAACTACTTCTTGCATATGAACATTCCAATATATAACCTATGTATATCGTG  
CATTAAATTTATTTACCCCTAGCATATAAGCATGTAAATTTAATTAATGAAAAATGATATAAAAGGAAATTT  
CAGCTAAAATACTATTCAACATGAATATGATCTCACGTAATATATATGAATGCTTATAAGACATATCTG  
TGTTATTAGACATACACCATATAGTCAAATAACTTCCTTGTCCATATGACTATCCCCTTCCACATTAGGT  
CTATTCATCTACCATCCTCCGTGAAATCAACAACCCGCCACTCGTCCCCCTCCTCGCTCCGGGC  
CCATAAACTTAAGAGTGACTAACGTGAAACTTTATCAGGCATCTGGTTCTTACTTCAGGGCCATCTAAT  
TCATTATCGTCCATACGTTCCCCTTAAATAAGACATCTCGATGGTTCAGGTCTAATCAGCCCATGATCA  
ACATAACTGTGAGGTAGACATTTGGTATTTTTATTTTTAGGATGCACCGCCTCAGCATAGCCGTCAAG  
GCATGAAGTTCAACTTTACGTCTAGACGAACCTACAGTTAAGGGTCATTTATCCTCATAGTCAAGCTC  
CGAAGACTATAAGTTAATGCTTTGAGGACATAAATCTTTATTAAGCCTTAAATTCTACTTTTTTCCTTAC  
CAAACCCCCCTCCCCATCCCTAAAAATCTCCAATGCCAAACCCCAAAAACATTGAAGAACAAAAC  
CAATCATCTACTAGGGACTTCATTCAATTCTAGTAGTCCCCCAAATAAGACTTAAATCCCAGTATTGGT  
AACATTTCCCAAACCAAACCTCCATCTAAATAAAACCACCAACTCTACCTATCTCCCAAATAAATTCC  
CACCCATTACAGTTAATGTAGCTTATCACAAAGCAAAGCACTGAAAATGCTTAAATGGATTT

>KKZ-Ms21

CAAAGCTGATATTCTTCTTAACTACTTCTTGCATACAAACATTCCACTATATAACCTATGTATATCGTG  
CATTAAATTTATTTACCCCTAGCATATAAGCATGTAAATTTAATTAATGAAAAATGATATAAAAAGAAATTT  
CAACTAAAATACTATTCAACATGAATATGATCTCATGTAAATATATATGAATGCTTATAAGACATATCTG  
TGTTATTAGACATACACCATATAGTCAGATAACTTCCTTGTCCATATGACTATCCCCTTCCACATTGGG  
TCTATTCATCTACCATCCTCCGTGAAATCAACAACCCGCCACTCGTCCCCCTCTCCTCGCTCCGGG  
CCCATAAACTTAAGAGTGACTAACGTGAAACTTTATCAGGCATCTGGTTCTTACTTCAGGGCCATCCA  
ATTCATTATCGTCCATACGTTCCCCTTAAATAAGACATCTCGATGGTTCAGGTCTAATCAGCCCATGAT  
CAACATAACTGTGAGATAGACATTTGGTATTTTTATTTTTTAGGATGCACCGCCTCAGCATAGCCGTCA  
AGGCATGAAGTTCAACTTTACGTCTAGACGAACCTTCAGTTAAGGATCATTTATCCTCATAGTCAAGCT  
CCGAAGACTATAAGTTAATGCTTTGAGGACATAAATCTTTATTAAGCCTTAAATTCTACTTTTTTCTTA  
CCAAACCCCCCTCCCCATCCCTAAAAATCTCCAATGCCAAACCCCAAAAACATTGAAGAACAAAAC  
CAATCATCTACTAGGGACTTCATTCATTCTAGTAGTCCCCCAAATAAACTTAAATCCCAGTATTGGT  
AACATTTCCCAAACCAAAACCTCCATCTAAATAAAACCACCAACTCTACCTATCTCCCAAATAAATTCC  
CACCCATTACAGTTAATGTAGCTTATCACAAAGCAAAGCACTGAAAATGCTTAGATGGATTT

>KKZ-Ms13

CAAAGCTGATATTCTTCTTAAACTACTTCTTGCATACGAACATTCCACTATATAACCTATGTATATCGTG  
CATTAAATTTATTTACCCCTAGCATATAAGCATGTAAATTTAATTAATGAAAAATGATATAAAAAGAAATTT  
CAACTAAAATACTATTCAACATGAATATGATCTCATGTAATATATATGAATGCTTATAAGACATATCTGT  
GTTATTAGACATACACCATATAGTCAGATAACTTCCTTGTCCATATGACTATCCCCTTCCACATTGGGT  
CTATTCATCTACCATCCTCCGTGAAATCAACAACCCGCCACTCGTCCCCCTCTCCTCGCTCCGGGC  
CCATAAACTTAGAGTGACTAACGTGAAACTTTATCAGGCATCTGGTTCTTACTTCAGGGCCATCCAAT  
TCATTATCGTCCATACGTTCCCCTTAAATAAGACATCTCGATGGTTCAGGTCTAATCAGCCCATGATCA  
ACATAACTGTGAGATAGACATTTGGTATTTTTATTTTTAGGATGCACCGCCTCAGCATAGCCGTC AAG  
GCATGAAGTTCAACTTTACGTCTAGACGAACCTTCAGTTAAG  
GATCATTATCCTCATAGTCAAGCTCCGAAGACTATAAGTTAATGCTTTGAGGACATAAATCTTTATTAA  
GCCTTAAATTCTACTTTTTCTTACCAAACCCCCCTCCCCATCCCTAAAAATCTCCAATGCCAAACC  
CCAAAAACATTGAAGAACAAAACCAATCATCTACTAGGGACTTCATTATTCTAGTAGTCCCCCAAAA  
TAAACTTAAATCCCAGTATTGGTAACATTTCCCAAACCAAACCTCCATCTAAATAAAACCACCAACT  
CTACCTATCTCCCAAATAAATTCCCACCCATTACAGTTAATGTAGCTTATCACAAAGCAAAGCACTGA  
AAATGCTTAGATGGATTT

>KKZ-Ms9

CAAAGCTGATATTCTTCTTAAACTACTTCTTGCATACGAACATTCCACTATATAACCTATGTATATCGTG  
CATTAAATTTATTACCCTAGCATATAAGCATGTAAATTTAATTAATGAAAAATGATATAAAAAGAAATTT  
CAACTAAAATACTATTCAACATGAATATGATCTCATGTAAATATATATGAATGCTTATAAGACATATCTG  
TGTTATTAGACATACACCATATAGTCAGATAACTTCCTTGTCCATATGACTATCCCCTTCCACATTGGG  
TCTATTCATCTACCATCCTCCGTGAAATCAACAACCCGCCACTCGTCCCCCTCTCCTCGCTCCGGG  
CCATAAACTTAAGAGTGACTAACGTGAAACTTTATCAGGCATCTGGTTCTTACTTCAGGGCCATCCA  
ATTCATTATCGTCCATACGTTCCCTTAAATAAGACATCTCGATGGTTCAGGTCTAATCAGCCCATGAT  
CAACATAACTGTGAGATAGACATTTGGTATTTTTATTTTTTAGGATGCACCGCCTCAGCATAGCCGTCA  
AGGCATGAAGTTCAACTTTACGTCTAGACGAACCTTCAGTTAAGGATCATTTATCCTCATAGTCAAGCT  
CCGAAGACTATAAGTTAATGCTTTGAGGACATAAATCTTTATTAAGCCTTAAATTCTACTTTTTTCCTTA  
CCAAACCCCCCTCCCCATCCCTAAAAATCTCCAATGCCAAACCCCAAAAACATTGAAGAACAAAAC  
CAATCATCTACTAGGGACTTCATTCTAGTAGTCCCCAAAATAAACTTAAATCCCAGTATTGGT  
AACATTTCCCAAACCAAAACCTCCATCTAAATAAAACCACTCTACCTATCTCCCAAATAAATTCC  
CACCCATTACAGTTAATGTAGCTTATCACAAAGCAAAGCACTGAAAATGCTTAGATGGATTT

>KKZ-Ms10

AGCTGATATTCTTCTTAGCTACTTCTTAGCATATGAACATTCCACTATATAACCTATGTATATCGTGCAT  
TAATTTATTTACCCATAGCATATAAGCATGTAAATTTAATTAATGAAAAATGATATAAAAGGAAATTTCAA  
CTAAAATACTATTCAACATGAATATGATCTCACGTAAATATATATGAATGCTTATAAGACATATCTGTGT  
TATTAGACATACACCATATAGTCAAATAACTTCCTTGTCCATATGACTATCCCCTTCCACATTAGGTCTA  
TTCATCTACCATCCTCCGTGAAATCAACAACCCGCCACTCGTCCCCCTCTCCTCGCTCCGGGCCCA  
TAACTTAAGAGTGACTAACGTGAAACTTTATCAGGCATCTGGTTCTTACTTCAGGGCCATCTAATTCA  
TTATCGTCCATACGTTCCCCTTAAATAAGACATCTCGATGGTTCAGGTCTAATCAGCCCATGATCAAC  
ATAACTGTGAGGTAGACATTTGGTATTTTTATTTTTTAGGATGCACCGCCTCAGCATAGCCGTCAAGG  
CATGAAGTTCAACTTTACGTCTAGACGAACCTACAGTTAAGG  
GTCATTTATCCTCATAGTCAAGCTCCGAAGACTATAAGTTAATGCTTTGAGGACATAAATCTTTATTAA  
GCCTTAAATTCTACTTTTTTCCTTACCAAACCCCCCTCCCCATCCCTAAAAATCTCCAATGCCAAAC  
CCCAAAAACATTGAAGAACAAAACCAATCATCTACTAGGGACTTCATTCAATTCTAGTAGTCCCCCAA  
ATAAGACTTAAATCCCAGTATTGGTAACATTTCCCAAACCAAACCTCCATCTAAATAAAACCACCAA  
CTCTACCTATCTCCCAAATAAATTCCCACCCATTACAGTTAATGTAGCTTATCACAAAGCAAAGCACTG  
AAAATGCTTAGATGGATTT

>KKZ-Ms19

AAGCTGATATTCTTCTGAAACTACTTCATGCATATGAACATTCCACTATATAACCTATGTATATCTAGCA  
TTAATTTATTTACCCCTAGCATATAAGCATGTAAATTTAATTAATGAAAAATGATATAAAAAGAAATTTCA  
ACTAAAATACTATTCAACATGAATATGATCTCACGTAAATATATATGAATGCTTATAAGACATATCTGTG  
TTATTAGACATACACCATATAGTCAAATAACTTCCTTGTCCATATGACTATCCCCTTCCACATTAGGTCT  
ATTCATCTACCATCCTCCGTGAAATCAACAACCCGCCCACTCGTCCCCCTCTCCTCGCTCCGGGCC  
ATAAACTTAAGAGTGACTAACGTGAAACTTTATCAGGCATCTGGTTCTTACTTCAGGGCCATCTAATTC  
ATTATCGTCCATACGTTCCCCTTAAATAAGACATCTCGATGGTTCAGGTCTAATCAGCCCATGATCAA  
CATAACTGTGAGGTAGACATTTGGTATTTTTATTTTTTAGGATGCACCGCCTCAGCATAGCCGTCAAG  
GCATGAAGTTCAACTTTACGTCTAGACGAACCTACAGTTAAGGGTCATTTATCCTCATAGTCAAGCTC  
CGAAGACTATAAGTTAATGCTTTGAGGACATAAATCTTTATTAAGCCTTAAATTCTACTTTTTTCCTTAC  
CAAACCCCCCTCCCCATCCCTAAAAATCTCCAATGCCAAACCCCCAAAAACATTGAAGAACAAAAC  
CAATCATCTACTAGGGACTTCATTCATTCTAGTAGTCCCCCAAAAAAAGACTTAAATCCCAGTATTGGT  
AACATTTCCCAAACCAAACCTCCATCTAAATAAAACCACCAACTCTACCTATCTCCCAAATAAATTCC  
CACCCATTACAGTTAATGTAGCTTATCCCAAAGCAAAGCACTGAAAATGCTTAGATGGATTT

>KKZ-Cf45

CCTTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTGACTTAAACTATTCCCTGCTTTACATTCGACGGTTCTCAA  
AATTTGACTTTTCATGTCAGTATTGAAATTTTATCTACGAATATAATGACCTTATGTACATAGTACATTAAT  
GCCTTTTCCCACATTAATGTATAAGTACATAACATTATTAATATTACATAGAACATCTTATGTTTATT  
TTACATTAAGTCCTTGCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATAA  
CCTTTTTAGTCCAATACATACTGATATTCAACACGAATATCCATTGCCTTAAACTCAATATTATTCCCCA  
TAGCACATGATATTCACCTCGCGGTACATACCCCATTTTAGTCATAAACCTTTCTCGCTCCAAATGACTA  
TCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC  
CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATATTACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTC  
CTACTTCAGGGCCATATTATGTAACCCGCTCATTTCGTTCCCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAGT  
TCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTGCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGGAT  
GCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAG  
TCACTATGCTTGGTCTAGCATAACCTACCTACAGGTATAAGTGAGTTAATGCTTGATGGACTAACTTTTT  
CCTTACTAGAGAATTTTCACTTTAACCCCAAATCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTATTCTTAA  
ATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf46

CTACAAACTCTTCTTGAGCGACTTCAGGGTAGAACTATACGCTTCCACCTTTCAACTTCCCAAAGCTG  
ATATTACTGACTTAAACTATTCCCTGCTTTACATTGACAGGTTCCCTCAAATTTGACTTTCATGTCAGT  
ATTGAAATTTTATCTATGAATATAATGACCTTATGTACGTAGTACATTAATGCCTTTCCCCATACATTAAT  
GTACAAGTACATAACATTATTAATATTACATAGAACATCCTATGTTTATCTTACATTAAATTCTTGTC  
ATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATAACCTTCTTAGTCCAATATATACT  
GATACACAGCACGAATATTCATTACCTCAGATCCAATATTATTCCCCATAGCACATGATATTCACTCGC  
GGTACATACCCCATTTTAGTCATAAACCTTTCTTGCTCCAAATGACTATCCCCTTCCAACGGTGGTCTC  
TTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCAATTCGTGTCCCTCTTCTCGCTCTGCGCCCA  
TATTACTTGGGGGTAGCTAGGGTGAACTTTATCTGGCATCTGGTTCCTACTTCAGGGCCATATCATG  
TAACCCGCTCATTCGTTCCCTCTTAAATAAGCATCACGATGGATTAGTTCCATTTCTACCCGTGACCCAA  
CATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGGATGCTTCCACTCACCATTGGCCG  
TCAGAGGCCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGTCACTATGCTTGGTCTAGCATA  
CCTACCTACAGGTATAAGTGAGTTAATGCTTGATGGACTAACTTTTTCTTACTAGAGAATTTTCACTTT  
AACCCCAAATCCCTATAATCATAACCCAAAATTTATCTTATTCTTAAATGTTTCAAAA

> KKZ-Cf51

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTTCGACAGGTTCTC  
AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACATAGTACATTA  
ATGCTTTTCCCACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCCATGTTTAT  
CTAACATTAATTCCTGTCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATG  
ATCTTCCAGCTCCAATATACACTGATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCTATATTCAGCATTATTCCCC  
ATAGCACATAATATTCACCTGCGGTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTA  
TCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC  
CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTC  
CTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCTCTTAATAAGACATCACGATGGATTAG  
TTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGAT  
GCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAG  
TCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCCGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTTT  
CCTTACTAGAGAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTCTTCTTAA  
ATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf54

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTTCGACAGGTTCTCCTC  
AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTATGTACATAGTACATTAA  
TGCTTTTCCCCATACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCCATGTTTATC  
TAACATTAAATTCCTGTCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATGAT  
CTTCCAGCTCCAATATACACTGATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCTATATTCAGCATTATTCCCCAT  
AGCACATAATATCACTTGCGGTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTATC  
CCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTCC  
CTCTTCTCGCTCTGCGCCATAAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTCC  
TACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTGTTCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAGTT  
CCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGGAT  
GCTTCCACTCACCATTGGCCGCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGT  
CACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCCGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTTTTC  
CTTACTAAAGAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTCTCTTAAAT  
GTTTCAAAA

> KKZ-Cf59

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTGACTTAAACTATTCCCTGCTTTACATTGACAGGTTCTC  
AAAATTTGACTTTTCATGTCAGTATTGAAATTTTATCTACGAATATAATGACCTTATGTACATAGTACATTA  
ATGCCTTTTCCCACATACTAATGTATAAGTACATAACATTATTAATATTACATAGAACATCTTATGTTA  
TTTTACATTAAGTCCTTGCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATA  
ACCTTTTTAGTCCAATACATACTGATATTCAACACGAATATCCATTGCCTTAAACTCAATATTATTCCCC  
ATAGCACATGATATTCACCTCGCGGTACATACCCCATTTTAGTCATAAACCTTTCTCGCTCCAAATGACT  
ATCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGT  
CCCTCTTCTCGCTCTGCGCCCATATTACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTT  
CCTACTTCAGGGCCATATTATGTAACCCGCTCATTGTTCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTA  
GTTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTGCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGG  
ATGCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATT  
AGTCACTATGCTTGTCTAGCATACCTACCTACAGGTATAAGTGAGTTAATGCTTGATGGACTAACTTTT

TCCTTACTAGAGAATTTTCACTTTAACCCCAAATCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTATTCTTAA  
ATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf64

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTGACTTAAACTATTCCCTGCTTTACATTGACAGGTTCCCTC  
AAAATTTGACTTTTCATGTCAGTATTGAAATTTTATCTATGAATATAATGACCTTATGTACGTAGTACATTA  
ATGCCTTTCCCATACATTAATGTACAAGTACATAACATTATTAATATTACATAGAACATCCTATGTTTAT  
CTTACATTAAATTCTTGTCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATAA  
CCTTCTTAGTCCAATATATACTGATACACAGCACGAATATTCATTACCTCAGATCCAATATTATTCCC  
ATAGCACATGATATTTCACTCGCGGTACATACCCCATTTTAGTCATAAACCTTTCTTGCTCCAAATGACT  
ATCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCAATTCGTGT  
CCCTCTTCTCGCTCTGCGCCCATATTACTTGGGGGTAGCTAGGGTGAACTTTATCTGGCATCTGGTT  
CCTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTGTTCCCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTA  
GTTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTGCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGA  
TGCTTCCACTCACCATTGGCCGTGAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTA

GTCACTATGCTTGGTCTAGCATACTACCTACAGGTATAAGTGAGTTAATGCTTGATGGACTAACTTTT  
TCCTTACTAGAGAATTTTCACTTTAACCCCAAATCCCTATAATCATAACCCAAAATTTATCTTATTCTTAA  
ATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf28

CCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAACTATTCCCTGCCTTACATTGACAGGTTCCCTCAA  
AATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAAATTTGTCTACGAATGTTATGATTTTATGTACATAGTACATTAAT  
GCTTTTCCCCATACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCCATGTTTATCT  
AACATTAAATTCCTGTCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATGAT  
CTTCCAGCTCCAATATACTGATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCTATATTCAGCATTATTCCCCAT  
AGCACATAATATTCATTGCGGTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTATC  
CCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTCC  
CTCTTCTCGCTCTGCGCCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAACTTTATCTGGCATCTGGTTCC  
TACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTGTTTCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAGTT  
CCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTGCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGATGC

TTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGTC  
ACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCCGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTTTCC  
TACTAGAGAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAATTATCTTCTCTTAAATG  
TTCAAAAATTATTA ACTTCTATCCAGTATCTCCAAAAA

> KKZ-Cf29

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATACTAATTTAACTATTCCCTGCCTTACATTGACAGGTTCTCTC  
AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACATAGTACATTA  
ATGCTTTTCCCATACATTAATGTA CTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCCATGTTTAT  
CTAACATTA AATTCCTGTCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATG  
ATCTTCCAGCTCCAATATACT  
GATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCTATATTCAGCATTATTCCCCATAGCACATAATATTCACTTGCG  
GTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCTCGCTCCAAATGACTATCCCCTTCCAACGGTGGTCTCT  
TAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTCCCTCTTCTCGCTCTGCGCCCAT  
AACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTCCTACTTCAGGGCCATATCATGT

AACCCGCTCATTTCGTTCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAGTTCCATTTCTACCCGTGACCCA  
ACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGGATGCTTCCACTCACCATTGGCC  
GTCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCAATTGTAGCTGGACTTATTAGTCACTATGTTTGGTCTGGCAT  
ACCTACCCGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTTTCTTACTACAGAATCTCCACT  
TTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTCTTCTTAAATGTTTCAAAA

> KKZ-Cf30

CACCTTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTTCGACAGGTTCT  
CAAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACGTAGTACATT  
AATGCTTTTCCCATACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCTATGTTA  
TCTAACATTAAATTCCTGTCCTCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATG  
ATCTTCCAGCTCCAATATTCAGTATTCAGTATGGATATTCATTGCCCATATTCAGCATTATTCCCC  
ATAGCACATAATATTCAGTATTCAGTATGGATATTCATTGCCCATATTCAGCATTATTCCCC  
TCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCTTGTC  
CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTC

CTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCCCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAG  
TTCCATTTCTACACGTGACCCAACATAACTGCTCTGTGCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGGA  
TGCTTCCACTCACCATTGGCCGTCACAGGCCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTA  
GTCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCAGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTT  
TCCTTACTACAAAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAAATTTATCTTCTTCTT  
AAATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf31

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTTCGACAGGTTCCCTC  
AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACATAGTACATTA  
ATGCTTTTCCCCATACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCCATGTTTAT  
CTAACATTAAATTCCTGTCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATG  
ATCTTCCAGCTCCAATATACACTGATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCTATATTCAGCATTATTCCCC  
ATAGCACATAAATTTCACTTGCGGTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTA  
TCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC

CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAACTTTATCTGGCATCTGGTTC  
CTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAG  
TTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGAA  
GGCTTCCACTCACCATTGGGCCGTCAGAAGGCCCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTAT  
TAGTCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCCGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACT  
TTTTTCCTTACTAGAGAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCCAAATTTATCTTCT  
TCTTAAATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf32

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTCTACAGGTTCCCTC  
AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACATAGTAGATTA  
ATGCTTTTCCCACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCCATGTTTAT  
CTAACATTAATTCCTGTCCCATGTCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATG  
ATCTTCCAGCTCCAATATACACTGATATTCAGTATGGATTTTCATTGCCCTATATTCAGCATTATTCCCC  
ATAGCACATAATAGTCGCTTGGGGCACGTACCCCATCACTCATAAATCTTCTCGCTCCAAATGACT

ATCCACGTCCGCGGGCGGTCTCTTAATCTACCAACCCTTTCTGAAATCAGACAACCCCCCGATTCTCC  
 TACTTCCCTTCTCCCTTCACCCATAATTGTTGGTAGGAAGATAGAGAGAACTACTTACAGACCGTAAC  
 TGTTATACGACATTCGTTGAAACACCGGGAGGAGGACATCCGATCCTTCATCAACACTACTATGAACT  
 CGGCTTCCTGCCGTTGGCCAGACCTAACCCC  
 CCAGACACGGGCTATCAGGCTCAGTTTTGGTTTTGTATGGGATTTGTAGTGCGTGGAGCTATACCAT  
 TCCCATGTCCATAGGGCACGCACTACGGACCGAGACCGAGTGAAGCAAGTGCTGTTTTGGTGGCGA  
 CGGCTAGGCCACGCACCCTGAGTGTCAAGGAAAAGGCAGGTAGGGCCTAATTTTATTTGCGAGA  
 TTTCACAGGGTGCAGGGCCAGATCTCCGCGCTGCCGCGGGACCATGACGTTGTTACACATCCCGGT  
 CCGTCGTTGTCAGTGGATGTCAGAGCTATGATGACGCAACTATCCACCGTGAGAGTGAGAGCGCGA  
 GGTGCAACCGTCGGTGGCTCACGCCCATGAAAAGT

> KKZ-Cf33

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATACTAATTTAACTATTCCCTGCCTTACATTCGACAGGTTCTC  
 AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACATAGTACATTA  
 ATGCTTTTCCCCATACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCCATGTTTAT  
 CTAACATTAATTCCTGTCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATG  
 ATCTTCCAGCTCCAATATACACTGATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCTATATTCAGCATTATTCCCC

ATAGCACATAATATTTCACTTGCGGTACATACCCCATTTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTA  
TCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC  
CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTC  
CTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAG  
TTCCATTTCTACACGTGACCCAACATAACTGCTCTGTGCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTAGGGGGGAG  
ATTCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAAAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAAGTGAATTATT  
AATCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCCCGCAAGTAAAAATAAAGTCAAAGGGTTGAAGGAACTA  
ACTTTTTTCCTTAATTAAAAAATCTCACCTTTTAAACCCCAAACCCCTATTACTATAACCCCAAAAAT  
TAATTTTCCTTCTTAAATGTTTTAAAA

> KKZ-Cf34

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTTCGACAGGTTCTC  
AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACGTAGTACATTA  
ATGCTTTTCCCCATACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCTATGTTTAT  
CTAACATTAATTCCTGTCCTCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAAACATGA

TCTTCCAGCTCCAATATTCAGTATGATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCCATATTCAGCATTATTCCTCCA  
 TAGCACATAATATTCAGTGGCGGTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTAT  
 CCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC  
 CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTC  
 CTAATTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCTCTAAATAAGACATCACGATGGATTAG  
 TTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCT  
 CTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGGATGCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCC  
 CGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGTCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCAGCA  
 GGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTTTCTTACTAGAGAATCTCCACTTTAACCCCAA  
 CCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTCTTCTAAATGTTTCAAAA

> KKZ-Cf35

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAACTATTCCTGCCTTACATTCTACAGGTTCTC  
 AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACGTAGTACATTA  
 ATGCTTTTCCCACATACTAATGTACTAGTACATAATATTATAATATTACATAGAACATTCTATGTTTAT

CTAACATTA AATTCCTGTCCTCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAAACATGA  
TCTTCCAGCTCCAATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCATATTCAGCATTATTCCTCCCA  
TAGCACATAATATTCAGTGGGTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTAT  
CCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC  
CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAACTTTATCTGGCATCTGGTTC  
CTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCTCTTAATAAGACATCACGATGGATTAG  
TTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGGA  
TGCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTA  
GTCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCAGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTT  
TCCTTACTAGAGAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTCTTCTTA  
AATGTTTCAAAA

> KKZ-Cf36

CACCTTTCCAACCTCCCAAAGCTGATATTAATAATTTAACTATTCCTGCCTTACATTCTACAGGTTCC  
TCAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACGTAGTACAT

TAATGCTTTTCCCCATACATTAATGTAAGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCTATGTTT  
ATCTAACATTAATTCCTGTCCTCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACAT  
GATCTTCCAGCTCCAATATTCAGTATTCAGTATGGATATTCATTGCCCCATATTCAGCATTATTCCC  
CATAGCACATAATATTCAGTATTCAGTATGGATATTCATTGCCCCATATTCAGCATTATTCCC  
ATCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGT  
CCCTCTTCTCGCTCTGCACCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTT  
CCTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTT  
CTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAGTTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTCAT  
GCCTTTAGTGGTTTTATTTTGGGGGGGAAGCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAAAGGCCCCCGTTGCA  
GTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGTCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCAGCAGGTAAAA  
GTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTTTCTTACTACAAAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTAT  
AACCATACCCAAAATTTATCTTCTTCTTAAATGTTTCAAAAA

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTTCGACAGGTTCTC  
AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACATAGTACATTA  
ATGCTTTTCCCACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCCATGTTTAT  
CTAACATTAATTCCTGTCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATG  
ATCTTCCAGCTCCAATATACACTGATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCTATATTCAGCATTATTCCCC  
ATAGCACATAATATTCACTTGCGGTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTA  
TCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC  
CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTC  
CTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTAG  
TTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTGCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGGA  
TGCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTA  
GTCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCCGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTT  
TTCCTTACTACAGAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTCTTCTT  
AAATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf38

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTCTACAGGTTCCCTC  
AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACCAATGTAATGATTTTATGTACGTAGTACATTA  
ATGCTTTTCCCCATACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCTATGTTTAT  
CTAACATTAATTCCTGTCCTCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATGA  
TCTTCCAGCTCCAATATTCAGTATGATATTGATATTGATTTGATTTGATTTGATTTGATTTGATTTGATTT  
TAGCACATAATATTCAGTATGATATTGATTTGATTTGATTTGATTTGATTTGATTTGATTTGATTTGATTT  
CCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC  
CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTAAAATTTATCTGGCATCTGGTTC  
CTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCCCTCTTAATAAGACATCACGATGGATTAG  
TTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTGCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGAT  
GCTTCCACTCACCATTGGCCGTGAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAG  
TCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCAGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTTT  
CCTTACTAGAGAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTCTTCTTAA  
ATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf39

CACCTTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTGACAGGTTCCCT  
CAAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACGTAGTACATT  
AATGCTTTTCCCCATACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCTATGTTTA  
TCTAACATTA AATTCCTGTCCTCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATG  
ATCTTCCAGCTCCAATATTCAGTATGGATATTCATTGCCCATATTCAGCATTATTCCCC  
ATAGCACATAATATTCAGTGGTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTA  
TCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC  
CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTC  
CTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCCCTCTTAATAAGACATCACGATGGATTAG  
TTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGATG  
CTTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGT  
CACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCAGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTTTTC  
CTTACTAGAGAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTCTTCTTAAA  
TGTTTCAAAAAT

> KKZ-Cf40

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTAATTTAAACTATTCCCTGCCTTACATTTCGACAGGTTCTC  
AAAATTTGACTCTTATGTCAGTATTGAAATTTTGTCTACGAATGTAATGATTTTATGTACGTAGTACATTA  
ATGCTTTTCCCCATACATTAATGTACTAGTACATAATATTATTAATATTACATAGAACATTCTATGTTTAT  
CTAACATTAAATTCCTGTCCTCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATGA  
TCTTCCAGCTCCAATATTCAGTATTCAGTATGGATATTCATTGCCCATATTCAGCATTATTCCTCCA  
TAGCACATAATATTCAGTTCGCGGTACATACCCCATTCAGTCATAAATCTTCCTCGCTCCAAATGACTAT  
CCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTC  
CCTCTTCTCGCTCTGCGCCATAACACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAACTTTATCTGGCATCTGGTTC  
CTACTTCAGGGCCATATCATGTAACCCGCTCATTTCGTTCTCTTAATAAGACATCACGATGGATTAG  
TTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTAGGGGGGGA  
TGCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTA  
GTCACTATGTTTGGTCTGGCATACTACCAGCAGGTATAAGTAAGTCAATGCTTGATGGACTAACTTTT  
TCCTTACTACAGAATCTCCACTTTAACCCCAAACCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTCTTCTTA  
AATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf41

CACCTTCAACTCCCAAAGCTGATATTACTGACTTAAACTATTCCCTGCTTTACATTGACAGGTTCCCTC  
AAAATTTGACTTTTCATGTCAGTATTGAAATTTTATCTACGAATATAATGACCTTATGTACATAGTACATTA  
ATGCCTTTTCCCATACATTAATGTATAAGTACATAACATTATTAATATTACATAAAACATCTTATGTTTA  
TTTTACATTAAGTCCCTTGCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACATA  
ACCTTTTTAGTCCAATACATACTGATATTCAACACGAATATCCATTGCCTTAAACTCAATATTATTCCCC  
ATAGCACATGATATTCACTCGCGGTACATACCCCATTTTAGTCATAAACCTTTCTCGCTCCAAATGACT  
ATCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGT  
CCCTCTTCTCGCTCTGCGCCCATATTACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAACTTTATCTGGCATCTGGTT  
CCTACTTCAGGGCCATATTATGTAACCCGCTCATTGTTCCCTCTTAAATAAGACATCACGATGGATTA  
GTTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTTTGGGGGGG  
ATGCTTCCACTCACCATTGGCCGTCAGAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATT  
AGTCACTATGCTTGGTCTAGCATACTACCTACAGGTATAAGTGAGTTAATGCTTGATGGACTAACTTT  
TTCCTTACTAGAGAATTTTCACTTTAACCCCAAATCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTATTCTTA  
AATGTTTCAAAAA

> KKZ-Cf42

CACCTTCAACTACCCAAAGCTGATATTACTGACTTAAACTATTCCCTGCTTTACATTTCGACAGGTTCCCT  
CAAAATTTGACTTTCATGTCAGTATTGAAATTTTATCTACGAATATAATGACCTTATGTACATAGTACATT  
AATGCCTTTTCCCATACATTAATGTATAAGTACATAACATTATTAATATTACATAGAACATCCTTATGTTT  
ATTTTACATTAAGTCCTTGCCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACAT  
AACCTTTTTAGTCCAATACAT  
ACTGATATTCAACACGAATATCCATTGCCTTAAACTCAATATTATTCCCATAGCACATGATATTCACCTC  
GCGGTACATACCCCATTTTAGTCATAAACCTTTCTCGCTCCAAATGACTATCCCCTTCCAACGGTGGT  
CTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTGTCCCTCTTCTCGCTCTGCGC  
CCATATTACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGTTCCTACTTCAGGGCCATATT  
ATGTAACCCGCTCATTGTTCCCTCTTAATAAGACATCACGATGGATTAGTTCATTTCTACCCGTGAC  
CCAACATAACTGCTCTGTCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTGGGGGGGAATGCTTCCACTCACCATTG  
GGCCGTCAGAGGCCCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTATTAGTCACTATGCTTGGTCT  
AGCATACCTACCTACAGGTATAAGTGAGTTAATGCTTGATGGACTAACTTTTTCTTACTAGAGAATTT  
TCACTTTAACCCCAAATCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTATTCTTAAATGTTTCAAAA

> KKZ-Cf43

CACCTTACAACACTACCCAAAGCTGATATACTGACTTAAACTATTCCCTGCTTTACATTGACAGGTTCC  
TCAAAATTTGACTTTTCATGTCAGTATTGAAATTTTATCTACGAATATAATGCCTTATGTACATAGTACATT  
AATGCCTTTTCCCATACATTAATGTATAAGTACATAACATTATTAATATTACATAGAACATCTTATGTTT  
ATTTTACATTAAGTCCTTGCCCCATGCATATAAGCACGTATTAACATACTCATATAGTACATAAAACAT  
AACCTTTTTAGTCCAATACATACTGATATTCAACACGAATATCCATTGCCTTAAACTCAATATTATTCCC  
CATAGCACATGATATTCACTCGCGGTACATACCCCATTTTAGTCATAAACCTTTCTCGCTCCAAATGAC  
TATCCCCTTCCAACGGTGGTCTCTTAATCTACCAACCTCCGTGAAATCATCAACCCGCCCAATTCGTG  
TCCCTCTTCTCGCTCTGCGCCCATATACTTGGGGGTAGCTAGAGTGAAACTTTATCTGGCATCTGGT  
TCCTACTTCAGGGCCATATTATGTAACCCGCTCATTTCGTTCCCTCTTAATAAGACATCACGATGGATTA  
GTTCCATTTCTACCCGTGACCCAACATAACTGCTCTGTGCATGCCTTTAGTGGTTTTATTTGGGGGGG  
AATGCTTCCACTCACCATTGGGCCGTCAAAGGCCCGTTGCAGTCAACCCAATTGTAGCTGGACTTA  
TTAGTCACTATGCTTGGTCTAGCATACTACCTACAGGTATAAGTGAGTTAATGCTTGATGGACTAACT  
TTTTCTTACTAAAGAATTTTCACTTTAACCCCAAATCCCTATAACCATAACCCAAAATTTATCTTATTCT  
TAAATGTTTCAAAAA