



## Research Paper

<https://doi.org/10.5564/pib.v38i1.2536>

PROCEEDINGS OF  
**PIB**  
THE INSTITUTE OF BIOLOGY

## Seasonal variation in hematological references range, and some serum chemical parameters of Brandt's Vole (*Lasiopodomys brandtii* Radde, 1861)

Enkhbat ENKHMAA\* , Bayanmunkh ULAM-URNUKH , Yansanjav ADIYA 

Laboratory of Mammalian Ecology, Institute of Biology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia

\*Corresponding author: [enkhmae@mas.ac.mn](mailto:enkhmae@mas.ac.mn), <https://orcid.org/0000-0002-2571-1154>

**Abstract.** Hematology and serum chemistry references are essential diagnostic tools to assess the impact of abiotic, biotic, and anthropogenic activities on wildlife and the ecosystem.

The Brandt's Vole (*Lasiopodomys brandtii* Radde, 1861) is a widely distributed and endemic species in the Mongolian plateau and plays a crucial role in the steppe ecosystem as a secondary consumer in the food chain. This study aimed to provide baseline hematology and serum chemistry data for wild Brandt's vole and to evaluate whether these parameters differ among season, sex, and age classes.

Twenty-four variables were analyzed for 660 individuals (330 male and 330 female) blood samples collected by 11 field and semi-stationary surveys conducted in Khentii, Sukhbaatar, Tuv, Bulgan, and Zavkhan provinces from 2016 until 2021.

Season significantly influenced lymphocyte, erythrocyte, platelet, and hemoglobin range. A 94.4% of all hematological parameters were season dependent. Aspartate aminotransferase (AST) and glucose levels changed with sex in Brandt's Vole, and 83% of all 24 parameters were significantly different in age classes.

**Keywords:** hematology, indicator, physiological reference, seasonal variation, Brandt's vole

Received 10 October 2022; received in revised form 26 December 2022; accepted 28 December 2022

© 2022 Author(s). This is an open access article under the [CC BY-NC 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

### Introduction

Nowadays, humans use thousands of chemical compounds with a poor estimation of consequences that have never been found in nature before. These substances, directly and indirectly, affect the environment and biodiversity. Environmental pollutants are absorbed by skin, breath, food, and a variety of other ways in organisms, and certain substances may accumulate in the fat and does not eliminate from the body. The concentration of these accumulated toxic compounds increases as the food chain ascends (biological magnification), and the predators at the top of the chain are more vulnerable to the detrimental effects.

The World Organization for Animal Health (WOAH) reported in 2022 that around 60% of pathogens, 75% of emerging infectious human diseases and 80% of pathogens that are bioterrorism concern originate from domestic animals or wildlife [1].

Although body condition, physiology, morphology, body mass, skeletal size, pelage, and behavior are different from each other in animal species, the response to factors such as age, sex, body temperature, and season created similar patterns in physiological samples [3]-[6]. Establishing "physiological references" of widely distributed animals has significance in monitoring human and ecosystem health and vulnerable, endangered animal species and planning and implementing effective conser-

vation management.

In Mongolia, one of the most widely distributed mammals is the Brandt's Vole (*Lasiopodomys brandtii*) and it occurs in Eastern Mongolia to the desert steppes in the south, west, and north-west of Dundad Khalkh, Daguur, Khangai, along the slopes of mountains, lakes, springs, and river valleys along the forest steppes, steppes, and dry steppes. Mongolia has an extreme natural climate and four seasons in a year the activity, behavior, reproduction, and population regeneration of the Brandt's Vole vary seasonally [7]-[14], it is essential to estimate age, sex, and seasonal changes in physiological studies.

This study aimed to collect blood samples from areas that have preserved their natural characteristic and has been less influenced by human and, away from factories or mines and, establish the hematological and biochemical normal range.

In the future, the research findings can be used as primary data to determine and monitor the pollution of large cities with highly anthropogenic influence, factories,

or mines, as well as evaluate the impact of other endangered and critically endangered species on mammals and ecosystems and develop recommendations.

### Materials and methods

Between 2016-2021, about 1,100 Brandt's Vole blood samples were collected by field and semi-stationary surveys conducted in Khentii, Sukhbaatar, Tuv, Bulgan, and Zavkhan provinces, in the frame of this project (Fig. 1). In the current study, we analyzed 600 individuals' blood samples collected from Argalant soum (47.93714° N, 106.21579° E) in the fall of 2016, winter, spring, and summer of 2017. In the fall of 2018, the spring of 2021, serum chemistry samples of 30 males and 30 females (20 juveniles, 20 subadults, 20 adults) collected from the same soum were statistically processed (Fig. 2).

We captured the voles by the conical channel and live traps method and measured their morphology

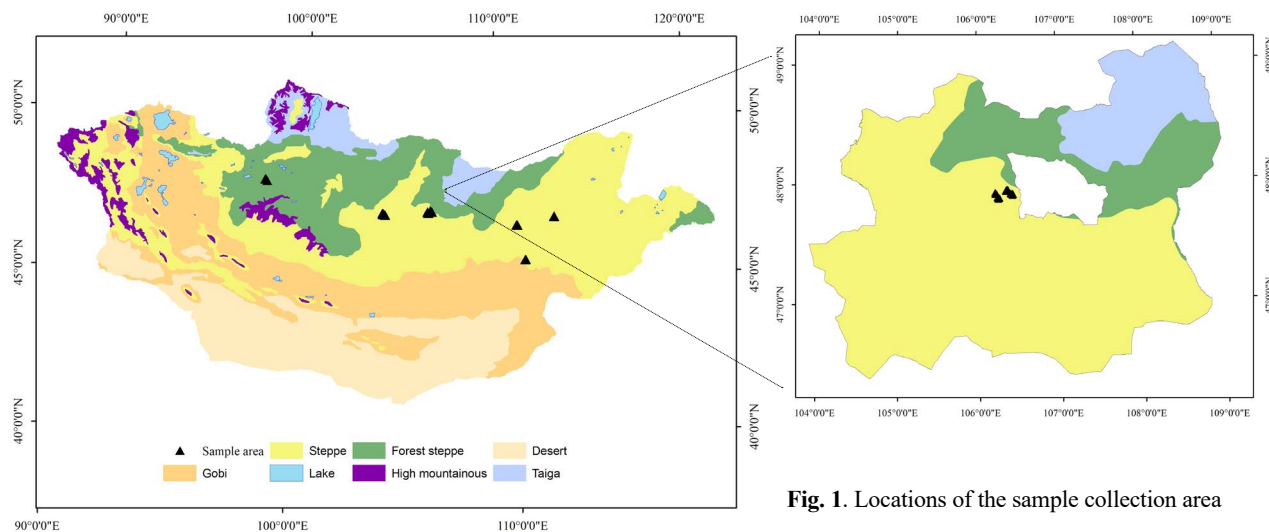


Fig. 1. Locations of the sample collection area

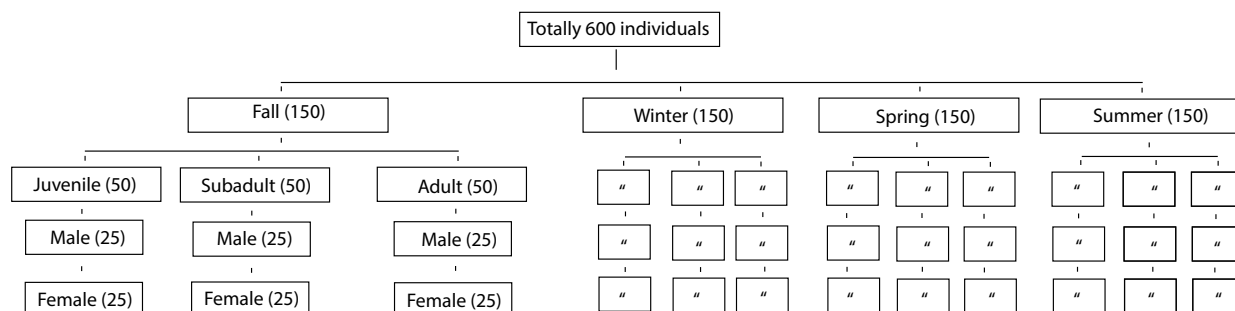


Fig. 2. The samples for hematology research

using traditional methods – body weight (BM), body length (L), ear length (A), paw length (P), tail length (C). According to the traditional method, we categorized the animals in the study as juvenile, subadult, and adult individuals when determining their ages (**Fig. 2**).

We measured 18 hematologic analytes with the BC-2800Vet analyzer, 6 biochemical analytes with the Statfax-4500 semi-automatic biochemical analyzer. Parameters included the white blood cell count (WBC), lymphocytes (Lymph#), monocytes (Mon#), granulocytes (Gran#), lymphocytes (Lymph), monocytes (Mon), percentage of granulocytes (Gran %), red blood cell count (RBC), hemoglobin (HGB), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), red blood cell distribution width (RDW), hematocrit (HCT), platelet cell count (PLT), mean platelet volume (MPV), platelet distribution width (PDW), thrombocrit (PCT) and alanine aminotransaminase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), total protein (TP), albumin (ALB), alkaline phosphatase (ALP), glucose (GLU).

Hematological samples were collected in K<sub>3</sub>EDTA tubes, biochemical samples were stored in Eppendorf tubes, 18 hematological parameters were determined by the BC-2800Vet hematological analyzer animals, and six biochemical parameters were determined by the.

All data were expressed Mean ± SE and statistical analysis was performed with the JMP statistical software developed by SAS institute. The seasonal dynamics of the biochemical and hematological parameters was assessed by one-way analysis of variance (ANOVA). The significant differences were considered as  $P < 0.05^*$ ,  $P < 0.01^{**}$ ,  $P < 0.001^{***}$ .

## Results

### Hematology

The hematological and biochemical reference intervals of Brandt's Vole represented in the **Table 1**. All of 17 out of 18 hematological parameters have a high seasonal correlation and PDW does not change depending on the season (**Table 2**). Depending on the season, we observed a significant difference between WBC ( $F = 13.3$ ;  $P < 0.0001$ ), RBC ( $F = 19.71$ ;  $P < 0.0001$ ), PLT ( $F = 34.71$ ;  $P < 0.0001$ ) and HGB parameters ( $F = 16.85$ ;  $P < 0.0001$ ).

Due to the high seasonal correlation of hematological parameters above (**Table 2**), the four main parameters (WBC, RBC, PLT, and HGB) were selected and checked for the double correlation of season, age, and gender. When examining the double dependency of the variables, it is found that the parameters vary with age and season. For example, the WBC in juveniles is highest in the summer but lowest in the winter compared to other age groups. There are no significant differences observed in seasonal and gender dependence (**Table 3**).

### Serum biochemistry profiles

Blood samples for biochemical analysis were collected from 60 voles in the fall of 2018 and spring of 2021 around Argalant soum. The serum biochemistry reference interval for Brandt's Vole is represented in **Fig. 3**. The mean values of ALT were 93.44 IU, and sex and age differences were not observed in ALT. While the mean values of AST were 221.85 IU, and there was strong sex ( $P < 0.0002$ ) and age ( $P < 0.01$ ) differences in AST whereas, the mean values of ALP were 219.01 and age dependency ( $P < 0.01$ ) observed. The protein was 62.9 g per liter and did not differ between sexes but did significantly differ in subadult group ( $P < 0.022$ ). The albumin was 32.81 g per liter and not significantly different age, sex groups (**Fig. 3**). The glucose 0.32 mmol in per liter and concentrations higher in male vole ( $P < 0.0015$ ). AST and ALP concentrations higher in females. The concentration of ALP was lower in young animals and increased in adults.

## Discussion

The normal hematology and plasma chemistry ranges of Brandt's vole have not previously been published. According to the results of the study, It was discovered that age and season have a strong correlation with the Brandt's Vole's hematological parameters (**tables 2 and 3**).

Detection and monitoring of traces of environmental pollutant compounds are one the problems that scientists from many countries are concerned about, Hematological parameters do not follow the same "pattern" when physiological parameters of mammals in the wild are compared to blood parameters of laboratory and domesticated animals [17].

**Table 1.** The average value of hematological and biochemical parameters of Brandt's Vole in Mongolia

Parameters	Units	Number of samples	Mean	Standard error (SE)	Median	Standard deviation (SD)	95% Confidence level
Body weight	g	600	32.98	0.56	31	13.72	1.1
Body length	cm		10.12	0.07	10	1.7	0.14
WBC	$\times 10^9 / L$		8.79	0.41	7	10.17	0.81
Lymph #	$\times 10^9 / L$		4.97	0.22	3.9	5.36	0.43
Mon #	$\times 10^9 / L$		0.4	0.02	0.3	0.4	0.03
Gran #	$\times 10^9 / L$		3.4	0.29	2.2	7.07	0.57
Lymph	%		61.17	1.42	61.3	34.85	2.79
Mon	%		4.92	0.08	4.7	2	0.16
Gran	%		35.19	0.68	33.5	16.71	1.34
RBC	$\times 10^{12} / L$		8.33	0.07	8.4	1.75	0.14
HGB	g / L		113.93	1.00	118	24.64	1.97
HCT	%		40.4	0.42	42.4	10.3	0.82
MCV	fl		52.21	0.27	52	6.59	0.53
MCH	Pg		14.71	0.12	14.5	2.89	0.23
MCHC	g / L		281.37	1.66	278	40.85	3.27
RDW	%		15.17	0.08	15.2	1.98	0.16
PLT	$\times 10^9 / L$		406.5	9.99	385	245.3	19.62
MPV	fl		5.15	0.05	4.7	1.19	0.1
PDW	%		17.1	0.25	16.6	6.11	0.49
PCT	%		0.19	0	0.18	0.11	0.01
ALT	U / L	60	93.44	4.13	89	32.25	8.26
AST	U / L		221.85	13.29	197	103.78	26.58
TP	g / L		62.9	1.91	61.6	14.91	3.82
ALB	g / L		32.81	1.71	32	13.34	3.42
ALP	U / L		219.01	4.96	215	38.74	9.92
GLU	mmol / L		0.32	0.02	0.27	0.15	0.04
Total		660					

**Table 2.** The average value of blood parameters of Brandt's Vole, by season

Parameters	Summer	Autumn	Winter	Spring	F	P-value
	Mean $\pm$ Standard error					
WBCs	11.7 $\pm$ 0.7	6.9 $\pm$ 0.6	5.5 $\pm$ 0.4	9.5 $\pm$ 0.5	13.3	< 0.0001
Lymph #	6.6 $\pm$ 0.5	3.9 $\pm$ 0.3	2.9 $\pm$ 0.2	5.9 $\pm$ 0.4	16.52	< 0.0001
Mon #	0.6 $\pm$ 0	0.2 $\pm$ 0	0.3 $\pm$ 0	0.5 $\pm$ 0	36.61	< 0.0001
Gran #	4.5 $\pm$ 0.3	2.8 $\pm$ 0.5	2.2 $\pm$ 0.2	3.1 $\pm$ 0.2	3.7	0.0117
Lymph %	56.8 $\pm$ 1.6	64 $\pm$ 1.6	53.1 $\pm$ 1.3	66.1 $\pm$ 3.5	4.65	0.0032
Mon %	5.5 $\pm$ 0.2	4.1 $\pm$ 0.2	5.2 $\pm$ 0.2	5.1 $\pm$ 0.1	12.8	< 0.0001
Gran %	37.6 $\pm$ 1.4	32.2 $\pm$ 1.7	41.7 $\pm$ 1.2	32.1 $\pm$ 0.9	11.87	< 0.0001
RBC	9.14 $\pm$ 0.15	8.67 $\pm$ 0.15	7.75 $\pm$ 0.15	8.0 $\pm$ 0.11	19.71	< 0.0001
HGB	120.22 $\pm$ 2.09	121.4 $\pm$ 2.1	102.82 $\pm$ 2.08	112.5 $\pm$ 1.59	16.85	< 0.0001
HCT	39.4 $\pm$ 0.8	38.5 $\pm$ 1.1	42.3 $\pm$ 0.9	41.1 $\pm$ 0.5	3.92	0.0087
MCV	56.5 $\pm$ 0.5	51.4 $\pm$ 0.5	44.9 $\pm$ 0.2	55.2 $\pm$ 0.4	140.5	< 0.0001
MCH	15 $\pm$ 0.1	15.2 $\pm$ 0.3	12.9 $\pm$ 0.1	15 $\pm$ 0.1	29.01	< .0001
MCHC	267.5 $\pm$ 1.2	287.7 $\pm$ 2.2	287.9 $\pm$ 2.5	273.8 $\pm$ 0.7	19.37	< 0.0001
RDW	16 $\pm$ 0.1	13.9 $\pm$ 0.2	15.8 $\pm$ 0.1	15.3 $\pm$ 0.1	37.18	< .0001
PLT	386.7 $\pm$ 18.2	325 $\pm$ 21.4	315.5 $\pm$ 16.8	527 $\pm$ 15.9	34.71	< 0.0001
MPV	4.9 $\pm$ 0.1	6.2 $\pm$ 0.1	4.9 $\pm$ 0.1	4.6 $\pm$ 0.1	81.18	< 0.0001
PDW	16.9 $\pm$ 0.1	17.7 $\pm$ 0.1	16.4 $\pm$ 0.1	17.2 $\pm$ 0.7	1.11	0.345
PCT	0.2 $\pm$ 0	0.2 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0	0.2 $\pm$ 0	23.53	< 0.0001

Therefore, the study of natural and anthropogenic impacts through the physiological parameters of “indicator” species that are widespread in the ecosystem is important for protecting biological diversity, controlling ecosystem pollution, developing effective strategies for the use of biological resources, and understanding seismicity [18]. Blood samples taken from peripheral blood vessels, which contain all of the organism’s information without harming vertebrates, are one of the best research techniques [19].

Hematological parameters fall in the winter for species with “Torpor” characteristics that experience

**Table 3.** Relationship of red, white, platelets and hemoglobin with age, gender, and season

Parameters	Source	F-value	P-value
WBS	season * age	0.6043	0.0001
	season * sex	0.1967	0.6933
RBS	season * age	6.1127	0.0001
	season * sex	0.6118	0.6075
HGB	season * age	2.7543	0.0120
	season * sex	0.1363	0.9383
PLT	season * age	2.2824	0.0001
	season * sex	0.3763	0.5341

physiological changes related to water balance, metabolism, and body temperature, while biochemical parameters like total protein and glucose rise in the fall [20].

When compared to studies on other small mammals, hematological findings of Brandt’s Voles were similar to those of small burrowing rodents, while those of the wood mouse (*Microtus pinetorum*) [21], and one species of bat (*Pteropus alecto*) [22] were different. Red blood cells and hemoglobin content were found to be lower in the species living in the holes than in the species that did not (Table 4). This may be due to adaptation to low oxygen conditions.

Hemoglobin and red blood cell production rises above average in the summer and fall and decreases below average in the spring and winter. Summer is the highest mean hemoglobin weight per red cell (MCH) compared to other seasons (Fig. 4). Increased synthesis of hemoglobin may be caused by an increase in the animal’s metabolic rate at high ambient temperatures, which results in a reduction in oxygen supply to the tis-

ues. An increase in hemoglobin typically happens when there is a need for increased oxygen-carrying capacity [26]. According to the researchers, 1.34 ml of oxygen can bind to every gram of hemoglobin in mammals, and under ideal circumstances, 99% of hemoglobin can bind to oxygen. Additionally, animals that live in high elevations have hemoglobin that has a high ability to bind oxygen [27]. In some small rodents, the number of white blood cells decreases during the winter (leukocytopenia) [28], which was a similar result as in our study (Fig. 4). When platelet/leukocyte aggregation takes place, leukocytopenia may happen. Occasionally, this aggregation occurs as a result of a reduction in body temperature.

There were no significant gender differences other than for AST and Glucose. 83% of the total 24 indicators significantly varied by age group, which might be explained by a variety of internal and external factors, including the species’ life cycle, behavioral characteristics, food availability, and temperature fluctuations (Fig. 5).

There was no gender difference in the total protein content, which was 61.9 g in newborns, 67.88 g in young animals, and 54.69 g in mature animals per 1 liter. It has been discovered that growth hormone regulation, organ development, and antigen and nutrient availability are all correlated with low amounts of total protein in both newborns and adults [20], [21]. The Brandt’s Vole male population’s average level of leukosis was found to be nearly 30% higher. This is because the stress brought on by the adrenaline’s release raises the level of plasma glucose.

While the level of the alkaline phosphatase (ALP) enzyme varies only with age, there is a strong correlation between age and gender for the aspartate aminotransferase (AST) enzyme, with P-value of 0.01 across age groups and P-value 0.0002 depending on sex (Fig. 3) AST and ALP enzymes are high in newborns, drop off in childhood, and then rise again in adulthood, which is similar to the results of other researchers in other animals [4], [5], [6]. AST has a high concentration in female individuals, and its concentration in the blood decreased with getting old. AST activity occurs in a variety of tissues, but it is mostly found in liver and muscle tissue, where it serves as an “indicator” of activity and damage [36].

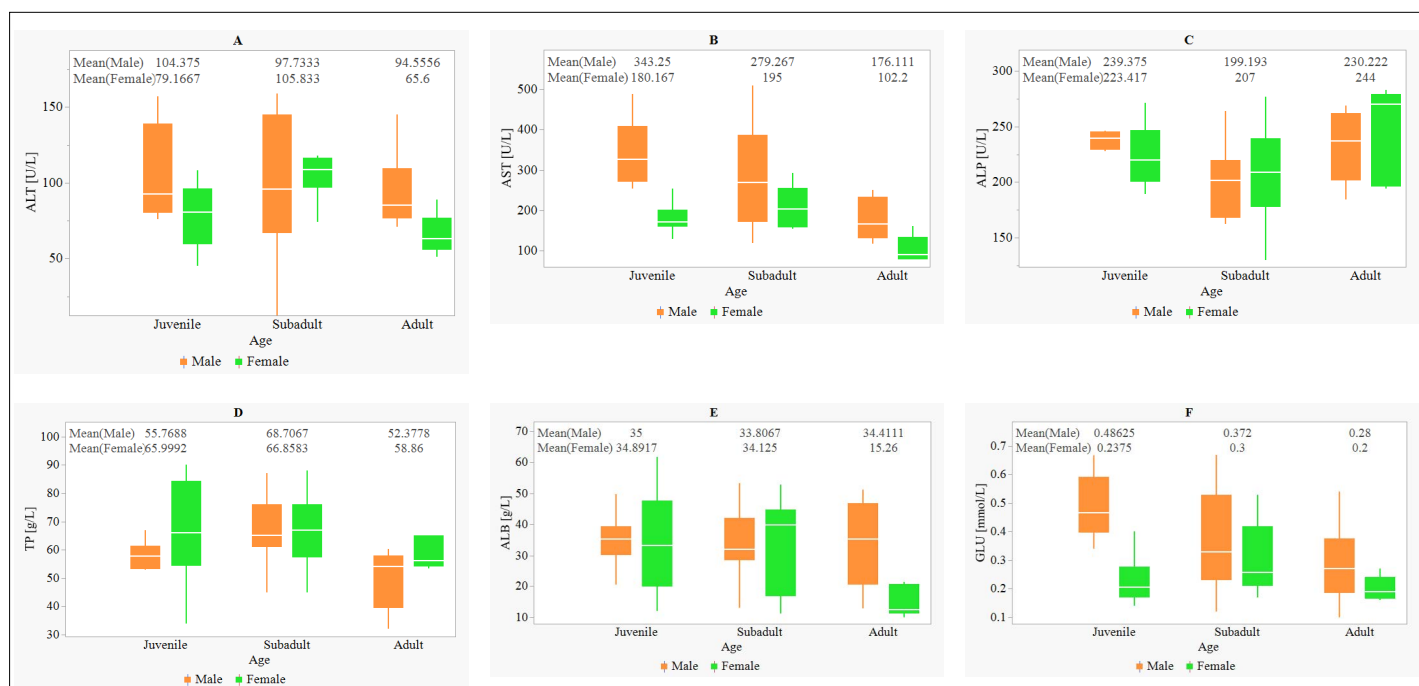
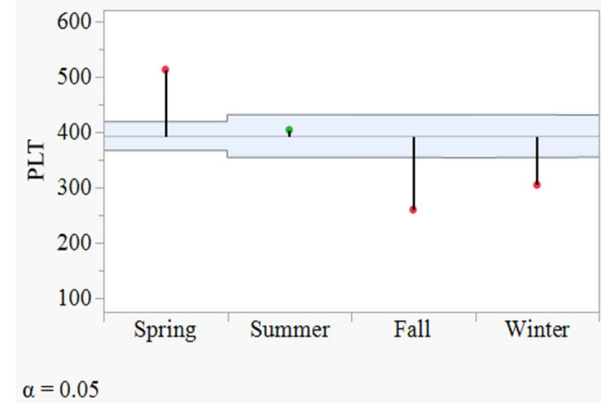
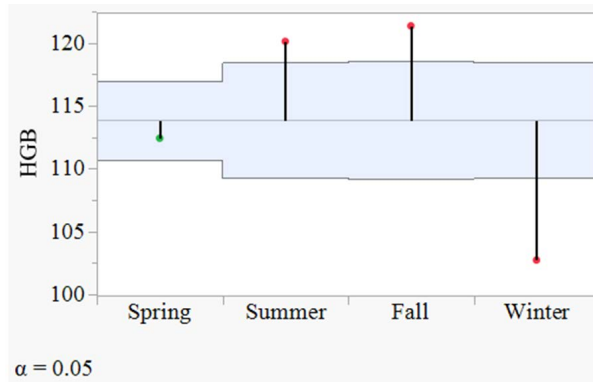
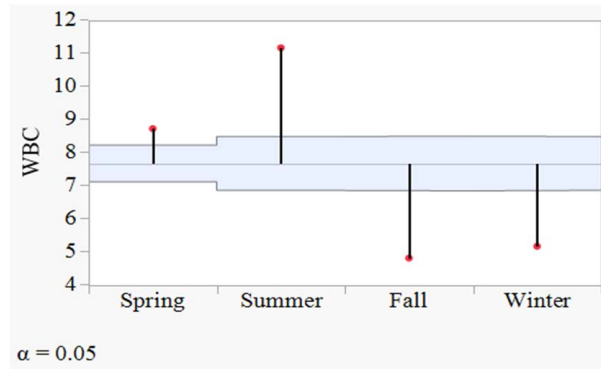
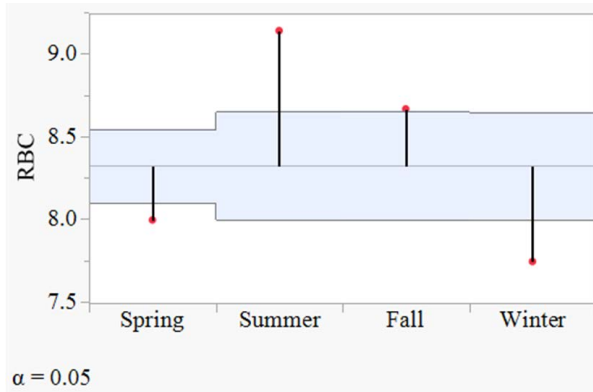


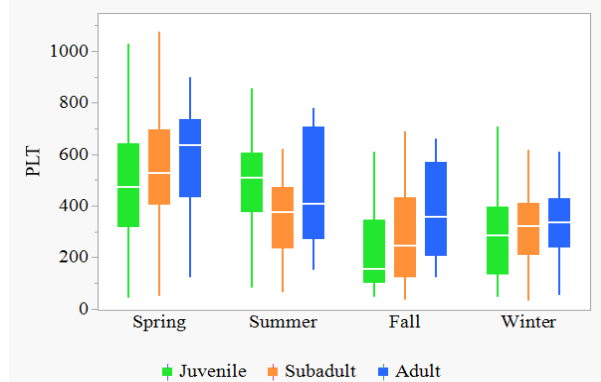
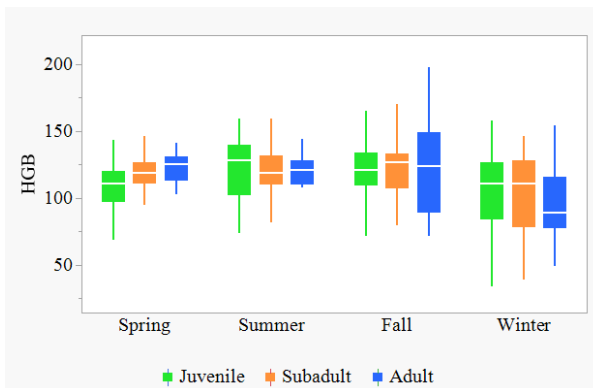
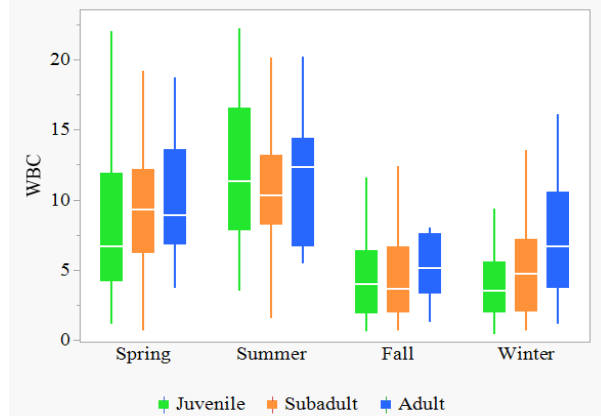
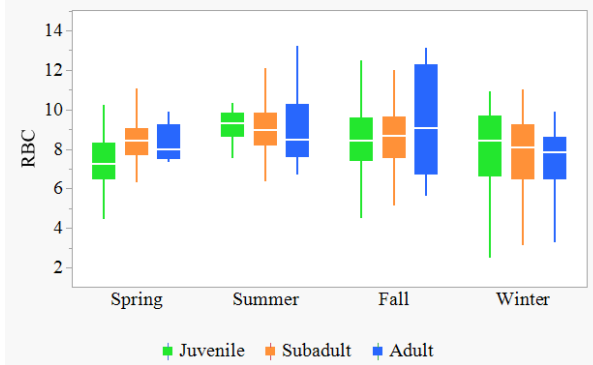
Fig. 3. Biochemical parameters of Brandt's Vole, by sex and age groups

Table 4. Results of hematological and biochemical analysis of Brandt's Voles and other small rodents

Parameters	Average	Median	<i>Lasiopodomys mandarinus</i> [25]	<i>Meriones unguiculatus</i> [26]	<i>Sprague dawley</i> [27]	<i>Microtus pine-torium</i> [23]	<i>Pteropus alecto</i> [24]
WBCs	8.79	7.00	–	13.8 ± 3.6	3.0 – 9.22	–	5.96
Lymph #	4.97	3.90	–	–	2.1 – 7.7	–	1.72
Mon #	0.40	0.30	–	–	0.08 – 0.76	–	0.14
Gran #	3.40	2.20	–	–	–	–	–
Lymph %	61.17	61.30	–	70.6 ± 7.0	–	–	–
Mon %	4.92	4.70	–	3.3 ± 1.4	–	–	–
Gran %	35.19	33.50	–	–	–	–	–
RBC	8.33	8.4	–	8.8 ± 0.4	6.39 – 8.01	11	9.13
HGB	113.93	118	–	160.4 ± 0.4	129 – 159	150	–
HCT	40.40	42.40	42.1 – 46.8	48.6 ± 1.0	40 – 49	40.8	47.0
MCV	52.21	52.00	39.4 – 42.4	52.0 ± 4.6	55.2 – 67.0	37.5	51.79
MCH	14.71	14.50	14.3 – 15.1	18.6 ± 1.0	18.7 – 21.2	13.7	17.97
MCHC	281.37	278.00	366.3 – 356.7	333.7 ± 1.0	310 – 347	360.9	347.03
RDW	15.17	15.20	–	–	–	–	–
PLT	406.50	385.00	–	–	923 – 1580	–	367.3
MPV	5.15	4.70	–	–	6.7 – 8.1	–	–
PDW	17.10	16.60	–	–	–	–	–
PCT	0.19	0.18	–	–	–	–	–
ALT	93.44	89.00	–	–	14 – 47	189	15.8
AST	221.85	197.00	–	–	59 – 139	–	76.8
TP	62.90	61.60	–	–	51.1 – 64.5	64	65.51
ALB	32.81	32.00	–	–	26.8 – 34.5	40	36.1
ALP	219.01	215.00	–	–	–	126	407.4
GLU	0.32	0.27	–	–	4.46 – 8.0	8	6.8



**Fig. 4.** Red blood cells, white blood cells, hemoglobin, hemoglobin content per red blood cell, by season



**Fig. 5.** The average value of white, red, platelet cells and hemoglobin by age group

## Conclusion

In this study, we establish the hematology and plasma chemistry reference range of wild Brandt's Vole. 18 primary blood parameters of Brandt's Vole populations that are seasonally determined in largely untainted natural settings with little anthropogenic influence, 6 biochemical indicators were determined by age and sex. Those parameters are useful as benchmarks.

Although Brandt's Vole has intermediate or short-term hypothermic characteristics depending on the season, Physiologically, it was found to be highly related to the season. Seasonal changes occurred in 94.4% of the total hematological parameters. Hematological markers increase in the spring and summer and decrease in the winter, which may be related to a rise in metabolic rate during the warm season. The result shows age-related patterns of change in 83% of the 24 hematological and biochemical markers, and there were no significant variations in hematological indicators between male and female participants. The aspartate aminotransferase enzyme content and glucose levels in males and females were noticeably different, according to the findings of the blood biochemical examination. Males had a 30% greater in glucose content than females, while females had an AST content that was 41% higher than males.

The result shows us to monitor how the physiological state of living organisms changes in the areas negatively affected by natural factors and human activities, and it's crucial to assess the level of pollution affecting other rare and extremely rare animals, as well as the ecosystems such species represent, and to take preventative steps.

## References

- [1] A. Li and T. Kasai, "The Asia Pacific Strategy for Emerging Diseases – a strategy for regional health security," *Western Pacific Surveillance and Response Journal: WPSAR*, vol. 2, no. 1, pp. 6, Mar. 2011, <https://doi.org/10.5365/WPSAR.2011.2.1.001>.
- [2] L. Lagos and F. Barcena, "Spatial variability in wolf diet and prey selection in Galicia (NW Spain)," *Mammal research*, 2018, Accessed: Jan. 24, 2022. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s13364-018-0352-6>
- [3] B. K. McNab, "Geographic and temporal correlations of mammalian size reconsidered: a resource rule," *Oecologia*, vol. 164, no. 1, pp. 13–23, Sep. 2010, <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1621-5>.
- [4] M. Wang *et al.*, "Ambient temperature correlates with geographic variation in body size of least horseshoe bats," *Curr Zool*, vol. 66, no. 5, pp. 459–465, Oct. 2020, <https://doi.org/10.1093/cz/zoaa004>.
- [5] D. A. Taggart *et al.*, "Environmental Factors Influencing Hairy-Nosed Wombat Abundance in Semi-Arid Rangelands," *The Journal of Wildlife Management*, vol. 84, no. 5, pp. 921–929, 2020.
- [6] B. A. Fancourt, C. E. Hawkins, and S. C. Nicol, "Mechanisms of climate-change-induced species decline: spatial, temporal and long-term variation in the diet of an endangered marsupial carnivore, the eastern quoll," *Wildlife research*, 2018, <https://doi.org/10.1071/AM22010>.
- [7] D. Avirmed, "Taxonomic problems of the Brandt's Vole," *Proceedings of the Institute of General and Experimental Biology*, vol. 15, pp. 62–64, 1983. (in Mongolian)
- [8] A. G. Bannikov, *Guide to the Mammals of Mongolia*, 1st ed. USSR: Publishing House of Academies of Sciences, 1953. (in Russian)
- [9] N. Davaa, "Effects of Brandt's vole on soil and plants," National University of Mongolia, *Scientific Papers*, vol. 2, no. 13, pp. 99–108, 1962. (in Mongolian)
- [10] S. Dulamtseren, *Taxonomy and Mongolian Mammals and Classification (Latin – Mongolian – English – Russian)*, vol. 1, Institute of Linguistics, Institute of Biology, Mongolian Academy of Sciences. Ulaanbaatar, 2003. (in Mongolian)
- [11] R. Samiya, N. Batsaikhan, and L. Ariuntsetseg, "Population dynamics of the Brandt's vole and its role in steppe ecosystems," United Nations, 1, 2002. (in Mongolian)
- [12] O. Chognii, "Changing of field vegetation under the influence of Vole," *Proc. Inst. Biol.*, vol. 4, pp. 204–216, 1969. (in Mongolian)
- [13] P. P. Dmitriev, "Geobotanical and geomorphological indicators in the study of the range of Brandt's vole in Mongolia.," *Theriofauna of Russia and adjacent territories. Malta International Meeting*, pp. 115–116, 2003. (in Russian)
- [14] P. P. Dmitriev and Ya. Adya, "Population structure of Brandt vole, ecological populations," *Proc. Inst. Biol.* vol. 22, pp. 77–82, 2000. (in Russian)
- [15] P. Boye, *Native mammals, a key to identifying wild mammals in the Federal Republic of Germany apart from*



- the orders seals, even-toed ungulates and whales*, 11th ed. German Youth Association for Nature Observations, 1994. (in German)
- [16] M. I. Hussain *et al.*, “Blood, Hair and Feces as an Indicator of Environmental Exposure of Sheep, Cow and Buffalo to Cobalt: A Health Risk Perspectives,” *Sustainability*, vol. 13, no. 14, Art. no. 14, Jan. 2021, <https://doi.org/10.3390/su13147873>.
- [17] A. Maceda-Veiga, J. Figuerola, A. Martínez-Silvestre, G. Viscor, N. Ferrari, and M. Pacheco, “Inside the Redbox: Applications of haematology in wildlife monitoring and ecosystem health assessment,” *Science of the Total Environment*, vol. 514, pp. 322–332, May 2015, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.004>.
- [18] S. E. Jorgensen, *Handbook of Ecological Models used in Ecosystem and Environmental Management*. CRC Press, 2016. <https://doi.org/10.1201/b10791>.
- [19] M. B. Brooks, K. E. Harr, D. M. Seelig, K. J. Wardrop, and D. J. Weiss, Eds., *Schalm’s Veterinary Hematology*. Wiley, 2022. <https://doi.org/10.1002/9781119500537>.
- [20] N. A. Andersen, U. Mesch, D. J. Lovell, and S. C. Nicol, “The effects of sex, season, and hibernation on haematology and blood viscosity of free-ranging echidnas (*Tachyglossus aculeatus*),” vol. 78, no. 2, pp. 174–181, Mar. 2011, <https://doi.org/10.1139/Z99-199>.
- [21] S. B. Harvey, P. M. Krimer, M. T. Correa, and M. A. Hanes, “Hematology and plasma chemistry reference intervals for mature laboratory pine Brandt’s Voles (*Microtus pinetorum*) as Determined by using the nonparametric rank percentile method,” *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, vol. 47, no. 4, pp. 35–40, 2008.
- [22] L. McMichael *et al.*, “Haematology and plasma biochemistry of wild Black flying-foxes, (*Pteropus alecto*) in Queensland, Australia,” *PLoS ONE*, vol. 10, no. 5, 2015, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125741>.
- [23] B. Liu, Z. Wang, and J. Lu, “Response to chronic intermittent hypoxia in blood system of Mandarin Brandt’s Vole (*Lasiopodomys mandarinus*),” *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, vol. 156, no. 4, pp. 469–74, Aug. 2010, <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.03.034>.
- [24] K. Shichinohe, M. Shimizu, K. Haga, T. Iedokoro, and K. Fujita, “Basic Studies on the Mongolian Gerbil as a Susceptible Host to Filarial Infection: Comparative Studies on Serum Biochemical Values Between the Wild-Colored Gerbil and the Coat Color Mutants,” *Japanese Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 21, no. 4, pp. 201–206, Jan. 1993, <https://doi.org/10.2149/tmh.1973.21.201>.
- [25] Q. He *et al.*, “Sex-specific reference intervals of hematologic and biochemical analytes in Sprague-Dawley rats using the nonparametric rank percentile method,” *PLoS ONE*, vol. 12, no. 12, 2017, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189837>.
- [26] S. Schwerin, B. Zeis, W. Horn, H. Horn, and R. J. Paul, “Hemoglobin concentration in Daphnia (*D. galeata-hyalina*) from the epilimnion is related to the state of nutrition and the degree of protein homeostasis,” *Limnology and Oceanography*, vol. 55, no. 2, pp. 639–652, 2010, <https://doi.org/10.4319/lo.2010.55.2.0639>.
- [27] E. D. D. Villota, M. T. G. Carmona, J. J. Rubio, and S. R. D. Andrés, “Equality of the in vivo and in vitro oxygen-binding capacity of haemoglobin in patients with severe respiratory disease,” *British journal of anaesthesia*, vol. 53, no. 12, pp. 1325–1328, 1981, <https://doi.org/10.1093/BJA/53.12.1325>.
- [28] M. Franco, C. Contreras, and R. F. Nespolo, “Profound changes in blood parameters during torpor in a South American marsupial,” *Comparative biochemistry and physiology. Part A, Molecular & integrative physiology*, vol. 166, no. 2, pp. 338–342, 2013, <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.07.010>.
- [29] H. R. Bouma *et al.*, “Blood cell dynamics during hibernation in the European Ground Squirrel,” *Vet Immunol Immunopathol*, vol. 136, no. 3–4, pp. 319–323, Aug. 2010, <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2010.03.016>.
- [30] V. Naidoo, M. Diekmann, K. Wolters, and G. E. Swan, “Establishment of selected baseline blood chemistry and hematologic parameters in captive and wild-caught African white-backed vultures (*Gyps africanus*),” *Journal of wildlife diseases*, vol. 44, no. 3, pp. 649–654, 2008, <https://doi.org/10.7589/0090-3558-44.3.649>.
- [31] K. HIRANO and Y. SANADA, “Diagnostic Value of Biochemistry,” *Clinical Avian Medicine*, vol. 2, no. 9, pp. 611–629, 2006, <https://doi.org/10.12935/JVMA.65.701>.
- [32] S. Langer, K. Jurczynski, and D. Widmer, “Selected hematologic and biochemical values in subadult and adult captive fossas (*Cryptoprocta ferax*),” vol. 44, no. 3, pp. 581–588, Sep. 2013, <https://doi.org/10.1638/2012-0049R3.1>.
- [33] C. B. Grindem, “Schalm’s Veterinary Hematology, 6th edition. Editors: Douglas J. Weiss, K. Jane Wardrop,”

- Veterinary Clinical Pathology*, vol. 40, no. 2, pp. 270–270, Jun. 2011, <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2011.00324.x>.
- [34] A. M. Silvestre, S. L. González, and R. C. Valera, “La bioquímica sanguínea en clínica de reptiles,” *Consulta de difusión veterinaria*, ISSN 1135-0598, Vol. 21, No. 200, 2013, págs. 31-40, vol. 21, no. 200, pp. 31–40, 2013.
- [35] S. Wolfensohn and M. Lloyd, “Handbook of Laboratory Animal Management and Welfare,” p. 391, 2013.
- [36] R. Capitelli and L. Crosta, “Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species,” *The veterinary clinics of North America. Exotic animal practice*, vol. 16, no. 1, pp. 71–120, Jan. 2013, <https://doi.org/10.1016/J.CVEX.2012.10.002>.



## Цайвар үлийч (*Lasiopodomys brandtii* Radde, 1861)-ийн цусны үндсэн үзүүлэлтийн улирлын хамаарал ба биохимийн шинжилгээний зарим дүн

Энхбат ЭНХМАА\* , Баянмөнх Улам-Өрнөх , Янсанжав Адьяа 

Шинжлэх ухааны академи, Биологийн хүрээлэн, Хөхтний экологийн лаборатори, Улаанбаатар, Монгол Улс

\*Холбоо барих зохиогч: [enkhmaae@mas.ac.mn](mailto:enkhmaae@mas.ac.mn), <https://orcid.org/0000-0002-2571-1154>

**Хураангуй.** Хөхтөн амьтны физиологийн жиших эх хэрэглэхүүн (эталон) – ийг тогтосноор экосистем ба амьтдад нөлөөлж буй биотик, абиотик болон антропоген хүчин зүйлийн нөлөөллийг илрүүлэх, үнэлэн тогтоох, хамгааллын арга хэмжээг төлөвлөх зэрэг олон ач холбогдолтой.

Монголын тэгш өндөрлөгийн эндемик зүйлийн нэг цайвар үлийч (*Lasiopodomys brandtii* Radde, 1861) нь идэш тэжээлийн гинжин хэлхээнд хоёрдогч консумент болохын хувьд тал, хээрийн экосистемд онцгой үүрэг оролцоотой. Энэхүү судалгааны ажил цайвар үлийчийн физиологийн жиших эх хэрэглэхүүнийг тогтоох, уг үзүүлэлтүүдийн нас, хүйс, улирлын хамаарлаар өөрчлөгдөх байдлыг тодорхойлох үндсэн зорилготой.

Хэнтий, Сүхбаатар, Төв, Булган, Завхан аймгийн нутагт 2016-2021 онд нийт 11 удаагийн хээрийн ба хагас суурин судалгааг хийж, дээж материалыг бүрдүүлсэн. Энэ өгүүлэлд цуглуулсан судалгааны дээж, эх хэрэглэхүүнээс 600 (300 эр, 300 эм) бодгалийн гематологи, морфологийн хэмжилт хийсэн дүн, 60 бодгалийн цусны ийлдсэнд биохимийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон үр дүнг сонгож физиологийн жиших эх хэрэглэхүүнийг тогтоолоо.

Цагаан, улаан, ялгаст эсийн тоо, гемоглобины агууламж улирлаас өндөр хамааралтай буюу  $P < 0.0001$  бөгөөд нийт гематологи үзүүлэлтийн 94.4% нь улирлын байдлаас хамаарч агууламж өөрчлөгдөж байв. Цусны сийвэнгийн АСАТ болон глюкозын агууламж хүйсээс хамаарч харилцан адилгүй агууламжтай байсан ба нийт 24 үзүүлэлтийн 83% нь насны бүлгүүдэд ялгаатай үр дүн үзүүлэв.

**Түлхүүр үгс:** гематологи, физиологийн жиших эх хэрэглэхүүн, улирлын хамаарал, эталон

Хүлээн авсан 2022.10.10; хянан тохиолдуулсан 2022.12.26; зөвшөөрсөн 2022.12.28

© 2022 Зохиогчид. [CC BY-NC 4.0 лиценз](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

### Оршил

Өнөө цагт хүн төрөлхтөн эерэг сөрөг үр дагаврын тооцоолол муутайгаар урьд өмнө нь байгальд байгаагүй олон мянган химийн нэгдэл, бодисыг өдөр тутамдаа хэрэглэж, байгаль орчин, биологийн олон янз байдалд шууд болон дам хэлбэрээр нөлөөлж байна. Зэрлэг амьтад хорт бодисуудыг арьс, амьсгал, идэш тэжээлийн болон бусад олон замаар орчноосоо шингээх ба зарим бодисууд нь организмаас бүрэн зайлуулагдахгүй өөхөн давхарга зэрэгт хуримтлагдан үлдэх нь бий. Эдгээр хуримтлагдсан хорт нэгдлүүдийн

концентраци идэш тэжээлийн гинжин хэлхээ дээшлэх тусам нэмэгдэх (биологийн магнификаци) ба гинжин хэлхээний оройд байх махчид орчны бохирдол, хорт нэгдлүүдийн сөрөг нөлөөнд илүү өртдөг ажээ.

Дэлхийн байгаль хамгаалах холбоо хүнд халдварладаг нийт халдварт өвчний 60 орчим хувь, сүүлийн 30 жилд батлагдсан нийт халдварын тохиолдлын 75 орчим хувь нь зэрлэг амьтны гаралтай байсан тухай 2022 онд мэдээлсэн [1]. Хэдийгээр байгаль дээр амьтдын морфологи, биеийн жин, араг ясны хэмжээ, үсэн бүрхүүл, зан төрх харилцан адилгүй, эдгээр өөрчлөлтийг үүсгэдэг механизмууд нь

нарийн төвөгтэй, амьтны төрөл зүйлээс хамаарч өөр өөр байдаг [2] хэдий ч нас, хүйс, биеийн температур, улирлын онцлог шинж чанар зэрэг хүчин зүйлсийн хариу үйлдэл ойролцоо байдлаар физиологийн дээж хэрэглэхүүнд илэрдэг байна [3]–[6].

Тоо толгой ихтэй, түгээмэл тархацтай хөхтөн амьтныг сонгон авч “физиологийн жиших эх хэрэглэхүүн” -ийг бүрдүүлэн судалгаа, шинжилгээнд ашиглах нь хүний болон экосистемийн эрүүл мэндийг хянах, ховор, нэн ховор амьтны төрөл, зүйлийн мониторинг хийх, хамгааллын үр дүнтэй менежментийг төлөвлөн хэрэгжүүлэх нэг арга хэрэгсэл болох ач холбогдолтой.

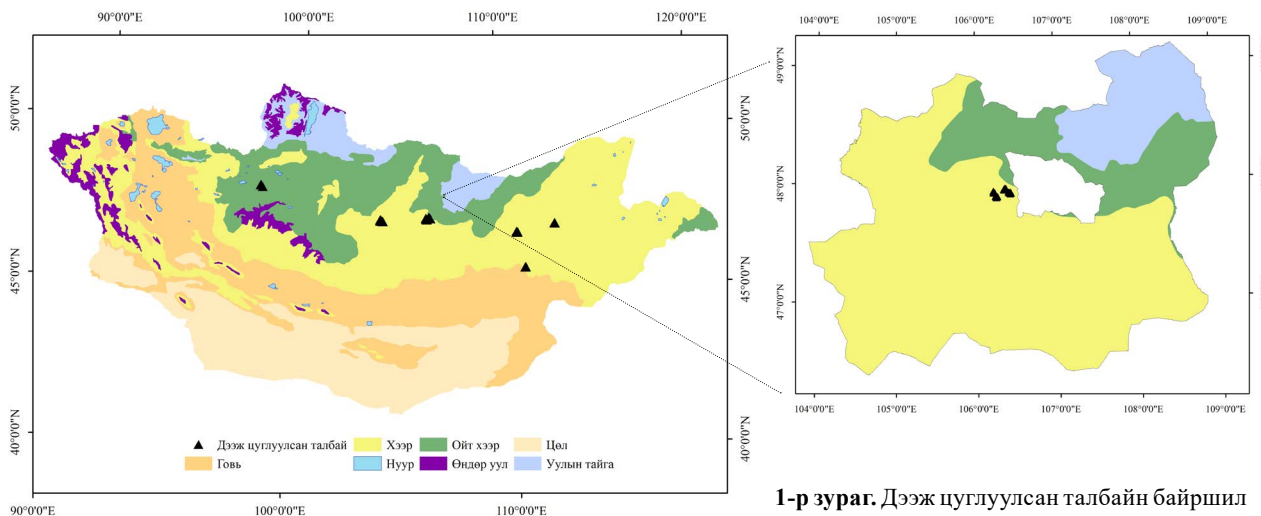
Монгол орны хувьд ойт хээр, хээр, хуурай хээрийн дагжуур хөрстэй дэрст, харганат хөндий уулсын энгэр бэл, талын нуур, булаг шанд, голын хөндий даган Дорнод Монголоос, Дундад халх, Дагуур, Хангайн өмнөд, баруун, баруун умард этгээд цөлжүү хээр хүртэл өргөн уудам нутгийг хамарч, түгээмэл тархсан экосистемд онцгой үүрэг бүхий цөөн хэдэн

зүйлийн нэг нь цайвар үлийч (*Lasiopodomys brandtii* Radde, 1861) болно.

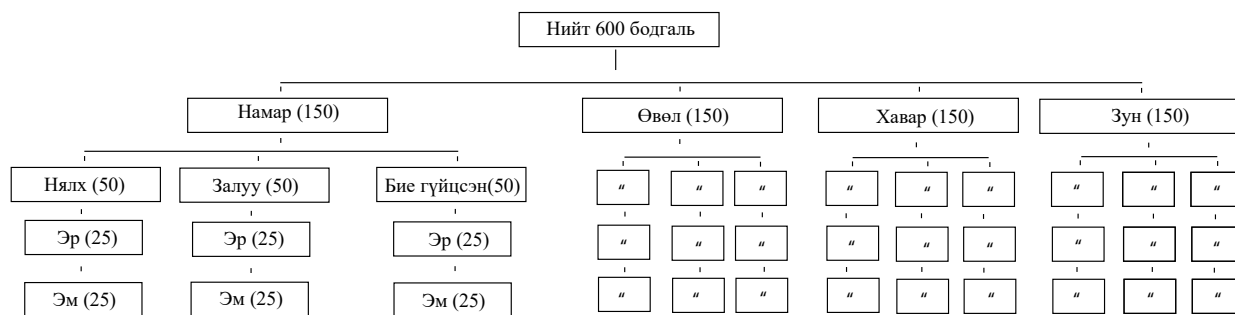
Байгалийн эрс тэс уур амьсгалтай, жилд 4 улирал ээлжлэн солигддог манай орны хувьд цайвар үлийчийн идэвх хөдөлгөөн, зан төрх, үржил, популяцийн нөхөн төлжилт улирлаар хувьсах зүй тогтолтой [7]–[14] тул нас, хүйс, улирлын өөрчлөлт, ялгааг физиологийн судалгаанд зайлшгүй тооцоолох шаардлагатай.

Энэхүү судалгааны үндсэн зорилго нь хүний нөлөөлөлд бага өртсөн, үйлдвэр уурхайгаас хол, харьцангуй байгалийн унаган төрхөө хэвээр хадгалсан газар нутагт тархсан цайвар үлийчийн цусны дээж хэрэглэхүүнийг цуглуулж физиологийн жиших эх хэрэглэхүүн (цусны хэвийн үзүүлэлт)-ийг тогтооход оршино.

Судалгааны үр дүнг цаашид антропогенийн нөлөө ихтэй томоохон хот, суурин газрууд ба үйлдвэр, уурхайгаас үүдэлтэй бохирдлын түвшинг тогтоох, хянах, бусад ховор, нэн ховор зүйл хөхтөн амьтад



1-р зураг. Дээж цуглуулсан талбайн байршил



2-р зураг. Гематологийн судалгааны хэрэглэхүүн

ба экосистемд хэрхэн нөлөөлж буйг үнэлэх, санал зөвлөмж боловсруулахад суурь хэрэглэхүүн болгон ашиглах боломжтой.

## Судалгааны материал, аргазүй

Монгол орны хээр, ойт хээр, уулын хээр, заримдаг цөлийн бүсэд геоморфологийн ерөнхий шинжээр нэгэн хэвийн үйрмэг чулуурхаг, өнгөц хар шороон болон элсэрхэг хөрстэй нутагт цайвар үлийч түгээмэл тархацтай. Төв, Хэнтий, Сүхбаатар, Булган, Завхан аймгийн цайвар үлийчийн тархац бүхий нутагт 2016-2021 онд 11 удаагийн хээрийн судалгааг зохион байгуулж нийт 1100 орчим бодгалийн цусны дээж, хэрэглэхүүнийг цуглуулсан (**1-р зураг**). Энэхүү судалгаанд нийт дээж хэрэглэхүүнээс Төв аймгийн Аргалант (47.93714° N, 106.21579° E) сумын 2016 оны намар, 2017 оны өвөл, хавар, зуны улиралд цуглуулсан 600 бодгаль цайвар үлийчийн гематологийн дээж (**2-р зураг**) болон 2018 оны намар, 2021 оны хавар мөн сумаас цуглуулсан 30 эр, 30 эм нийт 60 бодгалийн (нялх бодгаль 20; залуу бодгаль 20, бие гүйцсэн бодгаль 20) биохимийн дээжийг сонгож статистик боловсруулалт хийж, үр дүнг тооцоолов.

Амьтан барих, нас, хүйс тодорхойлох. Бид цайвар үлийчийн экологи, биологийн хээрийн судалгаа хийж, конуст сувгийн арга болон амьд баригч ашиглан оготныг барьж уламжлалт аргаар биоморфологийн хэмжилтийг (биеийн жин (BM), биеийн урт (L), чихний урт (A), тавхайн урт (P), сүүлний урт (C)-ийг хийсэн. Судалгаанд хамрагдсан амьтны насыг нялх (juvenile), залуу (subadult), бие гүйцсэн (adult) бодгаль гэж ангилсан (**2-р зураг**).

Гематологи, биохимийн дээж цуглуулах, шинжлэх. Судалгааны зорилгын хүрээнд лейкоцитын тоо (WBC), лимфоцит (Lymph#), моноцит эсийн тоо (Mon#), гранулоцитын тоо (Gran#), лимфоцит (Lymph%), моноцит (Mon%), гранулоцит эсийн нийт эсэд эзлэх хувь (Gran%), эритроцитын тоо (RBC), гемоглобины агууламж (HGB), эритроцитын дундаж эзлэхүүн (MCV), нэг улаан эсэд ноогдох гемоглобины дундаж жин (MCH), нэг улаан эсэд ноогдох гемоглобины концентраци (MCHC), эритроцитын тархалтын өргөн (RDW), гематокрит

буюу нийт цусан дахь эритроцитын эзлэх хувь (HCT), тромбоцитын тоо (PLT), тромбоцитын дундаж эзлэхүүн (MPV), тромбоцитын тархалтын өргөн (PDW), тромбокрит буюу нийт эсэд тромбоцитын эзлэх хувь (PCT) ба аланинаминотрансаминаза (ALT), аспаратаминотрансфераза (AST), нийт уураг (TP), альбумин (ALB), шүтлэг фосфотаза (ALP), глюкоз (GLU) зэрэг нийт 24 үзүүлэлтийг тодорхойлов.

Гематологийн судалгааны дээжийг K3EDTA бүхий хуруу шилэнд, биохимийн дээжийг эффиндорфын тюбинд аргазүйн дагуу тус тус цуглуулж хадгалан мал, амьтны зориулалт бүхий BC-2800Vet анализатор ашиглан гематологийн 18, Statfax-4500 хагас автомат анализатор ашиглан биохимийн зургаан үзүүлэлтийг тус тус тодорхойлсон.

## Статистик боловсруулалт

Гематологи, биохимийн үзүүлэлтүүдийн дундаж утга, стандарт хазайлт (SD), стандарт алдаа (SE), *F*-статистик, үнэмшлийн магадлал (CL) болон *P*-утгыг статистик боловсруулалтын GraphPad Prism 9, JMP Pro 16 программ ашиглан вариацийн анализ (ANOVA), *t*-test, корреляцийн шинжилгээгээр боловсруулж улирал, нас, хүйсийн хамаарлыг шалгав. Үзүүлэлтийн бодит ялгааны түвшин *p* утгыг  $P < 0.05^*$ ,  $P < 0.01^{**}$ ,  $P < 0.001^{***}$  гэж авч үзэв.

## Судалгааны үр дүн

Антропогенийн нөлөө бага бүс нутгийг сонгон цуглуулсан цусны дээжинд лейкоцитын тоо (WBC), лимфоцит (Lymph#), моноцит эсийн тоо (Mon#), гранулоцитын тоо (Gran#), лимфоцит (Lymph%), моноцит (Mon%), гранулоцит эсийн нийт эсэд эзлэх хувь (Gran%), эритроцитын тоо (RBC), гемоглобины агууламж (HGB), эритроцитын дундаж эзлэхүүн (MCV), нэг улаан эсэд ноогдох гемоглобины дундаж жин (MCH), нэг улаан эсэд ноогдох гемоглобины концентраци (MCHC), эритроцитын тархалтын өргөн (RDW), гематокрит буюу нийт цусан дахь эритроцитын эзлэх хувь (HCT), тромбоцитын тоо (PLT), тромбоцитын дундаж эзлэхүүн (MPV), тромбоцитын тархалтын өргөн (PDW), тромбокрит буюу нийт эсэд тромбоцитын эзлэх хувь (PCT) ба аланинотрансаминаза (ALT),

**1-р хүснэгт.** Монгол орны цайвар үлийчийн гематологи, биохимийн үзүүлэлтүүдийн дундаж утга

Үзүүлэлт	Нэгж	Дээжний тоо	Дундаж	Стандарт алдаа (SE)	Медиан	Стандарт хазайлт (SD)	95% CI
Биеийн жин	g	600	32.98	0.56	31	13.72	1.1
Биеийн урт	cm		10.12	0.07	10	1.7	0.14
WBC	×10 <sup>9</sup> /L		8.79	0.41	7	10.17	0.81
Lymph #	×10 <sup>9</sup> /L		4.97	0.22	3.9	5.36	0.43
Mon #	×10 <sup>9</sup> /L		0.4	0.02	0.3	0.4	0.03
Gran #	×10 <sup>9</sup> /L		3.4	0.29	2.2	7.07	0.57
Lymph	%		61.17	1.42	61.3	34.85	2.79
Mon	%		4.92	0.08	4.7	2	0.16
Gran	%		35.19	0.68	33.5	16.71	1.34
RBC	×10 <sup>12</sup> /L		8.33	0.07	8.4	1.75	0.14
HGB	g/L		113.93	1.00	118	24.64	1.97
HCT	%		40.4	0.42	42.4	10.3	0.82
MCV	fl		52.21	0.27	52	6.59	0.53
MCH	Pg		14.71	0.12	14.5	2.89	0.23
MCHC	g/L		281.37	1.66	278	40.85	3.27
RDW	%		15.17	0.08	15.2	1.98	0.16
PLT	×10 <sup>9</sup> /L		406.5	9.99	385	245.3	19.62
MPV	fl		5.15	0.05	4.7	1.19	0.1
PDW	%		17.1	0.25	16.6	6.11	0.49
PCT	%		0.19	0	0.18	0.11	0.01
<hr/>							
ALT	U/L	60	93.44	4.13	89	32.25	8.26
AST	U/L		221.85	13.29	197	103.78	26.58
TP	g/L		62.9	1.91	61.6	14.91	3.82
ALB	g/L		32.81	1.71	32	13.34	3.42
ALP	U/L		219.01	4.96	215	38.74	9.92
GLU	mmol/L		0.32	0.02	0.27	0.15	0.04
Нийт		660					

**2-р хүснэгт.** Цайвар үлийчийн цусны үзүүлэлтийн дундаж утга, улирлаар

Үзүүлэлт	Зун	Намар	Өвөл	Хавар	F-харьцаа	P-утга
	Дундаж ± Стандарт алдаа					
WBCs	11.7 ± 0.7	6.9 ± 0.6	5.5 ± 0.4	9.5 ± 0.5	13.3	< 0.0001
Lymph #	6.6 ± 0.5	3.9 ± 0.3	2.9 ± 0.2	5.9 ± 0.4	16.52	< 0.0001
Mon #	0.6 ± 0	0.2 ± 0	0.3 ± 0	0.5 ± 0	36.61	< 0.0001
Gran #	4.5 ± 0.3	2.8 ± 0.5	2.2 ± 0.2	3.1 ± 0.2	3.7	0.0117
Lymph %	56.8 ± 1.6	64 ± 1.6	53.1 ± 1.3	66.1 ± 3.5	4.65	0.0032
Mon %	5.5 ± 0.2	4.1 ± 0.2	5.2 ± 0.2	5.1 ± 0.1	12.8	< 0.0001
Gran %	37.6 ± 1.4	32.2 ± 1.7	41.7 ± 1.2	32.1 ± 0.9	11.87	< 0.0001
RBC	9.14 ± 0.15	8.67 ± 0.15	7.75 ± 0.15	8.0 ± 0.11	19.71	< 0.0001
HGB	120.22 ± 2.09	121.4 ± 2.1	102.82 ± 2.08	112.5 ± 1.59	16.85	< 0.0001
HCT	39.4 ± 0.8	38.5 ± 1.1	42.3 ± 0.9	41.1 ± 0.5	3.92	0.0087
MCV	56.5 ± 0.5	51.4 ± 0.5	44.9 ± 0.2	55.2 ± 0.4	140.5	< 0.0001
MCH	15 ± 0.1	15.2 ± 0.3	12.9 ± 0.1	15 ± 0.1	29.01	< 0.0001
MCHC	267.5 ± 1.2	287.7 ± 2.2	287.9 ± 2.5	273.8 ± 0.7	19.37	< 0.0001
RDW	16 ± 0.1	13.9 ± 0.2	15.8 ± 0.1	15.3 ± 0.1	37.18	< 0.0001
PLT	386.7 ± 18.2	325 ± 21.4	315.5 ± 16.8	527 ± 15.9	34.71	< 0.0001
MPV	4.9 ± 0.1	6.2 ± 0.1	4.9 ± 0.1	4.6 ± 0.1	81.18	< 0.0001
PDW	16.9 ± 0.1	17.7 ± 0.1	16.4 ± 0.1	17.2 ± 0.7	1.11	0.345
PCT	0.2 ± 0	0.2 ± 0	0.1 ± 0	0.2 ± 0	23.53	< 0.0001

аспартатаминотрансфераза (AST), нийт уураг (TP), альбумин (ALB), шүлтлэг фосфотаза (ALP), глюкоз (GLU) зэрэг нийт 24 үзүүлэлтийн дундаж утга, медиан, стандарт алдаа, стандарт хазайлт, үнэмшлийн зэргийг тооцоолов (**1-р хүснэгт**).

Гематологийн 18 үзүүлэлтээс 17 нь улирлын өндөр хамааралтай бөгөөд тромбоцитын тархалтын өргөн улирлаас хамаарч өөрчлөгдөхгүй байна (**2-р хүснэгт**).

Цагаан, улаан, ялтаст эсийн тоо, гемоглобины агууламж улирлаас хамаарч ялгааны түвшин өндөр буюу  $P < 0.0001$  байв. Цагаан эсийн тоо намар,

**3-р хүснэгт.** Улаан, цагаан, ялтаст эс ба гемоглобины нас, хүйс, улирлын хамаарал

Хувьсагч	Source	F-харьцаа	P-утга
WBS	улирал * нас	0.6043	0.0001
	улирал * хүйс	0.1967	0.6933
RBS	улирал * нас	6.1127	0.0001
	улирал * хүйс	0.6118	0.6075
HGB	улирал * нас	2.7543	0.0120
	улирал * хүйс	0.1363	0.9383
PLT	улирал * нас	2.2824	0.0001
	улирал * хүйс	0.3763	0.5341

өвлийн улиралд дундаж утгаас цөөн байгаа бол хаврын улиралд олширч зуны улиралд дунджаас өндөр агууламжтай байв. Ялтаст эсийн тоо хаврын улиралд дундаж утгаас их, харин улаан эсийн тоо ба гемоглобины хэмжээ өвлийн улиралд цөөрч, хавар, намрын улиралд нэмэгдэн зуны улиралд олширсон зүй тогтол ажиглагдсан (**2-р хүснэгт**).

Гематологи үзүүлэлтийн улирлын хамаарал өндөр байсан тул (**2-р хүснэгт**) үндсэн 4 параметр болох цагаан, улаан, ялтаст эсийн тоо, гемоглобины хэмжээг сонгон улирал, нас, хүйсийн давхар хамаарлаар шалгав (**3-р хүснэгт**). Хүчин зүйлүүдийн давхар хамаарлаар шалгахад үзүүлэлтүүд улирал болон наснаас хамаарч өөрчлөгдөх зүй тогтолтой буюу зуны улиралд нялх бодгалийн цагаан эсийн тоо хамгийн өндөр байхад өвлийн улиралд бусад насны бодгалиудаас цөөн байна. Улирал, хүйсээс хамаарсан бодит ялгаа ажиглагдаагүй (**3-р хүснэгт**).

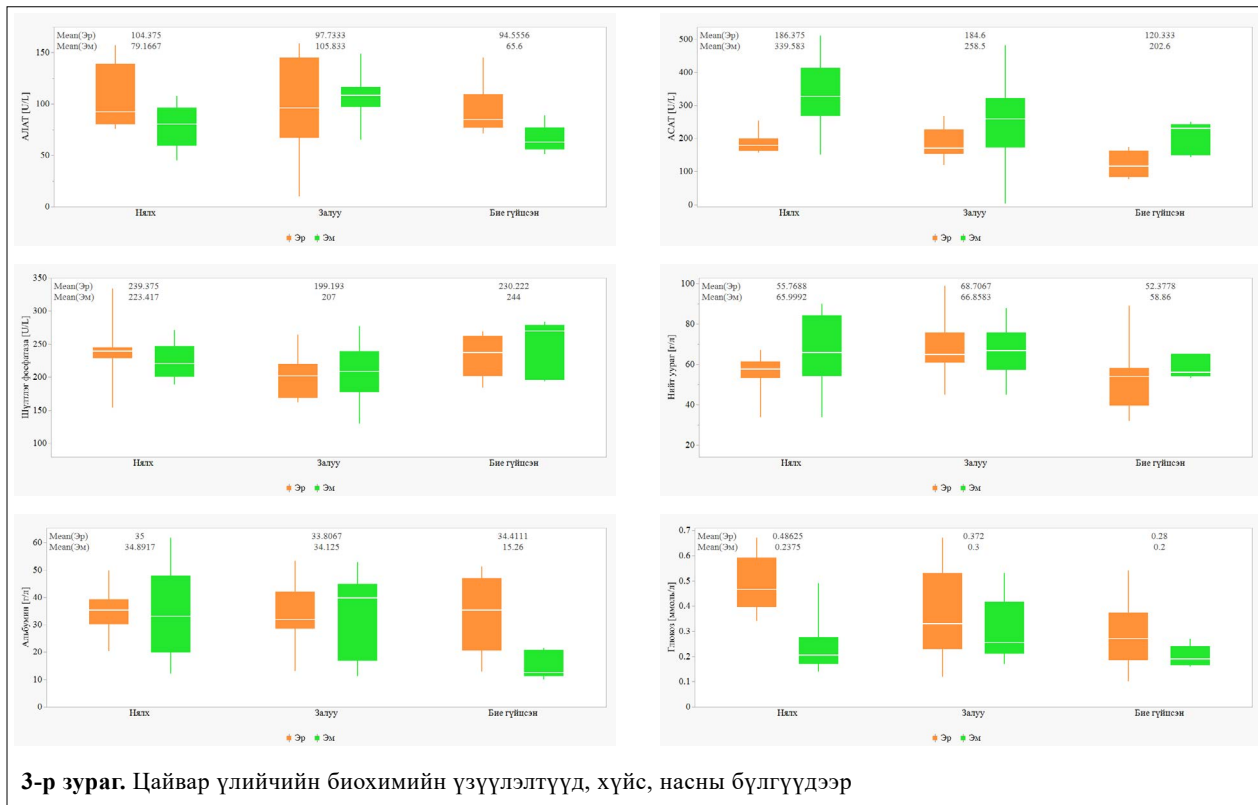
### Биохимийн үзүүлэлтийн дундаж утга ба нас, хүйсийн хамаарал

Биохимийн шинжилгээний зургаан параметр утга (ALT - аланинаминотрансфераза, ASP аспартатаминотрансфераза, TP - нийт уураг, ALB - альбумин, ALP - шүлтлэг фосфатаза, GLU - глюкоз)-ыг 2018 оны намар, 2021 оны хаврын улиралд Аргалант сумаас авсан нийт 60 дээжид тодорхойлов (**3-р зураг**). АЛАТ-ийн дундаж агууламж 93.44 нэгж бөгөөд нас, хүйсээс хамаарсан бодит ялгаа байгаагүй ба АСАТ-ийн дундаж агууламж 221.85 нэгж, наснаас хамаарсан ач холбогдолтой ялгаа буюу  $P < 0.01$ , хүйсээс хамаарч  $P < 0.0002$ , шүлтлэг фосфатаза энзимийн дундаж агууламж 219.01, наснаас хамаарч  $P < 0.01$  байв. Нийт уургийн дундаж агууламж 1 литрт 62.9 г, наснаас хамаарч  $P < 0.022$ , буюу залуу бодгалиудад өндөр агууламжтай байсан бол нийт альбумины дундаж агууламж 1 литрт 32.81 г нас, хүйсээс хамаарсан ялгаагүй. Глюкозын дундаж агууламж 1 литрт 0.32 ммоль, хүйсээс хамаарч агууламж ялгаатай,  $P < 0.0015$  буюу эр хүйсийн амьтдад давамгайл байв (**3-р зураг**). АСАТ ба ШФ энзимүүд эм амьтдад өндөр агууламжтай бөгөөд ШФ-ын агууламж залуу насны амьтдад буурч, бие гүйцэхэд дахин нэмэгдэж байв.

### Хэлэлцүүлэг

Бидний мэдэж байгаагаар энэхүү судалгаа нь байгаль дээрх цайвар үлийчийн цусны биохимийн болон гематологи үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж буй (**1-р хүснэгт**) анхдагч судалгаа бөгөөд судалгааны үндсэн зорилго нь физиологийн жиших эх хэрэглэхүүнийг нас, хүйс, улирлын байдлаар ялган тодорхойлох байв. Судалгааны үр дүнгээр цайвар үлийчийн гематологи үзүүлэлтүүд улирал, наснаас хамаарсан өндөр хамааралтай болох нь тогтоогдов (**2, 3-р хүснэгт**).

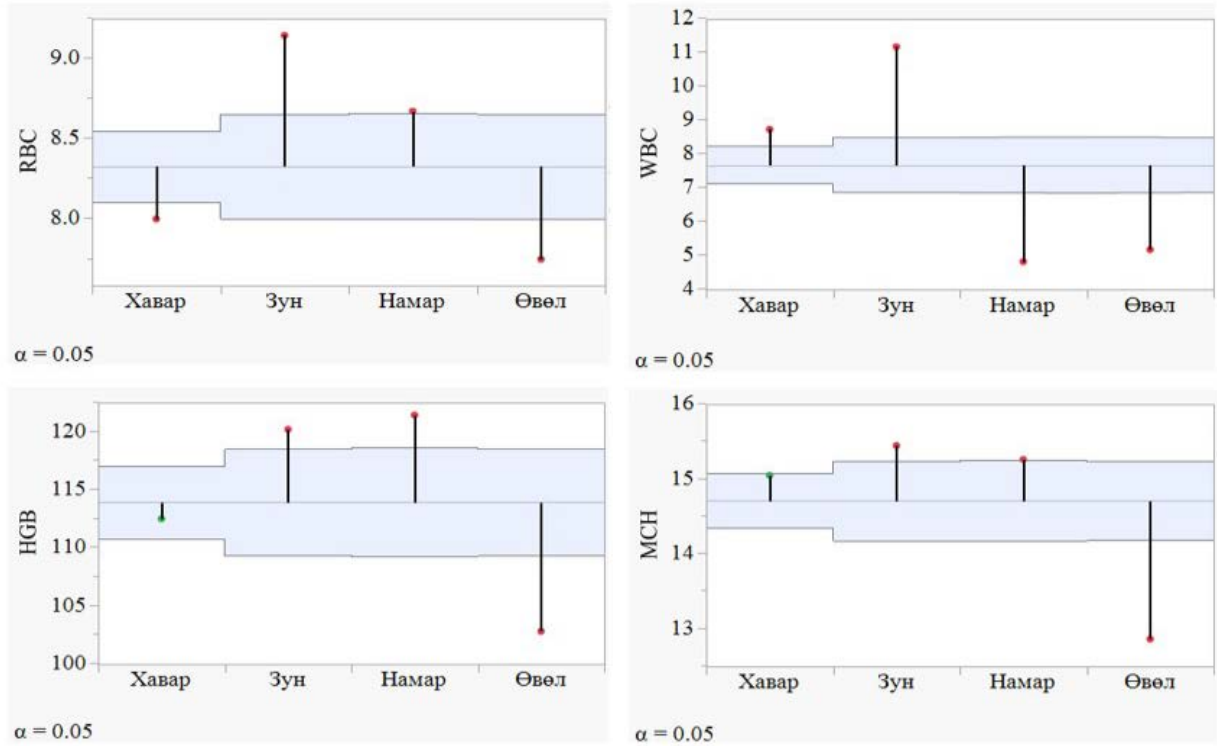
Бохирдуулагч нэгдлүүдийн хүрээлэн буй орчин дах ул мөрийг илрүүлэх, хяналт тавих асуудал эдүгээ олон улс орны эрдэмтэн судлаачдын анхаарал татсан асуудлын нэг бөгөөд [18] байгалийн нөхцөл дэх хөхтөн амьтны физиологи үзүүлэлтүүдийг лабораторийн болон гаршуулсан төсөөтэй зүйл амьтны цусны үзүүлэлтүүдтэй харьцуулж, жишиг



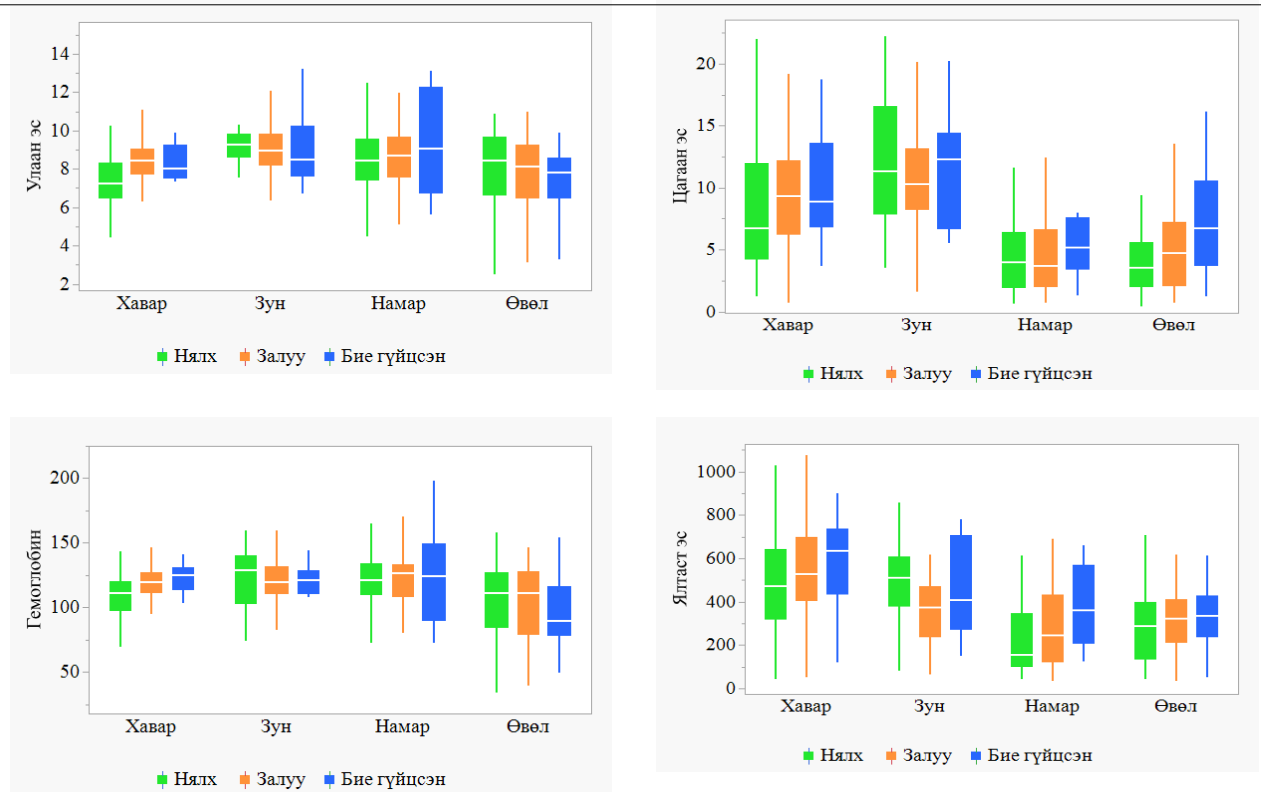
4-р хүснэгт. Цайвар үлийч ба зарим жижиг мэргэгчдийн гематологи, биохимийн шинжилгээний дүн

Үзүүлэлт	Үр дүн, дундаж	Медиан	<i>Lasiopodomys mandarinus</i> [25]	<i>Meriones unguiculatus</i> [26]	<i>Sprague dawley</i> [27]	<i>Microtus pine-torum</i> [23]	<i>Pteropus alecto</i> [24]
WBCs	8.79	7.00	—	13.8 ± 3.6	3.0 – 9.22	—	5.96
Lymph #	4.97	3.90	—	—	2.1 – 7.7	—	1.72
Mon #	0.40	0.30	—	—	0.08 – 0.76	—	0.14
Gran #	3.40	2.20	—	—	—	—	—
Lymph %	61.17	61.30	—	70.6 ± 7.0	—	—	—
Mon %	4.92	4.70	—	3.3 ± 1.4	—	—	—
Gran %	35.19	33.50	—	—	—	—	—
RBC	8.33	8.4	—	8.8 ± 0.4	6.39 – 8.01	11	9.13
HGB	113.93	118	—	160.4 ± 0.4	129 – 159	150	—
HCT	40.40	42.40	42.1 – 46.8	48.6 ± 1.0	40 – 49	40.8	47.0
MCV	52.21	52.00	39.4 – 42.4	52.0 ± 4.6	55.2 – 67.0	37.5	51.79
MCH	14.71	14.50	14.3 – 15.1	18.6 ± 1.0	18.7 – 21.2	13.7	17.97
MCHC	281.37	278.00	366.3 – 356.7	333.7 ± 1.0	310 – 347	360.9	347.03
RDW	15.17	15.20	—	—	—	—	—
PLT	406.50	385.00	—	—	923 – 1580	—	367.3
MPV	5.15	4.70	—	—	6.7 – 8.1	—	—
PDW	17.10	16.60	—	—	—	—	—
PCT	0.19	0.18	—	—	—	—	—
ALT	93.44	89.00	—	—	14 – 47	189	15.8
AST	221.85	197.00	—	—	59 – 139	—	76.8
TP	62.90	61.60	—	—	51.1 – 64.5	64	65.51
ALB	32.81	32.00	—	—	26.8 – 34.5	40	36.1
ALP	219.01	215.00	—	—	—	126	407.4
GLU	0.32	0.27	—	—	4.46 – 8.0	8	6.8





4-р зураг. Цусны улаан, цагаан эс, гемоглобин, нэг улаан эсэд ноогдох гемоглобины агууламж, улирлаар



5-р зураг. Цагаан, улаан, ялгагч эс, гемоглобины дундаж утга, насны бүлгээр

болгон судлахад гематологи үзүүлэлтүүд ижил “хэв шинж”-тэй байдаггүй [19]. Тиймээс байгалийн болон антропоген нөлөөллийг тухайн экосистемд түгээмэл тархсан, “индикатор” зүйлийн физиологи үзүүлэлтээр дамжуулан судлах нь биологийн олон янз байдлыг хамгаалах, экосистемийн бохирдлыг хянах, биологийн нөөцийн ашиглалтын үр дүнтэй стратеги боловсруулах, хөдлөл зүйг ойлгоход чухал ач холбогдолтой [20]. Сээр нуруутан амьтдыг үхэлд хүргэхгүйгээр организмын бүрэн мэдээллийг агуулдаг захын судаснаас цусны дээж авч судлах нь хамгийн тохиромжтой судалгааны аргын нэг юм [21].

Усны баланс, бодисын солилцоо, биеийн температуртай холбоотой физиологийн өөрчлөлтөд ордог “торпор” шинжтэй зүйлүүдийн хувьд гематологийн үзүүлэлтүүд өвлийн улиралд багасдаг бол нийт уураг, глюкоз зэрэг биохимийн үзүүлэлтүүд намрын улиралд өсдөг нийтлэг зүй тогтол ажиглагддаг [22].

Бусад зүйл жижиг хөхтөн амьтад дээр хийсэн төсөөтэй судалгааны ажлын үр дүнтэй харьцуулж үзэхэд, цайвар үлийчийн гематологийн шинжилгээний үр дүн нүхний амьдралтай жижиг мэрэгчидтэй ойролцоо утгатай байсан бол ойн оготно (*Microtus pinetorum*), нэг зүйл гар далавчтан (*Pteropus alecto*) зэрэг нүхэнд орогнон амьдардаггүй зүйлүүдтэй харьцуулахад улаан эс, гемоглобины агууламж бага байгаа нь ажиглагдав (**4-р хүснэгт**). Энэ нь хүчилтөрөгчийн хангамж багатай орчин нөхцөлд дасан зохицсонтой холбоотой байж болох юм.

Улаан эс, гемоглобины хэмжээ зун, намрын улиралд дундаж үзүүлэлтээс нэмэгдэж, хавар, өвлийн улиралд буурдаг байна. Нэг нэг улаан эсэд ноогдох гемоглобины дундаж жин (МСН) зуны улиралд мөн бусад улирлаас өндөр байна (**4-р зураг**). Гемоглобин ихсэх нь ихэвчлэн хүчилтөрөгч зөөвөрлөх чадварыг нэмэгдүүлэх шаардлагатай үед тохиолдох ба нийлэгжилт нэмэгдэж байгаа нь орчны өндөр температурт амьтны бодисын солилцооны хурд нэмэгдэж, улмаар эд эсэд хүчилтөрөгчийн хангамж муудсантай холбоотой байж магадгүй юм [28]. Судлаачдын тэмдэглэснээр хөхтөн амьтанд гемоглобины грамм тутам 1.34 мл хүчилтөрөгч холбогдох чадвартай бөгөөд хэвийн нөхцөлд гемоглобины 99% нь хүчилтөрөгчтэй нэгдэх

чадвартай. Мөн өндөрлөг газар нутагт амьдардаг амьтны гемоглобин хүчилтөрөгч холбох чадвараар өндөр [29] байдаг. Зарим жижиг мэрэгчдийн цагаан эсийн тоо өвлийн улиралд буурдаг (лейкоцитопени) [30] ба бидний судалгааны явцад адилхан үр дүнтэй байв (**4-р зураг**). Лейкоцитопени нь тромбоцит/лейкоцитын бөөгнөрөл үүсэх үед илэрч болно. Эдгээр бөөгнөрөл заримдаа биеийн температур буурсны үр дүнд үүсдэг [31]. Лейкоцитопены нөлөөгөөр дархлаа суларч халдварт өртөмтгий болдог [30].

АСАТ ба глюкозын агууламжаас бусад үзүүлэлтүүд хүйсээс хамаарсан ач холбогдолтой ялгаагүй байв.

Харин ялгаатай насны бүлгүүдэд нийт 24 үзүүлэлтийн 83% нь ач холбогдолтой ялгаатай байсан ба энэ нь тухайн зүйлийн амьдралын цикл, бодгалийн онцлог, идэш тэжээлийн хүрэлцээ, температурын өөрчлөлт зэрэг гадаад, дотоод олон шалтгаантай байж болно (**5-р зураг**).

Нийт уургийн хэмжээ нялх бодгалиудад 1 литрт 61.9 г, залуу бодгалиудад 67.88 г, бие гүйцсэн бодгалиудад 54.69 г агууламжтай бөгөөд хүйсийн хамаарал ажиглагдаагүй. Нийт уургийн хэмжээ нялх ба бие гүйцсэн насны бүлэгт бага байх нь өсөлтийн дааврын зохицуулалт, эрхтнүүдийн хөгжил, эсрэгтөрөгч болон идэш тэжээлийн хүрэлцээтэй холбоотой [22], [23] болохыг тогтоожээ. Глюкозын дундаж агууламж цайвар үлийчийн эр хүйсийн бодгальд 30 орчим хувиар өндөр байгааг тогтоов (**3-р зураг**). Энэ нь адреналины ялгарлын дүнд үүссэн стресс нь сийвэнгийн глюкозын хэмжээг нэмэгдүүлдэгтэй холбоотой [34].

Аспартаминотрансфераза (АСАТ) энзим нас, хүйсийн өндөр хамааралтай буюу насны бүлгүүд хооронд  $P < 0.01$ , хүйсээс хамаарч  $P < 0.0002$  байгаа бол шүлтлэг фосфотаза (ШФ) энзим зөвхөн наснаас хамааран харилцан адилгүй агууламжтай (**3-р зураг**). АСАТ ба ШФ энзимүүд нялх бодгальд өндөр агууламжтай бөгөөд залуу насны бүлгүүдэд агууламж буурч, бие гүйцэхэд дахин өсөж байсан нь өөр зүйл амьтад дээр хийсэн бусад судлаачдын үр дүнтэй ижил байна [4–6]. АСАТ эм хүйсийн бодгальд өндөр агууламжтай ба нас ахих дутам цусан дахь агууламжийн хэмжээ нь буурч байв. АСАТ-ын идэвхжил олон эд эсэд явагдах боловч зонхилон элэг булчингийн эдэд илэрч, үйл ажиллагааны түвшин,

гэмтэл бэрглийн “индикатор” болдог [36] байна.

## Дүгнэлт

Антропоген хүчин зүйлийн нөлөө бага, байгалийн харьцангуй онгон бүс нутгийн цайвар үлийчийн популяцийн цусны үндсэн 18 үзүүлэлтийг улирлын байдлаар, биохимийн 6 үзүүлэлтийг нас, хүйсээр ялган тодорхойлов. Эдгээр үзүүлэлтүүд эталон-жиших эх хэрэглэхүүн болох ач холбогдолтой.

Хэдийгээр цайвар үлийч нь улирлаас хамаарч бодгалийн идэвх, хөдөлгөөн завсрын буюу богино хугацааны гипотерм шинжтэй хэдий ч физиологийн хувьд улирлын өндөр хамааралтай болох нь тогтоогдов. Нийт гематологи үзүүлэлтийн 94.4% нь улирлын байдлаар агууламж өөрчлөгдөж байв. Гематологийн үзүүлэлтүүд хавар зуны, улиралд нэмэгдэж, өвлийн улиралд багасах зүй тогтолтой байгаа нь дулааны улиралд бодисын солилцооны эрчим нэмэгддэгтэй холбоотой байж болох юм.

Гематологи, биохимийн нийт 24 үзүүлэлтийн 83% нь наснаас хамаарч өөрчлөгдөх зүй тогтолтой бөгөөд эр, эм хүйсийн бодгалиудад гематологийн үзүүлэлтүүд бодит ялгаагүй байв. Цусны биохимийн шинжилгээний үр дүнгээр глюкоз ба аспаргатаминотрансфераза энзимийн агууламж эр, эм хүйсийн бодгалиудад илт ялгаатай байв. Глюкозын агууламж эр хүйсийн бодгальд эм амьтнаас даруй 30 орчим хувиар өндөр байсан бол АСАТ-ийн агууламж эм бодгалиудад 41 хувиар өндөр болохыг тус тус тогтоов.

Энэхүү үр дүн нь байгалийн хүчин зүйл, хүний үйл ажиллагааны сөрөг нөлөөлөлд өртсөн бүсэд амьд организмын физиологийн байдал хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг хянах, тухайн зүйлээр төлөөлүүлэн бусад ховор, нэн ховор зүйл амьтад, экосистемийн бохирдлын төлөв байдлыг үнэлэх, хамгаалалтын арга хэмжээг авч хэрэгжүүлэхэд суурь хэрэглэхүүн болох ач холбогдолтой.

## Ашигласан бүтээл

- [1] A. Li and T. Kasai, “The Asia Pacific Strategy for Emerging Diseases – a strategy for regional health security,” *Western Pacific Surveillance and Response Journal: WPSAR*, vol. 2, no. 1, pp. 6, Mar. 2011, <https://doi.org/10.5365/WPSAR.2011.2.1.001>.
- [2] L. Lagos and F. Barcena, “Spatial variability in wolf diet and prey selection in Galicia (NW Spain),” *Mammal research*, 2018, Accessed: Jan. 24, 2022. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s13364-018-0352-6>
- [3] B. K. McNab, “Geographic and temporal correlations of mammalian size reconsidered: a resource rule,” *Oecologia*, vol. 164, no. 1, pp. 13–23, Sep. 2010, <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1621-5>.
- [4] M. Wang *et al.*, “Ambient temperature correlates with geographic variation in body size of least horseshoe bats,” *Curr Zool*, vol. 66, no. 5, pp. 459–465, Oct. 2020, <https://doi.org/10.1093/cz/zoaa004>.
- [5] D. A. Taggart *et al.*, “Environmental Factors Influencing Hairy-Nosed Wombat Abundance in Semi-Arid Rangelands,” *The Journal of Wildlife Management*, vol. 84, no. 5, pp. 921–929, 2020.
- [6] B. A. Fancourt, C. E. Hawkins, and S. C. Nicol, “Mechanisms of climate-change-induced species decline: spatial, temporal and long-term variation in the diet of an endangered marsupial carnivore, the eastern quoll,” *Wildlife research*, 2018, <https://doi.org/10.1071/AM22010>.
- [7] Д. Авирмэд, “Үлийн цагаан оготнын ангилалзүйн асуудал,” *Шинжлэх ухааны академи, Ерөнхий ба сорилын биологийн хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бүтээл*, vol. 15, pp. 62–64, 1983.
- [8] А. Г. Банников, *Определитель млекопитающих Монгольской Народной Республики*, 1st ed. СССР: Издательство Академий Наук, 1953.
- [9] Н. Даваа, “Үлийн цагаан оготнын хөрс, ургамалд үзүүлэх нөлөө,” *Монгол улсын их сургууль, Эрдэм шинжилгээний бичиг*, vol. 2, no. 13, pp. 99–108, 1962.
- [10] С. Дуламцэрэн, *Дэлэнтний ангилал зүй, ангилбарын Монгол нэр томъёо (Латин – Монгол – Англи – Орос)*, vol. 1, Шинжлэх ухааны академи, Хэл зохиолын хүрээлэн, Биологийн хүрээлэн vols. Улаанбаатар, 2003.
- [11] Р. Самъяа, Н. Батсайхан, and Л. Ариунцэцэг, “Үлийн цагаан оготнын популяцийн динамик, түүний хээрийн экосистемд гүйцэтгэх үүрэг,” Нэгдсэн үндэсний

- байгууллага, 1, 2002.
- [12] О. Чогний, “Оготны нөлөөгөөр хээрийн ургамлан нөмрөг өөрчлөгдөх нь,” *Биологийн ухааны хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бичиг*, vol. 4, pp. 204–216, 1969.
- [13] П. П. Дмитриев, “Геоботанические и геоморфологические индикаторы при изучений ареала полевки брандта в Монголий,” *Териофауна России и сопредельных территорий*. Малты международи совещания, pp. 115–116, 2003.
- [14] П. П. Дмитриев and Я. Адыя, “Структура популяций полевки брандта, экологические популяций,” *Шинжлэх ухааны академи, Биологийн хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бүтээл*, vol. 22, pp. 77–82, 2000.
- [15] P. Boye, *Heimische Säugetiere ein Bestimmungsschlüssel für die in der Bundesrepublik Deutschland wildlebenden Säugetiere ausser den Ordnungen Robben, Paarhufer und Wale*, 11th ed. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtungen, 1994.
- [16] M. I. Hussain *et al.*, “Blood, Hair and Feces as an Indicator of Environmental Exposure of Sheep, Cow and Buffalo to Cobalt: A Health Risk Perspectives,” *Sustainability*, vol. 13, no. 14, Art. no. 14, Jan. 2021, <https://doi.org/10.3390/su13147873>.
- [17] A. Maceda-Veiga, J. Figuerola, A. Martínez-Silvestre, G. Viscor, N. Ferrari, and M. Pacheco, “Inside the Redbox: Applications of haematology in wildlife monitoring and ecosystem health assessment,” *Science of the Total Environment*, vol. 514, pp. 322–332, May 2015, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.004>.
- [18] S. E. Jorgensen, *Handbook of Ecological Models used in Ecosystem and Environmental Management*. CRC Press, 2016. <https://doi.org/10.1201/b10791>.
- [19] M. B. Brooks, K. E. Harr, D. M. Seelig, K. J. Wardrop, and D. J. Weiss, Eds., *Schalm’s Veterinary Hematology*. Wiley, 2022. <https://doi.org/10.1002/9781119500537>.
- [20] N. A. Andersen, U. Mesch, D. J. Lovell, and S. C. Nicol, “The effects of sex, season, and hibernation on haematology and blood viscosity of free-ranging echidnas (*Tachyglossus aculeatus*),” vol. 78, no. 2, pp. 174–181, Mar. 2011, <https://doi.org/10.1139/Z99-199>.
- [21] S. B. Harvey, P. M. Krimer, M. T. Correa, and M. A. Hanes, “Hematology and plasma chemistry reference intervals for mature laboratory pine Brandt’s Voles (*Microtus pinetorum*) as Determined by using the nonparametric rank percentile method,” *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*, vol. 47, no. 4, pp. 35–40, 2008.
- [22] L. McMichael *et al.*, “Haematology and plasma biochemistry of wild Black flying-foxes, (*Pteropus alecto*) in Queensland, Australia,” *PLoS ONE*, vol. 10, no. 5, 2015, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125741>.
- [23] B. Liu, Z. Wang, and J. Lu, “Response to chronic intermittent hypoxia in blood system of Mandarin Brandt’s Vole (*Lasiopodomys mandarinus*),” *Comparative biochemistry and physiology*. Part A, Molecular & integrative physiology, vol. 156, no. 4, pp. 469–74, Aug. 2010, <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.03.034>.
- [24] K. Shichinohe, M. Shimizu, K. Haga, T. Iedokoro, and K. Fujita, “Basic Studies on the Mongolian Gerbil as a Susceptible Host to Filarial Infection: Comparative Studies on Serum Biochemical Values Between the Wild-Colored Gerbil and the Coat Color Mutants,” *Japanese Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, vol. 21, no. 4, pp. 201–206, Jan. 1993, <https://doi.org/10.2149/tmh1973.21.201>.
- [25] Q. He *et al.*, “Sex-specific reference intervals of hematologic and biochemical analytes in Sprague-Dawley rats using the nonparametric rank percentile method,” *PLoS ONE*, vol. 12, no. 12, 2017, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189837>.
- [26] S. Schwerin, B. Zeis, W. Horn, H. Horn, and R. J. Paul, “Hemoglobin concentration in *Daphnia (D. galeata-hyalina)* from the epilimnion is related to the state of nutrition and the degree of protein homeostasis,” *Limnology and Oceanography*, vol. 55, no. 2, pp. 639–652, 2010, <https://doi.org/10.4319/lo.2010.55.2.0639>.
- [27] E. D. D. Villota, M. T. G. Carmona, J. J. Rubio, and S. R. D. Andrés, “Equality of the in vivo and in vitro oxygen-binding capacity of haemoglobin in patients with severe respiratory disease,” *British journal of anaesthesia*, vol. 53, no. 12, pp. 1325–1328, 1981, <https://doi.org/10.1093/BJA/53.12.1325>.
- [28] M. Franco, C. Contreras, and R. F. Nespolo, “Profound changes in blood parameters during torpor in a South American marsupial,” *Comparative biochemistry and physiology*. Part A, Molecular & integrative physiology, vol. 166, no. 2, pp. 338–342, 2013, <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.07.010>.
- [29] H. R. Bouma *et al.*, “Blood cell dynamics during hibernation in the European Ground Squirrel,” *Vet Immunol Immunopathol*, vol. 136, no. 3–4, pp. 319–323, Aug. 2010, <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2010.03.016>.
- [30] V. Naidoo, M. Diekmann, K. Wolters, and G. E. Swan,

- “Establishment of selected baseline blood chemistry and hematologic parameters in captive and wild-caught African white-backed vultures (*Gyps africanus*),” *Journal of wildlife diseases*, vol. 44, no. 3, pp. 649–654, 2008, <https://doi.org/10.7589/0090-3558-44.3.649>.
- [31] K. HIRANO and Y. SANADA, “Diagnostic Value of Biochemistry,” *Clinical Avian Medicine*, vol. 2, no. 9, pp. 611–629, 2006, <https://doi.org/10.12935/JVMA.65.701>.
- [32] S. Langer, K. Jurczynski, and D. Widmer, “Selected hematologic and biochemical values in subadult and adult captive fossas (*Cryptoprocta ferox*),” vol. 44, no. 3, pp. 581–588, Sep. 2013, <https://doi.org/10.1638/2012-0049R3.1>.
- [33] C. B. Grindem, “Schalm’s Veterinary Hematology, 6th edition. Editors: Douglas J. Weiss, K. Jane Wardrop,” *Veterinary Clinical Pathology*, vol. 40, no. 2, pp. 270–270, Jun. 2011, <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2011.00324.x>.
- [34] A. M. Silvestre, S. L. González, and R. C. Valera, “La bioquímica sanguínea en clínica de reptiles,” *Consulta de difusión veterinaria*, ISSN 1135-0598, Vol. 21, No. 200, 2013, págs. 31-40, vol. 21, no. 200, pp. 31–40, 2013.
- [35] S. Wolfensohn and M. Lloyd, “Handbook of Laboratory Animal Management and Welfare,” p. 391, 2013.
- [36] R. Capitelli and L. Crosta, “Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species,” *The veterinary clinics of North America. Exotic animal practice*, vol. 16, no. 1, pp. 71–120, Jan. 2013, <https://doi.org/10.1016/J.CVEX.2012.10.002>.