

Міністерство освіти і науки України
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
Кафедра біології та хімії

«До захисту допускаю»

Завідувач кафедри біології та хімії,
кандидат біологічних наук, доцент
_____ Ірина БРИНДЗЯ
«_____» _____ 2025 р.

**ПАРАМЕТРИ КРОВІ ТА РІСТ І РОЗВИТОК ОРГАНІЗМУ КРОЛІВ
ЗА ДІЇ ЙОДУ ЦИТРАТУ**

Спеціальність: 091 Біологія та біохімія

Магістерська робота

на здобуття кваліфікації – Магістр з біології за спеціалізацією
«Лабораторна діагностика біологічних систем»

Автор роботи: Дашко Марія Василівна _____
підпис

Науковий керівник: доктор ветеринарних наук, професор
Лесик Ярослав Васильович _____
підпис

Дрогобич, 2025

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
Кафедра біології та хімії

Зав. кафедрою _____

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ
на підготовку кваліфікаційної (магістерської) роботи

1. Тема: Параметри крові та ріст і розвиток організму кролів за дії йоду цитрату

2. Керівник Лесик Я. В., професор, доктор. вет. наук
(прізвище, ініціали, вчене звання, науковий ступінь)

3. Студент Дашко Марія Василівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

4. Перелік питань, що підлягають висвітленню у кваліфікаційній роботі: біологічне значення йоду у обміні речовин в організмі ссавців, особливості його потреби залежно від джерел надходження та проблеми корекції мінерального живлення у раціоні та наукові дані дії органічних сполук йоду в організмі кролів.

5. Список рекомендованої літератури: 1) Lai, N.-J.; Wang, H.; Su, S.-L.; Sun, F.-G.; Zhang, W.; Chen, S.-J.; Chen, B.-J. Effects of yeast peptide and bacillus licheniformis on growth performance, nutrient apparent digestibility slaughter performance, meat quality and intestinal morphology of meat rabbits. *Chin. J. Anim. Nutr.* 2023, 35, 546–555., 2) Lin, Z.; Yang, G.; Zhang, M.; Yang, R.; Wang, Y.; Guo, P.; Zhang, J.; Wang, C.; Liu, Q.; Gao, Y. Dietary Supplementation of Mixed Organic Acids Improves Growth Performance, Immunity, and Antioxidant Capacity and Maintains the Intestinal Barrier of Ira Rabbits. *Animals* 2023, 13, 3140.

6. Етапи підготовки роботи

№	Назва етапу	Термін виконання	Термін звіту перед керівником, кафедрою
1	Підготовчий: - затвердження теми магістерської роботи; - визначення мети та завдань роботи; - збір та аналіз літератури; - написання I розділу магістерської роботи аналіз літературних джерел.	вересень- жовтень, 2024	листопад, 2024
2	Експериментальний: – проведення експериментальної роботи в умовах промислового кролівничого господарства «Кроликцентр» с. Вороблевичі, Львівської обл.; – вipoювання кроликам після відлучення йоду цитрату з розрахунку 1,0; 2,0 і 3,0 мкг I/л води, тривалість досліду 35 днів; – визначення показників мікроклімату та гематологічні параметри крові кролів за вipoювання йоду цитрату.	червень 2025	липень, 2025
3	Аналітично-узагальнюючий: - аналіз та обробка результатів дослідження; - написання магістерської роботи.	серпень 2025	вересень, 2025
4	Попередній захист роботи	листопад, 2025	жовтень, 2025

Дата видачі завдання вересень 2024 р.

Термін подачі роботи керівнику вересень 2025 р.

З вимогами до виконання кваліфікаційної роботи і завданням ознайомлений (а)

(підпис студента)

Керівник _____

(підпис)

Захист кваліфікаційної (магістерської) роботи

«Параметри крові та ріст і розвиток організму кролів за дії йоду цитрату»

(тема роботи)

Оцінка за стобальною шкалою: _____

Оцінка за національною чотирибальною шкалою: _____

Коротка мотивація захисту:

_____	Голова ЕК _____	_____
Дата	підпис	прізвище, ім'я

Секретар ЕК _____	_____
підпис	прізвище, ім'я

АНОТАЦІЯ

Дашко М. Параметри крові та ріст і розвиток організму кролів за дії йоду цитрату. У кваліфікаційній роботі проведено аналіз наукової літератури щодо біологічного значення йоду для організму ссавців, показано його потребу в корекції мінерального живлення та особливості впливу органічних сполук йоду на організм кролів. Проведеними дослідженнями визначено показники мікроклімату довкілля у приміщенні для утримання тварин. З'ясовано особливості впливу окремих доз йоду цитрату на зміни кількості еритроцитів, тромбоцитів та їхні індекси, вміст лейкоцитів та їх форми у крові кролів за 30 днів дослідження. Встановлено фізіологічно обґрунтовану кількість йоду цитрату (3,0 мкг І/л води), що підвищувало рівень еритроцитів, гемоглобіну, гематокриту, гранулоцитів у крові та підвищувало продуктивність кролів за періодами експерименту.

Ключові слова: кролі, клітини крові, йоду цитрат, ріст організму, мікроклімат

ABSTRACT

Dashko M. Blood parameters and growth and development of rabbits under the influence of citrate iodine. The thesis analyses scientific literature on the biological significance of iodine for mammals, demonstrates its importance in mineral nutrition correction and the specific effects of organic iodine compounds on rabbits. The research determined the microclimate indicators of the environment in the animal housing facility. The peculiarities of the effect of individual doses of citrate iodine on changes in the number of erythrocytes, thrombocytes and their indices, the content of leukocytes and their forms in the blood of rabbits over 30 days of research were established. A physiologically justified amount of iodine citrate (3.0 µg I/l of water) was established, which increased the level of erythrocytes, haemoglobin, haematocrit, granulocytes in the blood and increased the productivity of rabbits during the periods of the experiment.

Keywords: rabbits, blood cells, iodine citrate, body growth, microclimate

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНА РОЛЬ СПОЛУК ЙОДУ В ОРГАНІЗМІ ССАВЦІВ.....	10
1.1. Метаболізм йоду в організмі ссавців та його біологічне значення.....	10
1.2. Визначення потреби йоду в поживних речовинах та його біодоступність в організмі.....	14
1.3. Сучасні проблеми мінерального живлення ссавців.....	16
1.4. Особливості дії органічних сполук йоду в організмі кролів.....	18
1.5. Узагальнення літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи.....	23
РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	25
2.1. Місце та схема проведених досліджень.....	25
2.2. Методи досліджень	28
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
3.1. Визначення показників температури, вологості, температурно-вологісного індексу та окремих газів у приміщенні впродовж експерименту.....	29
3.2. Фізіологічні показники організму кролів впродовж дослідження (температура, пульс, дихання).....	34
3.3. Вплив йоду цитрату на параметри еритроцитів (червоні клітини крові) та їхні індекси у крові кролів.....	37
3.4. Вплив йоду цитрату на показники кількості лейкоцитів та їх форм і тромбоцитів у крові кролів.....	43
3.5. Показники маси тіла кролів за використання різної кількості йоду цитрату впродовж експерименту.....	48
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК НАУКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ.....	52

ВСТУП

Актуальність теми. Йод є важливим мікроелементом для людини і тварин. Він входить до складу гормонів щитовидної залози, які мають численні функції, як регулятори клітинної активності. Йод регулює метаболічні шляхи вуглеводів, білків, жирів, мінералів та вітамінів у тварин [3, 9]. Органічний йод усуває проблеми низького рівня засвоєння та використання, а також надмірного дозування традиційних неорганічних його солей [1, 5, 7, 8]. Здоров'я кишечника безпосередньо впливає на здоров'я тварин, що у свою чергу, впливає на рентабельність.

Дефіцит йоду впливає на репродуктивну здатність, а також на розвиток організму у внутрішньоутробний період та його ріст і розвиток після народження. Наразі клінічно доведений дефіцит йоду у тварин зустрічається досить рідко, через добавки до кормів [10]. Нещодавно Європейська комісія звернулася до Європейського агентства з безпеки харчових продуктів з проханням оцінити фізіологічні потреби в йоді різних видів тварин, зазначених у Директиві 70/524/ЄЕС, та проконсультувати Комісію щодо можливого шкідливого впливу на здоров'я людини та тварин або надмірного надходження цього мікроелемента у навколишнє середовище, що використовується у кількостях, дозволених Директивою 70/524/ЄЕС (4, 20 та 10 мг/кг корму для коней, риб та всіх інших видів сільськогосподарських тварин) [49]. Потреба у йоді для тварин варіює від 0,1 до 1,1 мг/кг корму, для котів вони вищі (до 2 мг/кг корму). У межах виду на норму впливають фізіологічні потреби до росту, розмноження або лактації, а також кормові фактори (наприклад, гойтрогени). У більшості випадків додавання йоду до добового раціону є необхідним через низький вміст йоду в рослинних кормах [49]. Виходячи з обмежених доступних даних, такі максимальні рівні йоду в раціоні вважаються допустимими: 3 мг/кг корму для коней, 5 мг/кг корму для курей-несучок, вище 60 мг/кг корму для статевозрілої риби та 4 мг/кг корму для собак. Потреба у йоді для свиней та риби значно перевищує норми Європейського Союзу. Допустимі значення

(запропоновані верхні межі) у 3-10 разів вищі за потребу, що дозволяє достатньо компенсувати потенційні гойтрогенні речовини у кормі. Наразі верхній безпечний рівень для молочних корів, телят, курей на відгодівлі, індиків, овець, кіз, кроликів та котів неможливо визначити [12, 50]. Підвищене надходження йоду з їжею призводить до збільшення виділення йоду з організму головним чином із сечею, але також і з молоком та яйцями, і значно меншою мірою – з відкладенням в організмі (за винятком морепродуктів). Серед продуктів живлення ссавців молоко та яйця мають найвищу концентрацію йоду. Йод у молоко надходить з корму та кількох інших джерел (зокрема, з дезінфікуючих засобів).

Усі наявні дані про концентрацію йоду в продуктах тваринного походження, а також оцінки споживання йоду в Європі не підтверджують зв'язок між рівнем додавання йоду в корми та ризиками надмірного споживання йоду людиною [58]. Інформація, у науковій літературі, також вказує на те, що практика виробництва кормів не використовує повною мірою затверджені максимальні рівні. Однак, розрахунки моделі найменшого надходження з молоком та яйцями на основі затвердженого максимального рівня йоду в кормі показують, що верхня межа для статевозрілих тварин та молодняку, може бути перевищена. Зменшення йоду до максимуму 4 мг/кг повноцінного корму для молочних корів та курей-несучок призведе до достатнього запасу у споживанні молока та яєць. У вирощуванні риби додавання до раціону максимально рекомендованих рівнів (20 мг йоду/кг) все одно призведе до нижчих концентрацій у тканинах, ніж ті, що містяться у дикій морській рибі [12]. Доведено факти, що корми з додаванням йоду не є єдиним і, можливо, не основним джерелом йоду в раціоні людини. Збагачена йодом сіль, харчові добавки (включаючи водорості, багаті на йод), таблетки йоду та деякі напої, збагачені йодом, можуть сприяти загальному споживанню йоду. Йод у кормах потрапляє в навколишнє середовище через пряме виділення калу та сечі на пасовищах або розповсюдження осаду та гною. Цей рівень значно нижчий за фонову концентрацію, тому не очікується, що вона становитиме ризик для

навколишнього середовища. Отже, науково обґрунтовано необхідність в дослідженні даних про потребу йоду та його фізіологічні кількості у тварин, а також про фактичний вплив добавок йоду у кормах на загальне споживання йоду кролями за умов промислового утримання.

Метою дослідження було з'ясувати вплив різної кількості йоду цитрату на вміст клітин крові та їх індекси й продуктивність молодняку кролів впродовж 30 діб експерименту

Об'єкт дослідження: зміни морфологічних та продуктивних показників крові кролів за впливу органічного йоду та оптимальних умов мікроклімату

Предмет дослідження: визначення параметрів добробуту тварин, кількість еритроцитів і тромбоцитів та їх індекси, вміст лейкоцитів та їх форм і ріст організму за впоювання різних доз йоду цитрату у раціоні кролів після відлучення

Завдання дослідження.

1. Провести аналіз наукової літератури щодо біологічного значення йоду у обміні речовин в організмі ссавців, з'ясувати його потребу залежно від джерел надходження та проблеми корекції мінерального живлення у раціоні та особливості дії органічних сполук йоду в організмі кролів.

2. Дослідити показники температурно-вологісного індексу та окремих газів у приміщенні впродовж експерименту.

3. Визначити клінічні показники організму кролів.

4. З'ясувати зміни кількості еритроцитів та їхніх індексів у крові кролів за впоювання різної кількості йоду цитрату.

5. Дослідити зміни кількості лейкоцитів та їх форм і тромбоцитів та їх індексів за впоювання різної кількості йоду цитрату.

6. Визначити масу тіла кролів за періодами експерименту.

Наукова новизна: вперше експериментально доведено вплив різних кількостей йоду цитрату, виготовленого за допомогою методів нанотехнології, на морфологічні параметри крові кролів після відлучення. Встановлено, що застосування йоду цитрату у кількості 1,0; 2,0 і 3,0 мкг І/л

води, вірогідно збільшило у крові кількість еритроцитів, вміст гемоглобіну, відсоток гематокритної величини та окремі форми лейкоцитів впродовж 30 днів дослідження порівняно з контрольною групою. Відзначено, що впоювання йоду цитрату у раціоні кролів після відлучення позначилося більше вираженим ефектом у кількості 3,0 мкг І/л води, з вищим вірогідним вмістом еритроцитів, гемоглобіну, гематокритної величини, кількості гранулоцитів, тромбокритної величини та вищою масою тіла на 15 і 30 день експерименту порівняно з контролем.

Практичне значення: фізіологічно обґрунтовані кількості йоду цитрату та оптимальні параметри мікроклімату в приміщенні для утримання кролів, можуть бути використані для поглиблення знань у процесах мінерального живлення їхнього організму, крім цього запропоновано найефективнішу кількість органічного йоду для молодняку кролів (йоду цитрат у кількості 3,0 мкг І/л води), яку доцільно використовувати для корекції мінерального живлення у фермерському та промисловому кролівництві.

Апробація роботи: результати роботи були представлені та обговорені на наукових семінарах кафедри біології та хімії (квітень, 2025 р., вересень, 2025 р.) та на звітній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти факультету здоров'я людини та природничих наук «Актуальні проблеми біології, екології, хімії та валеології» (квітень, 2025 р.).

Структура роботи: робота за змістом складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (75 найменувань). Робота викладена на 60 сторінках комп'ютерного набору.

РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНА РОЛЬ СПОЛУК ЙОДУ В ОРГАНІЗМІ ССАВЦІВ

1.1. Метаболізм йоду в організмі ссавців та його біологічне значення

Перший опис йоду зробив Бернар Куртуа у 1811 році, коли він побачив фіолетову пару, що утворюється з попелу морських водоростей під час виробництва пороху для армії Наполеона. Назву «йод», що від грецького слова «фіолетовий», згодом запропонував Жозеф Луї Гей-Люссак. У 1895 році Ойген Бауман виявив йод у щитовидній залозі, і до 1917 року стало зрозуміло, що збільшення щитовидної залози (зоб) спричинене дефіцитом йоду і йому можна запобігти за допомогою його добавок у їжу. Протягом 1920-х років у Швейцарії та Сполучених Штатах було запроваджено пероральний прийом йодних добавок для профілактики зоба [26, 35].

Геологічне поширення йоду. Йод широко зустрічається в невеликих кількостях, переважно у вигляді йодистих солей, з локальними концентраціями, що залежать від геологічних та водних умов. Як правило, найвища концентрація йодиду (від 50 до 60 мкг/л) міститься в морській воді; концентрація у прісній воді становить від 1 до 10 мкг/л. Йодид у морській воді окислюється під впливом повітря та переноситься повітрям, де розчиняється у краплі води, що випадають у вигляді дощу. Вилуговування внаслідок заledenіння, повеней та ерозії виснажує поверхневі запаси йодиду в ґрунтах, що призводить до дефіциту йоду в більшості гірських та деяких внутрішніх регіонах. Вміст йоду в культурах, вирощених у цих районах, може бути в 10 разів нижчим (~10 мкг/кг), ніж у культурах з регіонів з достатнім вмістом йоду [12, 75].

Вміст йоду в продуктах харчування було виявлено, що середній (середнє геометричне) вміст йоду в 494 продуктах харчування становив 87 мкг/кг. Зернові культури, як правило, є біднішими джерелами йоду, ніж овочі. У

деяких географічних місцях вживання морських водоростей та ламінарії значною мірою сприяє споживанню йоду [13, 71].

Фізіологічна функція йоду. Єдина відома функція йоду у хребетних полягає у формуванні гормонів щитовидної залози, причому приблизно від 70% до 80% усього йоду в організмі міститься в щитовидній залозі [42, 73]. Тироксин (Т4) та трийодтиронін (Т3) вивільняються зі щитовидної залози у співвідношенні приблизно 40:1 (Т4:Т3). Т4 вважається прогормоном, який потребує перетворення в периферичних тканинах на активний Т3 за допомогою селензалежних ферментів дейодинази. Ферменти дейодинази також можуть інактивувати Т4 для утворення зворотного Т3 або перетворювати Т3 на ізомери дейодтироніну (Т2) [64]. Під час лактації молочні залози концентрують йод та виділяють його в молоко для новонародженого. Інші тканини поглинають невелику кількість йоду, включаючи слинні залози, слизову оболонку шлунка. Йод не має доведеної функції в цих тканинах. Однак, є припущення щодо загальної підтримки імунної системи [30, 74]. Гіпотиреоз поширений у собак, а гіпертиреоз — у котів. Клінічні ознаки гіпотиреозу у собак включають млявість, збільшення ваги, алопецію, піодермію та себорею. Гіпертиреоз у котів часто характеризується втратою ваги, поліфагією, полідипсією/поліурією та шлунково-кишковими симптомами. Крім того, у котів може бути збільшена щитовидна залоза [66].

Абсорбція. Більшість харчового йоду є неорганічною сольовою формою йодиду, яка абсорбується безпосередньо у шлунку та дванадцятипалій кишці. Йодат (IO^-), що міститься в добавках, відновлюється в кишечнику до йодиду (I^-) перед абсорбцією. Органічний йод зазвичай потрапляє в організм лише у вигляді добавок Т4. Абсорбція пероральної дози Т4 є варіативною, частина абсорбується в незмінному вигляді, а частина розщеплюється, і йод абсорбується у вигляді йодиду [34]. Йодид швидко абсорбується у шлунку та тонкому кишечнику, з абсолютною біодоступністю $> 90\%$ [47]. Він абсорбується через активний транспортний білок у слизовій оболонці кишечника, який називається натрій-йодидним симпортером (НЙС). НЙС

експресується на апікальних поверхнях ентероцитів, а також на багатьох інших клітинах, включаючи фолікулярні клітини щитовидної залози. НІС знижується зі збільшенням концентрації йодиду з їжі [35, 50].

Засвоєння тканинами та метаболізм. Йодид, що абсорбується зі шлунково-кишкового тракту, транспортується в кровотік, звідки він швидко поглинається щитовидною залозою та нирками. Щитоподібна залоза накопичує йодид залежно від рівня йоду та гормонів щитоподібної залози, тоді як виведення нирками є відносно постійним і залежить від швидкості клубочкової фільтрації (ШКФ) та фізіологічного стану. НІС, розташований на базальній мембрані фолікулярних клітин щитоподібної залози, є ключовим ферментом, відповідальним за накопичення йодиду. Питома активність НІС у тканині щитоподібної залози в три-чотири рази вища, ніж у будь-якій іншій тканині організму, що ефективно допомагає щитоподібній залозі переважно накопичувати та виводити йодид з крові. Йодид концентрується в цитозолі фолікулярних клітин щитоподібної залози більш ніж у 40 разів більше, ніж у плазмі [7, 29].

За умов достатнього або надлишкового надходження йоду з їжею, менше 10% абсорбованого йодиду поглинається щитоподібною залозою. Коли йодиду з їжею менше, частка йодиду, що поглинається щитоподібною залозою з крові, може перевищувати 80% об'єму плазми [19]. Тиреотропний гормон (ТТГ) та йодид плазми регулюють експресію НІС у фолікулярних клітинах щитоподібної залози, тим самим визначаючи поглинання йодиду щитоподібною залозою. Коли рівень гормонів щитовидної залози низький (гіпотиреоз), рівень ТТГ підвищується, що призводить до підвищення експресії НІС. І навпаки, під час еутиреоїдного або гіпертиреоїдного стану ТТГ зазвичай залишається низьким і не стимулює експресію НІС. Високі концентрації йодиду в плазмі безпосередньо знижують експресію НІС [33, 48].

У щитовидній залозі йодид переміщується в колоїдний простір через пендрин, натрій-незалежний білок транспорту йодиду/хлориду. Потім фермент тиреопероксидаза каталізує організацію, при якій йодид ковалентно зв'язується

із залишками тирозину в тиреоглобуліні або як монойодтирозин (МЙТ), або як дийодтирозин (ДЙТ).¹ Т₄ утворюється з комбінації двох молекул ДЙТ, тоді як Т₃ утворюється з однієї молекули ДЙТ та однієї молекули МЙТ. Підвищений рівень ТТГ стимулює протеоліз тиреоглобуліну та подальше вивільнення гормонів щитовидної залози в кровообіг. Залежно від загального йодного статусу, колоїдний простір зберігає достатньо ковалентно зв'язаного йоду в тиреоглобуліні, щоб забезпечити секрецію гормонів протягом кількох тижнів або місяців [3, 72]. Це ключовий момент у визначенні реакцій на зміни в споживанні йоду, оскільки це ендогенне постачання може притупити реакцію на зменшене споживання протягом тривалого часу. Обіг йоду в колоїдному просторі у людей оцінюється в 1% на день.

Розподіл та виведення. Абсорбований йодид розподіляється через позаклітинний простір з періодом напіввиведення приблизно 10 годин у плазмі. Період напіввиведення, може бути скорочений у тварин з йододефіцитом або гіпертиреозом через швидше поглинання щитовидною залозою. При надлишку йодиду з їжею приблизно 90% спожитого йодиду виводиться з сечею, а решта - з калом [40, 46, 55]. Ниркове виведення йодиду залишається постійним у відсотках відфільтрованого йодиду в плазмі, навіть у відповідь на змінне споживання йоду. Це призводить до зниження рівня йодиду в сечі при низькому споживанні йоду та збільшення рівня йодиду в сечі при високому споживанні. Може відбуватися кон'югація тироксину з жовчу з супутнім виведенням з калом майже повністю у вигляді кон'югованого гормону щитовидної залози. Ентерогепатична рециркуляція гормону щитовидної залози можлива, але варіює залежно від виду, щодо собак та котів такої науково доведеної інформації немає у доступній літературі [49, 55].

Рециркуляція. Інтра-тиреоїдна та екстра-тиреоїдна рециркуляція йодиду відбувається після всмоктування у шлунково-кишковому тракті, може регулюватися вгору або вниз залежно від рівня йоду в їжі [60]. Зрілий тиреоглобулін містить від 0,1% до 1,0% йоду, причому МЙТ та ДЙТ у шість-сім разів більше, ніж інтактні Т₃ та Т₄.¹ Неактивні МЙТ та ДЙТ, що

вивільняються під час протеолізу тиреоглобуліну, становлять ~80% повторно захопленого інтратиреоїдного йодиду, який ніколи не залишає залозу завдяки ефективним механізмам рециркуляції [72]. Йодотирозиндейодиназа є основним ферментом рециркуляції. Дефіцит цього ферменту пов'язують з гіпотиреозом, надмірним виведенням йоду нирками та зобом за умов передбачуваної йодної недостатності. Екстратиреоїдна рециркуляція йоду може відбуватися, коли: абсорбований йодид виділяється слинними або шлунковими залозами у верхні відділи травного тракту для реабсорбції, як описано раніше. Вільний йодид, що вивільняється в результаті перетворення T4 на T3 у периферичних тканинах, потрапляє в загальний кровообіг, де він може бути повторно використаний або виведений.

1.2. Визначення потреби йоду в поживних речовинах та його біодоступність в організмі

Для оцінки та моніторингу йодного статусу в людській популяції було запропоновано чотири різні параметри: йод у сечі концентрація, частота зоба, ТТГ у сироватці крові та тиреоглобулін у сироватці крові. Ці показники демонструють певну взаємодоповнюючу корисність: йод у сечі є показником нещодавнього споживання йоду за добу, тиреоглобулін демонструє проміжну реакцію на зміни споживання йоду (тижні-місяці), а зміни розміру зоба відображають довгостроковий статус метаболізму йоду (місяці-роки). T4 та ТТГ мають певну корисність у деяких популяціях, але не є надійними показниками статусу йоду [9, 12]. В ідеалі перевагу надають дослідженням, які використовують як прямі (гістопатологічні), так і непрямі показники статусу йоду для оцінки потреб виду, але такі дослідження проводяться поодинокі [37, 54]. Точне визначення потреби в йоді у виду є складним через численні перекриваючі механізми адаптації, які створюють особливі реакції організму. Крім того, сполуки, що містяться в харчових інгредієнтах, можуть впливати на використання йоду та спотворювати оцінки потреб. Таким чином, для

визначення потреб виду тварин, ймовірно, найкорисніше проводити кілька вимірювань протягом певного часу з чітко визначеними складовими раціону, щоб отримати найточнішу оцінку статусу йоду. Ці ж рекомендації, ймовірно, також будуть корисними для окремих тварин для визначення клінічних результатів.

Рекомендоване споживання йоду для різних видів, схоже, відповідає метаболічному шкалу маси тіла. Рекомендовані добові норми для собак і котів, запропоновані Національною дослідницькою радою (NRC) у 2006 році, перевищують рекомендації NRC для інших видів та попередні рекомендації для собак і котів на основі маси тіла [41, 65]. Було запропоновано, що потреба котів у йоді в раціоні ближча до 0,46 мкг, ніж до 1,3 мкг, про які повідомляє NRC.

Вплив споживання йоду на метаболізм щитовидної залози необхідно оцінювати з огляду на попередній прийом йоду (гострий та хронічний), стан щитовидної залози, а також величину та напрямок змін відносно абсолютної потреби. Споживання йоду має добре задокументований вплив на порушення функції щитовидної залози у людей, і дані починають накопичуватися для домашніх тварин. У людей відновлення достатньої кількості йоду в раціоні після хронічного дефіциту може призвести до йод-індукованого тиреотоксикозу (феномен Йода-Базедова), тоді як гостре надходження понад потребу у людей з гіпертиреозом або еутиреозом, може призвести до гіпотиреозу. Гіпертиреоз у котів має багато спільного з йод-індукованим тиреотоксикозом у людей та підвищений ризик гіпертиреозу.

У котів існує припущення, що це пов'язано з концентрацією йоду в їжі. Повідомлені фактори ризику, пов'язані з харчуванням, включають вживання консервів, специфічні смаки консервів (наприклад, риба, потрухи/печінка), підвищену різноманітність смаків консервів порівняно з одноманітним смаком, та відсутність добавок йодиду у списках інгредієнтів. Вплив низького (0,1 мкг), середнього (2,2 мкг) та високого (21 мкг) споживання йоду на стан щитовидної залози котів оцінювали у 2-тижневих дослідженнях годівлі [13, 21], які дійшли висновку, що підвищене споживання йоду призводить до зниження рівня

вільного тироксину. У цуценят додавання йоду на 4,3 мкг вище базового рівня (~0,2 мкг) від 45 до 90 днів життя знижувало рівень гормонів щитовидної залози та змінювало метаболізм кісток. Ці дослідження показують, що різне споживання йоду здоровими собаками та котами може впливати на метаболізм щитовидної залози. Невідомо, чи впливають ці тимчасові зміни на метаболізм йоду таким чином, щоб призвести до постійної патології [45, 61, 63].

Отже, метаболізм йоду – це складна взаємодія фізіологічних реакцій, що накладаються на споживання їжі з часом і призводить до специфічних реакцій щитовидної залози. Постійний надлишок або дефіцит йоду, може призвести до клінічного захворювання. Зважаючи на сказане вище, науково обґрунтованих досліджень з використання сполук йоду в організмі кролів є обмаль, варто зазначити, що йод виконує важливі функції в організмі ссавців, однак вона повністю залежить від фізіологічно обґрунтованої кількості у раціоні.

1.3. Сучасні проблеми мінерального живлення ссавців

Галузь кролівництва переживає критичний період, незважаючи на те, що м'ясо цінується у багатьох країнах світу за його якість та поживні властивості [18]. Споживання кролячого м'яса знизилося в останні роки через сприйняття кроликів як домашніх тварин та відсутність продуктів, адаптованих до сучасного споживання [17]. Крім того, галузь кролівництва стикається із серйозною проблемою, пов'язаною зі зростанням загибелі кроликів після відлучення, головним чином через складність підтримки здоров'я кишечника без антибіотиків, через обмеження у Європейському Союзі у тваринництві (Регламент (ЄС) № 1831/2003). Включення нетрадиційних добавок до кормів для тварин стало дуже привабливою стратегією для покращення здоров'я кишечника завдяки доведеним перевагам цих продуктів, таких як пребіотики, антиоксиданти та імуномодулятори [20, 49]. Добавки рослинного походження є хорошими джерелами харчових волокон, високоякісного білка, вітамінів, поліненасичених жирних кислот та поліфенольних сполук [50]. Особливо варто

відзначити високий вміст мінеральних речовин (8–40% сухої речовини золи), що перевищує вміст мінералів у будь-якій наземній рослині. Ця особливість робить рослини морського середовища чудовим джерелом незамінних мінеральних речовин для підтримки здоров'я кишечника тварин, зокрема Йоду, Цинку або Селену, які необхідні для підтримки функціональності здоров'я кишечника як антиоксиданти, регулятори мікрофлори та імуномодулятори. Більше того, було показано, що деякі елементи, такі як Йод, Ферум Цинк, є більш біодоступними в рослинній сировині морського походження, ніж в інших джерелах кормів [56]. Ці характеристики можна використовувати у виробництві кормів для тварин, щоб забезпечити альтернативне, стійке джерело деяких мінералів для задоволення рекомендованої добової норми споживання [16]. Однак, концентрація мінералів значно варіюється між видами рослин та залежно від факторів навколишнього середовища. Додавки рослинної сировини до кормів для тварин потребують точного дозування, тому необхідне краще розуміння перенесення різних елементів у м'ясо та інші продукти тваринного походження, призначені для споживання людиною [6]. Серед незамінних мікроелементів у рослинній сировині морського походження, найбільше міститься йоду, оскільки він може досягати дуже високих концентрацій у деяких бурих макроводоростях і легко переходить у продукти тваринного походження (особливо молоко та яйця, а також м'ясо) при додаванні до раціону [53]. Додавки йоду через водорості фактично отримали значну увагу, як засіб вирішення проблеми дефіциту йоду у харчуванні людини, за умови, що не перевищуються токсичні межі цього елемента [24]. Вміст миш'яку також викликав значний інтерес, оскільки цей потенційно токсичний елемент міститься у високих концентраціях у деяких макроводоростях, хоча він, як правило, має органічну природу та низьку токсичність [11]. На противагу цьому, високий вміст інших макроелементів, таких як Сульфур та Магній, у деяких видах макроводоростей, а також потенційна взаємодія між деякими елементами, наприклад, Йоду та Миш'яку з Селеном та між Сульфуром та Селеном [1, 8, 72], майже не вивчалися у тварин. Такі елементи заслуговують

на увагу як для здоров'я тварин, так і для залишків у продуктах тваринного походження.

У літературних джерелах відома гіпотеза, що незамінні мікроелементи (особливо Йод), можуть переноситися в тканини, позитивно впливаючи на харчування людини, тоді як не буде відповідного накопичення токсичних елементів (насамперед миш'яку) або взаємодії з іншими елементами. Йод, який входить до складу гормонів щитовидної залози, є необхідним для підтримки життя хребетних тварин. Абсолютну потребу в йоді важко визначити через адаптивні реакції на зміни в споживанні йоду. Надлишок або дефіцит йоду може призвести до зміни метаболізму щитовидної залози. Величина та напрямок реакції на зміни в раціоні також можуть залежати від попереднього споживання йоду, що потребує додаткового наукового обґрунтування.

1.4. Особливості дії органічних сполук йоду в організмі кролів

Йод – це мікроелемент, необхідний організму тварин для підтримки нормальної життєдіяльності. Він посилює активність ферментів, регулює обмін білків і жирів, а також вивільняє йод у кров, а потім у щитовидну залозу, де він використовується для синтезу тироксину [31]. Крім того, дефіцит йоду викликає збільшення щитовидної залози та опосередковано впливає на швидкість росту [3, 44]. Органічний йод – це новий тип мікроелемента, що означає йод у поєднанні з органічною речовиною, який є безпечним, стабільним та високозасвоюваним [5]. Кролики характеризуються високою адаптивністю, рівнем розмноження, виживання молодих кроликів та високого рівня забою м'ясних кроликів. Кролик – це моногастричні травоядні тварини, за рахунок біологічних особливостей основна ферментація під впливом мікрофлори проходить у товстому кишечнику, зокрема сліпій кишці, відзначаються цекотрофією для забезпечення максимального засвоєння поживних речовин зі свого раціону [32]. Здоров'я кишечника кроликів безпосередньо впливає на їхню продуктивність. Дослідження показали, що

додавання йоду корисне для ферментації у кишечнику та розщеплення корму [3, 27], покращення репродуктивної здатності [8], підвищення виробничих показників та засвоюваності корму [9], підвищення антиоксидантної здатності [10] та стійкого імунітету [43].

Зловживання антибіотиками, може легко призвести до утворення стійких до ліків бактерій у кишечнику тварин, що протягом багатьох років призводить до порушення мікрофлори. В останні роки антибіотики були замінені альтернативами, такими як пробіотики [42], ферментами [62] та органічними кислотами [17], для покращення показників росту, здоров'я кишечника, розвитку та метаболізму в організмі. Дослідженнями показано, що органічний йод значно покращує показники росту та здоров'я кишечника у кроликів залежно від дозозалежного впливу.

Йод виконує фізіологічну функцію та сприяє росту та розвитку організму через тироксин. Додавання відповідної кількості йоду до раціону може покращити показники росту тварин, але потреба залежить від віку та продуктивності. Шен та інші [58] показали, що вплив маси тіла та середнього споживання корму був найкращим, коли рівень додавання йоду становив 0,8 мг йоду/кг корму. Сарлак та інші [57] виявили, що харчові добавки з етилендіаміндігідройодидом значно покращили споживання корму та показники несучості курей-несучок. Аналогічно, в іншому дослідженні повідомлялося, що рівень йоду 0,50 мг йоду/кг корму, мав значний вплив на показники росту в раціонах молодих яків [40]. Реттгер та інші [55] вважали, що додавання йодиду калію до корму, може покращити коефіцієнт конверсії корму бройлерів віком 21–35 днів. Додавання 1,5 мг йоду/кг корму, може покращити показники росту кроликів, що узгоджується з результатами Лі та інших [37] та Сюй та інші [69].

Йод є важливим мікроелементом і сприяє синтезу щитовидної залози у всіх видів тварин [23]. Також він відіграє певну роль в енергетичному обміні у тварин, головним чином шляхом зв'язування з Т3, Т4 та попередником йодтирозину. Т3 відповідає за більшість фізіологічних функцій тироїдних

гормонів в екстратиреоїдних тканинах, тоді як Т4 є основним гормоном синтезу щитовидної залози [23, 25, 68]. Динаміка утворення Т3 та Т4 залежить від надходження належної кількості есенціального йоду в кормах [59]. Ян Гочжун та інші [70] вважали, що вміст Т3 та Т4 в експериментальній групі був значно вищим, ніж у контрольній групі, коли до раціону додавали 0,8 мг йоду/кг раціону. В експериментальній групі він був значно вищим, ніж у контрольній групі. Відповідно до висновку Лю та ін. [38], вміст Т3 та Т4 в експериментальній групі спочатку збільшився, а потім зменшився. Коли додавали 0,5 мг йоду органічного йоду /кг корму, значення Т3 було найвищим, тоді як значення Т4 було найвищим при додаванні 1,0 мг/кг. Спостережувані зміни концентрації гормонів щитовидної залози внаслідок підвищеного рівня йоду можуть пояснювати активацію механізму регуляції негативного зворотного зв'язку для підтримки нормального рівня. Концентрація імуноглобуліну в сироватці крові може відображати імунну функцію організму. Сироваткові IgA, IgG та IgM беруть широку участь в імунній відповіді організму. Чим вища концентрація, тим сильніша імунна функція організму [30, 67]. Лю та інші [38] стверджували, що вміст IgA був вищим, ніж в інших групах, коли кількість доданого йоду становила 0,5 мг йоду/кг корму. Виходячи з експериментальних даних, шляхом додавання 1,5 мг органічного йоду/кг корму вміст IgA, IgG та IgM у сироватці крові кроликів був значно вищим, ніж у контрольній групі, і це суттєво впливає на їх імунітет.

Йод відіграє корисну роль у здоров'ї кишечника, покращуючи його розвиток, посилюючи бар'єрну функцію кишечника та регулюючи кишкову мікрофлору. Кишковий тракт є вирішальним для метаболізму, всмоктування та використання поживних речовин як головний орган травлення кроликів. Морфологічна цілісність слизової оболонки кишечника є передумовою виконання травної функції. Слиз, що виділяється келихоподібними клітинами, має велике значення для підтримки цілісності та стабільності слизової оболонки кишечника, утворюючи захисний шар слизу на поверхні кишечника [66, 72]. Згідно з попередніми дослідженнями, встановлено, що кишечник

повністю контактує з поживними речовинами та має сильне всмоктування для конверсії корму [22, 33, 35]. Бехрузлак зазначив, що добавки йоду можуть зменшити відносну вагу порожньої кишки бройлерів [37]. Хуанга [28], зазначив, що висота ворсинок та співвідношення ворсинок до площі кишечнику у дванадцятипалій, порожній та клубовій кишках бройлерів з жовтим оперенням, яким додавали йод, були значно вищими. Тим часом, було доведено, що додавання органічного йоду до раціонів покращує морфологію тонкого кишечника. Коли кількість додавання становила 1,5 мг·йоду/кг корму, тонкий кишечник мав найкращий вплив на перетравлення та всмоктування поживних речовин.

Травні ферменти – це білки зі спеціальними функціями. Це важливий показник для оцінки виробничих показників та травної здатності тварин. Всмоктувальна здатність шлунково-кишкового тракту залежить від активності травних ферментів. Чим вища ферментативна активність, тим сильніша травна та всмоктувальна здатність шлунково-кишкового тракту [36, 41]. Ферменти, можуть каталізувати розпад целюлози до геміцелюлози та покращувати коефіцієнт використання сирової клітковини в організмі тварин [44]. Дослідження Мехрі показало, що йод може посилювати активність ферментів [44]. Це дослідження показало позитивний вплив доповнених раціонів на перетравлення та всмоктування поживних речовин, а також на сприяння росту та розвитку. Після додавання до раціону кроликів 0,5 мг·органічного йоду на кг корму активність амілази, целюлази та трипсину у експериментальних кроликів була найвищою, а активність целюлази була значно вищою, ніж у контрольній групі. Цілісність кишкового бар'єру є важливою гарантією здоров'я кишечника [42]. Знання про те, як органічний йод впливає на імунну функцію худоби та птиці, наразі залишаються обмеженими.

Кролики є моногастральними ферментерами задньої кишки [14]. Сліпа кишка є важливим органом ферментації. Вона дуже складна та високорозвинена, і має здатність розкладати неперетравлюваний лігнін та целюлозу шляхом мікробної ферментації [15, 51]. Наскільки відомо, бракує

відповідних досліджень щодо додавання органічного йоду до раціону кроликів. У дослідженнях встановлено [10, 41, 65], що коли рівень органічного йоду становив 0,5 мг·йоду/кг раціону, значення рН було найнижчим, а вміст $\text{NH}_3\text{-N}$ був значно вищим, ніж у групі III та контрольній групі. Це свідчить про відповідне кисле середовище для росту та розмноження мікрофлори сліпої кишки, а також для ефективного розкладання білків мікроорганізмами. Вміст оцтової кислоти, пропіонової кислоти та масляної кислоти у сліпій кишці групи I та групи II був вищим, ніж у контрольній групі, а вміст оцтової кислоти в групі II був значно вищим, ніж у контрольній групі, що вказує на те, що кількість доданого органічного йоду в дозі 1,0 мг·йоду/кг раціону, може позитивно впливати на енергію, пошкодження лужною речовиною, ріст слизової оболонки кишечника та розмноження корисних мікроорганізмів. Таким чином, коли рівень доданого органічного йоду становить 0,5–1,0 мг·йоду на кг корму, це корисно для сприяння здоровому розвитку кишечника.

Кишкова мікрофлора відіграє основну роль у метаболічних шляхах, імунних процесах та нейронних функціях [52], що має суттєвий вплив на здоров'я та продуктивність [73]. Дослідження показали, що належним чином стабільна мікробна екосистема призводить до здоров'я кроликів [44, 74]. Різноманітність та гомеостаз кишкової флори відіграють значну роль у підтримці здорового розвитку та репродуктивної здатності тварин [48]. Ян Цін [49] досліджував вплив перорального введення складного розчину йоду на кишкову флору поросят. Результати не виявили суттєвої різниці у кишкковій флорі поросят до та після введення. Завдяки сучасним експериментальним методам рівень покриття бактеріями в кожній групі досяг 99%. Можна побачити, що чисельність та різноманітність мікрофлори в експериментальній групі були вищими, ніж у контрольній групі, отже додавання органічного йоду мало тенденцію до покращення складу мікрофлори. Склад кишкових мікроорганізмів є складним та різноманітним; Основними домінуючими бактеріями є *Firmicutes*, *Bacteroidetes* та *Proteobacteria* [75]. Можна припустити, що додавання органічного йоду до раціону може збільшити

кількість *Firmicutes* у сліпій кишці кроликів та зменшити кількість *Bacteroidetes*, тим самим змінюючи структуру флори сліпої кишки. Аналогічно, органічний йод у раціоні може змінити фактори метаболічного шляху мікрофлори сліпої кишки кроликів.

Отже, раціони з додаванням 1,5 мг органічного йоду/кг корму позитивно впливали на показники росту кроликів, а також на гуморальну імунну функцію. Додавання 0,5 мг органічного йоду до раціону мало значний вплив на антиоксидантну здатність організму та імунорегуляційний ефект, посилюючи секрецію IgA. Крім того, додавання органічного йоду до раціону покращувало морфологію тонкого кишечника, підвищувало активність кишкових ферментів, певною мірою підтримувало динамічний баланс кишкового середовища, а також мало тенденцію до покращення структури кишкової флори та сприяло розвитку кишечника [23, 44]. Підсумовуючи, комплексний ефект був найкращим, коли кількість органічного йоду становила 0,5 мг/кг корму. Однак додавання органічного йоду не має очевидного впливу на покращення забійних показників кроликів та знижує якість м'язів. Тому виникає логічна потреба провести дослідження функції та механізму впливу рівня органічного йоду в раціоні на показники росту, розвиток кишечника та бар'єрну функцію, а відповідно дослідження показників обміну речовин кроликів.

1.5. Узагальнення літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи

Проведений аналіз наукової літератури вітчизняних і зарубіжних дослідників за тематикою впливу мінеральних речовин на організм ссавців та людини, окрема увага приділена дослідженню дії йоду та його участь у процесах обміну речовин. Відзначено, що відкриття мікроелемента йоду відбулося спонтанно, як і більшість відомих винаходів, на основі наукової літератури показано особливості метаболізму йоду в організмі ссавців, найбільше досліджень серед тварин зроблено в організмі свиней та птиці, цікавим є той факт, що не зважаючи на високу потребу йоду для котів і собак,

практично відсутні механізми впливу йоду у їхньому організмі. Особливої уваги пошуку наукової літератури було приділено обґрунтуванню впливу органічного йоду в організмі ссавців. Необхідно зазначити, що такі дослідження проводилися на кроликах й отримали достовірні різниці з впливу на мікрофлору кишечника, що позначилося активацією системи імунітету. Однак, проведеними дослідженнями відзначено потребу продовження та розширення наукових досліджень з вивчення дії йоду на інші системи організму. Зважаючи, що добавки органічного йоду в раціоні кролів відзначилися позитивним ефектом на систему імунітету, дослідження з обґрунтування фізіологічної кількості йоду цитрату у раціоні кролів після відлучення та з'ясування його впливу на показники кількості клітин крові доповнять картину фізіологічної дії та поглиблять обґрунтування механізмів його застосування.

РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Місце та схема проведених досліджень

Виконання експериментальної частини кваліфікаційної роботи проводилося відповідно до угоди № 25/03-2 від 25 березня 2025 року, який укладений між Черкаською дослідною станцією біоресурсів Національної академії аграрних наук України та Дрогобицьким державним педагогічним університетом імені Івана Франка з виконання завдання «Дослідити дію біологічно активних добавок рослинного походження у комплексі з біогенними мікроелементами на показники крові та ріст і розвиток організму кролів після відлучення» в умовах промислового кролівничого господарства «Кроликцентр» с. Вороблевичі Дрогобицького району Львівської області. Умови договірної тематики дали можливість на рівні оренди створити умови для адекватного дотримання усіх вимог методичної частини роботи. У гіпотезі наших досліджень ми поставили завдання оцінити параметри мікроклімату у приміщення, дослідити показники крові кролів за вполювання різної кількості йоду цитрату з метою отримання найефективнішої її кількості для рекомендації у промисловому кролівництві. Необхідно зазначити, що усі наші плани, що стосувалися маніпуляцій з тваринами були строго дотримані у вимогах «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментальних та наукових цілей» (Страсбург, 1985) та ухвали Першого національного конгресу з біоетики (Київ, 2001) [2].

На початку експериментальної роботи ми прикріпили прилади у різних місцях приміщення для обґрунтованого результату, що зчитували інформацію про рівень температури, вологості та вмісту аміаку і сірководню. Особливість цих приладі полягає у тому, що інформацію вони зчитують кожні три хвилини впродовж доби, потім прилад автоматично видає узагальнений результат за 24 години доби і заносить його автоматично у пам'ять, яку можна після завершення дослідження прочитати й узагальнити. Таким чином, ми отримали достовірний результат досліджуваних показників мікроклімату впродовж доби, а постійне

дослідження дало змогу констатувати про отримані факти зміни досліджуваних показників.

Температуру та вологість контролювали за допомогою термогігрометра з реєстрацією даних (Trotec BL30). Середньодобову температуру повітря та відносну вологість визначали за формулою:

$$ТНІ = Т - ((0,31 - 0,31 \cdot V/100) \cdot (Т - 14,4)), \text{ де}$$

ТНІ = індекс температури і вологості; Т = температура (°C); V = відносна вологість у відсотках (%) [44].

На наступному етапі експерименту, ми отримали сполуку йоду цитрату від (0,1 г/дм³, рН – 1,40), отримали від ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології», м. Київ. Це органічна сполука йоду, виготовлена за допомогою методів нанотехнології. Його розробляють у два етапи. Перший етап – водний колоїдний розчин наночастинок йоду за рахунок дисперсії чистого йоду імпульсами високочастотного струму у деіонізованій бідисцильованій воді. Другий етап – взаємодія карбоксилатів йоду з хімічно активних цитратом. Необхідно зазначити, що така органічна сполука не містить інших сполук, є не агресивною та не алергенною, оскільки не містить вільних наночастинок йоду [4].

На початку експерименту ми встановили склад гранульованого комбікорму, у який входила зернова група, сінне борошно і премікс. На 100 кг комбікорму давали: сіно люцерни (38 кг) (у вигляді трав'яного борошна), висівки пшеничні (10 кг), макуха соняшникова (20 кг), овес (28 кг), ячмінь (3,3 кг), крім цього додавали 4 кг преміксу з вітамінів, мінералів та біологічно активних добавок для кролів на відгодівлі, що відповідало періоду вирощування та потреби у поживних речовинах раціону. Йоду цитрат у відповідних кількостях уводили до води, яку поїли кроликів через централізовані поїлки. У відповідні групи кролів уводили концентрат з розрахунку 1; 2 і 3 мкг І/л води відповідно тваринам І, ІІ і ІІІ дослідних груп кролів. Таким чином, кролів рівномірно впродовж доби споживали йоду цитрат у встановлених дозах.

Для експерименту кролів породи термонська, розділяли на чотири групи по 6 тварин у кожній, які були аналогами за віком, фізіологічним станом та масою

тіла у середньому по групі відрізнялися в межах 30 – 40 г. Крім цього кролів усіх груп були за симптомами здорові та активні, про що можна було судити за їх здоровий стан організму. Такі спостереження ми проводили з 30 по 38 день, тобто впродовж 8 днів, його пізніше вважали підготовчим, на 8 добу підготовчого періоду відбирали зразки крові для визначення кількості клітин крові кролів. Потім додатково крім контрольної групи випоювали йоду цитрат кролям I дослідної групи з розрахунку 1,0 мкг I/л води, а II і III дослідним групам йоду цитрат у кількості відповідно – 2,0 і 3,0 мкг I/л води. Дослід тривав 30 днів. Кожних 15 днів експерименту відбирали зразки крові для визначення кількості еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів та їх індексів у крові кролів.

Кров у кролів відбирали з серединної вени вуха, за допомогою стерильної одноразової голки у спеціальну пробірку з антикоагулянтом ЕДТА, який містив дві молекули позитивно зарядженого кальцію. Такий антикоагулянт використовують для аналізаторів, коли необхідно визначити кількість формених елементів крові.

Схематичне відображення експериментальної роботи

Група	Добавки йоду цитрату з водою у раціоні кролів
Контрольна	Стандартний раціон (СР) – гранульований комбікорм і вод досхочу
Дослідна – I	СР і додатково йоду цитрат з водою у кількості 1,0 мкг I/л води
Дослідна – II	СР і додатково йоду цитрат з водою у кількості 2,0 мкг I/л води
Дослідна – III	СР і додатково йоду цитрат з водою у кількості 3,0 мкг I/л води

Отримані первинні дані сортували, групували і статистично обраховували за допомогою електронної програми, вірогідні різниці співставляли до контролю з використанням горизонтальних та вертикальних значень таблиці Стюдента.

Розраховували первинні результати й середні арифметичні величини (M) та похибки середніх арифметичних величин ($\pm m$). Різниці вважали достовірними за різниці $P < 0,05$. Для розрахунків використано комп'ютерну програму Excel [47].

2.2. Методи досліджень

Дослідження показників мікроклімату за використання термогігрометра з реєстрацією даних (Trotec BL30) [2]. Визначення показників проводили автоматично, отримані дані переносили у спеціальну комп'ютерну програму для обрахунку та візуалізації даних, отримані результати за періодами досліду представлені на рисунках у тексті кваліфікаційної роботи.

Дослідження клітин крові кролів з використанням автоматичного аналізатора «Mythic 18» [2]. У крові визначали загальну кількість еритроцитів та еритроцитарні індекси (середній об'єм еритроцита, середній вміст гемоглобіну в еритроциті, середня концентрація гемоглобіну в еритроциті, ширина розподілу еритроцитів), кількість лейкоцитів та їх форм - лімфоцитів, моноцитів, гранулоцитів і кількість тромбоцитів та тромбоцитарні індекси (середній об'єм тромбоцита, ширина розподілу тромбоцитів по об'єму, тромбокрит) на гематологічному аналізаторі «Mythic 18».

«MYTHIC 18» - це компактний настільний пристрій, з продуктивністю 60 тестів/год, що визначає 18 параметрів крові з диференціацією лейкоцитів на 3 субпопуляції. MYTHIC 18 повністю адаптований для роботи саме зі зразками тваринної крові, що забезпечує достовірність отриманих результатів.

Визначення маси тіла кролів за допомогою електронної ваги [2]. Для визначення маси тіла використовували електронну вагу, результат враховували до однієї одиниці після коми, потім заокруглювали. Тварин зважували, завжди у той же час, зранку від 9 до 10 години, зважування проводили індивідуальна, а потім отриманий результат обраховували у середніх значеннях по групі кролів.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Визначення показників температури, вологості, температурно-вологісного індексу та окремих газів у приміщенні впродовж експерименту

Світове виробництво кролячого м'яса оцінюється в понад мільйон тонн, значна частка якого припадає на Китай, Італію та Францію, з найбільшим споживанням кролячого м'яса у цих країнах. Оскільки споживачі приділяють більше уваги здоровому способу життя, в останні роки зріс попит на м'ясо кролика, яке цінується за високу харчову цінність. Завдяки дієтичним перевагам, пов'язаним з низьким вмістом жиру та високою часткою ліноленової кислоти, кроляче м'ясо користується попитом на ринку тваринного білка. Серед багатьох факторів, що сприяють харчовій цінності кролячого м'яса, найважливішими є збалансоване харчування кроликів за вмістом поживних речовин, велике значення має повноцінне мінеральне живлення. Необхідно зазначити, що у показниках якості продукції кролів, а відповідно прижиттєвих параметрах крові, особливе значення відіграє мікроклімат середовища. Нажаль у багатьох дослідженнях, які проводяться у спеціалізованих приміщеннях, а особливо у промислових, не завжди досліджуються показники мікроклімату. Різноманітні газоподібні забруднювачі, які утворюються у результаті життєдіяльності та біологічних функцій організму, можуть мати негативний вплив на газовий склад повітря на фермах, що нерозривно пов'язані з тваринництвом. Найпоширенішими газоподібними домішками є аміак, метан, вуглекислий газ та оксиди азоту, серед багатьох інших [2, 16, 23]. Специфічний спосіб годівлі та утримання кроликів сприяє утворенню газоподібних забруднювачів мікроклімату. Під час вирощування кроликів близько 60% азоту, що надходить з кормом, виводиться з організму у вигляді сечі та фекалій, а частина його вивільняється у вигляді аміаку [43]. Під час газообміну газоподібні шкідливі гази, можуть проникати через клітинні мембрани альвеол у кров, а потім розподілятися разом з нею та накопичуватися у тканинах. Здатність газоподібних речовин у результаті життєдіяльності тварин,

накопичуватися в тканинах, що визначається його концентрацією, типом забруднювача, хімічною формою, в якій він знаходиться, та загальним станом організму. Розподіл токсичних газів в організмі та їх біоаккумуляція значною мірою залежать від їхньої спорідненості з водою та жирами, що визначає їхню розчинність в організмі. Жирова тканина, яка погано забезпечується кров'ю, поглинає речовини, що вводяться в організм, повільніше, але вони зберігаються в ньому упродовж тривалого часу. Розподіл речовин та їх метаболітів в органах також залежить від їхньої здатності зв'язувати ксенобіотики та виводити їх з організму. Важко оцінити вплив сумішей забруднювачів, що заходять з повітрям. Їх біотрансформація в організмі, а також утворені метаболіти можуть бути нетиповими, тобто їхні реакції в крові та загалом організмі, можуть впливати на низку життєвих параметрів.

Зростаючий рівень забруднення навколишнього середовища та його постійний характер зумовлюють необхідність пошуку біоіндикаторів забруднення. Було проведено численні дослідження біоаккумуляції важких металів у тканинах тварин, особливо диких тварин, як маркерів антропогенного забруднення. Однак обмаль досліджень щодо наявності залишків газу в тканинах сільськогосподарських тварин та ризиків, пов'язаних з їх включенням до харчового ланцюга людини. Необхідно зазначити, що зміна температури довкілля та вологості суттєво впливають на концентрацію газів, що становить загалом показник добробуту тварин, тобто оцінка вмісту шкідливих газів на перебіг фізіологічних процесів у тканинах організму. Визначальною тканиною організму, що виконує транспортну функцію є кров, вона є маркером змін в організмі та сигналізує зміни, які пов'язані як зовнішніми чинниками, так і внутрішніми. Тому впродовж виконання кваліфікаційної роботи завданням було визначити показники крові та параметри мікроклімату у приміщенні де проводили дослідження. Отримані дані результатів фіксували за допомогою автоматичного електронного аналізатора «Термогігрометр Trotect BL30» [2], у якому вмонтовано датчики температури, вологості, атмосферного тиску та окремих газів, які фіксувалися цілодобово, узагальнювалися за добу й

передавалися через носій пам'яті на програмне забезпечення комп'ютера. Таким чином, впродовж дослідного періоду 30 діб, ми отримали узагальнені результати показників мікроклімату в середньому за добу. За перший період дослідження (15 днів) нами не встановлено суттєвих різниць зміни показників мікроклімату в приміщенні для проведення досліджень (табл. 1)

Таблиця 1

**Показники мікроклімату приміщення за перших 15 днів
експерименту**

День	Температура	Вологість	TBI	CO ₂	NH ₃
1	19,3	55,7	69,1	980	1
2	18,8	55,1	68,0	972	1
3	19,5	55,2	69,0	976	1
4	17,8	55,4	67,1	975	2
5	19,4	55,6	69,4	971	1
6	19,8	55,1	65,6	969	2
7	18,3	56,0	60,2	961	1
9	19,2	56,1	69,5	957	2
10	20,0	56,6	67,3	951	1
11	20,1	55,2	68,5	940	1
12	21,2	55,1	67,5	943	2
13	19,3	55,0	69,5	944	2
14	20,6	55,4	68,1	939	1
15	21,7	55,6	67,4	931	1

Примітка: TBI- температурно-вологісний індекс, CO₂ – вуглекислий газ, NH₃ - метан

Аналогічні дослідження за допомогою приладного забезпечення проводили й на другому етапі дослідження впродовж 15 днів. Необхідно відзначити, що температура повітря у другому етапі експерименту, була значно вищою у межах 24,2 – 24,6 °C, що у середньому на 4 °C перевищувала перший

період. Відповідно усі параметри мікроклімату були дещо зміненні, тобто їх рівні зростали як температурно-вологісного індексу, так і концентрації шкідливих газів [2].

Таблиця 2

Показники мікроклімату приміщення за другим етапом 15 днів експерименту

День	Температура	Вологість	ТВІ	CO₂	NH₃
16	24,0	59,0	70,3	715	1
17	24,6	59,3	70,4	704	1
18	24,4	59,5	70,5	703	1
19	24,5	59,8	70,7	676	1
20	24,2	59,6	70,7	672	1
21	24,0	59,5	70,8	685	1
22	24,6	59,6	70,9	687	1
23	24,5	59,0	70,9	672	1
24	24,5	59,4	70,9	678	1
25	24,7	59,6	70,9	675	1
26	24,8	59,5	71	671	1
27	24,6	59,4	71	667	1
28	24,3	59,1	71	669	1
29	24,8	59,6	71	669	1
30	24,6	59,0	71	665	1

Незважаючи на критичну температуру у приміщенні, рівні усіх досліджуваних показників мікроклімату не перевищували максимально допустимі концентрації для вказаного виду тварин. Тому, можна стверджувати, що показники добробуту тварин за період експерименту, 30 днів не

перевищували нормативних показників, що у свою чергу не буде впливати на отримані результати дослідження.

Ще один чинник, який не фіксував прилад, але ми його досліджували, це наявність шуму. Шум, який визначається як тривожний та небажаний звук, сприймається як стресовий фактор навколишнього середовища. Шум є поширеним явищем. Нажаль у міру обставин ми фіксували шум від ревуна, який сигналізував повітряну тривогу, у поряд розміщеному приміщенні. Реакція на шум, може залежати від характеристик звуку, включаючи інтенсивність, частоту та складність звуку, тривалість та значення шуму [32]. Вплив шуму викликає багато проблем зі здоров'ям, таких як порушення сну та погіршення продуктивності. Ми відзначали поведінкові реакції, що включають підвищення збудливості, вилизування себе та сусідів по клітці, а також прийняття пози загрози, що позначається вставанням на задні лапи. Ці зміни подібні до тих, що спостерігаються у гризунів, які зазнають інших стресових ситуацій. Незважаючи на докази того, що рівень шуму в приміщеннях для тварин часто достатньо високий, щоб викликати неконтрольовані фізіологічні та психологічні реакції, рівень акустики продовжує контролюватися не так часто, як інші фактори навколишнього середовища (освітлення, температура, вологість тощо). Кролі є збудливими тваринами, рівень стресу у них є більше вираженим, ніж больовий подразник, тому у приміщеннях встановлюють постійне джерело звуку (музика або гучномовець радіоприймача), що знижує їх чутливість до стресу. У нашому дослідженні ми фіксували зміну поведінки в результаті сильних нетипових шумів, вони були не тривалими і з часом тварини поверталися до типової поведінки у групі.

Отже, проведення дослідження за допомогою приладу та візуальних спостережень, необхідно відзначити, що параметри мікроклімату у приміщенні з утримання кролів відповідали чинним допустимим нормам за рівнем температури, вологості та шкідливих газів, крім цього наше спостереження не відзначило окремих суттєвих змін у поведінці, хоча тварини, які споживали у своєму раціоні додатково йоду цитрат відзначалися опосередкованою

спокійною поведінкою, під час нетипового шуму та звуку, зокрема від ревуна, що сповіщав загрозу з повітря у період воєнних дій.

3.2. Фізіологічні показники організму кролів впродовж дослідження (температура, пульс, дихання)

Оскільки умови утримання тварин та якість повітря були на належному рівні, наступним нашим завданням, було визначити стан організму кролів як у підготовчий період, так і у дослідному. Для цього ми проводили визначення основних фізіологічних параметрів організму кролів кожні 15 днів, тоді коли відбирали показники крові для дослідження. Зокрема, ми визначали температуру організму, частоту дихання та частоту пульсу, як ознак фізіологічного стану організму кролів до початку проведення досліду, а також за період вживання добавок йоду цитрату. Відомо, що кролики використовують загальне положення тіла, частоту дихання та периферичну температуру, особливо вуха, як засоби для контролю тепловтрат. Однак, частота дихання та зовнішнє вухо є найважливішими шляхами виведення зайвого тепла з організму кролів, оскільки вони покриті густим хутром, що додатково з одного боку зберігає тепло, а з іншого може викликати тепловий стрес у період високих температур в повітрі. Maraï та інші (2005) [44] вказали, що між 0 та 30 °C виділення внутрішньої теплової енергії контролюється, лише шляхом зміни частоти дихання. Вплив статі спостерігався на частоту дихання та серцевих скорочень, причому самці мали вищі значення увечері. Але основна температура тіла не змінилася. Можна припустити, що реакція тварин була зумовлена відсутністю теплового стресу. Повідомлялося, що статеві відмінності в терморегуляторній активності, можуть бути більш чутливими при гіпертермії. Новозеландські білі кролики мають нижчу температуру тіла, це свідчить про вроджену генетичну здатність породи регулювати температуру тіла без компенсаторного збільшення терморегуляторної активності. Це може бути пов'язано з їхнім білим забарвленням шерсті, яке поглинає менше тепла та

відбиває більше порівняно з іншими забарвленнями шерсті. Порода кролів шиншила має подібну частоту дихання протягом дня. Це може свідчити про низьку сприйнятливість новозеландських білих кроликів до теплового стресу. Отримані результати дослідження, відповідають припущенню про те, що існують породні відмінності у швидкості охолодження шкіри. Зокрема, у декоративних кроликів чутливість до високої температури є більшою, це може бути пов'язано з відмінностями в породі, а також з акліматизацією до навколишнього середовища, що вимагало вищої терморегуляторної активності для ефективного зниження температури тіла, тим самим забезпечуючи кращу терморегуляторну активність екзотичних порід кролів.

Термонська порода кролів, на якій ми проводили дослідження характеризується білим забарвленням хутра, яке у свою чергу володіє особливістю відбивати сонячне випромінювання та інфрачервоні промені, які несуть тепло. Виконуючи дослідження з визначення рівня температури тіла у кролів, а також частоти дихання та частоти пульсу, нами не встановлено вірогідних значень між контрольною та дослідними групами тварин за період першого дня та 15 і 30 дня додаткового використання у воді йоду цитрату (табл. 3). Хоча отримані дані вказують за тенденцію до середніх значень досліджуваних показників у групах, яким вполювали добавку порівняно з контрольною групою кролів, які не споживали добавки. Зовнішні чинники у повітрі впливають на середовище тварини, яке намагається бути стабільним, власне ці показники становлять сталість внутрішнього середовища, що називається гомеостазом. Цей стан в організмі є необхідним для перебігу біохімічних реакцій на найвищому рівні для отримання енергії у вигляді універсальної молекули АТФ, власне вона необхідна для виконання усіх фізіологічних функцій на рівні клітини та організму загалом. Тому контроль стану організму за основними параметрами, які вказують про його фізіологію, є важливими та корисними з метою оцінювання впливу на нього зовнішніх факторів та додаткових чинників, що надходять з кормами та водою.

Таблиця 3

Фізіологічні параметри організму кролів за використання йоду цитрату ($M \pm m$, $n=6$)

Фізіологічний показник	Група кролів	Експеримент		
		1 день дослідження	15 день дослідження	30 день дослідження
Температура прямої кишки, °C	К	37,5±0,10	38,5±0,10	38,7±0,11
	Д – I	37,3±0,18	38,0±0,15	38,5±0,21
	Д – II	37,5±0,20	38,1±0,12	38,4±0,17
	Д – III	37,2±0,11	38,6±0,13	38,8±0,10
Частота пульсу (стегнова вена), раз/хв.	К	160±9,03	111±4,21	133±5,54
	Д – I	147±6,83	119±4,01	122±11,73
	Д – II	150±6,65	125±2,81	143±8,89
	Д – III	141±10,0	110±3,10	154±8,19
Кількість дихальних рухів (грудна клітка), раз/хв.	К	51,0±1,40	54,2±1,30	52,5±0,91
	Д – I	52,3±1,06	53,8±1,52	54,6±1,20
	Д – II	56,5±0,93	56,5±1,21	58,2±1,01
	Д – III	50,2±1,30	53,0±1,40	53,5±1,33

Примітка: К – кролі споживали гранульований комбікорм і пили воду без будь яких обмежень, I група – додатково використовували йоду цитрат у кількості 1,0 мкг I/л води; II група – 2,0 мкг I/л води; III група – 3,0 мкг I/л води

Нашими дослідженнями не встановлено суттєвих змін від додаткового використання різних кількостей йоду цитрату у раціоні, але разом з тим не відзначено негативних змін та алергічних реакцій організму на додаткове уведення добавки мікроелемента. Оскільки, показники мікроклімату та фізіологічний стан кролів відповідав нормативним показникам, наступним етапом дослідження було визначити вплив різної кількості застосованих добавок на зміни кількості клітин крові кролів за періодами визначення.

3.3. Вплив йоду цитрату на параметри еритроцитів (червоні клітини крові) та їхні індекси у крові кролів

У науковій літературі переважає дискусія щодо фізіологічних величин крові кролів, які у багатьох експериментах показують різні крайні межі, хоча тварини за клінічними показниками не виявляють симптомів дискомфорту чи пригніченого стану, який є характерним для хворобливого стану. Дослідники притримуються гіпотези, що показники крові у кролів, особливо, за промислового утримання, дещо різняться. Крім цього, відзначено зміни у параметрах крові, залежно від породи та місцевості їхнього утримання. Тому рекомендується поглибити дослідження з визначення морфологічних та біохімічних показників крові кролів впродовж онтогенезу, за різноманітних станів фізіологічного навантаження та різноманітних стресових та аліментарних чинників. Зважаючи на сказане вище, у наступному етапі дослідження ми проводили визначення як кількості клітин крові кролів, так і підтверджуючі зміни за їхніми маркерами, зокрема еритроцитарними, тромбоцитарними та лейкоцитарними залежно від кількості застосованої добавки йоду цитрату впродовж 30 днів кролям після відлучення. До початку експерименту на першу добу відбору матеріалу у підготовчий період (табл. 4) не було суттєвої різниці між контрольною та дослідними групами кролів у значеннях досліджуваних параметрів, що узгоджувалося з літературними даними і відповідають фізіологічним параметрам молодняку кролів. Через 15 днів випоювання йоду цитрату у крові кролів I, II і III дослідних груп збільшилася кількість еритроцитів, відповідно на 42,4 ($P < 0,01$), 58,1 ($P < 0,01$) і 42,6 % ($P < 0,01$) порівняно з контрольною групою кролів. Біологічний вплив йоду на організм ссавців пов'язаний з активацією гормонів щитоподібної залози, а вона володіє загально стимулюючим впливом на метаболізм. Наукові дослідження для кожного виду лабораторних або сільськогосподарських тварин, мають свої особливості тривалості застосування для отримання ефекту на рівні організму. Кролі за біологічними особливостями характеризуються

інтенсивним обміном речовин, наукова література свідчить, що кроленята після народження подвоюють свою масу тіла уже через шість днів, цей показник є найбільшим серед усіх сільськогосподарських тварин. Застосована добавка йоду цитрату у вигляді наносполуки, володіє особливістю засвоюватися до 90 % в організмі, тоді як неорганічні сполуки йоду засвоюються у межах до 5 % від загальної кількості, що надходять у раціоні [63]. Можливо органічна сполука, а також достатня тривалість застосування органічного йоду у раціоні кролів показала вірогідний результат у всіх дослідних групах тварин. Необхідно зазначити, що такі значення були підтверджені у наступному періоді застосування добавок. Так, у крові кролів I, II і III дослідних груп кількість еритроцитів була більшою на 46,6 ($P < 0,01$), 37,7 ($p < 0,05$) і 55,9 ($p < 0,001$) % через 30 днів випоювання добавки за контрольну групу кролів. Отримані дані підтверджують результати кількості еритроцитів за 15 днів випоювання добавки, що може переконливо свідчити про ефективну та тривалу дію органічної сполуки йоду в організмі кролів, які активно ростуть.

У наукових експериментах результати зміни показників крові, чи інших даних можна аналізувати як у порівнянні до контрольної групи у вказаному періоді, так і отримані зміни у кожній групі зокрема, але за окремий період. Тоді можна відслідкувати особливості впливу якогось чинника зокрема в конкретній групі, а також оцінити зміни впродовж росту організму. Аналіз такого рівня кількості еритроцитів показав, що у контролі кількість еритроцитів дещо зростала, була у межах фізіологічних параметрів і відповідала біологічним особливостям потреби організму у рості і розвитку. Дещо інші зміни були відзначені у групах, які отримували добавку йоду у раціоні. Необхідно зазначити, що усі дослідні групи кролів, які споживали різну кількість йоду цитрату у раціоні позначилися підвищенням вмісту еритроцитів у їх крові впродовж онтогенезу. У I дослідній групі кількість еритроцитів зростала на 77,7 і 84,9 % на 15 і 30 день дослідження порівняно до початкового періоду дослідження. У крові кролів II і III дослідних груп рівень еритроцитів збільшувався на 60,6 та 41,7 і 57,3 та 74,3 % порівняно з підготовчим періодом

визначення даного показника. Узагальнення отриманих результатів показує суттєвий вплив органічної добавки йоду у кожній групі кролів залежно від тривалості його застосування.

Таблиця 4

Кількість еритроцитів, рівень гемоглобіну та відсоток гематокриту крові кролів за використання йоду цитрату ($M \pm m$, $n=6$)

Показники крові	Група кролів	Експеримент		
		1 день дослідження	15 день дослідження	30 день дослідження
Кількість еритроцитів, $10^{12}/л$	К	$4,94 \pm 0,92$	$5,04 \pm 0,02$	$5,11 \pm 0,88$
	Д-I	$4,04 \pm 0,39$	$7,18 \pm 1,0^{**}$	$7,47 \pm 0,41^{**}$
	Д-II	$4,96 \pm 0,09$	$7,97 \pm 0,38^{**}$	$7,03 \pm 0,60^{*}$
	Д-III	$4,57 \pm 0,25$	$7,19 \pm 0,63^{**}$	$7,97 \pm 1,05^{***}$
Вміст гемоглобіну, г/л	К	$120,2 \pm 8,88$	$125,7 \pm 5,01$	$144,7 \pm 7,43$
	Д-I	$116,7 \pm 6,99$	$163,7 \pm 7,20^{*}$	$171,7 \pm 1,72^{*}$
	Д-II	$114,5 \pm 4,43$	$155,2 \pm 1,55^{*}$	$169,0 \pm 5,35^{*}$
	Д-III	$126,0 \pm 6,32$	$162,5 \pm 2,53^{*}$	$168,0 \pm 27,14^{*}$
Відсоток гематокриту, л/л	К	$0,35 \pm 0,311$	$0,36 \pm 0,011$	$0,37 \pm 0,013$
	Д-I	$0,39 \pm 0,901$	$0,37 \pm 0,010$	$0,39 \pm 0,012$
	Д-II	$0,32 \pm 0,340$	$0,39 \pm 0,012$	$0,40 \pm 0,024$
	Д-III	$0,38 \pm 0,346$	$0,38 \pm 0,010$	$0,43 \pm 0,017^{*}$

Примітка: у цій та наступних таблицях достовірні різниці порівняно з контрольною групою: * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$.

Підтвердженням отриманого впливу на червоні клітини крові кролів є зміни їхнього вмісту, концентрації гемоглобіну, який виконує газотранспортну функцію в організмі. Обмін речовин в організмі кролів є активним, що потребує затрат кисню для утворення енергії у результаті метаболізму. Тому рівень гемоглобіну в крові кролів має велике фізіологічне значення. Дослідженнями інших дослідників відзначено зміни вмісту гемоглобіну залежно від великої

кількості факторів, він є сигнальним маркером на рівні крові про будь які негаразди в організмі. Застосування органічного йоду в організмі кролів позначилося позитивними змінами рівня гемоглобіну впродовж дослідження. Так, у крові кролів I, II і III дослідних груп вміст гемоглобіну був вищим відповідно на 30,2 ($p < 0,05$), 23,4 ($p < 0,05$) і 29,2 ($p < 0,05$) % на 15 день випоювання йоду цитрату порівняно з контрольною групою. Схожий вплив було відзначено за тривалішого випоювання добавок, зокрема на 30 день у крові кролів рівень гемоглобіну був вищий у I, II і III дослідних групах відповідно на 18,6 ($p < 0,05$), 16,7 ($p < 0,05$) і 16,1 ($p < 0,05$) % порівняно до контролю. Отримані результати дослідження вмісту гемоглобіну, співставленні з кількістю еритроцитів, взаємодоповнюють отриманий результат про позитивний вплив застосованих кількостей йоду цитрату у раціоні кролів після відлучення.

У період активного росту і розвитку в промислових умовах утримання на організм кролів впливає ціла низка фізіологічних стресових факторів, негативно впливає на показники збереженості поголів'я, період відлучення від кролематок, що позначається на кількості клітин крові та їхнього співвідношення до рідкої частини крові, показник який про це сигналізує є гематокритна величина. Вона змінюється залежно від різноманітних факторів утримання та стресу, а особливо від забезпечення організму поживними речовинами, особливо мінеральними, які є кофакторами ензимів, що каталізують перебіг біохімічних реакцій організму для утворення універсальної енергії у вигляді молекули АТФ. Тому ми досліджували зміни відсотку гематокритної величини, залежно від застосованої кількості йоду цитрату. Необхідно зазначити, що зміни гематокритної величини від застосованої кількості добавки мікроелемента були більше вираженими на рівні тенденції до збільшення, що відповідали раніше отриманому результату рівня еритроцитів та гемоглобіну у крові кролів. Нами відзначено вірогідну більшу кількість гематокритної величини, лише у III дослідній групі ($p < 0,05$) за тривалішого застосування добавки на 30 добу дослідження. Незважаючи на невелику

кількість вірогідного результату у дослідних групах, можна робити висновок, про тенденцію до отриманих позитивних змін у крові кролів за показниками червоної крові зокрема співвідношення кількості клітин крові до її рідкої частини, що є визначним сигнальним показником функціонального стану цілого організму ссавців.

Дослідженнями індексу еритроцитів за періодами задавання добавки органічного йоду не встановлено вірогідних значень, однак відзначено позитивну тенденцію до збільшення середнього об'єму еритроцита, що особливо відзначено на 30 день дослідження по відношенню до контрольної групи кролів (табл. 5). Якщо провести аналіз показників у кожній групі за період дослідження, то необхідно вказати, що через 15 днів експерименту не відзначено суттєвих змін, значно вищі результати отримано через 30 днів вживання добавки у всіх дослідних групах. Так, підвищення середнього об'єму еритроцита крові кролів I, II і III дослідних груп, стосовно підготовчого періоду кожної з них був вищим відповідно на 15,3; 12,2 і 21,5 %, тоді як у контрольній групі цей показник становив 8,5 %. Отриманий результат показує більший вплив застосованої добавки впродовж вирощування, сукупно майже на 50 % у групах, яким застосовували добавку мікроелемента. Щодо показників середнього вмісту гемоглобіну в окремому еритроциті та середній концентрації гемоглобіну в еритроцитах, ці зміни були позитивними, але на рівні тенденції не суттєво вираженими. Дещо інші зміни відзначено у ширині розподілу еритроцитів, де більше виражену тенденцію спостерігали на 30 день дослідження. Зокрема, у контрольній групі ширина розподілу еритроцитів по стосовно першої доби дослідження збільшувалася на 12,2 %, тоді як у I, II і III дослідних групах ці величини становили відповідно 6,3; 4,4 і -2,3 % на 30 день дослідження. Отриманий результат, зокрема нижчий його рівень у дослідних групах порівняно з контролем, може вказувати про варіабельність у розмірі еритроцитів, чим показник є нижчим, тим однорідніші у крові еритроцити. У такому випадку, можна переконливо казати про стабільний, рівномірний процес утворення еритроцитів, мова йде про еритропоез.

Таблиця 5

Рівень індексу еритроцитів крові кролів за використання йоду цитрату ($M \pm m$, $n=6$)

Показники крові	Група кролів	Експеримент		
		1 день дослідження	15 день дослідження	30 день дослідження
Середній об'єм еритроцита, ф/л	К	72,4 $\pm$ 3,80	76,1 $\pm$ 1,64	78,6 $\pm$ 2,57
	Д-I	73,2 $\pm$ 0,83	78,1 $\pm$ 1,85	84,4 $\pm$ 4,20
	Д-II	74,2 $\pm$ 0,61	79,7 $\pm$ 4,23	83,3 $\pm$ 2,91
	Д-III	70,1 $\pm$ 1,60	79,2 $\pm$ 6,21	85,2 $\pm$ 5,30
Середній вміст гемоглобіну в еритроциті, п/г	К	22,1 $\pm$ 0,30	23,2 $\pm$ 3,51	22,9 $\pm$ 1,20
	Д-I	22,6 $\pm$ 0,33	26,0 $\pm$ 0,93	24,9 $\pm$ 1,51
	Д-II	24,2 $\pm$ 0,24	27,8 $\pm$ 1,41	25,9 $\pm$ 0,60
	Д-III	24,4 $\pm$ 0,25	26,9 $\pm$ 0,92	26,0 $\pm$ 1,23
Середня концентрація гемоглобіну в еритроциті, г/л	К	226,0 $\pm$ 3,50	211,5 $\pm$ 3,45	231,2 $\pm$ 6,55
	Д-I	240,5 $\pm$ 4,52	215,5 $\pm$ 6,51	251,5 $\pm$ 8,51
	Д-II	231,2 $\pm$ 1,65	212,5 $\pm$ 15,2	254,5 $\pm$ 1,25
	Д-III	231,5 $\pm$ 5,71	223,5 $\pm$ 6,50	241,9 $\pm$ 1,42
Ширина розподілу еритроцитів, %	К	10,26 $\pm$ 0,20	10,30 $\pm$ 0,11	11,52 $\pm$ 0,50
	Д-I	10,51 $\pm$ 0,23	10,34 $\pm$ 0,61	11,18 $\pm$ 0,83
	Д-II	10,92 $\pm$ 0,24	10,13 $\pm$ 0,90	11,41 $\pm$ 0,25
	Д-III	10,41 $\pm$ 0,14	10,17 $\pm$ 0,51	10,17 $\pm$ 1,09

Отже, дослідження червоних клітин крові кролів за дії органічної сполуки йоду позначилося вірогідними змінами кількості еритроцитів, концентрації гемоглобіну у трьох дослідних групах кролів на 15 і 30 день дослідження, що підтвердилося позитивними змінами на рівні тенденції у показниках індексу еритроцитів.

3.4. Вплив йоду цитрату на показники кількості лейкоцитів та їх форм і тромбоцитів у крові кролів

У крові ссавців лейкоцити та їхні форми беруть участь у виконанні захисної функції в організмі, їхня кількість залежить від зовнішнього агресивного середовища, але і у значній кількості на їх кількість впливають фактори живлення. Загалом лейкоцити у крові кролів, зокрема їхні величини, часто є дуже дискусійним питанням, стосовно їх кількості у крові. Фактор збільшення їх кількості, у межах фізіологічної норми, впродовж онтогенезу є зрозумілий. Однак, дослідження їх кількості та форм у різних порід кролів, залежно від умов утримання також зазнають окремих, інколи нетипових змін. Застосування добавки органічного йоду у раціоні кролів відзначилося загалом зменшенням їх кількості, однак вірогідно нижчий результат відзначено на 15 день дослідження у крові кролів II дослідної групи відповідно на 35,6 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою тварин (табл. 6).

Таблиця 6

Вміст лейкоцитів у крові кролів за використання йоду цитрату ($M \pm m$, $n=6$)

Показники крові	Група кролів	Експеримент		
		1 день дослідження	15 день дослідження	30 день дослідження
Кількість лейкоцитів, $10^9/\text{л}$	К	12,4 $\pm$ 1,71	12,9 $\pm$ 1,41	12,1 $\pm$ 1,34
	Д-I	12,1 $\pm$ 2,08	10,0 $\pm$ 3,15	10,4 $\pm$ 1,13
	Д-II	10,3 $\pm$ 1,40	8,3 $\pm$ 0,66*	9,1 $\pm$ 0,11
	Д-III	12,1 $\pm$ 2,17	9,1 $\pm$ 1,05	9,5 $\pm$ 1,01

Якщо застосувати принцип визначення кількості лейкоцитів у кожній групі порівняно з початком і завершенням експерименту, то у контролі їх кількість була меншою на 2,4; у I, II і III дослідних групах відповідно 14,0; 11,6 і 21,4 %. Аналіз отриманого результату показує суттєві зміни в онтогенезі за

вмістом лейкоцитів, який був суттєво нижчим у групах, яким використовували органічну добавку йоду. На нашу думку опосередкована дія йоду впливає на функцію щитоподібної залози, активуючи тиреоїдні гормони, запускає низку біохімічних реакцій в організмі, що відповідну сприяє активації системи захисту і позначається дещо нижчим вмістом лейкоцитів у крові кролів.

Дослідження загальної кількості лейкоцитів у крові кролів та отримані їхні зміни, підтверджуються результатами вмісту їхніх форм за періодами дослідження. Так, абсолютна кількість лімфоцитів у крові кролів за вірогідним значеннями порівняно з контролем не відрізнялася, але різниця між першим днем і 30 на рівні тенденції була суттєвою. Так, у контролі відсоток кількості лімфоцитів у різниці між першим днем і 30 був нижчим на 24,2 %, відповідно у I, II і III дослідних групах був нижчим на 16,5; 35,4 і 30,3 % (табл. 7). Отримані результати можуть вказувати про виражений вплив більших кількостей органічного йоду у II групі, які споживали 2,0 мкг I/л води і III групі – 3,0 мкг I/л води дослідних груп кролів порівняно до першого дня дослідження.

Абсолютна кількість моноцитів у крові кролів була більше стабільною на перший день визначення та на 30 день, більше змін відзначено на 15 день дослідження стосовно контролю. Зокрема, у крові кролів II дослідної групи кількість моноцитів була меншою на 23,9 % ($p < 0,05$) на 15 день дослідження за тенденції до їх збільшення у I групі та зменшення у III дослідній групі. Такі зміни можуть вказувати про активацію системи імунного захисту в організмі кролів, яка більше була стабільною на 30 день дослідження як порівняно з контролем, так і до першого дня визначення у кожній групі зокрема.

Необхідно зазначити про найбільше виражений вплив застосованих добавок на абсолютну кількість гранулоцитів, які є клітинами природнього імунітету крові ссавців, який по різному змінювався за дії різної кількості органічного йоду. Так, вміст гранулоцитів на перший день дослідження був практично на одному рівні, що може свідчити про однакову ступінь функціональної дії клітин крові, які відповідають за первинну ланку природнього імунітету в організмі. Через 15 днів вживання органічного йоду

у раціоні кролів їхній вміст збільшувався у контролі та зменшувався у дослідних групах з вірогідно меншим вмістом у III групі відповідно на 28,2 % ($p < 0,01$). На 30 день застосування добавки мікроелемента у різній кількості відзначили різні дані як більшої так і меншої кількості вмісту гранулоцитів. Зокрема, збільшувалася кількість гранулоцитів у I групі, а II і III дослідних групах зменшувалася відповідно на 38,8 ($p < 0,01$) і 30,5 % ($p < 0,01$) відносно контрольної групи. Загалом отримані результати кількості гранулоцитів були неоднозначними і змінними залежно від застосованої кількості та тривалості вживання добавки органічного йоду, що найбільше позитивними змінами відзначилися у II та найбільше виражені у III дослідній групі кролів, які споживали найбільшу досліджувану кількість добавки у раціоні.

Таблиця 7

Вміст досліджуваних форм лейкоцитів у крові кролів за використання йоду цитрату ($M \pm m$, $n=6$)

Показники крові	Група кролів	Експеримент		
		1 день дослідження	15 день дослідження	30 день дослідження
Кількість лімфоцитів, $10^9/\text{л}$	К	$7,13 \pm 0,68$	$6,11 \pm 0,75$	$5,40 \pm 1,61$
	Д-I	$7,35 \pm 1,40$	$4,15 \pm 1,38$	$6,13 \pm 1,55$
	Д-II	$7,25 \pm 0,61$	$6,45 \pm 2,62$	$4,68 \pm 1,30$
	Д-III	$7,15 \pm 0,85$	$5,28 \pm 1,29$	$4,98 \pm 1,21$
Кількість моноцитів, $10^9/\text{л}$	К	$3,40 \pm 0,36$	$4,47 \pm 0,11$	$3,40 \pm 1,29$
	Д-I	$3,57 \pm 0,91$	$4,97 \pm 1,65$	$3,30 \pm 0,81$
	Д-II	$3,12 \pm 0,14$	$3,40 \pm 1,18^*$	$3,90 \pm 1,21$
	Д-III	$3,55 \pm 0,24$	$3,60 \pm 0,26$	$2,70 \pm 0,32$
Кількість гранулоцитів, $10^9/\text{л}$	К	$1,57 \pm 0,18$	$2,20 \pm 0,91$	$3,40 \pm 0,80$
	Д-I	$1,80 \pm 0,41$	$1,45 \pm 0,91$	$3,52 \pm 0,70$
	Д-II	$1,84 \pm 0,22$	$1,09 \pm 0,70$	$1,32 \pm 0,3^{**}$
	Д-III	$1,62 \pm 0,38$	$0,72 \pm 0,25^{**}$	$1,04 \pm 0,02^{**}$

Отже, застосування у раціоні кролів йоду цитрату позначилося вірогідними змінами кількості лейкоцитів у II дослідній групі на 15 день експерименту, що підтвердилося змінами кількості форм лейкоцитів на рівні позитивної тенденції та вірогідними змінами рівня гранулоцитів у крові кролів II та більше виражено у III дослідній групі кролів порівняно з контролем.

Тромбоцити в організмі ссавців виконують захисну функції, беруть участь у формуванні тромбу та виконують регенеруючу функцію, запускають механізми поділу клітин у тканинах, що зазнали різноманітних ушкоджень. Крім цього тромбоцити, як клітини крові кролів реагують на стресові чинники, зокрема тепловий стрес, тоді їхня кількість зменшується. Досліджень тромбоцитів крові кролів є обмаль, а отримані результати інколи суттєво різняться. Тому проведення таких визначень є актуальними і цікавими для формування бази даних їхньої кількості залежно від різноманітних чинників, зокрема корегуванню мінерального обміну. Необхідно зазначити, що вірогідних змін кількості тромбоцитів у крові кролів за вживання йоду цитрату не відзначали стосовно контролю, хоча отримали дані тенденції як до збільшення цього показника, так і його зниження (табл. 8).

Таблиця 8

Показники кількості тромбоцитів крові кролів за використання йоду цитрату ($M \pm m$, $n=6$)

Показники крові	Група кролів	Експеримент		
		1 день дослідження	15 день дослідження	30 день дослідження
Кількість тромбоцитів, $10^9/\text{л}$	К	440,2 $\pm$ 43,15	491,5 $\pm$ 25,40	385,0 $\pm$ 67,21
	Д-I	454,5 $\pm$ 45,04	515,5 $\pm$ 51,74	541,0 $\pm$ 41,95
	Д-II	462,5 $\pm$ 50,13	494,5 $\pm$ 64,55	358,3 $\pm$ 48,65
	Д-III	555,7 $\pm$ 55,49	493,5 $\pm$ 53,02	454,0 $\pm$ 52,50

Обрахунок результату у кожній групі зокрема та порівняння даних першого дня та завершального етапу дослідження показало, що кількість тромбоцитів у контрольній групі була меншою на 12,5 %, тоді як у I групі збільшувалася на 19,0 %, а у II і III групі знижувалася відповідно на 22,5 і 18,3 %.

Визначення середнього об'єму тромбоцита у крові кролів позначилися несуттєвими і доволі стабільними змінами цього показника у крові кролів за періодами експерименту, з чітко вираженою тенденцією зниження на 15 і 30 день дослідження як у контрольній, так і дослідних групах кролів (табл. 9).

Таблиця 9

Показники індексу тромбоцитів крові кролів за використання йоду цитрату ($M \pm m$, $n=6$)

Показник	Група тварин	Експеримент		
		1 день дослідження	15 день дослідження	30 день дослідження
Середній об'єм тромбоцита, фл	К	6,54 $\pm$ 0,23	5,11 $\pm$ 0,31	5,36 $\pm$ 0,20
	Д-I	6,47 $\pm$ 0,24	5,21 $\pm$ 0,23	5,74 $\pm$ 0,31
	Д-II	6,11 $\pm$ 0,12	5,39 $\pm$ 0,24	5,76 $\pm$ 0,42
	Д-III	6,51 $\pm$ 0,25	5,36 $\pm$ 0,32	5,51 $\pm$ 0,43
Тромбокритна величина, %	К	0,211 $\pm$ 0,132	0,210 $\pm$ 0,024	0,210 $\pm$ 0,032
	Д-I	0,254 $\pm$ 0,183	0,302 $\pm$ 0,132*	0,303 $\pm$ 0,156*
	Д-II	0,216 $\pm$ 0,025	0,301 $\pm$ 0,225*	0,243 $\pm$ 0,045
	Д-III	0,221 $\pm$ 0,142	0,282 $\pm$ 0,026	0,321 $\pm$ 0,040**
Ширина розподілу тромбоцитів по об'єму, %	К	15,3 $\pm$ 0,410	12,2 $\pm$ 2,24	14,5 $\pm$ 1,26
	Д-I	16,0 $\pm$ 0,413	13,1 $\pm$ 0,16	15,1 $\pm$ 0,23
	Д-II	15,3 $\pm$ 0,315	14,3 $\pm$ 0,45	15,8 $\pm$ 1,16
	Д-III	15,4 $\pm$ 0,316	13,4 $\pm$ 1,25	14,5 $\pm$ 1,02

Аналогічних змін за періодами дослідження відзначено за шириною розподілу тромбоцитів по об'єму. Тромбокритна величина у крові кролів зазнала найбільше виражених змін впродовж використання добавок йоду. Так, рівень тромбокритної величини збільшувався на 15 день дослідження у крові кролів I і II дослідних груп відповідно на 43,8 ($p < 0,01$) і 43,3 ($p < 0,01$) % стосовно контролю. На 30 день дослідження відсоток тромбокритної величини збільшувався у крові кролів I групи на 44,2 ($p < 0,05$) та III групи на 52,8 ($p < 0,01$) %, у II групі був на рівні контролю.

Тромбокрит у крові кролів це важливий показник тромбоцитарної маси, що використовується для оцінки гемостазу, діагностики запалення, контролю лікування та оцінки роботи кісткового мозку. Отримані результати, можуть вказувати за їх функціональну здатність до регенерації та відновлення. Отже, отримані результати кількості та якості тромбоцитарної маси, можна казати про опосередкований вплив окремих застосованих сполук органічного йоду у раціоні кролів, які залежали від кількості та тривалості застосування мікроелемента.

3.5. Показники маси тіла кролів за використання різної кількості йоду цитрату впродовж експерименту

Важливим показником ефективності застосування будь якого чинника на організм тварин є його ріст і розвиток. Показники приросту є визначальними у перерахунку ефективності та рентабельності не тільки від застосування добавки, але й ведення тваринництва загалом. У наших дослідженнях, крім визначення параметрів мікроклімату та крові, важливим аспектом було дослідити зміну маси тіла кролів. Ці дослідження були проведені до початку випоювання добавки, щоб розуміти фізіологічний розвиток тварин за масою тіла. Для цього ми використовували електронну вагу і тварин зважували індивідуально, потім результати обраховували статистично. Необхідно

зазначити, що маса тіла кролів була у підготовчий період, згрупована таким чином, щоб різниця між контрольною та дослідними групами тварин була у межах статистичної похибки, вона становила між групами майже 2 %, що є допустимим для такого дослідження. Інші результати ми отримали на 15 день випоювання йоду цитрату, зокрема відзначено залежність від кількості. Так, різниця у масі тіла кролів на 15 день дослідження між контрольно та I, II і III дослідними групами була вищою відповідно, на 2,3 %, 8,7 % і 12,1 % (табл. 10).

Таблиця 10

Ріст організму кролів за використання йоду цитрату ($M \pm m$, $n=6$)

Група кролів	Маса тіла		
	до задавання добавки	15 день дослідження	30 день дослідження
К	1005,3 $\pm$ 11,76	1301,9 $\pm$ 31,41	1601,6 $\pm$ 31,31
Д-I	0,985 $\pm$ 20,08 (0,97)	1332,1 $\pm$ 43,15 (102,3)	1652,1 $\pm$ 21,13 (103,1)
Д-II	1003,2 $\pm$ 15,40 (99,7)	1415,3 $\pm$ 30,66 (108,7)	1745,9 $\pm$ 30,10 (109,0)
Д-III	1021,8 $\pm$ 23,17 (101,6)	1460,3 $\pm$ 21,05 (112,1)	1768,1 $\pm$ 21,01 (110,3)

Аналогічна тенденція між групами була збережена й через наступні 15 днів дослідження. Зокрема, маса тіла кролів I, II і III дослідних груп була вищою за контрольну відповідно на 3,1%, 9,0 % і 10,3 % на завершальному періоді дослідження 30 день випоювання добавок. Отримані результати визначення маси тіла кролів за періодами дослідження, можуть констатувати про залежність кількості йоду цитрату на ріст і розвиток організму кролів. Отримані результати маси тіла підтверджуються показниками крові кролів і можуть переконливо стверджувати, що добавка йоду цитрату у більшій досліджуваній кількості позитивно впливає на показники крові кролів та стимулює ріст кролів за 30 днів експерименту.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що параметри мікроклімату у приміщенні з утримання кролів відповідали чинним допустимим нормам за рівнем температури, вологості та шкідливих газів; температура повітря у другому етапі експерименту (15 днів), була вищою у межах 24,2 – 24,6 °C, що у середньому на 4 °C перевищувала перший період (15 днів).
2. Визначення клінічних параметрів організму кролів за показниками температури тіла, частоти дихання та частоти пульсу, не встановлено вірогідних значень між контрольною та дослідними групами тварин за період першого дня та 15 і 30 дня експерименту.
3. Додаткове застосування у раціоні йоду цитрату у кількості 1,0 мкг І/л води (І група), 2,0 мкг І/л води (ІІ група), 3,0 мкг І/л води (ІІІ група) відзначилося у крові кролів дослідних груп більшою кількістю еритроцитів ($p < 0,05 - 0,001$) та концентрації гемоглобіну ($p < 0,05$) на 15 і 30 день експерименту порівняно з контролем.
4. Використання добавки органічного йоду у раціоні кролів відзначилося тенденцією до зменшення кількості лейкоцитів у всіх дослідних групах, вірогідно нижчий результат відзначено на 15 день дослідження у крові кролів ІІ дослідної групи на 35,6 % ($p < 0,05$) порівняно з контрольною групою тварин.
5. У крові кролів ІІ дослідної групи кількість моноцитів була меншою на 23,9 % ($p < 0,05$) на 15 день дослідження за тенденції до їх збільшення у І групі та зменшення у ІІІ дослідній групі, вміст гранулоцитів у ІІ і ІІІ дослідних групах зменшувалася відповідно на 38,8 ($p < 0,01$) і 30,5 % ($p < 0,01$) відносно контрольної групи.
6. Застосування йоду цитрату у раціоні кролів після відлучення позначилося впливом у всіх дослідних групах кролів з більше вираженим ефектом у тварин ІІІ дослідної групи (3,0 мкг І/л води), з вищим вірогідним вмістом кількості еритроцитів ($p < 0,001$), рівня

гемоглобіну ($p < 0,05$), гематокритної величини ($p < 0,05$), кількості гранулоцитів ($p < 0,01$), тромбокритної величини ($p < 0,01$) за періодами дослідження порівняно з контрольною групою.

7. Додаткове впоювання йоду цитрату вплинуло на ріст і розвиток організму кролів, що характеризувалося вищими показниками маси тіла за 30 днів дослідження у тварин I, II і III дослідних груп відповідно на 3,1; 9,0 і 10,3 % порівняно з контрольною групою.

СПИСОК НАУКОВИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

1. Багатофункціональні наноматеріали для біології і медицини: молекулярний дизайн, синтез і застосування; Стойка, Р.С., Ред., «Наукова думка НААН України»: Київ, 2017; 363с.
2. Влізло В. В., Федорук Р. С., Ратич І. Б. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник. Львів: Сполом. 2012. 764 с.
3. Ібатуллін І. І., Бащенко М. І., Жукорський О. М. Повноцінна годівля сільськогосподарських тварин. Київ: Аграрна наука, 2016. С. 300.
4. Патент України на корисну модель № 38391. МПК (2006): C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, C07C 53/126 (2008.01), C07C 53/10 (2008.01), A23L 1/00, B82B 3/00. Спосіб отримання карбоксилатів металів. Нанотехнологія отримання карбоксилатів металів / Косінов М. В., Каплуненко В. Г. Опубл. 12.01.2009. Бюл. № 1/2009
5. Терещенко, В.П.; Картель, Н.Т. Медико-биологические эффекты наночастиц: реалии и прогнозы. Наукова думка: К, 2010; 240с.
6. Al-Soufi, S.; García, J.; Cegarra, E.; Muíños, A.; Pereira, V.; López-Alonso, M. Seaweeds in Animal Nutrition, a Valuable Source of Minerals but in Need of Fine-Tuning. In Proceedings of the EAAP-74th Annual Meeting, Lyon, France, 27 August–1 September 2023; Wageningen Academic: Wageningen, The Netherlands, 2023; p. 718.
7. Bai, G.; He, W.; Yang, Z.; Fu, H.; Qiu, S.; Gao, F.; Shi, B. Effects of different emulsifiers on growth performance, nutrient digestibility, and digestive enzyme activity in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* **2019**, *97*, 4235–4241.
8. Behroozlak, M.; Daneshyar, M.; Farhomand, P. The effects of dietary iodine and its consumption duration on performance, carcass characteristics, meat iodine, thyroid hormones and some blood indices in broiler chickens. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* **2020**, *104*, 876–885.

9. Bizhanova A, Kopp P. Minireview: the sodium-iodide symporter NIS and pendrin in iodide homeostasis of the thyroid. *Endocrinology* 2009;150:1084-1090
10. Broderick, G.A.; Kang, J.H. Automated Simultaneous Determination of Ammonia and Total Amino Acids in Ruminal Fluid and In Vitro Media. *J. Dairy Sci.* **1980**, 63, 64–75.
11. Camurati, J.R.; Salomone, V.N. Arsenic in Edible Macroalgae: An Integrated Approach. *J. Toxicol. Environ. Health B Crit. Rev.* 2020, 23, 1–12.
12. Cao, Q.; Zhang, K.-G.; Fan, Z.-B.; Wang, Y.-Y.; Jiang, Y.-B. Effect of plant essential oils on growth performance, slaughter performance, intestinal morphology and microflora of meat rabbits. *Feed. Res.* **2022**, 45, 57–61.
13. Chung, H.R. Iodine and thyroid function. *Ann. Pediatr. Endocrinol. Metab.* **2014**, 19, 8–12.
14. Clemmons, B.A.; Shin, S.B.; Smith, T.P.L.; Embree, M.M.; Voy, B.H.; Schneider, L.G.; Donohoe, D.R.; McLean, K.J.; Myer, P.R. Ruminal Protozoal Populations of Angus Steers Differing in Feed Efficiency. *Animals* **2021**, 11, 1561.
15. Combes, S.; Fortun-Lamothe, L.; Cauquil, L.; Gidenne, T. Engineering the rabbit digestive ecosystem to improve digestive health and efficacy. *Animal* **2013**, 7, 1429–1439.
16. Costa, M.; Cardoso, C.; Afonso, C.; Bandarra, N.M.; Prates, J.A.M. Current Knowledge and Future Perspectives of the Use of Seaweeds for Livestock Production and Meat Quality: A Systematic Review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2021, 105, 1075–1102.
17. Cullere, M.; Dalle Zotte, A. Rabbit Meat Production and Consumption: State of Knowledge and Future Perspectives. *Meat Sci.* 2018, 143, 137–146., Al-Soufi, S.; García, J.; Muíños, A.; López-Alonso, M. Marine Macroalgae in Rabbit Nutrition—A Valuable Feed in Sustainable Farming. *Animals* 2022, 12, 2346.
18. D’Arco, G.; Blasi, F.; Cossignani, L.; Di Giacomo, F.; Ciavardelli, D.; Ventura, F.; Scipioni, S.; Simonetti, M.S.; Damiani, P. Composition of Meat and Offal from Weaned and Fattened Rabbits and Results of Stereospecific Analysis of Triacylglycerols and Phosphatidylcholines. *J. Sci. Food Agric.* 2012, 92, 952–959.

19. Dai, Z.; Shang, L.; Wang, F.; Zeng, X.; Yu, H.; Liu, L.; Zhou, J.; Qiao, S. Effects of Antimicrobial Peptide Microcin C7 on Growth Performance, Immune and Intestinal Barrier Functions, and Cecal Microbiota of Broilers. *Front. Vet. Sci.* **2021**, *8*, 813629.
20. De Jesus Raposo, M.F.; De Moraes, A.M.M.B.; De Moraes, R.M.S.C. Emergent Sources of Prebiotics: Seaweeds and Microalgae. *Mar. Drugs* **2016**, *14*, 27.
21. Edinboro CH, Scott-Moncrieff JC, Glickman LT. Feline hyperthyroidism. Potential relationship with iodine supplement requirements of commercial cat foods. *J Feline Med Surg* **2010**;12:672-679
22. Farahat, M.; Ibrahim, D.; Kishawy, A.T.Y.; Abdallah, H.M.; Hernandez-Santana, A.; Attia, G. Effect of cereal type and plant extract addition on the growth performance, intestinal morphology, caecal microflora, and gut barriers gene expression of broiler chickens. *Animal* **2021**, *15*, 100056.
23. Galton, V.A. The ups and downs of the thyroxine pro-hormone hypothesis. *Mol. Cell. Endocrinol.* **2017**, *458*, 105–111.
24. Garcia-Vaquero, M.; Hayes, M. Red and Green Macroalgae for Fish and Animal Feed and Human Functional Food Development. *Food Rev. Int.* **2016**, *32*, 15–45.
25. Giro, T.M.; Kozlov, S.V.; Gorlov, I.F.; Kulikovskii, A.V.; Giro, A.V.; Slozhenkina, M.I.; Nikolaev, D.V.; Seidavi, A.; Mosolov, A.A. Biomedical evaluation of antioxidant properties of lamb meat enriched with iodine and selenium. *Open Life Sci.* **2022**, *17*, 180–188.
26. Han, X.-D.; Xue, Y.-F.; Hao, L.-Z.; Liu, S.J.; Zhu, J.Z. Effects of different Iodine addition level on rumen fermentation in Vitro in yak. *Chin. Qinghai J. Anim. Vet. Sci.* **2019**, *49*, 25–31.
27. Huang, A.-M.; Ouyang, J.-H.; Liu, B.-S. Effect of high iodine dietary on milk yield and milk iodine of lactating dairy cows. *Guangdong Agric. Sci.* **2005**, 85–87.
28. Huang, J.-F.; Wu, C.; Hong, H.-B.; Feng, C.; Mei, X.-Q. Effect of Povidone Iodine ral Solution on Intestinal Microflora and intestine Structure of Yellow-feather Broilers. *China Poult.* **2016**, *38*, 21–25.

29. Huang, X.; Wang, Z.; Chen, J.; Wu, S.; Deng, P.; Li, C.; Zhang, X.; Jiang, G.; Dai, Q. Effects of Organic Trace Elements on Growth Performance, Slaughter Performance, Serum Indices and Trace Elements Contents in Feces of Meat Ducks. *Chin. J. Anim. Nutr.* **2022**, *34*, 7801.
30. Huo, W.-Y.; Wang, Z.-X.; Huang, Y.-Q.; Chen, W. Effects of energy restriction on growth performance, serum immunoglobulin contents peripheral T lymphocyte subsets and blood lipid level of broilers. *Chin. J. Anim. Nutr.* **2018**, *30*, 2118–2127.
31. Jiang, Y.-X.; Li, R.; Zhong, G.-Q.; Zhang, Z.-P. Research Status and Application of Organic Iodine. *Guangdong Trace Elem. Sci.* **2010**, *17*, 12–16.
32. Kohles, M. Gastrointestinal Anatomy and Physiology of Select Exotic Companion Mammals. *Vet. Clin. N. Am.-Exot. Anim. Pract.* **2014**, *17*, 165–178.
33. Lai, N.-J.; Wang, H.; Su, S.-L.; Sun, F.-G.; Zhang, W.; Chen, S.-J.; Chen, B.-J. Effects of yeast peptide and bacillus licheniformis on growth performance, nutrient apparent digestibility slaughter performance, meat quality and intestinal morphology of meat rabbits. *Chin. J. Anim. Nutr.* **2023**, *35*, 546–555.
34. Le Traon G, Burgaud S, Horspool LJI. Pharmacokinetics of total thyroxine in dogs after administration of an oral solution of levothyroxine sodium. *J Vet Pharmacol Ther* 2008;31:95-101.
35. Le Traon G, Burgaud S, Horspool LJI. Pharmacokinetics of total thyroxine in dogs after administration of an oral solution of levothyroxine sodium. *J Vet Pharmacol Ther* 2008;31:95-101.
36. Li, L.-X.; Zhang, K.-Y.; Ding, X.-M.; Bai, S.-P.; Wang, J.P.; Lv, L.; Xuan, Y.; Zeng, Q.-F. Effects of Plant Essential Oil Eutectic on Growth Performance, Intestinal Morphology, Digestive Enzyme Activity and Antioxidant Capacity of Meat Ducks. *Chin. J. Anim. Nutr.* **2022**, *34*, 7145–7157.
37. Li, X.-C.; Wang, F.-X.; Wang, B.-W.; Ge, C.-H.; Zhang, M.-A.; Li, W.-L. Effects of Iodine on Growth Performance, Slaughter Performance and Serum Antioxidation Indicators of Wu long Geese Aged from 1 to 4 Weeks. *Chin. J. Anim. Nutr.* **2016**, *28*, 1084–1089.
37. Lin, Z.; Yang, G.; Zhang, M.; Yang, R.; Wang, Y.; Guo, P.; Zhang, J.; Wang, C.; Liu, Q.; Gao, Y. Dietary Supplementation of Mixed Organic Acids

Improves Growth Performance, Immunity, and Antioxidant Capacity and Maintains the Intestinal Barrier of Ira Rabbits. *Animals* **2023**, *13*, 3140.

38. Liu, H.-Z.; Li, X.; Ma, M.-W.; Xin, L.-L.; Li, F.-C. Effects of dietary Iodine supplementation levels on growth performance and serum biochemical indices of growing meat rabbits from weanling to 2-month-old. *Chin. J. Anim. Nutr.* **2010**, *22*, 1076–1080.

39. Long, L.N.; Kang, B.J.; Jiang, Q.; Chen, J.S. Effects of dietary Lycium barbarum polysaccharides on growth performance, digestive enzyme activities, antioxidant status, and immunity of broiler chickens. *Poult. Sci.* **2020**, *99*, 744–751.

40. Lu, H.; Wu, W.; Zhao, X.; Abbas, M.W.; Liu, S.; Hao, L.; Xue, Y. Effects of Diets Containing Different Levels of Copper, Manganese, and Iodine on Rumen Fermentation, Blood Parameters, and Growth Performance of Yaks. *Animals* **2023**, *13*, 2651.

41. Lu, S.-Y. Effects of Dietary Selenium, Iodine and VE Supplementation on Reproductive Performance of Ewes. Master's Thesis, Guizhou University, Guiyang, China, 2021.

42. Mancini, S.; Paci, G. Probiotics in Rabbit Farming: Growth Performance, Health Status, and Meat Quality. *Animals* **2021**, *11*, 3388.

43. Marco, I.; Andrea, I.; Ramy, E.; Martino, C.; Giantin, M.; Cerretani, L.; Dacasto, M.; Martino, G. Iodine Supplemented Diet Positively Affect Immune Response and Dairy Product Quality in Fresian Cow. *Animals* **2019**, *9*, 866.

44. Marai, I. F. M., Habeeb, A. A. M., & Gad, A. E. (2005). Tolerance of imported rabbits grown as meats animals to hot climate and saline drinking water in the subtropical environment of Egypt. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, *81*, 115–123.

45. Melendez LD, Yamka RM, Burris PA. Titration of dietary iodine for maintaining normal serum thyroxine concentrations in hyperthyroid cats [abstract]. *J Vet Intern Med* 2011;25:683

46. Netto, A.S.; Zanetti, M.A.; Correa, L.B.; Claro, G.R.; Del Salles, M.S.V.; Vilela, F.G. Effects of Dietary Selenium, Sulphur and Copper Levels on Selenium

Concentration in the Serum and Liver of Lamb. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 2014, 27, 1082–1087.

47. Nicola JP, Basquin C, Portulano C, et al. The Na^+/I^- symporter mediates active iodide uptake in the intestine. *Am J Physiol Cell Physiol* 2009;296:C654-C662

48. Nicola JP, Basquin C, Portulano C, et al. The Na^+/I^- symporter mediates active iodide uptake in the intestine. *Am J Physiol Cell Physiol* 2009;296:C654-C662

49. NY/T 4049-2021; Nutritional Requirements of Meat Rabbits. Ministry of Agriculture and Rural Affairs: Beijing, China, 2021.

50. Øverland, M.; Mydland, L.T.; Skrede, A. Marine Macroalgae as Sources of Protein and Bioactive Compounds in Feed for Monogastric Animals. *J. Sci. Food Agric.* 2019, 99, 13–24.

51. Pogány Simonová, M.; Lauková, A.; Chrastinová, L.; Kandričáková, A.; Ščerbová, J.; Strompfová, V.; Miltko, R.; Belzecki, G. Enterocins as Novel Feed Additives in Rabbit Diet: Enterocin Ent M and Durancin Ent ED26E/7, Their Combination, and Effects on Microbiota, Caecal Fermentation, and Enzymatic Activity. *Probiotics Antimicrob. Proteins* **2021**, 13, 1433–1442.

52. Qin, W.; Li, S.; Wu, N.; Wen, Z.; Xie, J.; Ma, H.; Zhang, S. Main Factors Influencing the Gut Microbiota of Datong Yaks in Mixed Group. *Animals* **2022**, 12, 1777.

53. Rey-Crespo, F.; López-Alonso, M.; Miranda, M. The Use of Seaweed from the Galician Coast as a Mineral Supplement in Organic Dairy Cattle. *Animal* 2014, 8, 580–586.

54. Rokita SE, Adler JM, McTamney PM, et al. Efficient use and recycling of the micronutrient iodide in mammals. *Biochimie* 2010;92(9):1227-1235

55. Röttger, A.S.; Halle, I.; Wagner, H.; Breves, G.; Flachowsky, G. The effect of various iodine supplementations and two different iodine sources on performance and iodine concentrations in different tissues of broilers. *Br. Poult. Sci.* **2011**, 52, 115–123.

56. Sánchez-Moya, T.; Martínez-Hernández, V.M.; López-Nicolás, R.; González-Bermúdez, C.A.; Ros-Berruezo, G.; Frontela-Saseta, C. Effect of Soaking and Inositol Phosphate Content on in Vitro Mineral Availability in Edible Seaweeds. *J. Appl. Phycol.* **2019**, *31*, 1981–1989.
57. Sarlak, S.; Tabeidian, S.A.; Toghyani, M.; Foroozandeh, S.; Amir, D.; Goli, M.; Habibian, M. Supplementation of two sources and three levels of iodine in the diet of laying hens: Effects on performance, egg quality, serum and egg yolk lipids, antioxidant status, and iodine accumulation in eggs. *Ital. J. Anim. Sci.* **2020**, *19*, 974–988.
58. Shen, L.; Liu, G.-Y.; Zuo, W.-S.; Zhao, X.-Y.; Liu, L.; Li, F.-C. Effects of Dietary Iodine Supplemental Level on Growth Performance, Slaughter Performance, Meat Quality and Fur Quality of Growing Rex Rabbits. *Chin. J. Anim. Nutr.* **2018**, *30*, 156–162.
59. Słupczyńska, M.; Jamroz, D.; Orda, J.; Wiliczekiewicz, A.; Kuropka, P.; Król, B. The Thyroid Hormone and Immunoglobulin Concentrations in Blood Serum and Thyroid Gland Morphology in Young Hens Fed with Different Diets, Sources, and Levels of Iodine Supply. *Animals* **2022**, *13*, 158.
60. Su AI, Wiltshire T, Batalov S, et al. A gene atlas of the mouse and human protein-encoding transcriptomes. *Proc Natl Acad Sci USA* 2004;101(16):6062-6067
61. Thoo, L.; Noti, M.; Krebs, P. Keep calm: The intestinal barrier at the interface of peace and war. *Cell Death Dis.* **2019**, *10*, 849.
62. Wang, Y.; Wang, Y.; Lin, X.; Gou, Z.; Fan, Q.; Ye, J.; Jiang, S. Potential Effects of Acidifier and Amylase as Substitutes for Antibiotic on the Growth Performance, Nutrient Digestion and Gut Microbiota in Yellow-Feathered Broilers. *Animals* **2020**, *10*, 1858.
63. Wang, Y.-H.; Xie, Y.-H.; Zhou, S.-C.; Zhang, S.-Y.; He, H. Effect of oils and fats with different iodine valence on the production performance of three-yellow chicken. *China Poult. Sci.* **2018**, *9*, 48–50.

64. Wang, Z.; He, H.; Chen, M.; Ni, M.; Yuan, D.; Cai, H.; Chen, Z.; Li, M.; Xu, H. Impact of coprophagy prevention on the growth performance, serum biochemistry, and intestinal microbiome of rabbits. *BMC Microbiol.* **2023**, *23*, 125.
65. Wedekind KJ, Blumer ME, Huntington CE, et al. The feline iodine requirement is lower than the 2006 NRC recommended allowance. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 2010;94: 527-539
66. Wu, F.-Y.; Li, C.; Cui, J.; Chen, B.-J.; Gu, Z.-L. Effects of Mannose Oligosaccharides on Intestinal Tract Health and Functional Morphology of Rabbits. *J. Domest. Anim. Ecol.* **2017**, *38*, 5–7.
67. Xiao, K.-Q.; Qu, S.-F.; Fan, X.-Y.; Gao, F.-X. Effects of stocking density on rearing environment and growth performance and serum biochemical, immune, antioxidant and stress indices of growing pigs in winter. *Chin. J. Anim. Nutr.* **2020**, *32*, 109–119.
68. Xiao, Y.-H. Correlation between thyroid hormone levels and urinary iodine content in patients with hyperthyroidism. *Mod. Nurse* **2022**, *29*, 150–152.
69. Xu, Y.-H.; Wang, B.-W.; Li, X.-C.; Ge, W.-H.; Wang, X.-W.; Li, W.-L. Effects of dietary iodine supplemental level on growth performance, slaughter performance, nutrient utilization and nutrient utilization of wulong geese. *Chin. J. Anim. Nutr.* **2018**, *30*, 4947–4953.
70. Yang, G.-Z.; Sun, Q.-W.; Wu, Z.-F.; Zhang, Y.-P.; Wu, S.-Q.; Wang, X.-P. Effects of iodine levels on biochemical parameters in meat rabbits. *J. Hebei North Univ. (Nat. Sci. Ed.)* **2008**, *1*, 53–55.
71. Yang, Q. Effects of highly complex iodine solution orally on intestinal flora of piglets. *Chin. J. Vet. Med.* **2019**, *55*, 58–59.
72. Yang, S.; Yu, M. Role of Goblet Cells in Intestinal Barrier and Mucosal Immunity. *J. Inflamm. Res.* **2021**, *14*, 3171–3183.
73. Ye, D.; Ding, X.; Pang, S.; Gan, Y.; Li, Z.; Gan, Q.; Fang, S. Seasonal Variations in Production Performance, Health Status, and Gut Microbiota of Meat Rabbit Reared in Semi-Confined Conditions. *Animals* **2023**, *14*, 113.

74. Zeng, B.; Han, S.; Wang, P.; Wen, B.; Jian, W.; Guo, W.; Yu, Z.; Du, D.; Fu, X.; Kong, F.; et al. The bacterial communities associated with fecal types and body weight of rex rabbits. *Sci. Rep.* **2015**, *5*, 9342.

75. Zhang, L.-Q.; Tian, Z.-X. Application Research of Iodine Nutrition in Swine Diet. *J. Anim. Sci. Vet. Med.* **2011**, *30*, 47–48.