



## Стан обмінних процесів та відтворна здатність самців кролів за умов теплового стресу

I. Яремчук, С. Корнят, М. Шаран, О. Штапенко, І. Гевкан, О. Андрушко   
yiruna@gmail.com

Інститут біології тварин НААН, вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна

### ORCID:

I. Yaremchuk <https://orcid.org/0000-0001-8787-2132>  
S. Kornyat <https://orcid.org/0000-0002-1430-7754>  
M. Sharan <https://orcid.org/0000-0003-2299-4811>  
O. Shtapenko <https://orcid.org/0000-0002-1192-8432>  
I. Gevkan <https://orcid.org/0000-0002-5480-785X>  
O. Andrushko <https://orcid.org/0009-0004-8932-9992>

### Authors' Contributions:

**YIM:** Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Investigation; Methodology; Supervision; Writing — original draft.

**KSB:** Investigation; Data curation; Visualization.

**SMM:** Project administration; Conceptualization; Methodology; Supervision; Formal analysis; Writing — review & editing.

**SOV:** Formal analysis; Methodology; Supervision; Review & editing.

**GII:** Methodology; Investigation; Data curation.

**AOB:** Investigation; Data curation; Formal analysis.

### Declaration of Conflict of Interests:

None to declare.

### Ethical approval:

A permission to conduct the research was obtained from the from the Committee on Bioethics of the Institute of Animal Biology NAAS (Protocol no. 138 from 04.09.2023, Lviv, Ukraine)

### Acknowledgements:

None.



Attribution 4.0 International  
(CC BY 4.0)

Метою роботи було дослідити метаболічні процеси та репродуктивну здатність самців кролів за умов теплового стресу та дії комплексного наносомального препарату. Досліджено репродуктивну функцію самців кролів за дії теплового стресу і за усунення його негативної дії згодовуванням наносомального препарату. З'ясували зміни біохімічних показників крові та якісних параметрів сперми самців кролів за досліджуваних чинників. Встановлено, що за умов теплового стресу частота пульсу в кролів збільшується на 24,9% ( $P < 0,001$ ), а після введення їм наносомального препарату — знижується на 10,7% ( $P < 0,05$ ). Тепловий стрес спричинив зміни біохімічних показників крові самців кролів, які свідчать про стресовий стан організму: підвищення рівня глюкози на 31,8% ( $P < 0,01$ ) на фоні зниження основних метаболічних параметрів — загального білка на 12,5% ( $P < 0,05$ ), холестеролу на 31,4% ( $P < 0,001$ ), тестостерону на 41,7% ( $P < 0,001$ ). Згодовування комплексного наносомального препарату знизило ознаки стресу організму та інтенсифікувало обмінні процеси. За дії теплового стресу знизилися показники якості сперми самців кролів: концентрація сперміїв зменшилась на 27,1%, загальна кількість сперміїв у еякуляті — на 25,3%, кількість сперміїв з прямолінійно-поступальним рухом (PMOT) — на 6%; кількість дегенерованих сперміїв підвищилася на 35,4% ( $P < 0,01$ ). Також знизилися кінематичні показники сперміїв: середня швидкість просування головки спермія по середній траєкторії руху (VAP) — на 10,3%; швидкість прямолінійного руху головки спермія уздовж прямого відрізка між початковою і кінцевою точками траєкторії (VSL) — на 7,9%; криволінійна швидкість головки спермія (VCL) — на 6,7%. Згодовування комплексного наносомального препарату призвело до збільшення кількості сперміїв з прямолінійно-поступальним рухом (PMOT) та підвищення основних кінетичних показників (VAP, VSL та VCL) сперміїв кролів за умов теплового стресу.

**Ключові слова:** самці кролів, тепловий стрес, кров, сперма, наносомальний препарат, CASA

## Вступ

Кліматичні чинники довкілля призводять до напруження адаптивних резервів організму [9, 3], що зумовлює зниження відтворної функції, оскільки для

більшості ксенобіотиків характерні гонадо- та ембріотоксичні властивості. Адаптація організму до дії стресових чинників як біотичного, так і абіотичного характеру є однією з ключових проблем фундаментальної науки, оскільки вирішення цих завдань має вагом

практичне значення у біології і медицині. Тепловий стрес є глобальною проблемою, яка змінює кількість та якість кормів [4], знижує продуктивність тварин і виробництво продуктів тваринництва [12]. Тому з'ясування причин виникнення і розвитку порушень репродуктивної функції за впливу чинників довкілля дозволить визначити межі адаптаційно-компенсаторних можливостей організму, віднайти способи їх посилити та розробити профілактичні заходи.

З іншого боку, на фоні глобального потепління, яке проявляється і в Україні, наука потребує рішень для підвищення відтворної здатності тварин у певні сезонні періоди та отримання якісної спермопродукції і здорового потомства. Для реалізації цього завдання необхідно застосовувати сучасні досягнення молекулярної біології та ветеринарії у створенні комплексних наносомальних препаратів. Зменшення розмірів наносом (50–100 нм) призводить до збільшення їхньої сумарної поверхні в препараті і появи у них унікальних хімічних, механічних, біологічних та проникних властивостей порівняно з класичними матеріалами. Наносомальні препарати мають широкі перспективи використання в різних галузях медицини, біотехнології та в повсякденному житті завдяки своєму поліфункціональному складу, полііндукторному впливу на різні системи організму [11, 18], значним перевагам у досягненні органів-мішеней в захищеній формі та пролонгованому впливу на активацію спермато-, оо- та ембріогенезу.

У галузі репродуктивної біотехнології однією з проблем є дослідження чинників, які знижують якість спермато-, оо- і ембріогенезу високопродуктивних тварин [17]. Фізіологічні і біохімічні механізми перебігу порушень функціонального стану репродуктивної системи тварин [13], зокрема пов'язані із потеплінням клімату чи з віковими, або сезонними аспектами, ще детально не з'ясовані, а методи інтенсифікації репродуктивної функції тварин з урахуванням молекулярних механізмів регуляції остаточно не розроблено. Тому подальші комплексні дослідження з вивчення відтворної функції продуктивних тварин за дії теплового стресу є актуальними. Особливої уваги також заслуговує використання комплексних наносомальних препаратів на основі гормонів, вітамінів, наносукцинатів і наноцитратів Mn і Zn для підвищення відтворної функції тварин за дії теплового стресу.

## Матеріали і методи

У віварії Інституту біології тварин НААН в індивідуальних клітках було розміщено 10 клінічно здорових самців кролів віком 5 місяців. Перед початком експерименту провели клінічний огляд кожної тварини з вимірюванням температури ректальною термометрією (N 38,5–39,5°C). Пульс кролів визначали промацуванням стегнової або плечової артерій (N 150–300 уд/хв). Для визначення частоти дихання кролів підрахову-

вали рухи грудної клітки, черевної стінки або хвоста, а також закрив нос, чи прикладали руку до ніздрів, що дозволяє відчувати рух повітря під час видиху (N 20–50 рухів/хв).

Проведено три етапи експериментів тривалістю по 50 днів, у яких дослідження тварин, відбір та аналіз матеріалу були аналогічними: за нормальних температурних умов; за теплового стресу; за згодування наносомального препарату за теплового стресу. Тепловий стрес модулювали автоматичним підтримуванням температури (помірний тепловий стрес 25°C — 2 год). Показники мікроклімату контролювали за допомогою термогігрометра.

Для усунення негативної дії теплового стресу на репродуктивну функцію самців дослідним тваринам згодували розроблений наносомальний препарат на основі прототипу — Патент на корисну модель №138343 «Препарат для стимуляції статевої активності та сперматогенезу у баранів» (2019). У препараті поєднані органічні сполуки біогенного мікроелемента — високополімерного йоду, адаптогену — спиртової настоянки китайського лимоннику, наночастинок — цинку, кобальту і міді, а також фосфоліпідів та вітамінів А, D<sub>3</sub>, Е і F та введення їх до складу ліпосомальної емульсії. Препарат задавали разом із концентрованим кормом двічі на добу у кількості 20 мл впродовж 45 днів у дозі 0,2 мл на 1 кг маси тварини, з розрахунку його дії на нормалізацію сперматогенезу, статевої активності, кількості та якості сперми.

У кінці кожного етапу експериментів проводили дослідження статевої поведінки, відбирали кров з вушної вени та сперму за допомогою штучної вагіни. У сироватці крові визначали вміст загального білка, його фракцій — альбуміну,  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\gamma$ -глобулінів; концентрацію глюкози, холестеролу, активність аланінамінотрансферази (АЛТ) і аспартатамінотрансферази (АСТ). Визначення показників здійснювали на напівавтоматичному аналізаторі крові *Humalyzer-2000* (*Human GmbH*, Німеччина), використовуючи реактиви фірми *Human* (Німеччина).

Наприкінці етапу від самців кролів двічі на тиждень дуплетною садкою отримували еякуляти і вивчали фізіологічні показники їхньої якості: об'єм (мл), концентрацію сперміїв (млрд/мл), кількість живих сперміїв (%) та динамічні показники сперміїв (CASA).

Об'єм еякуляту визначали за допомогою градушованої пробірки, а концентрацію сперміїв — спектрофотометрично за допомогою фотометра SDM-5 з сенсорним дисплеєм (*Minitube*). Життєздатність статевих клітин, морфологічні порушення та відсоток дегенеративних сперміїв, а також кінетичні показники сперміїв визначали комп'ютеризованою системою CASA (*Computer Assisted Semen Analysis*) з активуванням модуля *Sperm Vision* [20].

Усі отримані цифрові дані оброблено за допомогою комп'ютерної програми *Statistica* з використанням методу варіаційної статистики та програми *Excel* із пакетів сервісів *Microsoft Office 2007* та *2010*. Відмінності між групами вважалися статистично вірогідними за  $P < 0,05$ .

## Результати й обговорення

У дослідженні встановлено, що за умов підвищення навколишньої температури частота пульсу в кролів збільшується на 24,9% ( $P < 0,001$ ) (табл. 1). Водночас після введення самцям кролів наносомального препарату вона знижується на 10,7% ( $P < 0,05$ ).

Частота дихання за умов підвищення температури навколишнього середовища зростала на 62,9% ( $P < 0,001$ ), однак після введення наносомального препарату зменшувалася на 20,5% ( $P < 0,001$ ). Це може свідчити про здатність складових ліпосомального

препарату регулювати температуру тіла та позитивно впливати на нівелювання теплового навантаження у кролів, що узгоджується з дослідженнями інших авторів [7, 10]. Ректальна температура, температура вуха, температура задньої поверхні (тильна поверхня шкіри), температура поверхні передньої лапи (вище ліктя), температуру поверхні задньої лапи (вище коліна) змінювалися аналогічно до змін пульсу та частоти дихання, проте різниці були статистично невірогідними, що може вказувати на більшу стійкість терморегуляції організму кролів до змін навколишньої температури [6].

**Таблиця 1.** Температура, пульс і дихання самців кролів за нормальної температури навколишнього середовища, в умовах теплового стресу та після введення наносомального препарату ( $n=10$ )

**Table 1.** Temperature, pulse and respiratory rate in male rabbits at normal ambient temperature, under heat stress and after nanosomal preparation supplementation ( $n=10$ )

Показник Parameter	За нормальних умов Under normal conditions	За умов теплового стресу Under heat stress	Після введення наносомального препарату After nanosomal preparation supplementation
Пульс, ударів/хв. / Pulse rate, beats/min	186,4±8,04	232,9±6,37***	208,2±7,33*
Частота дихання, разів/хв. / Respiratory rate, times/min	42,3±1,25	68,9±1,73***	54,8±2,12***
Ректальна температура, °C / Rectal temperature, °C	39,5±1,44	40,2±1,87	39,9±1,11
Температура вуха, °C / Ear temperature, °C	38,6±1,86	39,8±2,12	39,2±2,46
Температура задньої поверхні (тильна поверхня шкіри), °C Temperature of the hind surface (back surface of the skin), °C	38,4±1,67	39,9±1,65	39,5±1,97
Температура поверхні передньої лапи (вище ліктя), °C Temperature of front paw surface (above the elbow), °C	38,6±1,28	39,4±1,34	39,1±1,45
Температура поверхні задньої лапи (вище коліна), °C Temperature of hind paw surface (above the knee), °C	38,2±1,32	39,1±1,86	38,8±1,78
Середня температура поверхні шкіри, °C / Skin temperature, °C	38,5±1,36	39,8±1,57	39,4±1,86

*Примітка.* У цій та наступних таблицях \* —  $P < 0,05$ ; \*\* —  $P < 0,01$ ; \*\*\* —  $P < 0,001$  — статистично вірогідні різниці другої групи порівняно з першою та третьої порівняно з другою.  
*Note.* In this and the following tables \* —  $P < 0,05$ ; \*\* —  $P < 0,01$ ; \*\*\* —  $P < 0,001$  — statistically significant differences of the 2<sup>nd</sup> group compared to the 1<sup>st</sup> and the 3<sup>rd</sup> compared to the 2<sup>nd</sup>.

Збільшення температури утримання кролів призвело до зменшення рівня загального білка у крові на 12,5% ( $P < 0,05$ ) та його зростання на 3,8% після застосування препарату (табл. 2). Зниження вмісту білка за зростання температури утримання кролів можна пояснити зменшенням поїдання корму внаслідок зниження апетиту, що настає через пригнічення тварин за підвищеної до некомфортного рівня температури. Значення білкових фракцій сироватки крові (альбуміни,  $\alpha$ -глобуліни,  $\beta$ -глобуліни,  $\gamma$ -глобуліни) змінювалися подібно до змін рівня загального білка в крові дослідних тварин.

Рівень глюкози в крові кролів за умов теплового стресу стрімко зріс на 31,8% ( $P < 0,01$ ) та після згодовування препарату знизився на 6,9% ( $P < 0,05$ ). Вказані зміни можна пояснити порушенням роботи системи травлення за підвищення температури утримання кролів і зменшенням поїдання кормів

внаслідок загального пригнічення тварин [2]. Холестерол (холестерин) належить до групи стероїдів. Він синтезується переважно у печінці, а також надходить у кров з кишечника. Його рівень у крові кролів за умов теплового стресу знизився на 31,4% ( $P < 0,001$ ) та після згодовування препарату підвищився на 9,5% ( $P < 0,05$ ). Зниження рівня холестеролу у крові кролів за умов теплового стресу можна пояснити зменшенням надходження жирів з кормом внаслідок зниження рівня його поїдання тваринами.

Аспартатамінотрансфераза та аланінамінотрансфераза локалізуються у клітинах більшості органів і систем. Вони переносять аміногрупи від аспарагінової кислоти (АСТ) та аланіну (АЛТ) на альфакетоглутарову кислоту. Дослідження активності АСТ та АЛТ у сироватці крові використовують для діагностики хвороб печінки (гепатиту, гепатозу тощо). Трансамінази є досить чутливими та інформативними показниками

**Таблиця 2.** Біохімічні показники сироватки крові дослідних кролів за нормальної температури навколишнього середовища, в умовах теплового стресу та після введення наносомального препарату (n=10)

**Table 2.** Blood biochemical indexes in male rabbits at normal ambient temperature, under heat stress and after nanosomal preparation supplementation (n=10)

Показник Parameter	За нормальних умов Under normal conditions	За умов теплового стресу Under heat stress	Після введення наносомального препарату After nanosomal preparation supplementation
Загальний білок, г/л / Total protein, g/L	62,4±2,38	54,6±2,71*	56,7±3,19
Альбуміни / Albumin, %	57,6±2,11	53,9±2,56	54,1±3,95
α-глобуліни / α-globulin, %	12,3±0,68	11,2±0,53	12,9±0,74
β-глобуліни / β-globulin, %	16,1±0,49	14,8±0,65	5,3±0,74
γ-глобуліни / γ-globulin, %	12,9±0,23	11,5±0,47	13,1±0,84
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	4,87±0,34	6,42±0,21**	5,98±0,19*
Холестерол, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	2,45±0,07	1,68±0,03***	1,84±0,06*
АЛТ, од/л / ALT, i.u./l	48,8±2,21	51,4±3,11	56,2±3,87
АСТ, од/л / AST, i.u./l	26,1±1,04	28,6±1,46	29,1±1,82
Тестостерон, нг/мл / Testosterone, ng/ml	5,62±0,12	3,28±0,14***	4,49±0,42*

ураження печінки. Найвищу активність трансаміназ у крові спостерігають за розвитку некрозу печінки і гострого паренхіматозного гепатиту, дещо нижчу — за хронічного гепатиту та дистрофії. Зростання активності АСТ і АЛТ у сироватці крові починається за 3–8 днів до появи клінічних ознак захворювання і досягає максимуму в перші дні розвитку патологічного процесу. У нашому випадку послідовно збільшувався рівень вказаних ензимів у крові кролів, що можна пояснити певними порушеннями роботи печінки внаслідок перегрівання організму тварин.

Концентрація тестостерону в плазмі крові самців кролів за умов теплового стресу знизилася на 41,7% ( $P < 0,001$ ), що можна пояснити погіршенням роботи статевих залоз, де цей гормон синтезується, внаслідок чого його рівень зменшується, оскільки синтез є нижчим, ніж метаболізм. Зниження якості сперми за дії теплового стресу призводить до низки фізіологічних і біохімічних реакцій в тестикулах, які змінюють внутрішнє мікрооточення сім'яників, призводять до посилення вільнорадикальних процесів, підвищення рівня білків теплового стресу, пошкодження мембран мітохондрій, ендоплазматичного ретикулуму [5, 8].

Після застосування препарату у складі раціону рівень вказаного гормону в крові піднімався на 36,9% ( $P < 0,05$ ), що може бути наслідком позитивного впливу наявних у препараті фосфоліпідів, вітамінів та солей мікроелементів.

У результаті проведених досліджень встановлено окремі параметри якості сперми для контрольної і дослідних груп за різних температурних умов та після введення наносомального препарату. Вірогідних відмінностей в об'ємі еякуляту не виявлено (табл. 3). Еякуля-

ти, відібрані за нормальних умов, мали значно нижчий відсоток дегенерованих спермій, ніж за умов теплового стресу. Отримані дані узгоджуються з дослідженнями інших авторів [16], де показано, що за впливу теплового стресу впродовж 30-ти днів значно погіршується якість спермопродукції у кнурів-плідників та морфометричні показники спермій, зокрема зменшується маса еякуляту, знижується кількість спермій та їхня рухливість.

Тепловий стрес — один із найбільш негативних чинників навколишнього середовища щодо репродуктивної функції самців кролів, оскільки погіршується запліднювальна здатність та розміри посліду після спарування з самцями, які зазнали теплового стресу впродовж літнього сезону порівняно із зимовим [1, 14]. Тому є актуальним завданням збереження якісних характеристик сперми кролів впродовж високих температур навколишнього середовища. Після згодовування тваринам комбікорму з наносомальним препаратом відзначено позитивні зміни якості сперми. Спостерігали вірогідне збільшення об'єму, кількості рухливих та відсотка життєздатних спермій, тоді як кількість мертвих спермій зменшилася ( $P < 0,001$ ) порівняно з відповідними показниками у тварин контрольної групи. Хоча параметри прямолінійно-поступального руху спермій були вищими за нормальних умов навколишнього середовища, проте суттєвих відмінностей їхньої якості не спостерігали.

Варто зазначити, що концентрація спермій була вищою на 27,1% за нормальних умов навколишнього середовища, ніж у період теплового стресу. Проте після введення до корму наносомального препарату у період теплового стресу статеві активність та якість сперми у дослідних кролів підвищилася. Густина еякуляту дослідних груп кролів збільшилася на 16% порівняно

з контролем; відповідно, зросла й загальна кількість спермій. Натомість кількість спермій з цитоплазматичними краплями була нижча за теплового стресу, ніж за нормальних умов середовища. Це може бути пов'язано з тим, що у цей період кролі були ще молоді і спермії у них були недорозвиненими. Також встановлено, що вплив теплового стресу на морфологію спермій залежить від тривалості його дії та циклу сперматогенезу [15, 19].

Високу якість спермій характеризують динамічні показники свіжоотриманих еякулятів сперми кролів, виміряні за допомогою комп'ютерної системи оцінки CASA.

У табл. 4 наведено відносний вміст спермій з прямолінійно-поступальним рухом (PMOT), середню швидкість просування головки спермія по усередненій траєкторії руху (VAP), швидкість прямолінійного руху головки спермія уздовж прямого відрізка між початковою і кінцевою точками траєкторії (VSL) та криволінійну швидкість головки сперміїв (VCL). Показник PMOT за умов теплового стресу зменшився на 6%. Середня швидкість просування головки спермія (VAP) знизилася на 10,3%, швидкість прямолінійного руху (VSL) зменшилася на 7,9%, а криволінійна швидкість (VCL) — лише на 6,7%.

**Таблиця 3.** Параметри якості сперми кролів за нормальної температури навколишнього середовища, в умовах теплового стресу та після введення наносомального препарату (n=10)

**Table 3.** Semen production parameters in rabbits at normal ambient temperature, under heat stress and after nanosomal preparation supplementation (n=10)

Показник Parameter	За нормальних умов Under normal conditions	За умов теплового стресу Under heat stress	Після введення наносомального препарату After nanosomal preparation supplementation
Об'єм еякуляту, мл / Semen volume, ml	0,82±0,12	0,84±0,10	0,90±0,07
Концентрація спермій, ×10 <sup>6</sup> клітин/мл Sperm cells concentration, ×10 <sup>6</sup> cells/ml	286,52±32,8	208,95±33,08	246,45±23,43
Загальна кількість спермій, ×10 <sup>6</sup> клітин/мл Total sperm cells count, ×10 <sup>6</sup> cells/ml	234,94±21,23	175,52±26,72	221,80±19,20
Життєздатність спермій (рухливість) / Sperm vitality (motility), %	80,92±2,34	74,21±2,62	80,71±2,28
Вміст спермій з прямолінійно-поступальним рухом, % Sperm progressive motility, %	76,21±2,08	68,53±2,02	72,82±2,06
З цитоплазматичними краплями / With cytoplasmic drops, %	9,34±0,80	7,21±0,85	7,28±0,90
Дегенерованих спермій / Sperm abnormality, %	9,74±0,96	18,58±1,71**	12,01±1,45

**Таблиця 4.** Параметри рухливості спермій кролів за різних температурних режимів за системою CASA (n=10)

**Table 4.** Rabbits' sperm motility parameters under different temperature regimes based on CASA system (n=10)

Показник Parameter	За нормальних умов Under normal conditions	За умов теплового стресу Under heat stress	Після введення наносомального препарату After nanosomal preparation supplementation
Кількість спермій з прямолінійно-поступальним рухом (PMOT), % Sperm cells with rectilinear-progressive movement (PMOT), %	76,21±2,08	68,53±2,02	72,82±2,06
Криволінійна швидкість (VCL), мкм/сек. Curvilinear velocity (VCL), μm/s	106,6±2,8	99,51±3,92	101,54±2,66
Швидкість прямолінійного руху (VSL), мкм/сек. Rectilinear movement velocity (VSL), μm/s	46,1±1,90	42,50±2,80	44,67±1,60
Середня швидкість просування (VAP), мкм/сек. Average advancement velocity (VAP), μm/s	70,3±2,20	63,99±2,51	68,70±1,70

Згодовування наносомального препарату призвело до покращення динамічних показників сперми кролів за умов теплового стресу. Встановлено, що швидкість прямолінійного руху головки спермія (VSL) та криволінійна швидкість (VCL) не відрізнялася від еякулятів, відібраних за нормальних умов.

Після введення до корму наносомального препарату за умов теплового стресу статеві активність та якість сперми кролів підвищилася. Густина еякуляту дослідних груп кролів збільшилася на 16% порівняно з контролем, тож збільшилася і загальна кількість спермій у еякуляті.

Тепловий стрес спричиняє зменшення об'єму еякуляту кролів, концентрації спермій в еякуляті, відсоток живих спермій та їхні динамічні показники (VCL, VAP, VSL), вірогідне зниження активності ензимів-маркерів запліднювальної здатності СДГ і ЦХО ( $P < 0,05 - 0,01$ ).

Для превенції теплового стресу та усунення його негативної дії на репродуктивну функцію самців кролів тваринам треба згодувувати розроблений наносомальний препарат.

## Література

1. Attia YA, Kamel KI. Semen quality, testosterone, seminal plasma biochemical and antioxidant profiles of rabbit bucks fed diets supplemented with different concentrations of soybean lecithin. *Animal*. 2012; 6 (5): 824–833. DOI: 10.1017/S1751731111002229.
2. Ayyat MS, Abd El-Latif KM, Helal AA, Al-Sagheer AA. New Zealand White rabbits tolerance to chronic thermal stress at different dietary energy/protein levels. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2021; 278: 114992. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.114992.
3. Belhadj Slimen I, Najar T, Ghram A and Abdrabba M. Heat stress effects on livestock: molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2015; 100 (3): 401–412. DOI: 10.1111/jpn.12379.
4. Chapman SC, Chakraborty S, Drecker MF, Howden SM. Plant adaptation to climate change — opportunities and priorities in breeding. *Crop Pasture Sci.* 2012; 63 (3): 251–268. DOI: 10.1071/CP11303.
5. Durairajanayagam D, Agarwal A, Ong C. Causes, effects and molecular mechanisms of testicular heat stress. *Reprod. Biomed. Online*. 2015; 30 (1): 14–27. DOI: 10.1016/j.rbmo.2014.09.018.
6. El-Kholy KH, Wafa WM, El-Nagar HA, Aboelmagd AM, El-Ratel IT. Physiological response, testicular function, and health indices of rabbit males fed diets containing phytochemicals extract under heat stress conditions. *J. Adv. Vet. Anim. Res.* 2021; 8 (2): 256–265. DOI: 10.5455/javar.2021.h510.
7. El-Ratel IT, Attia K, El-Raghi AA, Fouda SF. Relieve the negative effects of heat stress on semen quality, reproductive efficiency and oxidative capacity of rabbit bucks using different natural antioxidants. *Anim. Biosci.* 2020; 34 (5): 844–854. DOI: 10.5713/ajas.20.0258.
8. Hamilton TRS, Siqueira AFP, de Castro LS, Mendes CM, Delgado JC, de Assis PM, Mesquita LP, Maiorka PC, Nichi M, Goissis MD, Visintin JA, Assumpção MEODÁ. Effect of heat stress on sperm DNA: protamine assessment in ram spermatozoa and testicle. *Ox. Med. Cell. Longev.* 2018; 2018: 5413056. DOI: 10.1155/2018/5413056.
9. Henry B, Charmley E, Eckard R, Gaughan JB, Hegarty R. Live-stock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia. *Crop Past. Sci.* 2012; 63 (3): 191–202. DOI: 10.1071/CP11169.
10. Hosny NS, Hashem NM, Morsy AS, Abo-elezz ZR. Effects of organic selenium on the physiological response, blood metabolites, redox status, semen quality, and fertility of rabbit bucks kept under natural heat stress conditions. *Front. Vet. Sci.* 2020; 7: 290. DOI: 10.3389/fvets.2020.00290.
11. Kornyat S, Sharan M, Ostapiv D, Korbeckij A, Jaremchuk I, Andrushko O. Quality of deconserved bull sperm for the action of nanosuccinates Zn, Cu and Mn in the diluents. *Biol. Tvarin.* 2021; 23 (1): 23–29. DOI: 10.15407/animbior23.01.023. (in Ukrainian)
12. Lacetera N. Impact of climate change on animal health and welfare. *Anim. Front.* 2019; 9 (1): 26–31. DOI: 10.1093/af/vfy030.
13. Liang ZL, Chen F, Park S, Balasubramanian B, Liu WC. Impacts of heat stress on rabbit immune function, endocrine, blood biochemical changes, antioxidant capacity and production performance, and the potential mitigation strategies of nutritional intervention. *Front. Vet. Sci.* 2022; 9: 906084. DOI: 10.3389/fvets.2022.906084.
14. Marai IFM, Habeb AAM, Gad AE. Rabbits productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review. *Livestock Prod. Sci.* 2002; 78 (2): 71–90. DOI: 10.1016/S0301-6226(02)00091-X.
15. Naseer Z, Ahmad E, Şahiner HS, Epikmen ET, Fiaz M, Yousuf MR, Khan SA, Serin İ, Ceylan A, Aksoy M. Dietary quercetin maintains the semen quality in rabbits under summer heat stress. *Theriogenol.* 2018; 122: 88–93. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2018.09.009.
16. Pavlova SV. Morphological and physiological peculiarities of different breed boars' spermatozoa under the action of heat stress. *Bull. Poltava State Agr. Acad.* 2020; 3: 189–195. DOI: 10.31210/visnyk2020.03.21. (in Ukrainian)
17. Peña ST, Gummow B, Parker AJ, Paris DBBP. Revisiting summer infertility in the pig: could heat stress-induced sperm DNA damage negatively affect early embryo development? *Anim. Prod. Sci.* 2017; 57 (10): 1975–1983. DOI: 10.1071/AN16079.
18. Shcherbak O, Kovtun S, Zyuzyun A, Osypchuk A. Biotechnology model receiving rabbit embryos *in vitro* using nanomaterials. *Biol. Tvarin.* 2015; 17 (2): 172–178. Available at: <https://aminbiol.com.ua/index.php/104-archive/bt-17-2-2015/1401> (in Ukrainian)
19. Vizzari F, Palazzo M, Casamassima D, Ondruska L, Massanyi M, Tirpak F, Formicki G, Gren A, Massanyi P. *Lippia citriodora* (verbascoside) extract supplementation: effect on rabbit semen quality *in vivo* and *in vitro*. *Czech. J. Anim. Sci.* 2019; 64 (1): 1–10. DOI: 10.17221/35/2018-CJAS.
20. Yaremchuk IM, Sharan MM. Modern opportunities of sperm quality analysis and sperm dose calculation. *Biol. Tvarin.* 2012; 14 (1–2): 697–703. Available at: <https://aminbiol.com.ua/index.php/archive?catid=1:2013-02-15-09-09-13&id=203:2013-03-09-12-31-38> (in Ukrainian)

## Metabolic processes and reproductive ability of male rabbits under the action of heat stress

I. Yaremchuk, S. Kornyat, M. Sharan, O. Shtapenko, I. Gevkan, O. Andrushko  
yiruna@gmail.com

Institute of Animal Biology NAAS, 38 V. Stusa str., Lviv 79034, Ukraine

The aim of the work was to study the metabolic processes and reproductive capacity in male rabbits under conditions of heat stress and the action of a complex nanosomal preparation. We have studied the reproductive function in male rabbits under the effects of heat stress and the elimination of its negative effect by feeding a nanosomal drug. We have investigated the changes in biochemical parameters of blood and quality parameters of sperm of male rabbits under the studied factors. It was established that under conditions of heat stress, the pulse rate of rabbits increases by 24.9% ( $P < 0.001$ ), and after the introduction of the nanosomal preparation, it decreases by 10.7% ( $P < 0.05$ ). Heat stress caused changes in the biochemical parameters of the blood of male rabbits, which indicate a stressful state of the body: an increase in the level of glucose by 31.8% ( $P < 0.01$ ), against the background of a decrease in the main metabolic parameters: total protein by 12.5% ( $P < 0.05$ ), cholesterol by 31.4% ( $P < 0.001$ ), testosterone by 41.7% ( $P < 0.001$ ). Feeding the complex nanosomal preparation reduced the signs of body stress and intensified metabolic processes. Under the effects of heat stress, sperm quality indicators of male rabbits decreased: the concentration of sperm by 27.1%, the total number of sperm in the ejaculate by 25.3%, the number of sperm with rectilinear-progressive movement (PMOT) by 6% and the number of degenerated sperm increased by 35.4% ( $P < 0.01$ ). The kinematic parameters of sperm also decreased: the average speed of sperm head advancement along the average trajectory of movement (VAP) by 10.3%; the speed of rectilinear movement of the sperm head along the straight segment between the initial and final points of the trajectory (VSL) by 7.9%; the curvilinear velocity of the sperm head (VCL) by 6.7%. Feeding the complex nanosomal preparation led to an increase in the number of spermatozoa with rectilinear-progressive movement (PMOT) and an increase in the main kinetic indicators (VAP, VSL and VCL) of rabbit spermatozoa under the conditions of heat stress.

**Key words:** male rabbits, heat stress, blood, sperm, nanosomal drug, CASA

Yaremchuk I, Kornyat S, Sharan M, Shtapenko O, Gevkan I, Andrushko O. Metabolic processes and reproductive ability of male rabbits under the action of heat stress. *Biol. Tvarin.* 2023; 25 (4): 26–31. DOI: 10.15407/animbior25.04.026.