

ECHILIBRUL FIZIOLOGIC AL ORGANISMULI ÎN FUNCTIE DE INFLUENȚA STRESULUI TERMIC

**Moroz Mihail, Balan Ion, Donica Gheorghe, Cociu Valeriu,
Starciuc Nicolae, Mațencu Dmitrii, Voinițchi Eugen,
Gurdiș Viorica, Ceban Elena**

*Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova,
balanion@rambler.ru*

Abstract. Heat stress is a major challenge and is one of the main environmental stressors with substantial economic losses in the rabbit industry. Rabbits are more sensitive to heat stress, compared to other agricultural animals, because they have few sweat glands, and their body is covered with thick fur. Heat stress negatively influences the health of rabbits, their reproductive properties, growth and productivity, characteristics of rabbit products, antioxidant properties, immune response, histomorphology and intestinal microbiota. Currently, one of the real strategies for mitigating the unfavorable influences of heat stress can be the use of nutraceuticals with targeted properties in improving the development of the intestinal microbiota, enhancing antioxidant properties, stimulating the immune system, increasing the productivity and resistance of the rabbit's body to diseases, in the physiological maintenance of the chemical composition and biophysical characteristics of rabbit products. This article summarizes the recent information on the negative impact of increased temperatures on rabbits and the advantages of heat stress mitigation strategies.

Key words. Rabbit, heat stress, physiological dysfunctions, stress alleviation.

Introducere

Temperaturile ridicate ale mediului au un impact negativ asupra sănătății și productivității animalelor și produc stresul termic ca unul dintre cei mai importanți factori de stres de mediu cu fluctuații de scăderi ale creșteri. În primul rând, încălzirea globală reprezintă o amenințare majoră pentru sustenabilitatea și rentabilitatea industriei zootehnice [27], ceea ce duce la stresul termic, care influențează alimentația, creșterea, reproducerea, imunitatea, productivitatea și disfuncțiile fiziologice [14, 28]. Stresul termic reprezintă o stare a organismului, în care iepurii nu sunt capabili să mențină un echilibru între producția și emisia de căldură. Iepurii sunt mai sensibili la stresul termic decât majoritatea speciilor de

animale de fermă, deoarece au mai puține glande sudoripare, iar corpul lor este acoperit cu o blană groasă [26, 27], care scade procesele de degajare fiziologică a căldurii și influențează intensitatea metabolică [28]. Prin urmare, stresul termic duce la pierderi economice, prin creșterea temperaturii corpului, dereglarea stării fiziologice normale, disfuncții de creștere, reproducere, antioxidante, imune și a stării de sănătate [7, 13, 28], inclusiv produce efecte negative asupra histomorfologiei mucoasei intestinale și microbiotei la iepuri [10]. Atenuarea efectelor adverse ale stresului termic asupra iepurilor este posibilă cu ajutorul sistemelor de răcire, ventilație și strategii de management și implementare a tehnologiilor performante în infrastructura clădirii, care, totodată, poate fi o provocare în condiții extreme și prin încorporarea unor aditivi naturali (proteine, vitamine, minerale, acizi organici, carotenoide, flavonoide, polifenoli, antioxidanți etc.), în condiții de mediu specifice și alimentația iepurilor [10, 12, 29]. Astfel, manipularea alimentară prin nutraceutice, care depășesc beneficiile lor nutriționale și includ vitamine, minerale, antioxidanți, acizi organici, probiotice, prebiotice, enzime, plante medicinale etc. [9] pentru ameliorarea influențelor nefavorabile ale factorilor termici este o abordare suplimentară, care oferă beneficii pentru sănătate [14, 4].

Datorită impactului potențial al aditivilor asupra menținerii stării fiziologice normale, consolidării sistemului imunitar și prevenirii îmbolnăvirilor are loc creșterea proprietăților de reproducere și sporesc caracteristicile produselor obținute de carne și blană. Avantajul lor constă în faptul, că carnea de iepure se caracterizează prin conținut scăzut de grăsimi și colesterol, este bogată în proteine, acizi grași, acizi organici polinesaturați, minerale, enzime și vitamine și ușor se digerează de către om [8].

Mai mult, există un interes deosebit pentru carnea de iepure fără antibiotice, obținută prin alternativele naturale ale antibioticilor, care ar putea fi utilizate la obținerea producției de iepuri în cunicultura industrială. În prezent, unele suplimente alimentare sunt deja implementate pentru menținerea stării fiziologice normale, pentru a spori răspunsul imunologic și pentru ameliorarea productivității iepurilor în circumstanțele condițiilor termoneutre și ale stresului termic [4, 8]. În acest context se menționează, că unele nutraceutice ar putea înlocui agenții de creștere ai antibioticilor în exploatarea iepurilor, deoarece contribuie la evoluția unui mediu intestinal sănătos [1, 11], iar alții sunt utilizați în alimentația iepurilor în calitate de antioxidanți, stimulatori

fiziologici, aromatizanți, coloranți și digestivi, precum și pentru profilaxia și tratamentul diverselor stări patologice [30]. Antioxidanții naturali, la rândul lor, sunt esențiali în protecția animalului contra daunelor cauzate de radicalii liberi cu influență asupra sistemului digestiv, foarte complicat și distinctiv, al iepurilor înțărcați, fiind extrem de vulnerabili la infecțiile enterice datorită prevenției utilizării antibioticelor ca stimulatori de creștere [34]. Sau, de exemplu, poliaminele dietetice contribuie la vindecarea rănilor în procesul de creștere, maturare și regenerare a mucoasei intestinale [10, 22].

În cunicultura industrială rasele ameliorate de iepuri au rate metabolice și performanțe de producție mai ridicate, făcându-i sensibili la temperatura ridicată a mediului și la modificările compoziției rației alimentare. Cu acești factori de stres iepurii se luptă prin întindere pentru a pierde căldură prin radiație și convecție și își ridică temperatura urechii, întind pavilioanele urechii departe de corp pentru a mări suprafața de degajare [9, 10].

Stresul termic rezultă din interacțiunea diferiților factori, temperatura ridicată, umiditatea, căldura radiantă și viteza aerului. Temperatura normală a corpului la iepure variază de la 38,5 la 39,5 °C, iar diferența individuală variază de la 0,5 la 1,2 °C. Intervalul optim de temperatură al iepurilor este de 15-25 °C, iar umiditatea optimă este de 55-65%, stresul termic apare când temperatura ambiantă este mai mare de 30 °C, iar când temperatura este mai mare de 35 °C, iepurii nu pot regla temperatura corpului, ceea ce duce la deficiență termică [20, 22]. După cum este cunoscut, stresul termic are multiple efecte nefavorabile asupra sănătății iepurilor și a performanței producției, s-a sugerat că stresul termic cauzează o reducere cu 20-25% a creșterii zilnice în greutate, scăderea cu 8-15% a raportului de conversie a furajului și o creștere cu 9-12% a ratei mortalității; iar performanța reproductivă scade cu 6-10%, precum și influențează negativ calitatea cărnii și caracteristicile carcasei [32]. Așa dar, stresul termic provoacă o mare provocare pentru industria cuniculă, iar intervenția termică și nutrițională s-a dovedit a fi o abordare eficientă de atenuare [32]. Prin urmare, obiectivul acestui articol este de a oferi informații actuale referitor la efectul stresului termic asupra fiziologiei organismului de iepure și asupra potențialelor strategii de atenuare ale acestuia.

Stresul termic și procesele fiziologice de creștere

Temperatura ambientală ridicată joacă un rol major în declanșarea stresului termic [7, 19], care are multiple efecte nefavorabile asupra sănătății și viabilității iepurilor în creștere, performanței producției și reproducției, sporului diurn al greutatei corporale, raportului de conversie a furajului și asupra calității produselor posabatoriale [30, 32].

În condițiile stresului termic, iepurii prin mecanismele fiziologice încearcă să disperseze căldura suplimentară, generată în interiorul corpului, prin reducerea aportului de furaje și această scădere prin alimentație se realizează în jur de 30% [26, 33]. De asemenea, în condiții de stres termic, procesele fiziologice ale iepurilor în creștere direcționează preponderent energia spre dispersarea căldurii, dar nu spre creșterea și construirea masei musculare și a țesuturilor [33]. Stresul termic suprimă centrul poftei-saturației al hipotalamusului și crește secreția de leptină cu prevenirea supraalimentării [5, 7, 30].

În același timp, creșterea temperaturii reduce digestia și absorbția nutrienților și concomitent cu reducerea aportului de furaje, se reduce și aportul de nutrienți esențiali cu influențe asupra ratei de creștere și greutatei corporale a iepurilor, a caracteristicilor produselor posabatoriale, a stării antioxidative și răspunsului imun al iepurilor [26, 31]. Mai mult, expunerea la stresul termic suprimă aportul de furaje, raportul de conversie a hranei și viabilitatea, reduce conținutului seric al factor de creștere și sporește concentrația serică de corticosteron și mortalitatea iepurilor. Este cunoscut și faptul, că stresul termic afectează și activitatea tiroidiană sub formă de reducere a concentrațiilor serice de triiodotironină și tiroxină, ceea ce provoacă reducerea sintezei proteinelor și creșterea distrugerii proteinelor cu suprimarea ratei de creștere a iepurilor [22]. Astfel, stresul termic produce o mare provocare pentru cunicultura industrială, iar potențialele strategii de atenuare prin intervenția nutrițională pot servi ca o abordare eficientă.

Proprietățile reproductive la stresului termic

Reproducerea animalelor este o proprietate importantă în creșterea și exploatarea iepurilor și influențează beneficiile economice ale cuniculturii. Performanța de reproducere ridicată a iepurilor reprezintă un interval scurt între generațiile de descendenți, care furnizează proteina superioară de origine animală cu cheltuieli mici de capital în timp redus [24].

Stresul termic afectează negativ performanța reproductivă a iepurilor atât a femelelor, cât și a masculilor la diverse nivele ale sistemului reproductiv, inclusiv cu reflexie asupra caracteristicilor descendenților [6]. Expunerea îndelungată la stresul termic provoacă stresul oxidativ cu disfuncții în sistemul endocrin al femelelor și masculilor și în funcțiile fiziologice ovariene și testiculare, precum și crește mortalitatea urmașilor și dereglează procesele de creștere a puilor de iepure în perioada postnatală. Temperaturile ridicate suprimă foliculogeneza, maturarea și ovulația ovariană și scad semnificativ volumul și calitatea materialului seminal.

Prin mecanisme fiziologice în graviditate, pentru dispersarea căldurii, fluxul de sânge tinde concentrat către piele, iar sângele din circuitul uterin și al cordonului ombilical este mult redus în timpul stresului termic, ceea ce provoacă aprovizionarea insuficientă cu sânge a fătului și a sacului embrionar. Prin urmare, embrionul devine mai mic, se reduce creșterea fătului și sporește rata mortalității intrauterine și postnatale sub acțiunea stresului termic [25]. Mai mult, temperaturile excesive provoacă salivație, simptome neurologice și chiar avortul la femelele, inclusiv și disfuncții semnificative ale lactației, cu consecințe asupra creșterii în greutate a puilor în perioada postnatală [25].

Iepurii masculi sunt mai suprasensibili la stresul termic decât alți masculi ai animalelor de fermă, care dereglează activitatea metabolică a sistemului reproducător [3, 6]. Expunerea masculilor la stresul termic reduce viabilitatea spermatozoizilor, fertilitatea și libidoul [3, 6]. Infertilitatea temporară a masculilor durează până la 70 de zile în timpul stresului termic în perioada caldă a anului, ceea ce reprezintă unul dintre motivele dificultăților de reproducere a masculilor în perioada de toamnă [18].

Stresul termic, concomitent, provoacă stresul oxidativ și acumularea radicalilor liberi în testicule, ceea ce duce la deteriorarea sistemului antioxidant [18]. Sub acțiunea stresului termic scade calitatea materialului seminal, ceea ce duce la o serie de reacții fiziologice și biochimice în testicul, care modifică micromediul intern al testiculului, generează specii reactive de oxigen, anomalii mitocondriale și ale reticulului endoplasmatic neted, modificări ale citoscheletului și axonemului cu reducerea activității celulelor [6, 35]. Integritatea ADN-ului este deteriorată, ceea ce induce modificări ale conformației cromatinei celulare, metilării ADN-ului și histomorfologice în tubii

seminiferi și epiteliul seminifer, influențând astfel, sistemul de spermatogeneză și performanța reproductivă [35].

Caracteristicile carcasei la stresul termic

Stresul termic influențează caracteristicile produselor postabatoriale, care sunt criterii foarte importante pentru consumator. La excesul de căldură în interiorul organismului, iepurii manifestă modificări comportamentale și fiziologice specifice pentru degajarea căldurii, care se reflectă asupra caracteristicilor calitative ale produselor obținute din iepuri [21].

Temperatura ridicată reduce greutatea sacrificării, greutatea carcasei și greutatea relativă a viscerului toracic, ficatului și rinichilor, diminuând frăgezimea, suculența și intensitatea culorii cărnii, precum și randamentul carcasei, inclusiv picioarele anterioare și posterioare, ficatului, rinichilor, grăsimii peritoneale și interscapulare. Stresarea cronică de căldură scade dramatic și indicele hepatic al organismului iepurelui.

Totodată, temperaturile înalte reduc sever aportul de hrană la iepuri, datorită efectului termic asupra centrului responsabil de alimentație al talamusului inferior și creșterii căldurii, inclusiv și prin influența sistemului nervos simpatic, referitor la reducerea funcției gastrointestinale și, respectiv, la scădea aportului de alimente în timpul stresului termic [5]. Reducerea consumului de hrană are ca rezultat un aport mai scăzut de nutrienți, urmat de scăderea greutății și ratei de creștere a iepurilor. De asemenea, stresul termic dereglează menținerea echilibrului termic la iepuri, declanșând modificarea ajustării fiziologice și a profilului biochimic cu consecințe asupra performanței productivității și caracteristicilor calitative ale carcasei [16]. În plus, la iepurii stresați de căldură se produce scăderea proprietăților endocrine și antioxidante, cu influențe asupra funcției imune, a funcțiilor de depozitare a grăsimilor și proteinelor, a ratei de creștere și reproducere, a creșterii mortalității și scăderii potențialului productiv al iepurilor [16]. Prin urmare, pentru minimizarea impactului negativ al stresului termic asupra productivității în cunicultură sunt necesare măsuri de atenuare.

Influența factorului termic asupra microbiotei intestinale

Microbiota intestinală menține funcțiile vitale ale activității fiziologice și sănătății intestinale și asigură digestia nutrienților, răspunsul imun și productivitatea iepurilor [9]. Sub influența factorilor stresanți de

căldură apar tulburări digestive, preponderent, frecvența căror depinde de dezechilibrul și instabilitatea microbiotei intestinale și incapacitatea răspunsului imun nespecific și specific de a combate în mod eficient agenții patogeni [7, 9, 22]. La iepurii stresați de căldură este posibilă modificarea și reducerea echilibrului florei intestinale din benefică în patologică, cu dezvoltarea proceselor inflamatoare și a bolilor cunoscute [2, 20]. Mai mult, stresul termic provoacă leziuni structurale ale epiteliului mucoasei și deteriorează funcția de barieră intestinală, sporind permeabilitatea intestinală pentru substanțele toxice și agenții patogeni cu efecte de sensibilitate la stresul oxidativ și inflamație.

Activitatea antioxidantă în funcție de stresul termic

În condiții termoneutre, echilibrul dintre generarea și eliminarea radicalilor liberi este menținut de către sistemul antioxidant prin captarea speciilor reactive de oxigen, care sunt neutralizate de sistemul enzimatic de apărare antioxidantă al iepurilor predispuși la stresul oxidativ [16]. Adică, în condiții de stres oxidativ, echilibrul redox este perturbat și, în consecință, generarea de specii reactive de oxigen este crescută și declanșează stresul oxidativ la iepuri [11, 16]. Expunerea la stresul oxidativ în lipsa factorului nuclear, care reprezintă un factor cheie în răspunsul la stresul oxidativ celular și este un regulator central al antioxidantilor celulari, se reduce activitatea enzimelor antioxidante și crește concentrația markerilor oxidativi serici [14]. Mai mult, s-a constatat, că concentrația plasmatică a enzimelor antioxidante (GSH-Px, SOD și CAT) a fost redusă semnificativ, în timp ce nivelul plasmatic de dialdehidă malonică a fost crescut la iepurii stresați de căldură [16, 18, 31]. Aceste enzime antioxidante pot elimina substanțe cu activitate oxidativă puternică, precum ionul de oxigen și peroxidul de hidrogen, concomitent cu efectul sinergic în organism de a menține funcția fiziologică și de prevenire a deteriorărilor celulare [7, 17].

În același timp, în condițiile stresului termic se reduce concentrația plasmatică a capacității totale antioxidante și scade concentrația de SOD, GSH și CAT și crește concentrația de MDA în plasma sanguină și țesuturile musculare ale iepurilor [16, 18].

Mai mult, stresul termic dăunează metabolismului prin reducerea valorii piridoxalului, făcând iepurii susceptibili la stresul inflamator și oxidativ [1, 22], inclusiv și în mucoasa intestinală. Stresul termic are efect nefavorabil și asupra stării antioxidante hepatice și renale [23]. Stresul oxidativ la iepuri este asociat cu reducerea performanțelor

productive, tulburări de sănătate și disfuncții fiziologice [2]. Prin urmare, reducerea stresului oxidativ este un mijloc important pentru atenuarea stresului termic la iepuri.

Strategii de atenuare a stresului termic

Strategia de alimentație a iepurilor trebuie combinată cu starea fiziologică a organismului pentru a ajusta timpul și cantitatea de hrănire cu diverse furaje, inclusiv cele verzi și suculente, care pot atenua stresul termic. Actualmente sunt folosite mai multe strategii pentru a atenua efectele dăunătoare ale creșterii temperaturilor, inclusiv prin intermediul compușilor nutriționali.

De asemenea, stresul termic poate fi atenuat prin aprovizionare corespunzătoare cu apă potabilă la temperatură scăzută și adăugarea unei cantități adecvate de sare, care poate compensa consumul de electroliți *in vivo* și poate reduce stresul termic [12, 24]. În aceste condiții se echilibrează corespunzător ritmul respirator, greutatea corporală, aportul de hrană și rata de conversie a hranei [3, 18].

Dintre compușii nutriționali, aditivii pentru alimentația nutraceutică, inclusiv vitaminele, mineralele, antioxidanții, probioticele, prebioticele, sibiotele, enzimele, acizii organici, acizii grași, plantele medicinale etc., beneficiază de o preocupare majoră în industria cuniculă, deoarece abordările disponibile pentru a atenua impactul nefavorabil al stresului termic prin menținerea stării fiziologice și situației biologice, în ansamblu, stimularea răspunsului imun și prevenirea bolilor au ca urmare un rol deosebit în menținerea bunăstării și creșterea productivității iepurilor.

Concluzii

Stresul termic reprezintă o provocare severă pentru industria cuniculă și una dintre principalele probleme, care afectează productivitatea iepurilor. Stresul termic la iepuri are un impact negativ asupra performanței de creștere, a calității cărnii, a performanței de reproducere, a proprietăților antioxidante, a răspunsului imun, a histomorfologiei și microbiotei intestinale. În prezent, una dintre strategiile viabile de atenuare a influențelor nefavorabile ale stresului termic poate fi utilizarea nutraceuticelor cu proprietăți direcționate în ameliorarea dezvoltării intestinale, stabilirea echilibrului microbian intestinal sănătos și îmbunătățirea microstructurii intestinale și stimularea sistemul imun, creșterea productivității și rezistenței organismului la boli,

menținerea fiziologică a compoziției chimice și caracteristicilor biofizice ale produselor cunicule.

În contextul celor expuse, cercetătorii trebuie să studieze în continuare modificările fiziologice în organismul iepurilor, cauzate de stres termic și să determine o abordare holistică pentru a atenua efectul dăunător al stresului termic asupra ramurii cunicule, în ansamblu. În viitor ar fi binevenite studii privind elaborarea și combinarea mai multor abordări ale strategiilor de atenuare ale stresului termic, inclusiv pentru ameliorarea influenței stresului termic, evaluarea eficienței și beneficiului economic în industria cuniculă.

Bibliografie

1. *Abd El-Aziz AH et al.* Fructooligosaccharide Supplementation Boosts Growth Performance, Antioxidant Status, and Cecal Microbiota Differently in Two Rabbit Breeds. *Animals*. 2022, 12, 1528.
2. *Abdel-Khalek AM.* Supplemental antioxidants in rabbit nutrition: a review. *Livest Sci*. 2013, 158, 95-105.
3. *Abdelnour SA et al.* Supplementation with Proline Improves Haemato-Biochemical and Reproductive Indicators in Male Rabbits Affected by Environmental Heat-Stress. *Animals*. 2021, 11, 373.
4. *Abdelsalam M et al.* Effect of Silver Nanoparticles Administration on Productive Performance, Blood Parameters, Antioxidative Status, and Silver Residues in Growing Rabbits under Hot Climate. *Animals*. 2019, 9, 845.
5. *Bakr MH et al.* Lactating performance, water and feed consumption of rabbit does reared under a Mediterranean summer circadian cycle of temperature v. comfort temperature conditions. *Animal*. 2015, 9, 1203-1209.
6. *Balan I. et al.* Influence of polyphenolic compounds of green walnut extract on spermogram indices of breeding rabbits. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. 2022, LXV, 2, 191-196.
7. *Ciochină V.* Dezvoltarea fiziologiei și sanocreatologiei. Rezultate și perspective. *Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții.*, 2006, 1, 12-18.
8. *Dalle Zotte A et al.* Animal Fat and Vitamin E in Rabbit Diets: Total Tract Apparent Digestibility, Growth Performance, Carcass and Meat Quality Traits. *Czech J. Anim. Sci*. 2020, 65, 380-388.
9. *Ebeid TA et al.* In Ovo Feeding of Nutraceuticals and its Role in Adjusting the Gastrointestinal Tract, Antioxidative Properties, Immunological Response, and Performance in Poultry: An Upd. *Rev. Cz. J. Anim. Sci*. 2023, 68, 1-16.
10. *El-Badawi AY et al.* Impact of Dietary Moringa oleifera Leaves on Intestinal Pathogenic Load and Histological Structure of Growing Rabbits Raised under Heat-Stress Conditions. *Anim. Prod. Sci*. 2018, 58, 1901-1907.

11. *El-Deep MH et al.* Aspergillus awamori Positively Impacts the Growth Performance, Nutrient Digestibility, Antioxidative Activity and Immune Responses of Growing Rabbits. *Vet. Med. Sci.* 2021, 7, 226-235.
12. *El-Ratel IT et al.* Relief of the negative effects of heat stress on semen quality, reproductive efficiency and oxidative capacity of rabbit bucks using different natural antioxidants. *Anim Biosci.* 2021, 34, 844-854.
13. *Farghly MFA et al.* Lighting programs as an appliance to improve growing New Zealand white rabbit's performance. *Inter J Biometeorol.* 2020, 64, 1295-1303.
14. *Furdui F.I.* Mecanismele fiziologice ale stresului și adaptarea în funcție de intensitatea factorilor stresorici. Chișinău: Știința, 1986, 240.
15. *Jie Z et al.* The effect of heat stress on the reproductive performance of rabbits and the research progress of related heat shock proteins. *Rabbit Rais China.* 2020, 235, 19-22.
16. *Jimoh OA et al.* Soursop juice enhanced seminal antioxidant defence and semen quality of rabbit bucks in extremely dry climatic condition of Southwestern Nigeria. *J Therm Biol.* 2021, 8:103034.
17. *Kensler TW et al.* Cell survival responses to environmental stresses via the Keap1-Nrf2- ARE pathway. *Ann Rev Pharmacol Toxicol.* 2007, 47, 89-116.
18. *Kuang LD et al.* Effects of heat stress on reproductive performance, serum biochemical indexes and reproductive hormones in female rabbit of Qixing. *Southwest China J Agric Sci.* 2021, 34, 1323-1329.
19. *Lara LJ, Rostagno MH.* Impact of heat stress on poultry production. *Animals.* 2013, 3, 356-369.
20. *Li F et al.* Copper Modulates Mitochondrial Oxidative Phosphorylation to Enhance Dermal Papilla Cells Proliferation in Rex Rabbits. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23, 6209.
21. *Liang ZL et al.* 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.
22. *Liu H et al.* Effects of Heat Stress on Growth Performance, Carcass Traits, Serum Metabolism, and Intestinal Microflora of Meat Rabbits. *Front. Microbiol.* 2022, 13, 998095.
23. *Madkour M et al.* Hepatic Acute-Phase Response, Antioxidant Biomarkers and DNA Fragmentation of Two Rabbit Breeds Subjected to Acute Heat Stress. *Ital. J. Anim. Sci.* 2020, 19, 1558-1566.
24. *Marai IFM et al.* Rabbits productive, reproductive and physiological traits as affected by drinking saline water: a review. *International Conference of Rabbit Production in Hot Climates Faculty of Agriculture.* 2010, 177-189.
25. *Marco-Jiménez F et al.* Effect of gestational and lactational exposure to heat stress on performance in rabbits. *World Rabbit Sci.* 2017, 25, 17-25.

26. *Matics Z et al.* Effect of Ambient Temperature on the Productive and Carcass Traits of Growing Rabbits Divergently Selected for Body Fat Content. *Animal*. 2021, 15, 100096.
27. *Maya-Soriano MJ et al.* Daily exposure to summer temperatures affects the motile subpopulation structure of epididymal sperm cells but not male fertility in an in vivo rabbit model. *Theriogenology*. 2015, 84, 384-389.
28. *Oladimeji AM et al.* Environmental heat stress in rabbits: implications and ameliorations. *Int J Biometeorol*. 2022, 66, 1-11.
29. *Olatunji AK et al.* Effect of varying levels of moringa olifera leaf meal on performance and blood profile of weaner rabbits. *Int J Sci Res*. 2016, 5, 803-806.
30. *Ragab MA et al.* The Benefits of Maca (*Lepidium meyenii*) Extract Administration for Male Rabbits Affected by Environmental Heat Stress. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2023, 107, 286-297.
31. *Saghir SAM et al.* Effects of Alginates on the Growth, Haematological, Immunity, Antioxidant and Pro-inflammatory Responses of Rabbits under High Temperature. *Res. Vet. Sci.* 2023, 155, 36-43.
32. *Song Z et al.* The effect of heat stress on rabbits and its nutrition regulation. *Feed Res*. 2006, 07, 19-22.
33. *Szendro Z et al.* Effect of Ambient Temperature and Restricted Feeding on the Production of Rabbit Does and Their Kits. *Acta Agraria. Kaposvariensis*. 2018, 22, 1-17.
34. *Tumová E et al.* Comparative Study on the Effect of Quantitative Feed Restriction in Males and Females of Broiler Chickens, Rabbits and Nutrias. I. Performance and Carcass Composition. *Czech J. Anim. Sci.* 2022, 67, 47-54.
35. *Zheng J et al.* Research Progress on the Effect of Heat Stress on the Semen Quality of Male Rabbits and its Mechanism. *Chin. Rabbit Rais.* 2018, 6, 24-28.