


## ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І ПЕРЕРОБКИ ПРОДУКЦІЇ ТВАРИНИЦТВА

УДК636.2.083.082.12:619:614.9

**Вплив генотипових і фенотипових чинників на показники комфорту корів**Борщ О.О. *Білоцерківський національний аграрний університет* Борщ О.О. E-mail: borshcha@outlook.com

Борщ О.О. Вплив генотипових і фенотипових чинників на показники комфорту корів. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2021. № 2. С. 7–20.

Borshch O.O. The Influence of genotypic and phenotypic factors on indicators of cow comfort. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2021. № 2. PP. 7–20.

Рукопис отримано: 08.09.2021 р.

Прийнято: 23.09.2021 р.

Затверджено до друку: 09.12.2021 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2021-166-2-7-20

Мета статті – узагальнення знань про вплив температурного стресу на здоров'я, продуктивність і рівень комфорту корів та обговорення стратегій управління, які б пом'якшили вплив цих чинників. Дослідження впливу погодних явищ на поведінкові та фізіологічні процеси посідає важливе місце в розробленні високоефективних методів управління молочним скотарством. Чинники клімату і погоди набули важливого значення у системі взаємодії «організм-середовище». Одним із основних чинників підвищення показників комфортності умов утримання корів у приміщеннях різного типу, на вигульних майданчиках та на пасовищах є створення таких показників мікроклімату, котрі якнайкраще б відповідали біологічним потребам молочних корів залежно від пори року і продуктивності. Серед погодних чинників, що впливають на функціонування молочної худоби, найбільший вплив має температура навколишнього середовища (термонеутральною для організму молочної худоби є температура в діапазоні від -5 до 25 °С). Через постійні обмінні процеси організм великої рогатої худоби дуже уразливий до дії температури навколишнього середовища. Особливо це відчувається у періоди тривалих низько- або високотемпературних навантажень. Порушення обмінних і терморегуляційних процесів прямо впливає на тривалість та характер поведінкових і фізіологічних реакцій та спричиняє стрес у тварин. Тривалий температурний стрес – причина коливання показників продуктивності, якісного складу молока та проблем з відтворенням і загалом значно впливає на рентабельність виробництва продукції. Для зниження впливу температурних стресів на організм молочних корів науковцями запропоновано стратегії управління у періоди високо- та низькотемпературного навантаження. Ці стратегії поділяються на генотипові: відбір термостійких особин різних порід та фенотипові: використання засобів регулювання мікроклімату та модернізація методів управління годівлею.

**Ключові слова:** корови, температурні стреси, комфорт, продуктивність, поведінка, варіанти утримання.

**Вступ**

Пристосування порід худоби до місцевих кліматичних умов – важлива риса сучасного сільського господарства, оскільки сприяє зменшенню впливу температурного стресу, якому піддаються тварини, і сприяє збільшенню виробництва продукції скотарства. Велика рогата худоба під дією еволюційних чинників (міграційних переміщень разом з популяціями людей, а також у періоди природних міграцій, одомашнення) пройшла довгий природний відбір і адаптувалась до різноманітних умов навколишнього середовища від екваторіальної Африки і Америки до центрального і північного Сибіру

[1, 2]. У результаті доместикації з'явилося більше як 1000 порід з різними рівнями продуктивності, якості продукції, конверсії корму й інших економічно важливих ознак [3, 4, 5].

В останні десятиліття загострилась проблема глобального потепління, яке вже суттєво відчувається на регіональних та місцевих рівнях [6, 7]. Головним прямим наслідком кліматичних змін, що має негативний вплив на фізіологію тварин, добробут, здоров'я та їх розмноження, є підвищення температури повітря. Кількість днів з тепловим стресом, спричиненим підвищенням показника температурно-вологісного індексу (ТНІ), зросло на 4,1 % у період з 1973 до 2008

років у країнах Центральної Європи [8]. Дані чеських учених свідчать, що в цьому регіоні понад 90 спекотних днів у році [10]. Це вплинуло на додану вартість виробництва молока на етапах від кормовиробництва до відтворення.

Разом з підвищенням середньорічної температури змінюються показники відносної вологості повітря, кількості атмосферних опадів, а також напрям і сила вітру. Сезонні зрушення та зміни частоти й інтенсивності погодних показників впливають на більшість економічних процесів у галузі сільського господарства [10]. Особливості природних процесів зумовлюють досить часте повторення несприятливих для сільського господарства явищ погоди, таких як зливи, град, сильні вітри, пилові бурі, сухоты, засухи, заморозки, ожеледиці тощо. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), приблизно 26 % усіх збитків та втрат, пов'язаних з кліматом та погодними катастрофами, припадають на такі сектори сільського господарства як рослинництво, тваринництво, рибальство, аквакультура та лісове господарство [11].

Тема впливу змін клімату на виробництво продукції тваринництва стає дедалі більш нагальною і актуальною [12]. Несприятливі кліматичні умови для сільськогосподарських тварин призводять до погіршення їх здоров'я, порушення терморегуляційних ознак, росту і розвитку, зниження продуктивності та якості продукції, відтворних ознак, метаболічного стану тварин та їх резистентності [13, 14].

Термін кліматичний стрес (тобто тепловий та холодний стрес) означає метаболічні зміни сільськогосподарських тварин за спроби адаптуватися до мінливих метеорологічних умов. Це охоплює фізіологічні та поведінкові зміни [15], і зумовлене різними комбінаціями швидкості руху повітря, температури, вологості, атмосферного тиску та сонячної інсоляції [16].

Американські дослідники виділяють три стратегії управління та зниження впливу температурного стресу на організм молочних корів: розведення термостійких порід (генотипові чинники), використання засобів регулювання мікроклімату та модернізація методів управління годівлею [17].

**Метою** роботи є узагальнення знань про вплив температурного стресу на здоров'я, продуктивність та рівень комфорту корів та обговорення стратегій управління, котрі б пом'якшили вплив цих чинників.

**Вплив генотипових чинників на показники комфорту корів**

Селекція – одна з можливостей зменшити вплив зміни клімату на організм молочних ко-

рів. Здатність молочної худоби підтримувати температуру тіла в період надмірно високих та низьких температурних стресів є ознакою, котру останнім часом активно включають до селекційних програм [18, 19]. Нині набуває актуальності розроблення ДНК баз тварин з біоінформативним аналізом адаптаційних ознак певних порід, ліній і родин до температурних стресів [20, 21]. Використання таких підходів зумовлює корегування генів, які відповідають за терморегуляційні процеси, і в такий спосіб – розроблення селекційних стратегій для розведення корів з добрими терморегуляційними ознаками.

У дослідженнях, проведених на території США, зазначається про спроби покращення терморегуляційних ознак голштинської худоби генетичним способом. Для цього тваринам вводять ген гладкого волосся (SLICK) [22]. Цей ген відповідає за показники довжини і густоти волоссяного покриву, що регулюють витрати тепла випаровуванням. Однак цей метод не набув широкого застосування, адже розведення короткошерстних тварин є актуальним лише в тих регіонах, де рівень середньорічної температури не опускається нижче +15 °С.

Є повідомлення, що тварини зі світлим коротким волоссяним покривом краще переносять високі температури, ніж тварини з темним забарвленням та довгим волоссяним покривом [23]. Ця ознака характерна тропічним коровам сенепольської породи, в яких домінують ген пов'язаний з підвищеною інтенсивністю потовиділення, нижчими значеннями ректальної температури та частоти дихання [24].

Дослідження, проведені на африканській аборигенній худобі, показують, що такі гени як Hspa4 і SOD1 відповідають за адаптацію тварин до спекотних умов утримання [25].

Гени теплового стресу ідентифіковані і використовуються як маркери для відбору термотолерантних бугаїв. Основними білками теплового шоку Hsp є: Hsp100, Hsp90, Hsp70, Hsp60, Hsp40 і мікро Hsps (так звані Hsp розміром нижче 30 кДа). HSP мають вирішальне значення у відновленні клітин від наслідків дії стрес-чинників, а також виконують функцію цитопротекторів. Hsp-експресія гена під час зміни температурного стресу включає: (i) активацію чинника транскрипції теплового шоку (HSF1); (ii) підвищення експресії генів Hsp та зниження експресії синтезу інших білків; (iii) збільшення окиснення глюкози і амінокислот та зниження обміну жирних кислот; (iv) активацію ендокринної системи на стрес; та (v) активацію імунної системи через позаклітинну секрецію Hsp. Якщо стрес зберігається, ці змі-

ни експресії генів призводять до зміни фізіологічного стану, який називають акліматизацією, процес, котрий значною мірою контролюється ендокринною системою [26].

Тайськими вченими відмічено асоціацію однонуклеотидного поліморфізму (SNP) в генах *Hsp* у відповідь на температурний стрес [27]. Про асоціацію поліморфізмів *Hsp90AB1* з термостійкістю повідомляють у дослідженнях на тайській аборигенній худобі і сахівальській породі, а генів *HSF1*, *HSP70A1A*, *HSBP1* – на китайській голштинській худобі [28, 29, 30]. Крім того встановлено, що гени, які не належать до *Hsp*, піддаються експресії у відповідь на температурний стрес. Ці однонуклеотидні поліморфізми можна використовувати як маркери для відбору термостійких тварин (особливо бугаїв) у ранньому віці.

#### **Вплив чинника годівлі на показники комфорту корів**

Серед стратегій годівлі, котрі здатні забезпечити відповідні засоби для пом'якшення теплового стресу, найважливішими є використання добавок харчових жирів, мінералів, мікроелементів, вітамінів, клітковини, мікробних інгредієнтів (дріжджів), рослинних екстрактів та інших добавок, які поліпшують антиоксидантну та імунну функції [31, 32]. Крім того, під час теплового стресу варто збільшити надходження бікарбонату, калію, цинку, вітамінів С, Е та В<sub>3</sub> у кормові раціони [33].

У періоди високих температур уміст протеїну у раціонах для дійних корів не має перевищувати 18 % у перерахунку на суху речовину корму [34]. Корегування раціонів зі збільшенням частки концентрованого корму або додавання рослинних жирів може сприяти нижчим втратам надоїв у період низьких температур [33]. Однак ці методи не завжди ефективні на тваринах інших статевих-вікових груп. Дослідження, проведені у Південній Кореї щодо впливу низьких температур (середня добова температура -6,4 °C) на показники приростів молодняку великої рогатої худоби, довели, що група бугайців, котрим згодовували добавку байпасного жиру, не відрізнялась від групи з загальнозмішаним раціоном [35]. У комплексних дослідженнях, проведених упродовж зимового періоду на території Ірану, доведено вплив добавки 3 % соєвої олії, яку додавали до стартового комбікорму телятам, на показники їх середніх добових приростів і живої маси в кінці періоду вирощування [36].

Голштинські високопродуктивні корови більш схильні до теплових стресів порівняно з менш продуктивними аналогами, оскільки вони розсіюють більшу кількість метаболічно-

го тепла [37]. У період теплового стресу в організмі тварин відбувається підсилення основного обміну речовин, зумовлене активацією системи терморегуляції.

Кліматичні умови мають безпосередній вплив на здоров'я ВРХ та можуть загострювати або пригнічувати розвиток хвороб, спричинених температурними коливаннями. Крім того, кліматичні умови мають прямий вплив на формування імунітету та нормальне функціонування ендокринної системи [38]. Кліматичний вплив на здоров'я та продуктивні ознаки корів відбувається у періоди високих температур, коли істотно змінюється кормова поведінка тварин (відбувається збільшення споживання концентратів, за зменшення споживання загальної кормосуміші), а це зі свого боку сприяє розвитку ацидозу, який спричиняє появу кульгавості. Крім того, зменшення поїдання кормів у високопродуктивних корів збільшує ризик появи субклінічного або клінічного кетозу впродовж літніх місяців [39, 40]. Короткий період теплового стресу під час останньої фази ембріонального розвитку може мати суттєвий вплив на здоров'я, ріст та розвиток телят [41]. У дослідженнях, проведених у США (штат Флорида), зазначено, що у корів, які піддаються впливу теплового стресу під час сухостійного періоду, у наступній лактації знизилась продуктивність та вмісту білка і лактози в молоці [42].

Індійські дослідники зазначають, що додавання до раціону повновікових буйволиць бікарбонату натрію, карбонату калію та поліфосфату аскорбінової кислоти у періоди сухого та вологого теплових навантажень запобігає окиснювальному стресу та підвищує імунітет на клітковому рівні [43].

Застосування сучасних годівельних підходів сприяє збільшенню виробництва молока на корову на 2–3 % щорічно, однак це призводить до додаткових витрат на ветеринарні заходи, збільшення випадків метаболічних захворювань та показників вибракування [44]. У дослідженнях американських вчених повідомляють про ефективність застосування в період високих температур у раціонах для повновікових корів по 30 г на добу культури сухих дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*) [45]. Молочна продуктивність таких корів була на 1,2 кг/добу вищою проти корів, яким сухі дріжджі не згодовували.

У дослідженнях, проведених у Квінсленді (Австралія) у період високих температур, науковці розділили лактуючих корів голштинсько-фриської породи на три групи: першій згодовували загальнозмішаний раціон + плюще-

не зерно пшениці, другій – загальнозмішаний раціон + плющене зерно пшениці, оброблене 2 % розчином крохмалю, а третій – загально-змішаний раціон + плющене зерно кукурудзи [46]. У результаті корови другої і третьої груп мали вищі показники продуктивності, порівнюючи з першою, а корови третьої групи мали нижчу ректальну температуру, ніж тварини першої і другої груп.

Дослідження, проведені у штаті Нью-Джерсі (тауншип Тінек) на помісних коровах голштинської породи з породою гир, доводять позитивний ефект від використання кормової добавки Omnigen-AF (в 1 кг добавки: 650 г бентоніту, 250 г очищеної діатомової землі і 100 г сухих пивних дріжджів) у період високотемпературного навантаження. У дослідних корів були вищі показники споживання сухої речовини (на 7 %), вгодованості на 56-ту добу досліджень (на 11 %) та середньої концентрації інсуліну в сироватці крові (на 35 %), порівнюючи з аналогами контрольної групи. Отже, Omnigen-AF покращує гіпертермію, апетит та імунні параметри молочних залоз у молочних корів, які перебувають під впливом теплового стресу [47].

#### **Значення мікроклімату у створенні комфортних умов утримання**

Зміна клімату, зокрема глобальне потепління, та пов'язані з ним наслідки мають вагомий вплив на продуктивні й відтворні ознаки, добробут та здоров'я корів. За таких умов система і спосіб утримання мають вагоме значення.

Серед погодних чинників, що впливають на функціонування молочної худоби, найбільший вплив має температура навколишнього середовища. Термонеутральною для організму молочної худоби є температура в діапазоні від -5 до 25 °C [48]. Більшість порід чутливо реагують на вищі і нижчі температури цього діапазону. Молочна худоба здатна продукувати молоко за температури повітря до -30 °C за умов обмеження впливу дії вітру та опадів [49]. Існують випадки, коли м'ясо-молочну якутську худобу, котра здатна адаптуватись до надто низьких температур (до -50 °C), розводили вище Північного полярного кола [50].

Вплив температури повітря на молочну худобу варто розглядати у поєднанні з показником відносної вологості повітря. Вплив теплового стресу на молочних корів визначають кількісно показником температурно-вологісного індексу (ТНІ) [51, 52].

Критичною є температура навколишнього середовища (від 25 °C до 26 °C) або критична межа ТНІ (ТНІ=72, відповідно 28 °C за відносної вологості 50 %), за якої дійні корови можуть без збільшення енергетичних витрат

підтримувати стабільну температуру тіла [3]. Збільшення кількості спекотних днів з температурою вище верхньої критичної межі ТНІ посилює наслідки теплового стресу. Група італійських вчених вважають, що вплив наслідків глобального потепління на продуктивність тварин та їх добробут і здоров'я зумовить коригування елементів технології утримання у багатьох регіонах світу [10].

Система утримання тварин – це комплекс зоотехнічних, технологічних, ветеринарних та організаційних заходів, які враховують природно-економічні умови та забезпечують поточність виробничих процесів [53, 54]. Системи утримання різняться за ступенем інтенсивності використання тварин, типом кормовиробництва, рівнем механізації виробничих процесів та показниками комфорту і добробуту утримання [55].

Понад 83 % молочних корів у країнах ЄС утримуються безприв'язно, у зимовий період – у приміщеннях, а у весняно-осінній – на вигульно-кормових майданчиках або пасовищах. Така комбінація утримання не лише сприяє зменшенню робочої сили, а й задовольняє вимоги щодо добробуту тварин [56].

Заходи зі зменшення впливу глобального потепління у країнах центральної і східної Європи можна перейняти завдяки досвіду ведення скотарства у більш спекотних регіонах та країнах (Ізраїль, Мексика, Бразилія) [44]. Щоб пом'якшити негативний вплив на продуктивність, репродуктивну ефективність, здоров'я та комфорт корів, застосовують різні технологічні підходи [34]. Насамперед, це системи механічної вентиляції та охолодження тварин (вентилятори та системи зрошення), використання матраців для відпочинку з прокачуванням через них охолодженої води, використання вигульних майданчиків з навісами для відпочинку та годівлі, а також їх комбінації. Вентиляторні установки, котрі пришвидшують рух повітря та збільшують конвекцію, використовували для зниження температури навколишнього середовища і пом'якшення теплового стресу через зменшення у тварин частоти дихання, ректальної температури та збільшення споживання сухої речовини кормів.

Застосування систем охолодження температури повітря на початку сухостійного періоду впливає на валовий вихід молока, а охолодження упродовж усього сухостійного періоду сприяло збільшенню продуктивності на 7,5 кг/добу у подальшій лактації, порівнюючи з коровами, котрі піддавались тепловому стресу [57].

Утримання молочної худоби на пасовищах вважають більш комфортним порівняно з

утриманням у приміщеннях, оскільки тварини більшу частину доби перебувають у природному середовищі [44]. Однак високі температури і вологість негативно впливають на молочну худобу під час перебування на пасовищі. Корови за вільного утримання у капітальному приміщенні з прилеглим пасовищем віддавали перевагу перебуванню на пасовищі у вечірні, нічні та ранкові години, тимчасом упродовж доби знаходились у приміщенні [58]. Поведінкова активність у період теплового стресу за пасовищного утримання відрізняється від активності за утримання у приміщеннях [59]. Через довші відстані між напувалками тварини більше часу витрачають на ходьбу та напування, ніж за утримання у приміщеннях.

Забезпечення тіні коровам у період теплового стресу – важлива складова управління тепловою енергією тваринного організму, що сприяє збільшенню частки тварин, котрі споживають корм (з 19 до 24 %) [60], підвищенню продуктивності [34], а також зниженню температури тіла, порівнюючи з тваринами, котрі перебувають на незатінених ділянках [61]. Використання навісів, які створюють затінок на вигульних майданчиках, фідлотах (відгодівельних майданчиках) та пасовищах є ефективним методом зменшення теплового стресу.

Використання навісів на вигулах знижує частоту дихання, пульсу та температуру тіла в пікові періоди температурного навантаження [62]. Крім того, за використання навісів знижувалася середня вагінальна температура і збільшувалися добові надії молока. Застосування навісів менш ефективне, ніж систем зрошення з погляду зменшення поверхневої температури тіла і частоти дихання молочних корів. Однак більшість корів (65 %) у період пікових високі температур віддавали перевагу перебуванню та відпочинку під навісами, ніж проходження через системи зрошення [63].

Використання затінених зон великою рогатою худобою пов'язане не лише з нижчими температурами, а й меншим впливом інсоляції. Корови, забезпечені зонами відпочинку з різним рівнем затінення для захисту від сонячного випромінювання, частіше перебувають у більш затінених зонах [64].

Застосування систем зрошення знижує температуру повітря, і водночас підвищується його вологість. Встановлено, що використання систем зрошення здатне збільшити вологість повітря у приміщенні на 22 % [65]. Волога аерація сприяє зниженню ректальної температури і частоти дихання та підвищує вихід молока й молочного білка у дослідних голштинських корів [66, 67]. На фермах США використовують

системи зрошення високого тиску, у які вода подається впорскуванням у вентилятори, або спринклерні системи низького тиску, які повністю змочують корів, просякаючи водою їх волосяний покрив. Використання обох цих систем підвищує кормову активність, позитивно впливає на відтворні ознаки, знижує випадки тяжкості перебігу отелень та ректальну температуру тіла [34]. Ще один засіб зниження теплового стресу у корів – встановлення систем зрошення з елементом самоконтролю, тобто тварини проходять через системи чутливих до тиску датчиків, вмонтованих у підлогу проходів. Ця система має перевагу в тому, що зменшує загальне використання води [68].

Орієнтація приміщень та вигульних майданчиків залежно від географічного розташування може також допомогти пом'якшити тепловий стрес, зменшуючи інсоляцію та температуру поверхні конструкцій, що збільшує тепловіддачу від тіла корови до навколишнього середовища. У Польщі було проведено дослідження щодо впливу сонячної інсоляції упродовж літнього періоду в приміщеннях, побудованих з різним географічним розташуванням повздовжніх стін з півночі на південь; зі сходу на захід; і з 30° відхиленням з півночі на південь [69]. Встановлено, що розташування повздовжніх стін з півночі на південь найкраще впливає на зниження рівня сонячної інсоляції протягом літнього періоду.

Група американських вчених досліджували зменшення теплового навантаження за використання трьох систем охолодження: навісів, систем зрошення та їх комбінації. Застосування навісів зменшує частоту дихання на 30 % порівняно з контрольною групою (без систем охолодження), тимчасом використання систем зрошення та поєднання обох варіантів зменшувало частоту дихання на 60 та 67 % відповідно [70]. Науковці канзаської аграрної дослідної станції у своїх дослідженнях порівняли три варіанти розміщення вентиляторів у приміщеннях [71]. Продуктивність корів була найвищою у приміщенні з розміщенням вентиляторів (0,9 м лопаті) над кормовим проходом (40,1 кг/добу), порівнюючи з варіантом розміщення повздовжніх труб-вентиляторів над боксами (37,6 кг/добу) або зі стельовими (1,4 м лопаті) вентиляторів (37,1 кг/добу). За варіанта розміщення вентиляторів над кормовим проходом частота дихання становила 75,3 разів/хв, порівнюючи із системою стельових вентиляторів (83,5 разів/хв) та повздовжніх труб-вентиляторів над боксами (82,3 разів/хв).

Поєднання різних систем охолодження було вивчено у дослідженнях, проведених в

Ізраїлі, де застосовували автоматизовані системи зрошування (30 с) з наступною вентиляцією (4,5 хв) впродовж 30-хвилинних періодів [73, 73]. Результати довели, що ця комбінація охолодження була ефективною і сприяла зменшенню теплового стресу у корів, а також поліпшувала їх тепловий баланс, продуктивні та репродуктивні показники, знижувала температуру тіла і відповідала рекомендованій тривалості поведінкових реакцій.

Дослідження у США вказують на вдале поєднання тунельної вентиляції та зрошування щодо зменшення теплового стресу та покращення виробництва молока під час годівлі молочної худоби [74]. Порівнюючи з традиційними технологіями охолодження (охолодження вентиляторами та системами зрошування; охолодження за допомогою навісів та вентиляторів), застосування тунельної вентиляції у поєднанні зі зрошуванням зменшило вплив спеки на 84 %. Частота дихання та ректальна температура корів, які охолоджувались за такої комбінації, були зменшені [66]. Крім того, поєднання тунельної вентиляції та зрошування позитивно вплинуло на споживання корму (+11–12 %), продуктивність (+2,6–2,8 кг/корову/добу), знизило вміст соматичних клітин у молоці, тимчасом якісний склад молока залишився незмінним [75].

Основними недоліками зрошувальних і спринклерних систем є витрати великих об'ємів води (залежно від кліматичних особливостей регіону до 215 л/голову/добу разом з витратами води на процеси доїння, прибирання та напування), котра після використання стає стічними відходами. Це зі свого боку має не лише економічні, а й екологічні наслідки і є особливо нераціональним у регіонах (або країнах) з обмеженими запасами прісної води [76]. Попри те, що використання спринклерів значно зменшує частоту дихання та знижує вплив відволікання тварин на комах (рухи хвостом, переминання з ноги на ногу, посмикування шкіри та закидання голови), їх використання призводить до збільшення випадків уникнення тваринами зон зрошування, та опускання голови у момент перших стресових потраплянь струминки води на тіло [77].

Використання ефективних систем охолодження, тобто вентиляторів у поєднанні з системами зрошування в родильному відділенні у період з 10.00 до 18.00 год, порівнюючи з охолодженням лише вентиляторами, стримує зниження продуктивності та вмісту молочного жиру, покращує ріст телят та скорочує тривалість сервіс-періоду у корів [78].

Відчуття температури змінюється внаслідок зміни швидкості руху вітру, яка має вплив

на конвекційне охолодження тварин. Рекомендована швидкість руху повітря для молочних ферм у США в періоди високих температур навколишнього середовища становить від 1,8 до 2,8 м/с [79]. Однак швидкість потоку повітря в природно вентиляльованих приміщеннях дуже нерівномірна [80, 81], і залежить не лише від особливостей внутрішнього планування приміщення, а й від таких деталей як наявність тварин, котрі стоять на шляху потоку повітря і в такий спосіб змінюють його напрям для інших тварин, які лежать чи знаходяться на нижчому або вищому рівні [82].

Показник швидкості руху повітря суттєво впливає на тепловий баланс організму тварин, здійснюючи охолоджувальну дію і знижуючи температуру тіла тварин [83]. Посилення швидкості руху повітря за низької вологості й високої температури спричиняє переохолодження і може призводити до виникнення легеневих захворювань. У зимовий період за тривалого перебування тварин на фідлотах (відгодівельних майданчиках) за швидкості руху повітря 5–7 м/с і температури повітря навіть до -20 °C трапляються випадки обмороження окремих частин тіла тварин [84, 85].

Важливе значення для утримання корів у легкозбірних приміщеннях у країнах з помірно-континентальним кліматом має утеплення світло-вентиляційних шторм у зимовий період. Встановлено, що утеплення шторм із застосуванням полівінілхлориду здатне продовжити на 13 діб допустимі норми швидкості руху вітру у приміщеннях та ефективніше захистити тварин від впливу навколишнього середовища за різних категорій швидкості вітру, а також знизити швидкість руху повітря у приміщеннях на 11,68–21,74 % порівняно з неутепленими приміщеннями різних конфігурацій та висоти поздовжніх стін [86].

Тривалі атмосферні опади у вигляді дощу впродовж весняного періоду за утримання тварин на вигульних майданчиках різних типів (з навісами та без) за середньодобових температур на рівні 12,1 °C і нижче впливають на добові витрати енергії на базовий метаболізм і теплообмін, а також на показники відпочинку у положенні лежачи [87].

Існує залежність впливу підстилкового матеріалу у періоди низькотемпературного навантаження (-11,8 °C і нижче) на показники витрат обмінної енергії на тепловий обмін та поведінкові реакції у корів [88]. Так, за використання глибокої довгонезмінюваної солом'яної підстилки загальні витрати енергії на теплопродукцію були на 2,95 і 2,43 МДж нижчі, порівнюючи з утриманням на підстилці із

тирси та висушеного гною. За цього варіанта підстилкового матеріалу також вищим був і показник тривалості відпочинку у положенні лежачи – на 38 та 25 хв відповідно.

### Висновки

Аналізуючи встановлені дані, було зроблено спробу систематизувати результати наукових досліджень та відкриттів вчених щодо впливу температурних стресів на здоров'я, добробут та продуктивність молочної худоби. Враховуючи процеси глобальних змін клімату, протидія температурним стресам у тваринництві набуває неабиякої актуальності, адже має прямий вплив на продовольчу безпеку. Мінімізувати вплив температурного стресу на організм молочних корів можна завдяки генотиповим та фенотиповим чинникам, або їх поєднання. Фенотипові чинники, котрі включають використання засобів регулювання мікроклімату (системи зрошування тварин водою, вентиляції, використання навісів для тіні влітку та засобів утеплення бокових штор взимку), є ефективнішими завдяки швидкості введення в експлуатацію, однак передбачають неминучі амортизаційні відрахування, котрі вплинуть на собівартість і рентабельність усього виробництва. Завдяки цим чинникам збільшується кількість діб (або годин доби) з термонеутральною температурою, покращуються показники добробуту, продуктивності і репродуктивної здатності корів. Застосування стратегій годівлі з використанням кормових добавок, котрі сприяють кращій протидії організму температурним стресам, не будуть мати повноцінного ефекту без одночасної дії технологічних рішень. Крім того, це потребує періодичних витрат, що впливатимуть на вартість кормів. Генотипові чинники, котрі полягають у виведенні і розведенні термостійких порід, тривалі і наразі не є концептуально вивченими з погляду диференціації адаптаційних ознак тварин у різних континентах, широтах і природно-кліматичних зонах. Найбільш перспективною з погляду впливу на показники здоров'я та добробуту корів є стратегія, яка б поєднувала ці чинники. Подальші комплексні дослідження мають містити інженерні, генетичні та годівельні рішення передусім для мінімізації негативних наслідків зміни клімату на здоров'я тварин.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Weller J.I., Ezra E., Ron M. Invited review: A perspective on the future of genomic selection in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (11). P. 8633–8644. DOI:10.3168/jds.2017-12879
2. Genetic origin, admixture and population history of aurochs (*Bos primigenius*) and primitive European cattle / M. Upadhyay et al. *Heredity*. 2017. Vol. 118. P. 169–176. DOI:10.1038/hdy.2016.7
3. Berman A. Invited review: are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates? *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94 (5). P. 2147–2158. DOI:10.3168/jds.2010-3962
4. Morphological and genetic evidence for early Holocene cattle management in northeastern China / H. Zhang et al. *Nature Communications*. 2013. Vol. 4. e2755. DOI:10.1038/ncomms3755
5. The genetic prehistory of domesticated cattle from their origin to the spread across Europe / A. Scheu et al. *BMC Genetics*. 2015. Vol. 16. 54 p. DOI:10.1186/s12863-015-0203-2
6. WMO: WMO Statement on the state of the global climate in 2017, in: WMO-No.1212, Publications Board World Meteorological Organization (WMO), World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2018.
7. Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts / S. Hempel et al. *Earth System Dynamics*. 2019. Vol. 10. P. 859–884. DOI:10.5194/esd-10-859-2019
8. Changing climate in Hungary and trends in the annual number of heat stress days / N. Solymosi et al. *International Journal of Biometeorology*. 2010. Vol. 54. P. 423–431. DOI:10.1007/s00484-009-0293-5
9. Novak P., Vokralova J., Broucek J. Effects of the stage and number of lactation on milk yield of dairy cows kept in open barn during high temperatures in summer months. *Archiv fur Tierzucht*. 2009. Vol. 52. P. 574–586. DOI:10.5194/aab-52-574-2009
10. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems / A. Nardone et al. *Livestock Science*. 2010. Vol. 130. P. 57–69. DOI:10.1016/j.livsci.2010.02.011
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): The Impact of Disasters on Agriculture – Assessing the information gap. URL:<http://www.fao.org/3/a-i7279e.pdf> (last access: 21 December 2020), 2017.
12. Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe / R. Vitt et al. *Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 164. P. 85–97. DOI:10.1016/j.biosystemseng.2017.09.013
13. Broucek J., Letkovicová M., Kovalcuj K. Estimation of cold stress effect on dairy cows. *International Journal of Biometeorology*. 1991. Vol. 35. P. 29–32. DOI:10.1007/BF01040960
14. Angrecka S., Herbut P. Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 60. P. 81–87. DOI:10.17221/7978-CJAS
15. A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle / E. Galan et al. *PloSOne*. 2018. Vol. 13. e0206520. DOI:10.1371/journal.pone.0206520, 2018.
16. Mader T.L., Davis M., Brown-Brandl T. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 2006. Vol. 84. P. 712–719. DOI:10.2527/2006.843712x
17. Johnson J.S. Heat stress: Impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate

- the negative effects. *Animal Production Science*. 2018. Vol. 58 (8). P. 1404–1413. DOI:10.1071/AN17725
18. Effect of artificial selection on runs of homozygosity in US Holstein cattle / E.S. Kim et al. *PLoSOne*. 2013. Vol. 8 (11). e80813. DOI:10.1371/journal.pone.0080813
19. The relationship between runs of homozygosity and inbreeding in Jersey cattle under selection / E.S. Kim et al. *PLoSOne*. 2015. Vol. 10 (7). e0129967. DOI:10.1371/journal.pone.0129967
20. Srikanth K., Kwon A., Lee E., Chung H. Characterization of genes and pathways that respond to heat stress in Holstein calves through transcriptome analysis. *Cell Stress and Chaperones*. 2017. Vol. 22. P. 29–42. DOI:10.1007/s12192-016-0739-8
21. Transcriptome Analysis Reveals Potential Regulatory Genes Related to Heat Tolerance in Holstein Dairy Cattle / S. Liu et al. *Genes*. 2020. Vol. 11(1). 68 p. DOI:10.3390/genes11010068
22. Differences in Thermoregulatory Ability between Slick-Haired and Wild-Type Lactating Holstein Cows in Response to Acute Heat Stress / S. Dikmen et al. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91(9). P. 3395–3402. DOI:10.3168/jds.2008-1072
23. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants / U. Bernabucci et al. *Animal*. 2010. Vol. 4 (7). P. 1167–1183. DOI:10.1017/S175173111000090X
24. The slick air coat locus maps to chromosome 20 in Senepol-derived cattle / R. Mariasegaram et al. *Animal Genetics*. 2007. Vol. 38. P. 54–59. DOI:10.1111/j.1365-2052.2007.01560.x
25. The genome landscape of indigenous African cattle / J. Kim et al. *Genome Biology*. 2017. Vol. 18. 34 p. DOI:10.1186/s13059-017-1153-y
26. Collier R.J., Collier J.L., Rhoads R.P., Baumgard L.H. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. *Journal of Dairy Science*. 2008. Vol. 91(2). P. 445–454. DOI:10.3168/jds.2007-0540
27. Polymorphisms in the bovine HSP90AB1 gene are associated with heat tolerance in Thai indigenous cattle / R. Charoensook et al. *Tropical Animal Health and Production*. 2012. Vol. 44. P. 921–928. DOI:10.1007/s11250-011-9989-8
28. Two novel SNPs in HSF1 gene are associated with thermal tolerance traits in Chinese Holstein cattle / Q.L. Li et al. *DNA and Cell Biology*. 2011. Vol. 30. P. 247–254. DOI:10.1089/dna.2010.1133
29. Novel SNPs in HSP70A1 gene and the association of polymorphisms with thermotolerance traits and tissue specific expression in Chinese Holstein cattle / Q. Li et al. *Molecular Biology Reports*. 2011. Vol. 38. P. 2657–2663. DOI:10.1007/s11033-010-0407-5
30. Genetic variations of HSBP1 gene and its effect on thermal performance traits in Chinese Holstein cattle / Y. Wang et al. *Molecular Biology Reports*. 2013. Vol. 40. P. 3877–3882. DOI:10.1007/s11033-012-1977-1
31. Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review / L. Min et al. *International Journal of Biometeorology*. 2019. Vol. 63(9). P. 1283–1302. DOI:10.1007/s00484-019-01744-8
32. Chromium yeast alleviates heat stress by improving antioxidant and immune function in Holstein mid-lactation dairy cows / Q. Shan et al. *Animal Feed Science and Technology*. 2020. Vol. 269. 114635 p. DOI:10.1016/j.anifeeds.2020.114635
33. Kadzere C.T., Murphy M.R., Silanikove N., Maltz E. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 59–91. DOI:10.1016/S0301-6226(01)00330-X
34. West J. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. – *Journal of Dairy Science*. 2003. Vol. 86. P. 2131–2144. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X
35. Effects of ambient temperature and rumen-protected fat supplementation on growth performance, rumen fermentation and blood parameters during cold season in Korean cattle steers / H.J. Kang et al. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 2019. Vol. 32(5). P. 657–664. DOI:10.5713/ajas.18.0621
36. Ghasemi E., Azad-Shahraki M., Khorvash M. Effect of different fat supplements on performance of dairy calves during cold season. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (7). P. 5319–5328. DOI:10.3168/jds.2016-11827
37. Spiers D., Spain J., Sampson J., Rhoads R. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*. 2004. Vol. 29. P. 759–764. DOI:10.1016/j.jtherbio.2004.08.051
38. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review / R. Das et al. *Veterinary World*. 2016. Vol. 9(3). P. 260–268. DOI:10.14202/vetworld.2016.260-268
39. Lacetera N., Bernabucci U., Ronchi B., Nardone A. Body condition score, metabolic status and milk production of early lactating dairy cows exposed to warm environment. *Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale (Italia)*. 1996. Vol. 90(1). P. 43–55.
40. Rojas-Downing M., Nejadhashemi P., Harrigan T., Woznicki S.A. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*. 2017. Vol. 16. P. 145–163. DOI:10.1016/j.crm.2017.02.001
41. In utero exposure to heat stress during late gestation has prolonged effects on the activity patterns and growth of dairy calves / J. Laporta et al. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100(4). P. 2976–2984. DOI:10.3168/jds.2016-11993
42. Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle / T.F. Fabris et al. *Journal of Dairy Science*. 2019. Vol. 102. P. 5647–5656. DOI:10.3168/jds.2018-15721
43. Sunil Kumar B.V., Singh G., Meur S.K. Effects of Addition of electrolyte and ascorbic acid in feed during heat stress in buffaloes. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2010. Vol. 23(7). P. 880–888. DOI:10.5713/ajas.2010.90053
44. von Keyserlingk M.A.G., Rushen J., de Passille A.M., Weary D.M. Invited review: The welfare of dairy cattle – Key concepts and the role of science. – *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92. P. 4101–4111. DOI:10.3168/jds.2012-6354.
45. Effect of feeding *Saccharomyces Cerevisiae* on performance of dairy cows during summer heat stress / R.G.S. Bruno et al. *Animal Feed Science and Technology*. 2009. Vol. 150. P. 175–186. DOI:10.1016/j.anifeeds.2008.09.001
46. Effect of feeding slowly fermentable grains on productive variables and amelioration of heat stress in lactating dairy cows in a sub-tropical summer / P.A. Gonzalez-Rivas et al. *Tropical Animal Health and Production*. 2018. Vol. 50. P. 1763–1769. DOI:10.1007/s11250-018-1616-5



47. Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions / T. Leiva et al. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100(6). P. 4829–4838. DOI:10.3168/jds.2016-12258.
48. Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method / I. Knizkova et al. *Livestock Production Science*. 2002. Vol. 77. P. 349–353. DOI:10.1016/S0301-6226(02)00062-3
49. Gregory N.G. The role of shelterbelts in protecting livestock: a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 1995. Vol. 38. P. 423–450. DOI:10.1080/00288233.1995.9513146
50. Scans for signatures of selection in Russian cattle breed genomes reveal new candidate genes for environmental adaptation and acclimation / A. Yurchenko et al. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. 12984. DOI:10.1038/s41598-018-31304-w
51. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate / R. Bouraoui et al. *Animal Research*. 2002. Vol. 51. P. 479–491. DOI:10.1051/animres:2002036
52. Dikmen S., Hansen P. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92. P. 109–116. DOI:10.3168/jds.2008-1370
53. Environmental pollution caused by the manure storage / O.O. Borshch et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(3). P. 110–114.
54. Borshch O.O., Ruban S., Borshch O.V. Review: the influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32(1). P. 25–34. DOI:10.15159/jas.21.12.
55. The impact of high temperatures on respiration rate, breathing condition and productivity of dairy cows in different production systems / S. Ruban et al. *Animal Science Papers and Reports*. 2020. Vol. 38(1). P. 61–72.
56. The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables / M. Zähler et al. *Animal Science*. 2004. Vol. 78. P. 139–147.
57. Dahl G.E., Tao S., Laporta J. Late gestation heat stress of dairy cattle programs dam and daughter milk production. *Journal of Animal Science*. 2017. Vol. 95. P. 5701–5710. DOI:10.2527/jas2017.2006
58. Legrand A.L., von Keyserlingk M.A.G., Weary D.M. Preference and usage of pasture versus free-stall housing by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2009. Vol. 92. P. 3651–3658. DOI:10.3168/jds.2008-1733
59. Influence of Free-Stall Flooring on Comfort and Hygiene of Dairy Cows during Warm Climatic Conditions / P. De Palo et al. *Journal of Dairy Science*. 2004. Vol. 89(12). P. 4583–4595. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(06)72508-5
60. Blackshaw J.K., Blackshaw A.W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: A review. *Animal Production Science*. 1994. Vol. 34. P. 285–295. DOI:10.1071/ea9940285
61. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate / P.E. Kendall et al. *Livestock Science*. 2006. Vol. 103. P. 148–157. DOI:10.1016/j.livsci.2006.02.004.
62. Eigenberg R., Brown-Brandl T., Nienaber J., Hahn G.L. Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 2: Predictive Relationships. *Biosystem Engineering*. 2005. Vol. 91(1). P. 111–118. DOI:10.1016/j.biosystemseng.2005.02.001
63. Dairy cattle prefer shade over sprinklers: effects on behaviour and physiology / K.E. Schützet al. *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94. P. 273–283. DOI:10.3168/jds.2010-3608
64. Tucker C.B.A., Rogers A.R., Schütz K.E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol. 109. P. 141–154. DOI:10.1016/j.applanim.2007.03.015
65. Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the southeast. I: effects on body temperature and respiration rate / T.R. Smith et al. *Journal of Dairy Science*. 2006. Vol. 89. P. 3904–3914. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(06)72433-X
66. Effects of evaporative cooling on reproductive performance and milk production of dairy cows in hot wet conditions / S. Khongdee et al. *International Journal of Biometeorology*. 2006. Vol. 50. P. 253–257. DOI:10.1007/s00484-006-0030-2
67. Effects of high air temperatures on milk efficiency in dairy cows / J. Broucek et al. *Czech Journal of Animal Science*. 2006. Vol. 51. P. 93–101.
68. Legrand A., Schütz K.E., Tucker C.B. Using water to cool cattle: Behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers. *Journal of Dairy Science*. 2011. Vol. 94. P. 3376–3386. DOI:10.3168/jds.2010-3901
69. Angrecka S., Herbut P. Impact of barn orientation on insolation and temperature of stalls surface. *Annals of Animal Science*. 2016. Vol. 16. P. 887–896. DOI:10.1515/aoas-2015-0096
70. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate / P.E. Kendall et al. *Livestock Science*. 2006. Vol. 103. P. 148–157. DOI:10.1016/j.livsci.2006.02.004
71. Performance of lactating dairy cattle in three different cooling systems / M.J. Meyer et al. *Applied Engineering in Agriculture*. 2002. Vol. 18. P. 341–345. DOI:10.13031/2013.8596
72. Thermal, productive and reproductive response of high yielding cows exposed to short-term cooling in summer / E. Her et al. *Journal of Dairy Science*. 1988. Vol. 71. P. 1085–1092. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(88)79656-3
73. Wolfenson D., Flamenbaum I., Berman A. Hyperthermia and body energy store effects on estrous behavior, conception rate, and corpus luteum function in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 1988. Vol. 71. P. 3497–3504. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(88)79956-7
74. Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the southeast: II: impact on lactation performance / T.R. Smith et al. *Journal of Dairy Science*. 2006. Vol. 89. P. 3915–3923. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(06)72434-1
75. Invited review: Sustainability of the US dairy industry / M.A.G. von Keyserlingk et al. *Journal of Dairy Science*. 2013. Vol. 96. P. 5405–5425. DOI:10.3168/jds.2012-6354
76. Chen J.M., Schutz K.E., Tucker C.B. Sprinkler flow rate affects dairy cattle preferences, heat load, and insect deterrence behavior. *Applied Animal Behaviour Science*. 2016. Vol. 182. P. 1–8. DOI:10.1016/j.applanim.2016.05.023
77. Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions /

L. Avendano-Reyes et al. *Livestock Science*. 2006. Vol. 105. P. 198–206. DOI:10.1016/j.livsci.2006.06.009

78. Heat abatement / T. Bailey et al. *Elanco Dairy Business Unit*. 2016. URL:https://assets.ctfassets.net

79. Wu W., Zhai J., Zhang G., Nielsen P.V. Evaluation of methods for determining air exchange rate in a naturally ventilated dairy cattle building with large openings using computational fluid dynamics (CFD). *Atmospheric Environment*. 2012. Vol. 63. P. 179–188. DOI:10.1016/j.atmosenv.2012.09.042

80. Herbut P. Temperature, humidity and air movement variations inside a free-stall barn during heavy frost. *Annals of Animal Science*. 2013. Vol. 13(3). P. 587–596. DOI:10.2478/aoas-2013-0025

81. Berman A. An overview of heat stress relief with global warming in perspective. *International Journal of Biometeorology*. 2019. Vol. 63(4). P. 493–498. DOI:10.1007/s00484-019-01680-7

82. Assessing effects of wind speed and wind direction on discharge coefficient of sidewall opening in a dairy building model – A numerical study / Q. Yi et al. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2019. Vol. 162. P. 235–245. DOI:10.1016/j.compag.2019.04.016

83. Q fever infection in dairy cattle herds: Increased risk with high wind speed and low precipitation / S. Nusinovic et al. *Epidemiology and Infection*. 2015. Vol. 143(15). P. 3316–3326. DOI:10.1017/S0950268814003926

84. Rong L., Liu D., Pedersen E.F., Zhang G. The effect of wind speed and direction and surrounding maize on hybrid ventilation in a dairy cow building in Denmark. *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 86. P. 25–34. DOI:10.1016/j.enbuild.2014.10.016

85. Wind speed in easily assembled premises with different design constructions for side curtains in winter / O.O. Borshch et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11(1). P. 325–328. DOI:10.15421/2021\_49

86. Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation / O.O. Borshch et al. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(6). P. 98–102. DOI:10.15421/2020\_265

87. Borshch A.A., Ruban S., Borshch A.V., Babenko O.I. Effect of three bedding materials on the microclimate conditions, cows behavior and milk yield. *Polish Journal of Natural Sciences*. 2019. Vol. 34(1). P. 19–31.

88. Borshch O.O., Borshch O.V., Fedorchenko M.M. Influence of low temperatures on heat balance in easily assembled premises of different types. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 4(2). P. 27–30. DOI:10.32718/ujvas4-2.05

## REFERENCES

1. Weller, J.I., Ezra, E., Ron, M. (2017). Invited review: A perspective on the future of genomic selection in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. Vol. 100 (11), pp. 8633–8644. DOI:10.3168/jds.2017-12879

2. Upadhyay, M., Chen, W., Lenstra, J., Goderie, C.R.J., MacHugh, D.E., Park, S.D.E., Magee, D.A., Matussino, D., Ciani, F., Megens, H.J., van Arendonk, J.A.M., Groenen, M.A.M. (2017). Genetic origin, admixture and population history of aurochs (*Bos primigenius*) and primitive European cattle. *Heredity*. Vol. 118, pp. 169–176. DOI:10.1038/hdy.2016.7

3. Berman, A. (2011). Invited review: are adaptations present to support dairy cattle productivity in warm climates? *Journal of Dairy Science*. Vol. 94 (5), pp. 2147–2158. DOI:10.3168/jds.2010-3962

4. Zhang, H., Pajmans, J., Chang, F., Wu, X., Chen, G., Lei, C., Yang, X., Wei, Z., Bradley, B.G., Orlando, L., O'Connor, T., Hofreiter, M. (2013). Morphological and genetic evidence for early Holocene cattle management in northeastern China. *Nature Communications*. Vol. 4, e2755. DOI:10.1038/ncomms3755

5. Scheu, A., Powell, A., Bollongino, R., Vigne, J.P., Tresset, A., Carilral, C., Benecke, N., Burger, J. (2015). The genetic prehistory of domesticated cattle from their origin to the spread across Europe. *BMC Genetics*. 2015. Vol. 16, 54 p. DOI:10.1186/s12863-015-0203-2

6. WMO: WMO Statement on the state of the global climate in 2017, in: WMO-No. 1212, Publications Board World Meteorological Organization (WMO), World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2018.

7. Hempel, S., Menz, C., Pinto, S., Galan, E., Janke, D., Estellés, F., Müschner-Siemens, T., Wang, X., Heinicke, J., Zhang, G., Amon, B., del Prado, A., Amon, T. (2019). Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts. *Earth System Dynamics*. Vol. 10, pp. 859–884. DOI:10.5194/esd-10-859-2019

8. Solymosi, N., Torma, C., Kern, A., Maroti-Agots, A., Barcza, Z., Könyves, L., Berke, O., Reiczigel, J. (2010). Changing climate in Hungary and trends in the annual number of heat stress days. *International Journal of Biometeorology*. Vol. 54, pp. 423–431. DOI:10.1007/s00484-009-0293-5

9. Novak, P., Vokralova, J., Broucek, J. (2009). Effects of the stage and number of lactation on milk yield of dairy cows kept in open barn during high temperatures in summer months. *Archiv fur Tierzucht*. Vol. 52, pp. 574–586. DOI:10.5194/aab-52-574-2009

10. Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M. S., Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*. Vol. 130, pp. 57–69. DOI:10.1016/j.livsci.2010.02.011

11. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): The Impact of Disasters on Agriculture – Assessing the information gap. Available at: http://www.fao.org/3/a-i7279e.pdf (last access: 21 December 2020), 2017.

12. Vitt, R., Weber, L., Zollitsch, W., Hörtenhuber, S.J., Baumgartner, J., Niebuhr, K., Piringer, M., Anders, I., Andre, K., Hennig-Pauka, I., Schönhart, M., Schaubberger, G. (2017). Modelled performance of energy saving air treatment devices to mitigate heat stress for confined livestock buildings in Central Europe. *Biosystems Engineering*. Vol. 164. P. 85–97. DOI:10.1016/j.biosystemseng.2017.09.013

13. Broucek, J., Letkovicová, M., Kovalcu, K. (1991). Estimation of cold stress effect on dairy cows. *International Journal of Biometeorology*. Vol. 35, pp. 29–32. DOI:10.1007/BF01040960

14. Angrecka, S., Herbut, P. (2015). Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science*. Vol. 60, pp. 81–87. DOI:10.17221/7978-CJAS

15. Galán, E., Llonch, P., Villagrà, A., Levit, H., Pinto, S., del Prado, A. (2018). A systematic review of non-

- productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PLoS One*. Vol. 13, e0206520. DOI:10.1371/journal.pone.0206520,2018.
16. Mader, T.L., Davis, M., Brown-Brandl, T. (2006). Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. Vol. 84, pp. 712–719. DOI:10.2527/2006.843712x
17. Johnson, J.S. (2018). Heat stress: Impact on livestock well-being and productivity and mitigation strategies to alleviate the negative effects. *Animal Production Science*. Vol. 58 (8), pp. 1404–1413. DOI:10.1071/AN17725
18. Kim, E.S., Cole, J.B., Huson, H., Wiggans, G.R., Van Tassell, C.P., Crooker, B.A., Liu, G., Da, Y., Sonstegard, T.S. (2013). Effect of artificial selection on runs of homozygosity in US Holstein cattle. *PLoS One*. Vol. 8 (11), e80813. DOI:10.1371/journal.pone.0080813
19. Kim, E.S., Sonstegard, T.S., Van Tassell, C.P., Wiggans, G., Rothschild, M.F. (2015). The relationship between runs of homozygosity and inbreeding in Jersey cattle under selection. *PLoS One*. Vol. 10 (7), e0129967. DOI:10.1371/journal.pone.0129967
20. Srikanth, K., Kwon, A., Lee, E., Chung, H. (2017). Characterization of genes and pathways that respond to heat stress in Holstein calves through transcriptome analysis. *Cell Stress and Chaperones*. Vol. 22, pp. 29–42. DOI:10.1007/s12192-016-0739-8
21. Liu, S., Yue, T., Ahmad, M.J., Hu, X., Zhang, X., Deng, T., Hu, Y., He, C., Zhou, Y., Yang, L. (2020). Transcriptome Analysis Reveals Potential Regulatory Genes Related to Heat Tolerance in Holstein Dairy Cattle. *Genes*. Vol. 11(1), 68 p. DOI:10.3390/genes11010068
22. Dikmen, S., Alava, E., Pontes, E., Fear, J.M., Dikmen, B.Y., Olson, T.A., Hansen, P.J. (2008). Differences in Thermoregulatory Ability between Slick-Haired and Wild-Type Lactating Holstein Cows in Response to Acute Heat Stress. *Journal of Dairy Science*. Vol. 91(9), pp. 3395–3402. DOI:10.3168/jds.2008-1072
23. Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*. Vol. 4 (7), pp. 1167–1183. DOI:10.1017/S175173111000090X
24. Mariasegaram, R., Chase, C.C., Jr Chaparro, J.X., Olson, T.A., Breneman, R.A., Niedz, R.P. (2007). The slick air coat locus maps to chromosome 20 in Senepol-derived cattle. *Animal Genetics*. Vol. 38, pp. 54–59. DOI:10.1111/j.1365-2052.2007.01560.x
25. Kim, J., Hanotte, O., Mwai, O.A., Dessie, T., Bashir, S., Diallo, B., Agaba, M., Kim, K., Kwak, W., Sung, S., Seo, M., Jeong, H., Kwon, T., Taye, M., Song, K.D., Lim, D., Cho, S., Lee, H.J., Yoon, D., Oh, S.J., Kemp, S., Lee, H.K., Kim, H. (2017). The genome landscape of indigenous African cattle. *Genome Biology*. Vol. 18, 34 p. DOI:10.1186/s13059-017-1153-y
26. Collier, R.J., Collier, J.L., Rhoads, R.P., Baumgard, L.H. (2008). Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. *Journal of Dairy Science*. Vol. 91(2), pp. 445–454. DOI:10.3168/jds.2007-0540
27. Charoensook, R., Gatphayak, K., Sharifi, A.R., Chaisongkram, C., Brenig, B., Knorr, C. (2012). Polymorphisms in the bovine HSP90AB1 gene are associated with heat tolerance in Thai indigenous cattle. *Tropical Animal Health and Production*. Vol. 44, pp. 921–928. DOI:10.1007/s11250-011-9989-8
28. Li, Q.L., Ju, Z.H., Huang, J.M., Li, J.B., Li, R.L., Hou, M.H., Wang, C.F., Zhong, J.F. (2011). Two novel SNPs in HSF1 gene are associated with thermal tolerance traits in Chinese Holstein cattle. *DNA and Cell Biology*. Vol. 30, pp. 247–254. DOI:10.1089/dna.2010.1133
29. Li, Q., Han, J., Du, F., Ju, Z., Huang, J., Wang, J., Li, R., Wang, C., Zhong, J. (2011). Novel SNPs in HSP70A1 gene and the association of polymorphisms with thermal tolerance traits and tissue specific expression in Chinese Holstein cattle. *Molecular Biology Reports*. Vol. 38, pp. 2657–2663. DOI:10.1007/s11033-010-0407-5
30. Wang, Y., Huang, J., Xia, P., He, J., Wang, C., Ju, Z., Li, J., Li, R., Zhong, J., Li, Q. (2013). Genetic variations of HSBP1 gene and its effect on thermal performance traits in Chinese Holstein cattle. *Molecular Biology Reports*. Vol. 40, pp. 3877–3882. DOI:10.1007/s11033-012-1977-1
31. Min, L., Li, D., Tong, X., Nan, X., Ding, D., Xu, B., Wang, G. (2019). Nutritional strategies for alleviating the detrimental effects of heat stress in dairy cows: a review. *International Journal of Biometeorology*. Vol. 63(9), pp. 1283–1302. DOI:10.1007/s00484-019-01744-8
32. Shan, Q., Ma, F.T., Jin, Y.H., Gao, D., Li, H.Y., Sun, P. (2020). Chromium yeast alleviates heat stress by improving antioxidant and immune function in Holstein mid-lactation dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 269, 114635 p. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2020.114635
33. Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E. (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. Vol. 77, pp. 59–91. DOI:10.1016/S0301-6226(01)00330-X
34. West, J. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. Vol. 86, pp. 2131–2144. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X
35. Kang, H.J., Piao, M.Y., Park, S.J., Na, S.W., Kim, H.J., Baik, M. (2019). Effects of ambient temperature and rumen-protected fat supplementation on growth performance, rumen fermentation and blood parameters during cold season in Korean cattle steers. *Asian-Australas Journal of Animal Science*. Vol. 32(5), pp. 657–664. DOI:10.5713/ajas.18.0621
36. Ghasemi, E., Azad-Shahraki, M., Khorvash, M. (2017). Effect of different fat supplements on performance of dairy calves during cold season. *Journal of Dairy Science*. Vol. 100 (7), pp. 5319–5328. DOI:10.3168/jds.2016-11827
37. Spiers, D., Spain, J., Sampson, J., Rhoads, R. (2004). Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*. Vol. 29, pp. 759–764. DOI:10.1016/j.jtherbio.2004.08.051
38. Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Imtiwati Kumar, R. (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review. *Veterinary World*. Vol. 9(3), pp. 260–268. DOI:10.14202/vetworld.2016.260-268
39. Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B., Nardone, A. (1996). Body condition score, metabolic status and milk production of early lactating dairy cows exposed to warm environment. *Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale (Italia)*. Vol. 90(1), pp. 43–55.
40. Rojas-Downing, M., Nejadhashemi, P., Harrigan, T., Woznicki, S.A. (2017). Climate change and livestock: Impacts,

adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*. Vol. 16, pp. 145–163. DOI:10.1016/j.crm.2017.02.001

41. Laporta, J., Fabris, T.F., Skibieli, A.L., Powell, J.L., Hayen, M.J., Horvath, K., Miller-Cushon, E.K., Dahl, G.E. (2017). In utero exposure to heat stress during late gestation has prolonged effects on the activity patterns and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*. Vol. 100(4), pp. 2976–2984. DOI:10.3168/jds.2016-11993

42. Fabris, T.F., Laporta, J., Skibieli, A.L., Corra, F.N., Senn, B.D., Wohlgenuth, S.E., Dahl, G.E. (2019). Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. Vol. 102, pp. 5647–5656. DOI:10.3168/jds.2018-15721

43. Sunil Kumar, B.V., Singh, G., Meur, S.K. (2010). Effects of Addition of electrolyte and ascorbic acid in feed during heat stress in buffaloes. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 23(7), pp. 880–888. DOI:10.5713/ajas.2010.90053

44. von Keyserlingk, M.A.G., Rushen, J., de Passille, A.M., Weary, D.M. (2009). Invited review: The welfare of dairy cattle – Key concepts and the role of science. – *Journal of Dairy Science*. Vol. 92, pp. 4101–4111. DOI:10.3168/jds.2012-6354.

45. Bruno, R.G.S., Rutigliano, H.M., Cerri, R.L., Robinson, P.H., Santos, J.E.P. (2009). Effect of feeding *Saccharomyces Cerevisiae* on performance of dairy cows during summer heat stress. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 150, pp. 175–186. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2008.09.001

46. Gonzalez-Rivas, P.A., Sullivan, M., Cottrell, J.J., Leury, B.J., Gaughan, J.B., Dushea, F.R. (2018). Effect of feeding slowly fermentable grains on productive variables and amelioration of heat stress in lactating dairy cows in a sub-tropical summer. *Tropical Animal Health and Production*. Vol. 50, pp. 1763–1769. DOI:10.1007/s11250-018-1616-5

47. Leiva, T., Cooke, R.F., Brandão, A.P., Schubach, K.M., Batista, L.F.D., Miranda, M.F., Colombo, E.A., Rodrigues, R.O., Junior, J.R.G., Cerri, R.L.A., Vasconcelos, J.L.M. (2017). Supplementing an immunomodulatory feed ingredient to modulate thermoregulation, physiologic, and production responses in lactating dairy cows under heat stress conditions. *Journal of Dairy Science*. Vol. 100(6), pp. 4829–4838. DOI:10.3168/jds.2016-12258.

48. Knizkova, I., Kunc, P., Koubkova, M., Flusser, J., Dolezal, O. (2002). Evaluation of naturally ventilated dairy barn management by a thermographic method. *Livestock Production Science*. Vol. 77, pp. 349–353. DOI:10.1016/S0301-6226(02)00062-3

49. Gregory, N.G. (1995). The role of shelterbelts in protecting livestock: a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. Vol. 38, pp. 423–450. DOI:10.1080/00288233.1995.9513146

50. Yurchenko, A., Daetwyler, H.D., Yudin, N., Robert, D., Schnabel, R.D., Jagt, C.J., Soloshenko, V., Lhasaranov, B., Popov, R., Taylor, J., Larkin, D.M. (2018). Scans for signatures of selection in Russian cattle breed genomes reveal new candidate genes for environmental adaptation and acclimation. *Scientific Reports*. Vol. 8, 12984. DOI:10.1038/s41598-018-31304-w

51. Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, M., Belyea, R. (2002). The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a

Mediterranean climate. *Animal Research*. Vol. 51, pp. 479–491. DOI:10.1051/animres:2002036

52. Dikmen, S., Hansen, P. (2009). Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*. Vol. 92, pp. 109–116. DOI:10.3168/jds.2008-1370

53. Borshch, O.O., Gutyj, B.V., Borshch, O.V., Sobolev, O.I., Chernyuk, S.V., Rudenko, O.P., Kalyn, B.M., Lytvyn, N.A., Savchuk, L.B., Kit, L.P., Nahiriak, T.B., Kropyvka, S.I., Pundyak, T.O. (2020). Environmental pollution caused by the manure storage. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 10(3), pp. 110–114.

54. Borshch, O.O., Ruban, S., Borshch, O.V. (2021). Review: the influence of genotypic and phenotypic factors on the comfort and welfare rates of cows during the period of global climate changes. *Agraarteadus*. Vol. 32(1), pp. 25–34. DOI:10.15159/jas.21.12.

55. Ruban, S., Borshch, O.O., Borshch, O.V., Orischuk, O., Balatskiy, Y., Fedorchenko, M., Kachan, A., Zlochevskiy, M. (2020). The impact of high temperatures on respiration rate, breathing condition and productivity of dairy cows in different production systems. *Animal Science Papers and Reports*. Vol. 38(1), pp. 61–72.

56. Zähler, M., Schrader, L., Hauser, R., Keck, M., Langhans, W., Wechsler, B. (2004). The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables. *Animal Science*. Vol. 78, pp. 139–147.

57. Dahl, G.E., Tao, S., Laporta, J. (2017). Late gestation heat stress of dairy cattle programs dam and daughter milk production. *Journal of Animal Science*. Vol. 95, pp. 5701–5710. DOI:10.2527/jas2017.2006

58. Legrand, A.L., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M. (2009). Preference and usage of pasture versus free-stall housing by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. Vol. 92, pp. 3651–3658. DOI:10.3168/jds.2008-1733

59. De Palo, P., Tateo, A., Zezza F., Corrente, M., Centoducati, P. (2004). Influence of Free-Stall Flooring on Comfort and Hygiene of Dairy Cows during Warm Climatic Conditions. *Journal of Dairy Science*. Vol. 89(12), pp. 4583–4595. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(06)72508-5

60. Blackshaw, J.K., Blackshaw, A.W. (1994). Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: A review. *Animal Production Science*. Vol. 34, pp. 285–295. DOI:10.1071/ea9940285

61. Kendall, P.E., Nielsen, P.P., Webster, J.R., Verkerk, G.A., Littlejohn, R.P., Matthews, R.L. (2006). The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science*. Vol. 103, pp. 148–157. DOI:10.1016/j.livsci.2006.02.004.

62. Eigenberg, R., Brown-Brandl, T., Nienaber, J., Hahn, G.L. (2005). Dynamic Response Indicators of Heat Stress in Shaded and Non-shaded Feedlot Cattle, Part 2: Predictive Relationships. *Biosystem Engineering*. Vol. 91(1), pp. 111–118. DOI:10.1016/j.biosystemseng.2005.02.001

63. Schütz, K.E., Rogers, A.R., Cox, N.R., Webster, J.R., Tucker, C.B. (2011). Dairy cattle prefer shade over sprinklers: effects on behaviour and physiology. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94, pp. 273–283. DOI:10.3168/jds.2010-3608

64. Tucker, C.B.A., Rogers, A.R., Schütz, K.E. (2008). Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of

shade and body temperature in a pasture-based system. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol. 109, pp. 141–154. DOI:10.1016/j.applanim.2007.03.015

65. Smith, T.R., Chapa, A., Willard, S., Herndon, C. Jr., Williams, R.J., Crouch, J., Riley, T., Pogue, D. (2006). Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the southeast. I: effects on body temperature and respiration rate. *Journal of Dairy Science*. Vol. 89, pp. 3904–3914. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(06)72433-X

66. Khongdee, S., Chaiyabutr, N., Hinch, G., Markvichitr, K., Vajrabukka, C. (2006). Effects of evaporative cooling on reproductive performance and milk production of dairy cows in hot wet conditions. *International Journal of Biometeorology*. Vol. 50, pp. 253–257. DOI:10.1007/s00484-006-0030-2

67. Broucek, J., Mihina, S., Ryba, S., Tongel, P., Kisac, P., Uhrincat, M., Hanus, A. (2006). Effects of high air temperatures on milk efficiency in dairy cows. *Czech Journal of Animal Science*. Vol. 51, pp. 93–101.

68. Legrand, A., Schütz, K.E., Tucker, C.B. (2011). Using water to cool cattle: Behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94, pp. 3376–3386. DOI:10.3168/jds.2010-3901

69. Angrecka, S., Herbut, P. (2016). Impact of barn orientation on insolation and temperature of stalls surface. *Annals of Animal Science*. Vol. 16, pp. 887–896. DOI:10.1515/aas-2015-0096

70. Kendall, P.E., Nielsen, P.P., Webster, J.R., Verkerk, G.A., Littlejohn, R.P., Matthews, R.L. (2006). The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science*. Vol. 103, pp. 148–157. DOI:10.1016/j.livsci.2006.02.004

71. Meyer, M.J., Smith, J.F., Harner, J.P., Shirley, J.E., Titgemeyer, E.C., Brouk, M.J. (2002). Performance of lactating dairy cattle in three different cooling systems. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 18, pp. 341–345. DOI:10.13031/2013.8596

72. Her, E., Wolfenson, D., Flamenbaum, I., Folman, Y., Kaim, M., Berman, A. (1988). Thermal, productive and reproductive response of high yielding cows exposed to short-term cooling in summer. *Journal of Dairy Science*. Vol. 71, pp. 1085–1092. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(88)79656-3

73. Wolfenson, D., Flamenbaum, I., Berman, A. (1988). Hyperthermia and body energy store effects on estrous behavior, conception rate, and corpus luteum function in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 71, pp. 3497–3504. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(88)79956-7

74. Smith, T.R., Chapa, A., Willard, S., Herndon, C. Jr., Williams, R.J., Crouch, J., Riley, T., Pogue, D. (2006). Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the southeast: II: impact on lactation performance. *Journal of Dairy Science*. Vol. 89, pp. 3915–3923. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(06)72434-1

75. von Keyserlingk, M.A.G., Martin, N.P., Kebreab, E., Knowlton, K.F., Grant, R.J., Stephenson, M., Sniffen, C.J., Harner, J.P., Wright, A.D., Smith, S.I. (2013). Invited review: Sustainability of the US dairy industry. *Journal of Dairy Science*. Vol. 96, pp. 5405–5425. DOI:10.3168/jds.2012-6354

76. Chen, J.M., Schutz, K.E., Tucker, C.B. (2016). Sprinkler flow rate affects dairy cattle preferences, heat load, and insect deterrence behavior. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol. 182, pp. 1–8. DOI:10.1016/j.applanim.2016.05.023

77. Avendano-Reyes, L., Alvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderon, A., Saucedo-Quintero, J.S., Robinson, P.H., Fadel, J.G. (2006). Effect of cooling Holstein cows during the dry period on postpartum performance under heat stress conditions. *Livestock Science*. Vol. 105, pp. 198–206. DOI:10.1016/j.livsci.2006.06.009

78. Bailey T., Sheets J., McClary D., Smith, S., Bridges A. Heat abatement. – Elanco Dairy Business Unit. 2016. Available at: <https://assets.ctfassets.net>

79. Wu, W., Zhai, J., Zhang, G., Nielsen, P.V. (2012). Evaluation of methods for determining air exchange rate in a naturally ventilated dairy cattle building with large openings using computational fluid dynamics (CFD). *Atmospheric Environment*. Vol. 63, pp. 179–188. DOI:10.1016/j.atmosenv.2012.09.042

80. Herbut, P. (2013). Temperature, humidity and air movement variations inside a free-stall barn during heavy frost. *Annals of Animal Science*. Vol. 13(3), pp. 587–596. DOI:10.2478/aas-2013-0025

81. Berman, A. (2019). An overview of heat stress relief with global warming in perspective. *International Journal of Biometeorology*. Vol. 63(4), pp. 493–498. DOI:10.1007/s00484-019-01680-7

82. Yi, Q., Wang, X., Zhang, G., Li, H., Janke, D., Amon, T. (2019). Assessing effects of wind speed and wind direction on discharge coefficient of sidewall opening in a dairy building model – A numerical study. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 162, pp. 235–245. DOI:10.1016/j.compag.2019.04.016

83. Nusinovici, S., Frössling, J., Widgren, S., Beaudreau, F., Lindberg, A. (2015). Q fever infection in dairy cattle herds: Increased risk with high wind speed and low precipitation. *Epidemiology and Infection*. Vol. 143(15), pp. 3316–3326. DOI:10.1017/S0950268814003926

84. Rong, L., Liu, D., Pedersen, E.F., Zhang, G. (2015). The effect of wind speed and direction and surrounding maize on hybrid ventilation in a dairy cow building in Denmark. *Energy and Buildings*. Vol. 86, pp. 25–34. DOI:10.1016/j.enbuild.2014.10.016

85. Borshch, O.O., Borshch, O.V., Sobolev, O.I., Nadochii, V.M., Slusar, M.V., Gutyj, B.V., Polishchuk, S.A., Malina, V.V., Korol, A.P., Korol-Bezpal, L.P., Bezpalyi, I.F., Cherniavskiy, O.O. (2021). Wind speed in easily assembled premises with different design constructions for side curtains in winter. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 11(1), pp. 325–328. DOI:10.15421/2021\_49

86. Borshch, O.O., Ruban, S.Yu., Gutyj, B.V., Borshch, O.V., Sobolev, O.I., Kosior, L.T., Fedorchenko, M.M., Kirii, A.A., Pivtorak, Y.I., Salamakha, I.Yu., Hordiichuk, N.M., Hordiichuk, L.M., Kamratska, O.I., Denkovich, B.S. (2020). Comfort and cow behavior during periods of intense precipitation. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 10(6), pp. 98–102. DOI:10.15421/2020\_265

87. Borshch, A.A., Ruban, S., Borshch, A.V., Babenko, O.I. (2019). Effect of three bedding materials on the microclimate conditions, cows behavior and milk yield. *Polish Journal of Natural Sciences*. Vol. 34(1), pp. 19–31.

88. Borshch, O.O., Borshch, O.V., Fedorchenko, M.M. (2021). Influence of low temperatures on heat balance in easily assembled premises of different types. *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. Vol. 4(2), pp. 27–30. DOI:10.32718/ujvas4-2.05

**Влияние генотипических и фенотипических факторов на показатели комфорта коров****Борщ А.А.**

Целью статьи является обобщение имеющихся знаний о влиянии температурного стресса на здоровье, продуктивность и уровень комфорта коров и обсуждение стратегий управления, которые бы смягчили влияние этих факторов. Исследование влияния погодных явлений на поведенческие и физиологические процессы занимает важное место при разработке высокоэффективных методов управления молочным скотоводством. Факторы климата и погоды приобрели важное значение в системе взаимодействия «организм-среда». Одним из основных факторов повышения показателей комфортности условий содержания коров в помещениях различного типа, на выгульных площадках и на пастбищах является создание таких показателей микроклимата, которые лучше бы соответствовали биологическим потребностям молочных коров в зависимости от времени года и продуктивности. Среди погодных факторов, влияющих на функционирование молочного скота, наибольшее влияние имеет температура окружающей среды (термонейтральной для организма молочного скота является температура в диапазоне от -5 до 25 °С). В связи с постоянными обменными процессами организм крупного рогатого скота очень уязвим к воздействию температуры окружающей среды. Особенно это ощущается в периоды длительных низко или высокотемпературных нагрузок. Нарушение обменных и терморегуляционных процессов напрямую влияет на продолжительность и характер поведенческих и физиологических реакций и вызывает стресс у животных. Продолжительный температурный стресс является причиной колебания показателей продуктивности, качественного состава молока, проблем с воспроизведением и в совокупности значительно влияет на рентабельность производства продукции. Для снижения влияния температурных стрессов на организм молочных коров учеными предложены стратегии управления в периоды высоко- и низкотемпературных нагрузок. Эти стратегии делятся на генотипические: отбор термостойких особей разных пород и фенотипические: использование средств регулирования микроклимата и модернизация методов управления кормлением.

**Ключевые слова:** коровы, температурные стрессы, продуктивность, комфорт, поведение, варианты содержания.

**The Influence of genotypic and phenotypic factors on indicators of cow comfort****Borshch O.O.**

The aim of this article is to summarize the available knowledge about the effects of temperature stress on cow health, productivity and comfort levels, and to discuss management strategies that would mitigate these factors. The study of the influence of weather phenomena on behavioral and physiological processes takes an important place in the development of highly effective methods for managing dairy cattle breeding. Climate and weather factors have become important in the system of interaction «organism-environment». One of the main factors in increasing the comfort indicators of conditions for keeping cows in premises of various types, on walking grounds and on pastures is the creation of such microclimate indicators that would better correspond to the biological needs of dairy cows, depending on the season and productivity. Among the weather factors affecting the functioning of dairy cattle, the ambient temperature has the greatest influence, (the temperature in the range from -5 to 25 °C is thermally neutral for the organism of dairy cattle). Due to the constancy of metabolic processes, the body of cattle is very vulnerable to the effects of ambient temperature. This is especially felt during periods of prolonged low or high temperature loads. Disruption of metabolic and thermoregulatory processes directly affects the duration and nature of behavioral and physiological reactions and causes stress in animals. Prolonged temperature stress is the cause of fluctuations in productivity indicators, the qualitative composition of milk, problems with reproduction and, taken together, significantly affects the profitability of production. To reduce the effect of temperature stresses on the body of dairy cows, scientists have proposed management strategies during periods of high and low temperature loads. These strategies divided into genotypic: selection of temperature resistant individuals of different breeds and phenotypic: the use of microclimate control means and modernization of feeding management methods.

**Key words:** cows, temperature stresses, productivity, comfort, behavior, housing options.



Copyright: Борщ О.О. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:  
Борщ О.О.

<https://orcid.org/0000-0002-8450-2109>