УДК 636.52/58:636.083:591.044:591.111

DOI: 10.31521/2313-092X/2021-3(111)-9

ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ УГРУПУВАННЯ КУРЕЙ НА НЕСПЕЦИФІЧНУ РЕАКТИВНІСТЬ ЇХ ОРГАНІЗМУ

Ю. В. Осадча, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ORCID ID: 0000-0003-4126-2456
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Досліджено неспецифічну реактивність організму курей за впливу величини угрупування з однаковою щільністю посадки несучок в клітках-аналогах за конструкцією. Виявлено, що за зменшення величини угрупування курей спостерігається зсув лейкоцитарної формули вліво, перевага неспецифічних захисних клітин, що відбувається внаслідок функціонального підвищення проліферативної активності кісткового мозку і виражається у збільшенні кількості гетерофілів та підвищенні їх активності у мікрофагально-макрофагальній системі імунної відповіді.

***Ключові слова**: кури, стрес, імуногематологічні індекси, неспецифічна реактивність, ендогенна інтоксикація.*

Постановка проблеми. Упродовж останніх десятиліть яєчне птахівництво зазнало спеціалізації, концентрації та інтенсифікації, що призвело до суттєвих змін основних виробничих процесів, у тому числі до застосування високотехнологічного кліткового устаткування для утримання несучок, що тим чи іншим чином впливає на добробут курей та якість харчових яєць [36]. Здоров'я є невід'ємною частиною добробуту курей та передумовою їх високої продуктивності. Для міцного здоров'я важливим є повноцінне функціонування імунної системи, на яку впливають різноманітні технологічні стресори, одним з яких є величина угрупування курей у клітках.

Параметри величини угрупування курей-несучок промислового стада в клітках не передбачені діючими вітчизняними нормами, а за рекомендаціями розробника кросу мають становити не менше 7 гол [32], хоча на практиці досягають 100 гол, тому потребують уточнення під час використання 12-ярусних кліткових батарей класичних конструкцій. Однак, вплив величини угрупування курей на їх організм, за кліткового утримання з однаковою забезпеченістю площею, вивчався в основному на невеликих групах птиці, розміром до 10 голів [24,25,44] або ж в дослідах використовували клітки різних конструкцій та виробників, що унеможливлює їх адекватне порівняння [45]. Таким чином, існує необхідність вивчення впливу величини угрупування на організм курей, за однакової щільності посадки несучок в клітках-аналогах за конструкцією.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Неспецифічні реакції, властиві для всіх видів стресів, – це, переважно, реактивність гіпоталамо-гіпофізарно-адренокортикальної системи і вегетативних функцій, у тому числі серцево-судинної і кровотворення [6,20]. Г. Сельє визначив стрес як неспецифічну реакцію організму, що розвивається під впливом різних причинних факторів. Всі екзогенні і ендогенні фактори, які створюють підвищені вимоги до організму, отримали назву стресорів [17]. Не дивлячись на їх різноманітність, організм відповідає стереотипною формою біохімічних, функціональних і структурних змін, адаптацією до нових умов. Г. Сельє встановив, що під час дії стресорів організм відповідає неспецифічними реакціями захисту – прискорюється серцебиття, підвищується артеріальний тиск, а в крові збільшується концентрація кортикостероїдів.

Активація кори надниркових, як центру стресових реакцій, супроводжується багаточисельними змінами в складі крові. Багатьма дослідниками [11,34,37] ці зміни були прийняті в якості критеріїв оцінки стресового стану птиці, які дають можливість виявити стресовий вплив на їх організм різних факторів і визначити інтенсивність і тривалість стресового стану. Під час виявлення стресів за оцінкою даних критеріїв, які базуються на основі інтенсивної і постійної реактивної відповіді, найчастіше використовують співвідношення гетерофілів і лімфоцитів [40,41]. Оскільки доведено [35], що під час розвитку стресового стану цей показник збільшується внаслідок підвищеної проліферації гемопоетичних стовбурових клітин,

© Осадча Ю. В., 2021

збільшення вироблення гетерофілів та за рахунок абортивного викиду незрілих клітин гетерофілів із кісткового мозку в кровоносне русло і міграції лімфоцитів з нього у тканини. Крім того, зміни співвідношення гетерофілів і лімфоцитів корелюють із концентрацією кортикостерону в крові курей та пропорційні ступеню впливу стресорів різної природи [42,46].

Співвідношення гетерофілів і лімфоцитів є інтегральним імуногематологічним індексом, який у гуманній медицині відомий як індекс Кребса [15]. Крім нього у гуманній медицині використовують цілу панель імуногематологічних індексів, що непрямим чином віддзеркалюють стан імунної системи і характер перебігу адаптаційних процесів в організмі [16,18]. Останнім часом маркерну панель до якої належать індекс зсуву лейкоцитів (ІЗЛК), індекс співвідношення гетерофілів і лімфоцитів (ІСГЛ або індекс Кребса), індекс співвідношення лейкоцитів і ШОЕ (ІЛШОЕ), лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс (ІЛГ), загальний індекс (ЗІ), індекс імунореактивності (ІІР), індекс співвідношення гетерофілів і моноцитів (ІСГМ), індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів (ІСЛМ), лейкоцитарний індекс (ЛІ) та індекс співвідношення лімфоцитів і еозинофілів (ІСЛЕ) використовують і в тваринництві [1,8,14].

Розмір угрупування птиці чинить тиск на основні структури мозку, що корелює із підвищеними вимогами до птиці, яка живе у відносно великих, складних та динамічних соціальних організаціях [29]. Ці вимоги стосуються здебільшого конкуренції за їжу або доступ до інших цінних ресурсів. Варіації розміру угрупування в природних популяціях саморегулюються, однак в умовах промислового утримання курей – відсутні. Птиця не має можливості покинути групову обстановку, в результаті чого утворюються посилені агресивні взаємодії, які можуть сприяти деспотичній поведінці [28]. Однак останні дослідження показують, що соціальна поведінка птиці не обмежується лише формуванням ієрархії, і вона набагато пластичніша та динамічніша, ніж вважалося раніше.

Так, раніше вважали, що кури (Galus galus domesticus) – це соціальний вид, який, перебуваючи в угрупуванні, створює стабільну ієрархію домінування, яка встановлюється завдяки агресивним взаємодіям [48]. Як тільки формується стійка ієрархія, агресивні взаємодії змінюються взаємодіями домінування-підпорядкування. За таким типом ієрархії кури розпізнають товаришів по угрупуванню індивідуально і пам'ятають результати агресивних зустрічей. Частота та інтенсивність агресивних взаємодій для формування стійкої ієрархії визначається розміром угрупування, оскільки для встановлення відносин домінування у більших угрупуваннях необхідна більша кількість взаємодій між учасниками групи. Подальші дослідження показали [30], що у великих угрупуваннях курям складно запам'ятати результати всіх взаємодій, що призводить до зменшення стійкості соціальної структури угрупування. Ці результати призвели до думки, що птиця у великих угрупуваннях встановлює більш гнучку, толерантну систему поведінки. Тобто, у великих угрупуваннях, де індивідуальне визнання неможливе, соціальні взаємодії птиця вибудовує шляхом пластичної толерантної системи поведінки. Ця поведінкова пластичність дозволяє птиці змінювати стратегії та легше пристосовуватися до різних технологічних (соціальних та фізичних) умов у межах обмеженого угрупування [30].

Збільшення величини угрупування курей (більше 10 голів) за їх утримання в клітках багатоярусних батарей дослідники асоціюють із зниженням збереженості поголів'я та погіршенням продуктивності, що є проявами стресових станів [26,27,36]. Також є повідомлення про те, що утримання курей середніми за величиною угрупуваннями (близько 30 голів) може провокувати у них соціальний стрес, який також супроводжуються зниженням продуктивності, оскільки розмір такої групи занадто великий, щоб скласти стабільну ієрархію, але замалий для толерантної соціальної системи [33,38].

Мета роботи. Дослідження неспецифічної реактивності організму курей за впливу величини угрупування з однаковою щільності посадки несучок в клітках-аналогах за конструкцією.

Матеріал та методи досліджень. В якості об'єкта досліджень використовували яєчних курей промислового стада «Ну-Line W-36». Досліди з експериментальними тваринами проводили відповідно до правил Європейської конвенції про захист хребетних тварин (Офіційний вісник Європейського Союзу L276/33, 2010).

В умовах сучасного комплексу з виробництва харчових яєць сформували 4 групи курей, кожну з яких утримували в окремому пташнику-аналогу за площею (2915 м2), обладнаному 12-ярусними клітковими батареями «Big Dutchman» (Німеччина), розмір кліток в яких різнився. Залежно від розміру кліток, за однакової щільності посадки (23,0 гол./м2), поголів'я курей у них було різним. Величина угрупування курей у кожній клітці 1-ї групи (клітка 362×112,0 см) складала 93 гол., 2-ї групи (клітка 360×62,55 см) – 52 гол., 3-ї (клітка 120×62,55 см) – 17 гол. та 4-ї (клітка 70×56 см) – 9 гол. (табл. 1).

Таблиця 1

Схема досліду

Характеристика	Група курей			
	1	2	3	4
Кількість ярусів у пташнику	12			
Кількість кліток	4704	6048	18144	30912
Кількість голів у клітці / величина угрупування	93	52	17	9
Кількість голів у групі	437472	314496	308448	278208
Щільність посадки, гол./м^2	23,0			
Забезпеченість площею, см^2/гол	436,0	433,0	441,5	435,6
Розміри клітки, см: – довжина – глибина	362 112,0	360 62,55	120 62,55	70 56
Площа клітки, см^2	40544	22518	7506	3920
Кількість ніпелів у клітці, шт.	12	17	12	1,5
Фронт годівлі, см	7,8	6,9	7,1	7,8
Площа пташника, м^2	2915			

Упродовж досліду курей забезпечували питною водою, повнораціонними комбікормами однакового складу та утримували згідно з вимогами (ВНТП-АПК-04.05.).

Гемограму курей-несучок визначали на гематологічному аналізаторі Micros 60 (Horiba Ltd.) у лабораторії «Бальд» (сертифікат №LB/02/2016). Для цього відбирали по 30 проб цільної крові у несучок кожної групи віком 52 тижні. Відбирали по 1,0–1,5 мл крові з підкрильцевої вени у пробірку з EDTA.

Для оцінки неспецифічної реактивності організму курей визначали інтегральні імуногематологічні індекси інтоксикації (індекс зсуву лейкоцитів (ІЗЛК)), активності запалення (індекс співвідношення гетерофілів і лімфоцитів (ІСГЛ або індекс Кребса) або гетерофільно-лімфоцитарний коефіцієнт, індекс співвідношення лейкоцитів і ШОЕ (ІЛШОЕ), лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс (ІЛГ), загальний індекс (ЗІ)) та неспецифічної реактивності (індекс імунореактивності (ІІР), індекс співвідношення гетерофілів і моноцитів (ІСНМ), індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів (ІСЛМ), лейкоцитарний індекс (ЛІ), індекс співвідношення лімфоцитів і еозинофілів (ІСЛЕ)) за наступними формулами [7,13,15,18]:

Індекс зсуву лейкоцитів (ІЗЛК) розраховували за формулою (1):

$$ІЗЛК=(Е+Б+Г)/(Мо+Л), \quad (1)$$

де Е – еозенофіли, Б – базофіли, Г – гетерофіли, Мо – моноцити, Л – лімфоцити.

Індекс Кребса (ІК) розраховували за формулою (2):

$$ІК=(П+С)/Л, \quad (2)$$

де: П – паличкоядерні гетерофіли, С – сегментоядерні гетерофіли, Л – лімфоцити.

Лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс (ІЛГ) розраховували за формулою (3):

$$ІЛГ=Л\times10/(М+Ю+П+С+Е+Б), \quad (3)$$

де Л – лімфоцити, М – мієлоцити, Ю – юні форми, П – паличкоядерні гетерофіли, С – сегментоядерні гетерофіли, Е – еозинофіли, Б – базофіли.

Індекс співвідношення лейкоцитів і ШОЕ (ІЛ ШОЕ) розраховували за формулою (4):

$$ІЛ\ ШОЕ=Л\times ШОЕ/100, \quad (4)$$

де Л – лімфоцити, ШОЕ – швидкість осідання еритроцитів.

Загальний індекс (ЗІ) розраховували за формулою:

$$ЗІ = ІЛГ+ІЛ\ ШОЕ, \quad (5)$$

де ІЛГ – лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс, ІЛ ШОЕ – індекс співвідношення лейкоцитів і ШОЕ.

Індекс імунореактивності (ІІР) розраховували за формулою (6):

$$ІІР=(Л+Е)/Мо, \quad (6)$$

де Л – лімфоцити, Е – еозинофіли, Мо – моноцити.

Індекс співвідношення гетерофілів і моноцитів (ІСНМ) розраховували за формулою (7):

$$ІСНМ=(М+Ю+П+С)/Мо, \quad (7)$$

де М – мієлоцити, Ю – юні форми, П – паличкоядерні гетерофіли, С – сегментоядерні гетерофіли, Мо – моноцити.

Індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів (ІСЛМ) розраховували за формулою (8):

$$ІСЛМ=Л/Мо, \quad (8)$$

де Л – лімфоцити, Мо – моноцити.

Лімфоцитарний індекс (ЛІ) визначали із співвідношення лімфоцитів і гетерофілів (9):

$$ЛІ=Л/Г, \quad (9)$$

де Л і Г – відсотковий вміст відповідно лімфоцитів і гетерофілів у лейкоцитарній формулі.

Індекс співвідношення лімфоцитів і еозинофілів (ІСЛЕ) розраховували за формулою (10):

$$ІСЛЕ=Л/Е, \quad (10)$$

де Е – еозинофіли,

Л – лімфоцити.

Для визначення інформативності змін показників системи імунітету, як можливих прогностичних чинників, визначали ступінь імунологічних порушень (СІП). За наявності імунодефіциту показник був негативним «-», знак «+» свідчив про гіперфункцію імунної системи.

Значення результату в межах 1–33% трактували як I ступінь імунологічних розладів, 34–66,7% – II ступінь, більше 66,7% – III ступінь [2].

Отримані цифрові результати опрацьовували методами варіаційної статистики. Достовірність відмінностей між середніми величинами визначали за t-критерієм Ст'юдента, різниці вважали достовірними за $p<0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення. Для оцінки адаптаційного і загального реактивного імунологічного потенціалу курей за впливу величини угрупування визначали інтегральні імуногематологічні індекси інтоксикації, активності запалення та неспецифічної реактивності (табл. 2).

Таблиця 2

Інтегральні імуногематологічні індекси курей

Індекс, од.	Група курей			
	1	2	3	4
Індекси інтоксикації				
Індекс зсуву лейкоцитів	0,31±0,015	0,39±0,029*	0,55±0,015**°°	0,66±0,023**°°''
Індекси активності запалення				
Індекс співвідношення гетерофілів і лімфоцитів	0,29±0,016	0,35±0,033	0,54±0,021**°°	0,65±0,023**°°''
Лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс	30,51±1,595	30,52±0,323	17,04±0,491**°°	14,68±0,489**°°''
Індекс співвідношення лейкоцитів і ШОЕ	2,97±0,026	3,02±0,026	3,21±0,016**°°	3,57±0,021**°°''
Загальний індекс	33,48±1,826	33,54±0,223	20,25±0,526**°°	18,26±0,439**°°''
Індекси неспецифічної реактивності				
Індекс імунореактивності	8,89±0,624	12,85±0,856**	13,98±1,005**	16,58±0,808**°'
Індекс співвідношення гетерофілів і моноцитів	2,30±0,107	4,71±0,553**	7,42±0,703**°	10,18±0,489**°°''
Індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів	8,52±0,582	12,18±0,837**	13,49±1,001**	16,16±0,820**°°''
Лімфоцитарний індекс	3,84±0,217	3,06±0,263*	1,96±0,087**°°	1,61±0,053**°°''
Індекс співвідношення лімфоцитів і еозинофілів	24,64±0,796	27,37±0,899*	37,23±0,538**°°	38,94±0,607**°°'

*Примітки: *p<0,05, **p<0,001 – порівняно з першою групою; °p<0,01, °°p<0,001 – порівняно з другою групою; 'p<0,05, ''p<0,01, '''p<0,001 – порівняно з третьою групою.*

Виявлено, що лімфоцитарний індекс (ЛІ), лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс (ІЛГ) та загальний індекс (ЗІ) знижувались зі зменшенням розміру групи, тоді як індекс зсуву лейкоцитів (ІЗЛК), індекс співвідношення гетерофілів і лімфоцитів (ІСГЛ), індекс співвідношення

лейкоцитів і ШОЕ (ІЛШОЕ), індекс імунореактивності (ІІР), індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів (ІСЛМ), індекс співвідношення гетерофілів і моноцитів (ІСГМ) та індекс співвідношення лімфоцитів і еозинофілів (ІСЛЕ) – навпаки, підвищувались.

Індекс зсуву лейкоцитів (ІЗЛК), який характеризує співвідношення гранулоцитів та агранулоцитів і не залежить від кількості лейкоцитів у крові [19], підвищувався із зменшенням величини угрупування курей. Найвищим ІЗЛК виявився у курей 4-ї групи – на 0,35 од. або 112,9% ($p<0,001$) порівняно з 1-ю групою та на 0,27 од. або 69,2% ($p<0,001$) і 0,11 од. або 20,0% ($p<0,001$) порівняно з 2 та 3-ю групами відповідно. Водночас у курей 2-ї групи ІЗЛК був вищим на 0,08 од. або 25,8% ($p<0,05$) порівняно з 1-ю групою, а у курей 3-ї групи – на 0,24 од. або 77,4 % ($p<0,001$) та 0,16 од. або 41,0% порівняно з 1 та 2-ю групами відповідно. Підвищення ІЗЛК із зменшенням розміру групи курей вказує на зсув лейкоцитарної формули їх крові вліво, що свідчить про порушення імунологічної реактивності [23] і надходження в периферійну кров великої кількості «молодих» форм лейкоцитів [19].

Індекс співвідношення гетерофілів та лімфоцитів (ІСГЛ або індекс Кребса), який класично є маркером стресу та відображає співвідношення клітин специфічного та неспецифічного імунітету [8,41], підвищувався із збільшенням величини угрупування курей. Найвищий ІСГЛ виявлений у курей 4-ї групи – на 0,36 од. або 121,4% ($p<0,001$) порівняно з 1-ю групою, та на 0,3 од. або 85,7% ($p<0,001$) і 0,11 од. або 20,4% ($p<0,001$) порівняно з 2-ю та 3-ю групами відповідно. У курей 3-ї групи ІСГЛ був вищим на 0,25 од. або 86,2% ($p<0,001$) та 0,19 од. або 54,3% ($p<0,05$) порівняно з 1-ю та 2-ю групами відповідно. Різниця між 1-ю та 2-ю групами складала лише 0,06од. або 20,7% і статистично не підтвердилась. ІСГЛ характеризує активність фагоцитарних реакцій і факторів специфічного імунітету, а також їх участь у підтримці загальної реактивності організму [19], тому його підвищення із зменшенням розміру групи курей свідчить про перевагу неспецифічних захисних клітин, що відбувається внаслідок функціонального підвищення проліферативної активності кісткового мозку і виражається у збільшенні кількості гетерофілів [31].

Лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс (ІЛГ), дозволяє диференціювати автоінтоксикацію, викликану порушенням роботи імунної або ферментативної системи, та інфекційну інтоксикацію, а також виражає в числах ступінь зсуву лейкоцитарної формули крові [7,39], знижувався із зменшенням величини угрупування курей. Найнижчий ІЛГ виявлено у курей 4-ї групи – на 15,8 од. або 107,4% ($p<0,001$), 15,8 од. або 107,9% ($p<0,001$) та 2,36 од. або 16,1% ($p<0,001$) порівняно з 1-ю, 2-ю та 3-ю групами відповідно. У курей 1-ї та 2-ї груп ІЛГ знаходився на одному рівні – 30,51–30,52 од., а у 3-ї групи був нижчим на 13,5 од. або 79,0% ($p<0,001$) порівняно з 1-ю групою. Зниження ІЛГ свідчить про зсув лейкоцитарної формули вліво та підтверджує наявність аутоімунної інтоксикації [13,16,39]. Зниження ІЛГ також можна розглядати як порушення чинників і механізмів імунологічної реактивності [10].

Одночасне підвищення ІЗЛК та зниження ІЛГ свідчить про розвиток ендогенної інтоксикації та порушення імунологічної реактивності внаслідок автоінтоксикації організму під час деструкції власних клітин [13].

Індекс співвідношення лейкоцитів і ШОЕ (ІЛШОЕ), зміни якого свідчать про наявність інтоксикації, пов'язаної з інфекційним (зменшення ІЛШОЕ) або аутоімунним (збільшення ІЛШОЕ) процесом [12], підвищувався із зменшенням величини угрупування курей. Найвищий ІЛШОЕ спостерігався у курей 4-ї групи – на 0,6 од. або 20,2% ($p<0,001$) порівняно з 1-ю групою та на 0,55 од. або 18,2% ($p<0,001$) і 0,36 од. або 11,2% ($p<0,001$) порівняно з 2-ю та 3-ю групами відповідно. Водночас ІЛШОЕ у курей 1-ї та 2-ї груп різнився лише 0,05 од. або 1,7% без статистичного підтвердження, тоді як у курей 3-ї групи був вищим на 0,24 од. або 8,1% ($p<0,001$) і 0,19 од. або 6,3% ($p<0,001$) порівняно з 1-ю та 2- ю групами відповідно. Зниження ІЛШОЕ із зменшенням розміру групи курей свідчить про наявність в їх організмі вираженої системної запальної відповіді з високим рівнем ендогенної інтоксикації і порушенням імунологічної реактивності [16], а також підтверджує аутоімунний характер патологічного процесу [5,15].

Загальний індекс (ЗІ), який є сумою лімфоцитарно-гранулоцитарного (ІЛГ) та співвідношення лейкоцитів і ШОЕ (ІЛШОЕ) індексів та дозволяє розрізнити характер інтоксикації на ранніх стадіях розвитку патологічного процесу [13], знижувався із зменшенням величини угрупування курей. Найнижчий ЗІ виявлено у курей 4-ї групи – на 15,22 од. або 45,5% ($p<0,001$) ніж у курей 1-ї групи та на 15,28 од. або 45,6% ($p<0,001$) і на 1,99 од. або 9,8% ($p<0,01$) – ніж у курей 2-ї та 3-ї груп відповідно. Слід відзначити, що різниця ЗІ між 1-ю та 2-ю групами складала лише 0,06 од.

або 0,2% та статистично не підтвердилась, а у курей 3-ї групи ЗІ був нижчим 13,23 од. або 39,5% (p<0,001) і 13,29 од. або 39,6% (p<0,001) – ніж у курей 1-ї та 2-ї груп відповідно. Зниження ЗІ свідчить про наявність в організмі курей інтоксикаційного процесу [14].

Індекс імунореактивності (ІІР), який відображає стан основних клітин-продуцентів цитокінів та дисбаланс у цитокіновому профілі [22], підвищувався із зниженням величини угрупування курей. Найвищий ІІР спостерігався у курей 4-ї групи – на 7,69 од. або 86,5% (p<0,001) ніж у курей 1-ї групи та на 3,73 од. або 29,0% (p<0,01) і на 2,60 од. або 18,6% (p<0,05) – ніж у курей 2-ї та 3-ї груп відповідно. Водночас у курей 2-ї групи ІІР був вищим на 3,96 од. або 44,5% (p<0,001), а у курей 3-ї групи – на 5,09 од. або 57,3% (p<0,001) порівняно з 1-ю групою. Відмінності між 2-ю та 3-ю групою складали лише 1,13 од. або 8,8% та статистично не підтвердились. Підвищення ІІР із зменшенням розміру групи (до 25 од.) свідчить про компенсацію ендогенної інтоксикації [21].

Індекс співвідношення гетерофілів і моноцитів (ІСГМ), який свідчить про співвідношення компонентів мікрофагально-макрофагальної системи [16], підвищувався із зменшенням величини угрупування курей. Найвищий ІСГМ спостерігався у курей 4-ї групи – на 7,88 од. або 342,6 % (p<0,001) порівняно з 1-ю групою, та на 5,47 од. або 116,1% (p<0,001) і 2,76 од. або 37,2 % (p<0,01) порівняно з 2-ю та 3-ю групами відповідно. Водночас кури 2-ї групи характеризувались вищим ІСГМ на 2,41 од. або 104,8 % (p<0,001) порівняно з 1-ю групою, а кури 3-ї групи – на 5,12 од. або 222,6 % (p<0,001) і 2,71 од. або 57,5% (p<0,01) порівняно з 1-ю та 2- ю групами відповідно. Підвищення ІСГМ із зменшенням розміру групи курей вказує на підвищення активності гетерофілів у мікрофагально-макрофагальній системі імунної відповіді [43].

Індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів (ІСЛМ) відображає взаємовідношення афекторної й ефекторної ланок імунологічного процесу [4], підвищувався із зменшенням величини угрупування курей. Найвищий ІСЛМ спостерігався у курей 4-ї групи – на 7,64 од. або 89,7% (p<0,001) порівняно з 1-ю групою, та на 3,98 од. або 32,7% (p<0,001) і 2,67 од. або 19,8% (p<0,01) порівняно з 2-ю та 3-ю групами відповідно. Водночас у курей 2-ї групи ІСЛМ був вищим на 3,66 од. або 43,0% (p<0,001), а у курей 3-ї групи – на 4,97 од. або 58,3% (p<0,001) порівняно з 1-ю групою. Відмінності між 2-ю та 3-ю групами становили 1,31 од. або 10,8% та статистично не підтвердились. Підвищення ІСЛМ свідчить про переважання ефекторної ланки неспецифічного імунологічного процесу над афекторною [14].

Лімфоцитарний індекс (ЛІ), який відображає взаємовідношення гуморальної та клітинної ланок імунної системи [13], знижувався із зменшенням величини угрупування курей. Так, ЛІ у курей 2-ї був нижчим на 0,78 од. або 25,5% (p<0,05) порівняно з 1-ю групою, а у курей 3-ї групи – на 1,88 од. або 95,9% (p<0,001) та 1,1 од. або 56,1% (p<0,001) порівняно з 1-ю та 2-ю групами відповідно. У курей 4-ї групи ЛІ був нижчим на 2,23 од. або 138,5% (p<0,001) порівняно з 1-ю групою та на 1,45 од. або 90,1% (p<0,001) і 0,35 од. або 21,7% (p<0,001) порівняно з 2-ю та 3-ю групами відповідно. Зниження ЛІ із зменшенням розміру групи курей свідчить про домінування активації клітинної ланки системи імунітету, а також вказує на активну адаптивну реакцію білої крові та зниження неспецифічного протиінфекційного захисту внаслідок інтоксикації [14].

Індекс співвідношення лімфоцитів і еозинофілів (ІСЛЕ), який відображає співвідношення процесів гіперчутливості негайного і сповільненого типу [13], підвищувався із зменшенням величини угрупування курей. Найвищим ІСЛЕ виявився у курей 4-ї групи, а саме на 14,3 од. або 58,0% (p<0,001) порівняно з 1-ю групою та на 11,57 од. або 42,3% (p<0,001) і 1,71 од. або 4,6% (p<0,05) порівняно з 2-ю та 3-ю групами відповідно. ІСЛЕ у курей 2-ї групи був вищим на 2,73 од. або 11,1% (p<0,05), а у курей 3-ї групи – на 12,59 од. або 51,1% (p<0,001) та 9,86 од. або 36,0% порівняно з 1-ю та 2-ю групами відповідно. Підвищення ІСЛЕ відображає переважання реакцій гіперчутливості негайного типу над реакціями уповільненого типу [3], що свідчить про наростання автоінтоксикації та порушення імунологічної реактивності [9] у курей за зменшення величини угрупування.

Визначення інформативності змін інтегральних імуногематологічних індексів як показників системи імунітету показало, що всі вони в тій чи іншій мірі відображали реакцію організму курей на вплив зміни розміру групи (табл. 3).

Таким чином, інформативними імуногематоголічними індексами, які відреагували на зменшення розміру групи курей, тобто на ступінь інтенсивності дії стрес-фактору, виявились ІЗЛК, ІСГЛ (ІК), ЗІ, ІІР, ІСЛМ, ЛІ та ІСЛЕ. Тоді як ІЛГ не відреагував на зменшення групи від 93 до 52 гол, а ІСГМ і ІЛШОЕ показав однаковий ступінь імунологічних порушень за зменшення групи від 93 до 9 гол.

Таблиця 3

Ступінь імунологічних порушень за індексами крові курей

Індекс, од.	Група курей		
	2 (52 гол.)	3 (17 гол)	4 (9 гол.)
Індекси інтоксикації			
Індекс зсуву лейкоцитів	+I	+III	+III
Індекси активності запалення			
Індекс співвідношення гетерофілів і лімфоцитів (Індекс Кребса)	+I	+III	+III
Лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс	–	-II	-II
Індекс співвідношення лейкоцитів і ШОЕ	+I	+I	+I
Загальний індекс	+I	-II	-II
Індекси неспецифічної реактивності			
Індекс імунореактивності	+II	+II	+III
Індекс співвідношення гетерофілів і моноцитів	+III	+III	+III
Індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів	+II	+II	+III
Лімфоцитарний індекс	-I	-II	-II
Індекс співвідношення лімфоцитів і еозинофілів	+I	+II	+II

Висновки. Оптимальний розмір угрупування курей-несучок сучасних білояєчних кросів під час їх утримання у клітках 12-ярусних кліткових батарей складає 52–93 гол. За зменшення величини угрупування курей до 17 та 9 гол. спостерігається підвищення індексу зсуву лейкоцитів, індексу співвідношення гетерофілів і лімфоцитів (Індекс Кребса), індексу імунореактивності, індексу співвідношення гетерофілів і моноцитів, індексу співвідношення лімфоцитів і моноцитів, індексу співвідношення лейкоцитів і ШОЕ та індексу співвідношення лімфоцитів і еозинофілів. Це вказує на зсув лейкоцитарної формули вліво, перевагу неспецифічних захисних клітин, що відбувається внаслідок функціонального підвищення проліферативної активності кісткового мозку і виражається у збільшені кількості гетерофілів, підвищенні їх активності у мікрофагально-макрофагальній системі імунної відповіді та свідчить про наявність в організмі курей високого рівня ендогенної інтоксикації і порушення імунологічної реактивності, а також може інформувати про аутоімунний характер патологічного процесу. Водночас відбувається зниження лімфоцитарно-гранулоцитарного індексу, загального індексу та лімфоцитарного індексу, що підтверджує зсув лейкоцитарної формули в ліво та свідчить про домінування активації клітинної ланки системи імунітету, вказує на активну адаптивну реакцію білої крові. Одночасне підвищення індексу зсуву лейкоцитів та зниження лімфоцитарно-гранулоцитарного індексу свідчить про розвиток ендогенної інтоксикації у курей та порушення у них імунологічної реактивності внаслідок автоінтоксикації організму під час деструкції власних клітин.

Список використаних джерел:

1. Беляева Е. Ю., Бусловская Л. К. Адаптивные реакции и биохимические показатели крови кур в различных условиях освещения. *Научный вестник*. серия Естественные науки. 2012. № 21(140). С. 143–148.
2. Бондарчук Р. В., Сидорчук Л. П., Сидорчук І. Й. Рівень адаптаційного напруження і клітинна реактивність організму хворих на артеріальну гіпертензію в поєднанні з ішемічною хворобою серця. *Буковинський медичний вісник*. 2016. Т. 20. № 2. С. 16–19.
3. Бродяк І., Сибірна Н. Морфофункціональні дослідження лейкоцитів периферійної крові за умов експериментального цукрового діабету у щурів. *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. 2006. № 42. С. 117–127.
4. Дерхо М. А., Самойлова Е. С. Интегральные индексы интоксикации как критерий оценки уровня эндогенной интоксикации при бабезиозе. *Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана*. 2011. Вып. 207. С. 170–177.
5. Зубченко С. О., Акімова В. М., Лаповець Л. Є. Виявлення донозологічних порушень на підставі змін інтегральних гематологічних індексів у пацієнтів з латентною стадією хронічної Епштейна-Барр вірусної інфекції. *Вісник проблем біології і медицини*. 2014. № 4, 1(113). С. 125–128.
6. Крыжановский Г. Н., Магаева С. В., Макаров С. В. Нейроиммунопатология. М.: Медицина, 1997. 282 с.
7. Левандовський Р. А. Клітинна та імунологічна реактивність організму у пацієнтів після резекції верхньої та нижньої щелеп для видалення злоякісних пухлин. *Клінічна та експериментальна патологія*. 2014.Т. XII. Вип. 2 (48). С. 83–87.
8. Леткин А. И. Лейкоцитарные показатели крови кур-несушек с синдромом неспецифического стресса. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020. № 2 (184). С. 102–108.
9. Мазур О. А., Оленович О. А., Плаксивий А. Г., Калуцький І. В., Яковець К. І., Богач В. А. Показники ендогенної інтоксикації у хворих на хронічний гнійний верхньощелепний синусит із цукровим діабетом 1-го типу. *Буковинський медичний*

вісник. 2017. Т. 21. № 1 (81). С. 76–80.
10. Матолич У. Д. Діагностичне значення гематологічних індексів при флегмонах щелепнолицевої ділянки та шиї. *Науковий вісник Ужгородського університету*, серія «Медицина». 2016. № 1 (53). С. 108–110.
11. Міфтахутдінов А. В. Експериментальні підходи до діагностики стресу у птиці (огляд). *Сільськогосподарська біологія.* 2014. № 2. С. 20–30. DOI:10.15389/agrobiology.2014.2.20eng
12. Мустафина Ж. Г., Крамаренко Ю. С., Кобцева В. Ю. Интегральные гематологические показатели в оценке иммунологической реактивности организма у больных с офтальмопатологией. *Клиническая лабораторная диагностика.* 1999. № 5. С. 47–48.
13. Островська Л. Й., Мошель Т. М., Іваницький ІО. Аналіз показників гемограм у пацієнтів із запальними і запально-дистрофічними змінами тканин пародонта. Вісник проблем біології і медицини. 2016. № 1 (126). С. 360–363.
14. Радзиховський М. Л., Горальський Л. П., Борисевич Б. В., Дишкант О. В. Інтегральні індекси інтоксикації собак за корона вірусного ентериту. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. 2018. № 2. С. 13–19. DOI:10.33245/2310-4902-2018-144-2-13-19
15. Разнатовська Є. Н. Інтегральні показники ендогенної інтоксикації у хворих на хіміорезистентний туберкульоз легенів. *Актуальні проблеми фармацевтичної та медичної науки та практики*. 2012. № 2 (9). С. 119–120.
16. Рекалова О. М., Панасюкова О. Р., Коваль Н. Г. Застосування лейкоцитарних індексів при імунологічній оцінці активності запального процесу у хворих на хронічне обструктивне захворювання легень. *Астма та алергія*. 2017. № 1. С. 27–33.
17. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме. М.: Медгиз, 1969. 254 с.
18. Сипливий В. А., Кон Є. В., Євтушенко Д. В. Використання лейкоцитарних індексів для прогнозування результату перитоніту. *Клінічна хірургія*. 2009. № 9. С. 21–26.
19. Ткаченко Е. А., Дерхо М. А. Лейкоцитарные показатели при экспериментальной интоксикации кадмием у мышей. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 3. С. 81–83.
20. Федоров Б. М. Стресс и система кровообращения. М.: Медицина, 1990. 318 с.
21. Хабиров Т. Ш. Уровень реактивного ответа нейтрофилов как показатель степени тяжести эндогенной интоксикации при абдоминальном сепсисе. *Труди IX конгресу СФУЛТ*: Луганськ, 2002. 223 с.
22. Шабалов Н. П., Иванов Д. О., Шабалова Н. Н. Гетерогенность системного воспалительного ответа при неонатальном сепсисе. *Медицинский академический журнал*. 2001. № 1(3). С. 81– 90.
23. Яблучанский Н. И. Индекс лейкоцитарного сдвига как маркер реактивности организма при остром воспалении. *Лабораторное дело*. 1983. № 1. С. 60–61.
24. Abrahamsson P., Tauson R. Effects of group size on performance,health and birds' use of facilities in furnished cages for laying hens. Acta Agriculturae Scandinavica – Section A: Animal Science. 1997. № 47. С. 254–260. DOI:10.1080/09064709709362394
25. Appleby M. C. The Edinburgh modified cage: effects of group size andspace allowance on brown laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*. 1998. № 7. P. 152–161. DOI:10.1093/japr/7.2.152
26. Appleby M. C. Modification of laying hen cages to improve behavior. *Poultry Science*. 1998. № 77. P. 1828–1832. DOI:10.1093/ps/77.12.1828
27. Appleby M. C., Walker A. W., Nicol C. J., Lindberg A. C., Freire R., Hughes B. O., Elson H. A. Development of furnished cages for laying hens. *British Poultry* Science. 2002. № 43. P. 489–500. DOI:10.1080/0007166022000004390
28. Bas Rodenburg T., Koene P. The impact of group size on damaging behaviours, aggression, fear and stress in farm animals. *Applied Animal Behaviour* Science. 2007. № 103(3–4). P. 205–214. DOI:10.1016/j.applanim.2006.05.024
29. Croney C. C., Newberry R. C. Group size and cognitive processes. *Applied Animal Behaviour Science*. 2007. № 103(3–4). P. 215–228. DOI:10.1016/j.applanim.2006.05.023
30. Estevez I., Andersen I.-L., Nævdal E. Group size, density and social dynamics in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science.* 2007. № 103(3–4). P. 185–204. DOI:10.1016/j.applanim.2006.05.025
31. Gao S. Q., Huang L. D., Dai R. J., Chen D. D., Hu W. J., Shan Y. F. Neutrophil-lymphocyte ratio: a controversial marker in predicting Crohn's disease severity. *Journal of Clinical and Experimental Pathology*. 2015. № 8(11). P. 14779–14785.
32. Guide to the content of the final hybrid Hy-Line W-36, 2019. 32 p. URL: https://www.hyline.com/userdocs/pages/36_COM_RUS.pdf
33. Guo Y. Y., Song Z. G., Jiao H. C., Song Q. Q., Lin H. The effect of group size and stocking density on the welfare and performance of hens housed in furnished cages during summer. *Animal Welfare*. 2012. № 21. P. 41–49. DOI:10.7120/096272812799129501
34. Gupta S. K., Behera K., Pradhan C. R., Acharya A. P., Sethy K., Behera D., Lone1 S.A., Shinde K.P. Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics, hemato-biochemical indices of Vanaraja chickens. *Indian Journal of Animal Research*. 2017. № 51(5). P. 939–943. DOI:10.18805/ijar.10989
35. Heidt T., Sager H.B., Courties G., Dutta P., Iwamoto Y., Zaltsman A., von Zur Muhlen C., Bode C., Fricchione G.L., Denninger J., Lin C. P., Vinegoni C., Libby P., Swirski F. K., Weissleder R., Nahrendorf M. Chronic variable stress activates hematopoietic stem cells. *Nature medicine*. 2014. № 20(7). P. 754–758. DOI:10.1038/nm.3589
36. Hemsworth P. H. Cage production and laying hen welfare. *Animal Production Science*. 2021.Vol. 61. P. 821-836. DOI:10.1071/AN19609
37. Hetland H., Moe R. O., Tauson R., Lervik S., Svihus B. Effect of includingwhole oats into pellets on performance and plumage condition in laying henshoused in conventional and furnished cages. *Acta Agriculturae Scandinavica* – Section A: Animal Science. 2004. № 54. P. 206–212. DOI:10.1080/09064700410010026
38. Kang H. K., Park S. B., Kim H. S., Kim C. H. Effects of stock density on the laying performance, blood parameter, corticosterone, litter quality, gas emission and bone mineral density of laying hens in floor pens. *Poultry Science*. 2016. № 95. P. 2764–2770. DOI:10.3382/ps/pew264.
39. Keeling L. J., Estevez I., Newberry R. C., Correia M. G. Production-relatedtraits of layers reared in different sized flocks: The concept of problematicintermediate group sizes. *Poultry Science*. 2003. № 82. P. 1393–1396. DOI:10.1093/ps/82.9.1393

40. Kholodkovskaya V. D., Barabanov A. L. Using integral hematological indices to assess severity of endogenous toxicosis in chronic dermatoses. *International Scientific and Practical Conference «World Science».* 2015. № 3(2). P. 69–72.
41. Maxwell M. H., Hocking P. M., Robertson G. W. Differential leucocyte responses to various degrees of food restriction in broilers, turkeys and ducks. *British Poultry Science*. 1992. № 33(1). P. 177–187. DOI:10.1080/00071669208417455
42. Nwaigwe C. U., Ihedioha J. I., Shoyinka S. V., Nwaigwe C. O. Evaluation of the hematological and clinical biochemical markers of stress in broiler chickens. *Veterinary World.* 2020. № 13(10). P. 2294–2300. DOI:10.14202/vetworld.2020.2294-2300
43. Rushen J. Problems associated with the interpretation of physiological data in the assessment of animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*. 1991. № 28. P. 381–386. DOI:10.1016/0168-1591(91)90170-3
44. Sierzega M., Lenart M., Rutkowska M., Surman M., Mytar B., Matyja A., Siedlar M., Kulig J. Preoperative Neutrophil-Lymphocyte and Lymphocyte-Monocyte Ratios Reflect Immune Cell Population Rearrangement in Resectable Pancreatic Cancer. *Annals of Surgical Oncology*. 2017. № 24(3). P. 808–815. DOI:10.1245/s10434-016-5634-0.
45. Shimmura T., Azuma T., Eguchi Y., Uetake K., Tanaka T. Effects ofseparation of resources on behaviour, physical condition and production oflaying hens in furnished cages. *British Poultry Science*. 2009. № 50. P. 39–46. DOI:10.1080/00071660802613260
46. Vits A., Weitzenburger D., Hamann H., Distl O. Production, egg quality,bone strength, claw length, and keel bone deformities of laying hens housed infurnished cages with different group sizes. *Poultry Science*. 2005. № 84. P. 1511–1519. DOI:10.1093/ps/84.10.1511
47. Weimer S. L., Wideman R. F., Scanes C. G., Mauromoustakos A., Christensen K. D., Vizzier-Thaxton Y. An evaluation of methods for measuring stress in broiler chickens. *Poultry Science*. 2018. № 97(10). P. 3381–3389. DOI:10.3382/ps/pey204
48. Wood-Gush D. G. M. The Behaviour of the Domestic Fowl. UK. London: Heinemann Educational Books Ltd, 1971.

Ю. В. Осадча. **Влияние размера сообщества кур на неспецифическую реактивность их организма**

Исследована неспецифическая реактивность организма кур при воздействии размера сообщества с одинаковой плотностью посадки несушек в клетках-аналогах по конструкции. Выявлено, что при уменьшении размера сообщества кур наблюдается сдвиг лейкоцитарной формулы влево, преимущество неспецифических защитных клеток, происходящее вследствие функционального повышения пролиферативной активности костного мозга, что выражается в увеличении количества гетерофилов и повышении их активности в микрофагально-макрофагальной системе иммунного ответа.

***Ключевые слова**: иммуногематологические индексы, куры, стресс, неспецифическая реактивность, эндогенная интоксикация.*

Yu. Osadcha. **Influence of group size on hens nonspecific reactivity**

The nonspecific reactivity of the hens under the influence group size with the same stoking density in cages-analogues by design was studied. It was found that with a decrease in the hens group size there is a shift of leukocyte formula to the left, the predominance of nonspecific protective cells, which occurs due to functional increase in bone marrow proliferative activity and is expressed in increased heterophiles and increased activity in the microphage-macrophage immune response system.

***Keywords**: immunohematological indices, hens, stress, nonspecific reactivity, endogenous intoxication.*