

НЕСПЕЦИФІЧНІ АДАПТИВНІ РЕАКЦІЇ ОРГАНІЗМУ КУРЕЙ ЗА ВПЛИВУ ДОВЖИНИ СВІТЛОВОЇ ХВИЛІ

Ю.В. Осадча

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)
e-mail: seledat@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4126-2456

Досліджено неспецифічні адаптивні реакції організму курей за впливу довжини світлової хвилі монохромного світла. Для цього в умовах сучасного комплексу з виробництва харчових яєць було сформовано 4 групи яєчних курей промислового стада «Hy-Line W-36», кожну з яких утримували у окремому пташнику-аналогі за площею та клітковим устаткуванням. Курей 1-ї групи утримували з використанням світлодіодних світильників з піковою довжиною світлової хвилі 460 нм, 2-ї групи — 600, 3-ї групи — 630 та 4-ї групи — 650 нм. Для оцінки адаптаційного і загального реактивного імунологічного потенціалу курей визначали інтегральні імуногематологічні індекси інтоксикації, активності запалення та неспецифічної реактивності на основі розширеного загального аналізу крові. Виявлено, що за зменшення довжини хвилі світла спостерігається підвищення індексів зсуву лейкоцитів, співвідношення гетерофілів та лейкоцитів, імунореактивності, співвідношення гетерофілів і моноцитів, співвідношення лімфоцитів та моноцитів, а також співвідношення лімфоцитів й еозинофілів. Це свідчить про зсув лейкоцитарної формули вліво, переважає неспецифічних захисних клітин, що відбувається внаслідок функціонального підвищення проліферативної активності кісткового мозку і виражається у збільшенні кількості гетерофілів, підвищенні їх активності у мікрофагально-макрофагальній системі імунної відповіді. Окрім того, свідчить про наявність в організмі курей високого рівня ендогенної інтоксикації і порушення імунологічної реактивності, а також може інформувати про аутоімунний характер патологічного процесу. Показано, що водночас відбувається зниження лімфоцитарно-гранулоцитарного індексу, індексу співвідношення лейкоцитів і ШОЕ, загального та лімфоцитарного індексів, що підтверджує зсув лейкоцитарної формули вліво, а також про домінування активації клітинної ланки системи імунітету, вказує на активну адаптивну реакцію білої крові й зниження неспецифічного протиінфекційного захисту внаслідок інтоксикації. 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.

Ключові слова: кури-несучки, технологічний стресор, неспецифічні захисні клітини, лейкоцитарна формула, ендогенна інтоксикація.

ВСТУП

Штучне світло, як чинник навколишнього середовища, має вирішальне значення для вивільнення гормонів, які відіграють ключову роль у життєдіяльності, рості, імунитеті та розмноженні птиці. Для курей-несучок світло відіграє важливу функцію у розвитку та функціонуванні репродуктивної системи, істотно впливаючи на вік знесення першого яйця, несучість та продуктивність взагалі [1; 2].

Джерелом штучного світла останнього покоління у птахівництві є світлодіодні світильники (LED). Порівняно із лампами

розжарювання та люмінесцентними лампами, світлодіоди мають більший термін служби, специфічний спектр, меншу теплову потужність, вищу енергоефективність та надійність, а також менші витрати на обслуговування, тому дедалі частіше використовуються виробничниками [3; 4].

Світлодіоди (LED) — це особливий вид напівпровідникових діодів, які можуть давати монохромне світло. Колір світла визначається різною довжиною хвилі видимого спектра, а монохромне світло має одну пікову довжину світлової хвилі. Доведено, що довжина хвилі світла впливає на поведінку, добробут та продуктивність

птиці. Однак інформація щодо впливу монохромного світла з різною довжиною пікової світлової хвилі на фізіологічний стан організму курей відсутня. Тому актуальним є вивчення фізіологічного стану курей за зміни довжини світлової хвилі монохромного світла [5; 6].

Мета досліджень — виявити неспецифічні адаптивні реакції організму курей за впливу довжини світлової хвилі монохромного світла.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Неспецифічні реакції організму, властиві для всіх видів стресів, — це, переважно, реактивність гіпоталамо-гіпофізарно-адренкортикальної системи і вегетативних функцій, у т. ч. серцево-судинної і кровотворення. Г. Сельє визначив стрес як неспецифічну реакцію організму, що розвивається під впливом різних причинних факторів. Усі екзогенні й ендогенні чинники, які створюють підвищені вимоги до організму, отримали назву стресорів [7; 8].

Активация кори наднирників, як центру стресових реакцій, супроводжується численними змінами в складі крові. Багатьма дослідниками [9] ці зміни були прийняті як критерії оцінювання стресового стану птиці, які дають можливість виявити стресовий вплив на їх організм різних факторів і визначити інтенсивність та тривалість стресового стану. Під час виявлення стресів за оцінюванням цих критеріїв, які базуються на основі інтенсивної і постійної реактивної відповіді, найчастіше використовують співвідношення гетерофілів та лімфоцитів [10]. Оскільки встановлено [11], що під час розвитку стресового стану цей показник збільшується внаслідок підвищеної проліферації гемопоетичних стовбурових клітин, збільшення вироблення гетерофілів та за рахунок абортивного викиду незрілих клітин гетерофілів із кісткового мозку в кровоносне русло і міграції лімфоцитів із нього у тканини. Крім того, зміни співвідношення гетерофілів і лімфоцитів корелюють із концентрацією кортикостерону в крові курей та пропор-

ційного ступеня впливу стресорів різної природи [12].

Співвідношення гетерофілів і лімфоцитів є інтегральним імуногематологічним індексом, який у гуманній медицині відомий як індекс Кребса [13]. Крім нього, у гуманній медицині використовують цілу панель імуногематологічних індексів, що непрямим чином віддзеркалюють стан імунної системи і характер перебігу адаптаційних процесів в організмі [14]. 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 та моноцитів (ІСГМ), індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів (ІСЛМ), лейкоцитарний індекс (ЛІ) та індекс співвідношення лімфоцитів й еозинофілів (ІСЛЕ) використовують і в тваринництві [15]. Тому актуальним є вивчення впливу довжини світлової хвилі монохромного світла на організм курей саме на основі дослідження їх неспецифічних адаптаційних реакцій через інтегральні імуногематологічні індекси.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В умовах сучасного комплексу з виробництва харчових яєць у пташнику площею 2915 м² сформували 4 групи яєчних курей промислового стада «Hy-Line W-36», кожна з яких утримували в окремому пташнику-аналогу за площею та клітковим устаткуванням. Кожен пташник був обладнаний клітковими батареями «Big Dutchman» (Німеччина), що складалися з 1176 кліток площею 40544 см² (362×112 см). Відмінності між пташниками стосувалися лише світлодіодних світильників (*табл. 1*). Так, курей 1-ї групи утримували з використанням світлодіодних світильників із піковою довжиною світлової хвилі 460 нм (блакитний колір спектра), 2-ї групи — 600 (жовтий колір), 3-ї групи — 630 (помаран-

Таблиця 1. Схеми дослідів

Характеристика	Група курей			
	1	2	3	4
Пікова довжина хвилі, нм	460	600	630	650
Колір спектра	блакитний	жовтий	помаранчевий	червоний
Кількість гол. у клітці		101		
Кількість гол. у групі		118776		
Щільність посадки, гол./м ²		24,9		
Забезпеченість площею, см ² /гол.		401,4		
Розміри клітки, см:		362		
– довжина		112		
– глибина				
Площа клітки, см ²		40544		
Кількість ніпелів у клітці, шт.		12		
Фронт годівлі, см		7,8		
Площа пташника, м ²		2915		

чевий колір) та 4-ї групи – 650 нм (червоний колір спектра).

Упродовж дослідження 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 оцінювання неспецифічної реактивності організму курей визначали інтегральні імуногематологічні індекси інтоксикації, активності запалення та індекси неспецифічної реактивності за формулами 1–10 [13].

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

$$\text{ІЗЛК} = (E + B + G) / (M_0 + L), \quad (1)$$

де E – еозенофіли, B – базофіли, G – гетерофіли, M₀ – моноцити, L – лімфоцити.

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

$$\text{ІК} = (P + C) / L, \quad (2)$$

де P – паличкоядерні гетерофіли, C – сегментоядерні гетерофіли, L – лімфоцити.

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

$$\text{ІЛГ} = L \times 10 / (M + Y + P + C + E + B), \quad (3)$$

де L – лімфоцити, M – мієлоцити, Y – юні форми, P – паличкоядерні гетерофіли, C – сегментоядерні гетерофіли, E – еозинофіли, B – базофіли.

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

$$\text{ІЛ ШОЕ} = L \times \text{ШОЕ} / 100, \quad (4)$$

де L – лімфоцити, ШОЕ – швидкість осідання еритроцитів.

Загальний індекс (ЗІ) розраховували за формулою:

$$\text{ЗІ} = \text{ІЛГ} + \text{ІЛ ШОЕ}, \quad (5)$$

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

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

$$\text{ІІР} = (L + E) / M_0, \quad (6)$$

де L – лімфоцити, E – еозинофіли, M₀ – моноцити.

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

$$\text{ІСНМ} = (M + Y + P + C) / M_0, \quad (7)$$

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

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

$$\text{ІСЛМ} = \text{Л} / \text{Мо}, \quad (8)$$

де Л – лімфоцити, Мо – моноцити.

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

$$\text{ЛІ} = \text{Л} / \text{Г}, \quad (9)$$

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

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

$$\text{ІСЛЕ} = \text{Л} / \text{Е}, \quad (10)$$

де Е – еозинофіли, Л – лімфоцити.

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

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Виявлено, що лімфоцитарний індекс, лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс та загальний індекс знижувались із зменшенням довжини хвилі світла, тоді як індекси зсуву лейкоцитів, співвідношення гетерофілів і лімфоцитів, співвідношення лейкоцитів та ШОЕ, імунореактивності, співвідношення лімфоцитів і моноцитів, співвідношення гетерофілів та моноцитів та співвідношення лімфоцитів і еозинофілів – навпаки, підвищувались (табл. 2).

Індекс зсуву лейкоцитів (ІЗЛК), який характеризує співвідношення гранулоцитів

Таблиця 2. Інтегральні імуногематологічні індекси курей

Індекс, од.	Група курей			
	1	2	3	4
Індекси інтоксикації				
Індекс зсуву лейкоцитів	1,12±0,069	0,81±0,023**	0,49±0,006**°	0,42±0,013**°
Індекси активності запалення				
Індекс співвідношення гетерофілів і лімфоцитів	1,05±0,064	0,74±0,019**	0,41±0,008**°	0,33±0,013**°/
Лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс	8,81±0,406	13,13±0,633**	15,60±0,077**°	17,85±0,325**°/
Індекс співвідношення лейкоцитів і ШОЕ	2,80±0,197	2,21±0,004*	1,81±0,019**°	1,62±0,036**°/
Загальний індекс	11,61±0,405	15,34±0,135**	17,41±0,058**°	19,47±0,293**°/
Індекси неспецифічної реактивності				
Індекс імунореактивності	26,67±0,410	11,11±0,462**	11,02±0,369**	10,94±0,367**
Індекс співвідношення гетерофілів і моноцитів	27,63±0,136	7,44±0,359**	4,26±0,248**°	3,42±0,201**°/
Індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів	25,10±0,301	10,43±0,320**	10,20±0,364**	10,12±0,346**
Лімфоцитарний індекс	1,02±0,047	1,66±0,102**	2,45±0,049**°	3,10±0,126**°/
Індекс співвідношення лімфоцитів і еозинофілів	18,02±0,128	12,80±0,191**	12,33±0,364**	12,27±0,222**

Примітка: * $p < 0,01$, ** $p < 0,001$ – порівняно з першою групою; ° $p < 0,001$ – порівняно з другою групою; / $p < 0,01$, ° $p < 0,001$ – порівняно з третьою групою.

та агранулоцитів і не залежить від кількості лейкоцитів у крові, підвищувався із зменшенням довжини хвилі світла. Зокрема, у курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, ІЗЛК був вищим на 38,3% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 128,6% ($p < 0,001$) і 166,7% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У курей 2-ї групи, яких утримували за жовтого світла, ІЗЛК був вищим на 62,3% ($p < 0,001$) і 92,9% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У курей 3-ї та 4-ї груп, яких утримували за помаранчевого і червоного світла, ІЗЛК перебував на одному рівні. Підвищення ІЗЛК із зменшенням довжини хвилі світла, а саме за впливу на курей жовтого та блакитного світла, вказує на зсув лейкоцитарної формули їх крові вліво, що свідчить про порушення імунологічної реактивності і надходження в периферійну кров великої кількості «молодих» форм лейкоцитів [14; 15].

Індекс співвідношення гетерофілів і лімфоцитів (ІСГЛ), який класично є маркером стресу й відображає співвідношення клітин специфічного та неспецифічного імунітету, підвищувався із зменшенням довжини хвилі світла. Найвищий ІСГЛ виявлений у курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, — на 41,9% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою, та на 156,1% ($p < 0,001$) і 218,2% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю й 4-ю групами відповідно. У курей 2-ї групи, яких утримували за жовтого світла, ІСГЛ був вищим на 80,5% ($p < 0,001$) та 124,2% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. Своєю чергою, у курей 3-ї групи, яких утримували за помаранчевого світла, ІСГЛ був вищим на 24,2% ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою, в якій курей утримували за червоного світла. ІСГЛ характеризує активність фагоцитарних реакцій і факторів специфічного імунітету, а також їх участь у підтримці загальної реактивності організму, тому його підвищення із зменшенням довжини світлової хвилі свідчить про перевагу в організмі курей неспецифічних захисних клітин, що відбувається внаслідок функ-

ціонального підвищення проліферативної активності кісткового мозку і виражається у збільшенні кількості гетерофілів [12; 14; 16].

Лімфоцитарно-гранулоцитарний індекс (ІЛГ), дає можливість диференціювати аутоінтоксикацію, викликану порушенням роботи імунної або ферментативної системи, та інфекційну інтоксикацію, а також виражає в числах ступінь зсуву лейкоцитарної формули крові [10], знижувався із зменшенням довжини світлової хвилі. У курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, ІЛГ виявився найменшим та, водночас, нижчим на 32,9% ($p < 0,001$), 43,5% ($p < 0,001$) та 50,6% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю, 3-ю й 4-ю групами відповідно. У курей 2-ї групи, яких утримували за помаранчевого світла, ІЛГ був нижчим на 15,8% ($p < 0,001$) і 26,4% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. Тоді як у курей 3-ї групи, яких утримували за помаранчевого світла, ІЛГ був нижчим на 12,6% ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою, у якій курей утримували за червоного світла. Зниження ІЛГ із зменшенням довжини світлової хвилі свідчить про зсув у крові курей лейкоцитарної формули вліво та підтверджує наявність аутоімунної інтоксикації. Окрім того, зниження ІЛГ також можна розглядати як порушення чинників і механізмів імунологічної реактивності. Одночасне підвищення ІЗЛК та зниження ІЛГ свідчить щодо розвитку ендогенної інтоксикації й порушення імунологічної реактивності внаслідок аутоінтоксикації організму під час деструкції власних клітин [10; 17; 18].

Індекс співвідношення лейкоцитів і ШОЕ (ІЛШОЕ), зміни якого свідчать про наявність інтоксикації, пов'язаної з інфекційним (зменшення ІЛШОЕ) або аутоімунним (збільшення ІЛШОЕ) процесом [19], підвищувався із зменшенням довжини хвилі світла. Найвищий ІЛШОЕ виявлено у курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, — на 26,7% ($p < 0,01$) порівняно з 2-ю групою та на 54,7% ($p < 0,001$) і 72,8% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно.

У курей 2-ї групи, яких утримували за жовтого світла, ІЛШОЕ був вищим на 22,1% ($p < 0,001$) і 36,4% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. Водночас, у курей 3-ї групи, яких утримували за помаранчевого світла, ІЛШОЕ був вищим на 11,7% ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою, у якій курей утримували за червоного світла. Зниження ІЛШОЕ із зменшенням довжини хвилі світла (кольору світла) свідчить про наявність в організмі курей вираженої системної запальної відповіді з високою рівнем ендогенної інтоксикації і порушенням імунологічної реактивності, а також підтверджує аутоімунний характер патологічного процесу [13; 17–20].

Загальний індекс (ЗІ), який є сумою лімфоцитарно-гранулоцитарного (ІЛГ) та співвідношення лейкоцитів і ШОЕ (ІЛШОЕ) індексів та дає можливість розрізнити характер інтоксикації на різних стадіях розвитку патологічного процесу, знижувався із зменшенням довжини хвилі світла. Найнижчий ЗІ виявлено у курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, – на 24,3% ($p < 0,001$) ніж у курей 2-ї групи та на 33% ($p < 0,001$) і на 40,4% ($p < 0,01$) – ніж у курей 3-ї та 4-ї груп відповідно. У курей 2-ї групи, яких утримували за жовтого світла, ЗІ був нижчим на 11,9% ($p < 0,001$) і 21,2% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. Водночас, у курей 3-ї групи, яких утримували за помаранчевого світла, ЗІ був нижчим на 10,6% ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою, у якій курей утримували за червоного світла. Зниження ЗІ із зменшення довжини хвилі світла свідчить про наявність в організмі курей інтоксикаційного процесу [18; 21].

Індекс імунореактивності (ІПР), який відображає стан основних клітин-продуцентів цитокінів та дисбаланс у цитокіновому профілі, підвищувався із зниженням довжини хвилі світла. У курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, ІПР був вищим на 136,5% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 142,0% ($p < 0,001$) і 143,8% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У курей 2–4 груп, яких утриму-

вали за жовтого, помаранчевого та червоного світла, не виявлено статистичних змін ІПР. Підвищення останнього під час утримання курей за блакитного кольору світла свідчить про декомпенсацію в їх організмі ендогенної інтоксикації [22; 23].

Індекс співвідношення гетерофілів і моноцитів (ІСГМ), який свідчить про співвідношення компонентів мікрофагально-макрофагальної системи, підвищувався із зменшенням довжини хвилі світла. Найвищий ІСГМ спостерігався у курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, – на 271,4% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою, та на 548,6% ($p < 0,001$) і 707,9% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю й 4-ю групами відповідно. Водночас кури 2-ї групи, яких утримували за жовтого світла, характеризувались вищим ІСГМ на 74,6% ($p < 0,001$) і 117,5% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У курей 3-ї групи, яких утримували за помаранчевого світла, ІСГМ був вищим на 24,6% ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою, у якій курей утримували за червоного світла. Підвищення ІСГМ із зменшенням довжини хвилі світла вказує на підвищення в організмі курей активності гетерофілів у мікрофагально-макрофагальній системі імунної відповіді [17; 24].

Індекс співвідношення лімфоцитів і моноцитів (ІСЛМ) відображає взаємовідношення афекторної й ефекторної ланок імунологічного процесу, підвищувався із зменшенням довжини хвилі світла. У курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, ІСЛМ був вищим на 140,7% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою, та на 146,1% ($p < 0,001$) і 148,0% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю й 4-ю групами відповідно. У курей 2–4 груп, яких утримували за жовтого, помаранчевого та червоного світла, статистичних змін ІСЛМ не виявлено. Підвищення ІСЛМ свідчить щодо переважання в організмі курей за впливу блакитного світла ефекторної ланки неспецифічного імунологічного процесу над афекторною [21; 25].

Лімфоцитарний індекс (ЛІ), який відображає взаємовідношення гуморальної та

клітинної ланки імунної системи, знижувався із зменшенням довжини хвилі світла. У курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, ЛІ був нижчим на 38,6% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 58,4% ($p < 0,001$) і 67,1% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю й 4-ю групами відповідно. У курей 2-ї групи, яких утримували за жовтого світла, ЛІ був нижчим 32,2% ($p < 0,001$) і 46,5% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю та 4-ю групами відповідно. У курей 3-ї групи, яких утримували за помаранчевого світла, ЛІ був нижчим на 21,0% ($p < 0,001$) порівняно з 4-ю групою, в якій курей утримували за червоного світла. Зниження ЛІ із зменшенням довжини хвилі світла свідчить про домінування в організмі курей активації клітинної ланки системи імунітету, а також вказує на активну адаптивну реакцію білої крові та зниження неспецифічного протиінфекційного захисту внаслідок інтоксикації [18; 21].

Індекс співвідношення лімфоцитів і еозинофілів (ІСЛЕ), який відображає співвідношення процесів гіперчутливості негайного і сповільненого типу, підвищувався із зменшенням довжини хвилі світла. У курей 1-ї групи, яких утримували за блакитного світла, ІСЛЕ виявився вищим на 40,8% ($p < 0,001$) порівняно з 2-ю групою та на 46,1% ($p < 0,001$) і 46,9% ($p < 0,001$) порівняно з 3-ю й 4-ю групами відповідно. У курей 2–4 груп, яких утримували за жовтого, помаранчевого та червоного світла, не виявлено статистичних змін ІСЛЕ. Підвищення останнього за використання блакитного світла відображає переважання в організмі курей реакцій гіперчутливості негайного типу над реакціями уповільненого типу, що свідчить про наростання автоінтоксикації та порушення імунологічної

реактивності у курей за зменшення довжини хвилі світла [18; 26; 27].

ВИСНОВКИ

Зменшення довжини хвилі світла супроводжувалось підвищенням індексу зсуву лейкоцитів, індексу співвідношення гетерофілів і лейкоцитів, індексу імунореактивності, індексу співвідношення гетерофілів та моноцитів, індексу співвідношення лімфоцитів та моноцитів й 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 збільшенні 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 спостерігалось зниження лімфоцитарно-гранулоцитарного індексу, індексу співвідношення лейкоцитів і ШОЕ, загального індексу та лімфоцитарного індексу, що підтверджує зсув лейкоцитарної формули вліво та свідчить про домінування активації клітинної ланки системи імунітету, вказує на активну адаптивну реакцію білої крові та зниження неспецифічного протиінфекційного захисту внаслідок інтоксикації. Одночасне підвищення індексу зсуву лейкоцитів та зниження лімфоцитарно-гранулоцитарного індексу свідчить про розвиток ендогенної інтоксикації у курей і порушення у них імунологічної реактивності внаслідок автоінтоксикації організму під час деструкції власних клітин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Patel S.J., Patel A.S., Patel M.D. and Patel J.H. Significance of light in poultry production: a review. *Advancements in Life Sciences*. 2016. № 5. P. 1154–1160.
2. Li X. et al. Impacts of colored light-emitting diode illumination on the growth performance and fecal microbiota in goose. *Poultry science*. 2020. Vol. 99 (4). P. 1805–1812. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.034>
3. Yang Y. et al. A new method to manipulate broiler chicken growth and metabolism: Response to mixed LED light system. *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. № 25972. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep25972>
4. Shi H. et al. Effects of LED Light Color and Intensity on Feather Pecking and Fear Responses of Layer Breeders in Natural Mating Colony Cages. *Animals: an open access journal from MDPI*. 2019.

- Vol. 9 (10). P. 814. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9100814>
5. Yenilmez I F., Saber S.N., Serbester U. and Celik L. Effects of monochromatic light on performance, egg quality, yolk cholesterol and blood biochemical profile of laying hens. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2021. Vol. 31 (1). P. 46–52. DOI: <https://doi.org/10.36899/JAPS.2021.1.0191>
 6. Svobodova J., Tumova E., Popelarova E. and Chodova D. Effect of light colour on egg production and egg contamination. *Czech Journal of Animal Science*. 2015. Vol. 60. P. 550–556. DOI: <https://doi.org/10.17221/8597-CJAS>
 7. Федоров Б.М. Стресс и система кровообращения. Москва: Медицина, 1990. 318 с.
 8. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме. Москва: Медгиз, 1969. 254 с.
 9. Gupta S.K. et al. 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: <https://doi.org/10.18805/ijar.10989>
 10. Kholodkovskaya V.D. and 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.
 11. Heidt T. et al. Chronic variable stress activates hematopoietic stem cells. *Nature medicine*. 2014. № 20 (7). P. 754–758. DOI: <https://doi.org/10.1038/nm.3589>
 12. Nwaigwe C.U., Ihedioha J.I., Shoyinka S.V. and 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: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2294-2300>
 13. Разнатовська Є.Н. Інтегральні показники ендогенної інтоксикації у хворих на хіміорезистентний туберкульоз легень. *Актуальні проблеми фармацевтичної та медичної науки та практики*. 2012. № 2 (9). С. 119–120.
 14. Ткаченко Е.А., Дерхо М.А. Лейкоцитарные показатели при экспериментальной интоксикации кадмием у мышей. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2014. № 3. С. 81–83.
 15. Яблунчанский Н.И. Индекс лейкоцитарного сдвига как маркер реактивности организма при остром воспалении. *Лабораторное дело*. 1983. № 1. С. 60–61.
 16. Gao S.Q. et al. Neutrophil-lymphocyte ratio: a controversial marker in predicting Crohn's disease severity. *Journal of Clinical and Experimental Pathology*. 2015. № 8 (11). P. 14779–14785.
 17. 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.
 18. Островська Л.Й., Мошель Т.М., Іваницький І.О. Аналіз показників гемограм у пацієнтів із запальними і запально-дистрофічними змінами тканин пародонта. *Вісник проблем біології і медицини*. 2016. № 1 (126). С. 360–363.
 19. Мустафина Ж.Г., Крамаренко Ю.С., Кобцева В.Ю. Інтегральні гематологічні показники в оцінці імунологічної реактивності організму у больных с офтальмопатологией. *Клиническая лабораторная диагностика*. 1999. № 5. С. 47–48.
 20. 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. DOI: <https://doi.org/10.24061/2413-0737.XX.2.78.2016.62>
 21. 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: <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2018-144-2-13-19>
 22. Шабалов Н.П., Иванов Д.О., Шабалова Н.Н. Генерогенность системного воспалительного ответа при неонатальном сепсисе. *Медицинский академический журнал*. 2001. № 1 (3). С. 81–90.
 23. Хабилов Т.Ш. Уровень реактивного ответа нейтрофилов как показатель степени тяжести эндогенной интоксикации при абдоминальном сепсисе. *Труды IX конгрессу СФУЛТ*. Луганск, 2002. С. 223–226.
 24. Sierzega M. et al. 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: <https://doi.org/10.1245/s10434-016-5634-0>
 25. Дерхо М.А., Самойлова Е.С. Інтегральні індекси інтоксикації як критерій оцінки рівня ендогенної інтоксикації при бабезіозі. *Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана*. 2011. Вып. 207. С. 170–177.
 26. Мазур О.А. та ін. 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.
 27. Осадча Ю.В. Репродуктивна функція курей за дії технологічного стресора. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 127–134. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240332>

REFERENCES

1. Patel, S.J., Patel, A.S., Patel, M.D. & Patel, J.H. (2016). Significance of light in poultry production: a review. *Advancements in Life Sciences*, 5, 1154–1160 [in English].

2. Li, X. et al. (2020). Impacts of colored light-emitting diode illumination on the growth performance and fecal microbiota in goose. *Poultry science*, 99 (4), 1805–1812. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.034> [in English].
3. Yang, Y. et al. (2016). A new method to manipulate broiler chicken growth and metabolism: Response to mixed LED light system. *Scientific Reports*, 6, 25972. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep25972> [in English].
4. Shi, H. et al. (2019). Effects of LED Light Color and Intensity on Feather Pecking and Fear Responses of Layer Breeders in Natural Mating Colony Cages. *Animals: an open access journal from MDPI*, 9 (10), 814. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9100814> [in English].
5. Yenilmez1, F., Saber, S.N., Serbestler, U. & Celik, L. (2021). Effects of monochromatic light on performance, egg quality, yolk cholesterol and blood biochemical profile of laying hens. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 31 (1), 46–52. DOI: <https://doi.org/10.36899/JAPS.2021.1.0191> [in English].
6. Svobodova, J., Tumova, E., Popelarova, E. & Chodova, D. (2015). Effect of light colour on egg production and egg contamination. *Czech Journal of Animal Science*, 60, 550–556. DOI: <https://doi.org/10.17221/8597-CJAS> [in English].
7. Fedorov, B.M. (1990). *Stress i sistema krovoobrascheniya [Stress and the circulatory system]*. Moskva: Meditsina, 318 [in Russian].
8. Sele, G. (1969). *Ocherki ob adaptatsionnom sindrome [Essays on adaptive syndrome]*. Moskva: Medgiz, 254 [in Russian].
9. Gupta, S.K. et al. (2017). Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics, hemato-biochemical indices of Vanaraja chickens. *Indian Journal of Animal Research*, 51 (5), 939–943. DOI: <https://doi.org/10.18805/ijar.10989> [in English].
10. Kholodkovskaya, V.D. & Barabanov, A.L. (2015). Using integral hematological indices to assess severity of endogenous toxicosis in chronic dermatoses. *International Scientific and Practical Conference "World Science"*, 3 (2), 69–72 [in English].
11. Heidt, T. et al. (2014). Chronic variable stress activates hematopoietic stem cells. *Nature medicine*, 20 (7), 754–758. DOI: <https://doi.org/10.1038/nm.3589> [in English].
12. Nwaigwe, C.U., Ihedioha, J.I., Shoyinka, S.V. & Nwaigwe, C.O. (2020). Evaluation of the hematological and clinical biochemical markers of stress in broiler chickens. *Veterinary World*, 13 (10), 2294–2300. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2294-2300> [in English].
13. Raznatovska, Ye.N. (2012). Intehralni pokaznyky endohennoi intoksykatsii u khvorykh na khimio rezystentnyi tuberkuloz leheniv [Integral indicators of endogenous intoxication in patients with chemoresistant pulmonary tuberculosis]. *Aktualni problemy farmatsevtichnoi ta medychnoi nauky ta praktyky – Current issues of pharmaceutical and medical science and practice*, 2 (9), 119–120 [in Ukrainian].
14. Tkachenko, E.A. & Derho, M.A. (2014). Leykotsitarnye pokazateli pri eksperimentalnoy intoksykatsii kadmiem u myshyey [Leukocyte parameters in experimental cadmium intoxication in mice]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, 3, 81–83 [in Russian].
15. Yabluchanskiy, N.I. (1983). Indeks leykotsitarnogo sdviga kak marker reaktivnosti organizma pri ostrom vospalenii [Leukocyte shift index as a marker of the body's reactivity in acute inflammation]. *Laboratornoe delo – Laboratory work*, 1, 60–61 [in Russian].
16. Gao, S.Q. et al. (2015). Neutrophil-lymphocyte ratio: a controversial marker in predicting Crohn's disease severity. *Journal of Clinical and Experimental Pathology*, 8 (11), 14779–14785 [in English].
17. Rekalova, O.M., Panasiukova, O.R. & Koval, N.H. (2017). Zastosuvannia leukotsytarnykh indeksiv pry imunolohichnii otsitsii aktyvnosti zapalnoho protsesu u khvorykh na khronichne obstruktyvne zakhvoriuvannya lehen [The use of leukocyte indices in the immunological assessment of the activity of the inflammatory process in patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Astma ta alerhiia – Asthma and allergies*, 1, 27–33 [in Ukrainian].
18. Ostrovska, L.I., Moshel, T.M. & Ivanytskyi, I.O. (2016). Analiz pokaznykiv hemogram u patsiiientiv iz zapalnymi i zapalno-dystrofikhnymi zminamy tkanyyn parodontu [Analysis of hemogram parameters in patients with inflammatory and inflammatory-dystrophic changes of periodontal tissues]. *Visnyk problem biologii i medytsyny – Bulletin of problems of biology and medicine*, 1 (126), 360–363 [in Ukrainian].
19. Mustafina, Zh.G., Kramarenko, Yu.S. & Kobtseva, V.Yu. (1999). Integralnye gematologicheskie pokazateli v otsenke imunologicheskoy reaktivnosti organizma u bolnykh s oftalmopatologiyey [Integral hematological parameters in the assessment of immunological reactivity of the body in patients with ophthalmopathology]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika – Clinical laboratory diagnostics*, 5, 47–48 [in Russian].
20. Bondarchuk, I.V., Sidorchuk, L.P. & Sidorchuk, I.Y. (2016). The level of adaptive stress and cellular reactivity of the body of patients with hypertension in combination with coronary heart disease [The level of adaptive stress and cellular reactivity of the body of patients with hypertension in combination with coronary heart disease]. *Bukovynian Medical Bulletin – Bukovynian Medical Bulletin*, 20, 2, 16–19. DOI: <https://doi.org/10.24061/2413-0737.XX.2.78.2016.62> [in Ukrainian].
21. Radzykhovskiy, M.L., Horalskiy, L.P., Borysevych, B.V. & Dyshkant, O.V. (2018). Intehralni indeksy intoksykatsii sobak za korona virusnoho enterytu [Integral indices of intoxication of dogs for crown viral enteritis]. *Naukovyi visnyk veterynarnoi medytsyny – Scientific Bulletin of Veterinary Medicine*, 2, 13–19. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2018-144-2-13-19> [in Ukrainian].
22. Shabalov, N.P., Ivanov, D.O. & Shabalova, N.N.

- (2001). Geterogennost sistemnogo vospalitel'nogo otveta pri neonatalnom sepsise [Heterogeneity of the systemic inflammatory response in neonatal sepsis]. *Meditsinskiy akademicheskii zhurnal – Medical academic journal*, 1 (3), 81–90 [in Russian].
23. Habirov, T.Sh. (2002). Uroven reaktivnogo otveta neytrofilov kak pokazatel stepeni tyazhesti endogennoy intoksikatsii pri abdominalnom sepsise [The level of reactive response of neutrophils as an indicator of the severity of endogenous intoxication in abdominal sepsis]. *Trudi IH kongresu SFULT [Proceedings of the IX Congress SFULT]*. (pp. 223–226). Lugansk [in Russian].
24. Sierzega, M. et al. (2017). Preoperative Neutrophil-Lymphocyte and Lymphocyte-Monocyte Ratios Reflect Immune Cell Population Rearrangement in Resectable Pancreatic Cancer. *Annals of Surgical Oncology*, 24 (3), 808–815. DOI: <https://doi.org/10.1245/s10434-016-5634-0> [in English].
25. Derho, M.A. & Samoylova, E.S. (2011). Integralnyie indeksyi intoksikatsii kak kriteriy otsenki urovnya endogennoy intoksikatsii pri babezioze [Integral indices of intoxication as a criterion for assessing the level of endogenous intoxication in babesiosis]. *Uchenyie zapiski KGAVM im. N.E. Baumana – Scientific notes KGAVM them. N.E. Bauman*, 207, 170–177 [in Russian].
26. Mazur, O.A. et al. (2017). Pokaznyky endohennoi intoksykatsii u khvorykh na khronichnyi hniinyi verkhnochelepnyi synusyt iz tsukrovym diabetom 1-ho typu [Indicators of endogenous intoxication in patients with chronic purulent maxillary sinusitis with type 1 diabetes mellitus]. *Bukovynskiy medychnyi visnyk – Bukovynian Medical Bulletin*, 21, 1 (81), 76–80 [in Ukrainian].
27. Osadcha, Yu. (2021). Reproduktyvna funktsiya kurey za diyi tekhnolohichnoho stresora [Hen reproductive function under the influence of technological stressor]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 3, 127–134. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240332> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 11.08.2021