Original researches

Features of the microscopical structure of ducks' small intestine in their postnatal period of ontogenesis

M. M. Kushch, D. S. Mahotina, I. A. Fesenko
Kharkiv State Zooveterinary Academy, Kharkiv, Ukraine

Received: 16 April 2020
Revised: 11 May 2020
Accepted: 21 May 2020

Kharkiv State Zooveterinary Academy,
St. Academic, 1, Kharkiv region, 62341,
Ukraine

Tel.: +38-057-63-57-527
E-mail: dr.kushch@meta.ua

Cite this article: Kushch, M. M., Mahotina, D. S., & Fesenko, I. A. (2020). Features of the microscopical structure of ducks' small intestine in their postnatal period of ontogenesis. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8(2), 101–110. doi: 10.32819/2020.82014

Abstract. Were investigated microscopical structure features of domestic ducks' (*Anas platyrhynchos domesticus*) small intestine of the black-white-breasted breed of Ukrainian selection in 9 age groups: 1-, 3-, 7-, 14-, 21-day, 1, 2, 6-month, and 1-year-old. The microstructural morphometric parameters were determined on histological preparations from cross-sections of the intestine's middle part. The surface area was calculated by determining their height and width. The density of villi and crypts was identified based on 1 mm of mucosal length. A common pattern in the dynamics of most morphometric indicators (except for the density of villi and crypt) of the small intestine wall was their increase. Such changes in the size of the intestinal microstructures did not occur simultaneously, they were asynchronous. In some cases, they decreased if compared to a younger age. The most rapid increase in the microstructures of the duodenum, jejunum, and ileum occurred in the first month of the postnatal period of ontogenesis, less intensively in the second month. During the first month, these indicators were changed most rapidly during the first week. They corresponded to the indicators' value of an adult bird at different ages. Thus, the thickness of the muscle layer and density of the duodenal crypts corresponded to the value of adult birds at 21-days-old, the intestine's diameter and wall thickness at 1 month, the mucous layer thickness, the height and density of the villi, and the depth of the crypts at 2-month-old. The wall thickness, mucosal and muscular layers, the height of the jejunal villi corresponded to those in the adult birds of 1-month-old, the diameter of the intestine, the crypts' depth, the density of the villi at 2-month-old, the density of the crypts at 6-month-old. The density of the ileum crypts corresponded to the adult bird at 7-days-old, the intestinal diameter was like at 21-days-old, the depth of the crypts was like at 2-month-old, the density of villi was like at the age of 1-month-old, the intestine wall thickness and muscle layer were like at 6-month-old, the mucous membrane thickness, the height of the villi were like at the age of 1 year.

Keywords: ducks; duodenum; jejunum; ileum; histological structure; morphometric parameters.

Особливості мікроскопічної будови тонкого відділу кишечника качок у постнатальному періоді онтогенезу

М. М. Куш, Д. С. Махотіна, І. А. Фесенко
Харківська державна зооветеринарна академія, Харків, Україна

Анотація. Досліджували особливості мікроскопічної будови тонкого відділу кишечника свійських качок (*Anas platyrhynchos domesticus*) чорної білогрудої породи української селекції дев'яти вікових груп: 1-, 3-, 7-, 14-, 21-добового, 1-, 2-, 6-місячного, а також однорічного віку. Морфометричні параметри мікроструктур визначали на гістологічних препаратах із поперечних зрізів середньої частини кишок. Висоту ворсинок визначали в їх середній частині, площу їх поверхні обчислювали, визначаючи висоту і ширину. Щільність ворсинок і крипт установлювали з перерахунком на 1 мм довжини слизової оболонки. Загальною закономірністю динаміки більшості морфометричних показників (за винятком щільності ворсинок і крипт) стінки тонкого відділу кишечника було їх збільшення. Такі зміни величини мікроструктур кишок відбувались не одночасно, мали асинхронний характер. У деяких випадках спостерігали їх зменшення порівняно з меншим віком. Найшвидше збільшення мікроструктур дванадцятипалої, порожньої і клубової кишок відбувалось у перший місяць постнатального періоду онтогенезу, менш інтенсивно – у другий. Упродовж першого місяця найбільш швидко ці показники змінювались у перший тиждень. Значенням дорослої птиці вони відповідали в різному віці. Так, товщина м'язової оболонки і щільність крипт дванадцятипалої кишки відповідали таким дорослої птиці у 21-добовому віці, діаметр і товщина стінки кишки – в одномісячному, товщина слизової оболонки, висота і щільність ворсинок, глибина крипт – у двомісячному. Товщина стінки, слизової і м'язової оболонки, висота ворсинок порожньої кишки відповідали таким дорослої птиці в місячному віці, діаметр кишки, глибина крипт, щільність ворсинок – у двомісячному, щільність крипт – у шестимісячному. Щільність крипт клубової кишки відповідала такій дорослої птиці у семидобовому віці, діаметр кишки – у 21-добовому, глибина крипт – у двомісячному, щільність ворсинок – у місячному, товщина стінки кишки і м'язової оболонки – в шестимісячному, товщина слизової оболонки, висота ворсинок – в річному.

Ключові слова: качки; дванадцятипала; порожня; клубова кишка; гістологічна будова; морфометричні показники.

Вступ

Підвищення ефективності травлення сільськогосподарської птиці може зменшити органічні відходи та вплив корму на виробничі витрати (Borey et al., 2020). Розвиток і функціональна активність органів травлення – визначальні чинники інтенсивності росту і розвитку птахів, особливо на початковій стадії постнатального періоду онтогенезу і залежать як від внутрішніх механізмів гісто- і органогенезу, так і від зовнішніх чинників, у першу чергу, від складу і кількості корму (Walthall et al., 2005). Відмічено стимуляцію розвитку кишечника птиці за згодовування цільних зерен, речовин гумінової природи, травних ферментів (Gabriel et al., 2003; Zhu et al., 2014; Xiang et al., 2019). Важлива особливість розвитку кишечника полягає в нерівномірному характері збільшення як маси і довжини окремих кишків, так і величини їх мікроскопічних структур (Liu et al., 2010).

Саме перший тиждень постнатального періоду онтогенезу сільськогосподарської птиці вважається вирішальним у розвитку кишечника (Dibner et al., 1996; Iji et al., 2001). Потужний апарат травлення має активну моторику кишечника, зменшує небезпеку захворювань заразно і незаразної етіології через запобігання потраплянню хвороботворних мікроорганізмів у внутрішнє середовище організму тварин (Bjertum et al., 2005; Mignon-Grasteau et al., 2015; Williams & Athrey, 2020). Не випадково все ширшого вжитку набуває термін «кишкове здоров'я», більш зрозумілою стає роль кишечника в забезпеченні розвитку і гомеостазу всього організму (Forder et al., 2012; Lilburn & Loeffler, 2015). Саме кишечник є основним органом, стан якого досліджується з метою оцінювання впливу компонентів раціону на організм тварин (Lilburn & Loeffler, 2015).

Особливості органогенезу, будови і функції травного апарату сільськогосподарської птиці, окрім курей, вивчені недостатньо. Водоплавні птахи мають суттєві відмінності морфології та фізіології органів травлення від суходільних (King et al., 2000; Jamroz et al., 2002; 2004; Kokoszynski et al., 2019; Logvinova et al., 2020). Так, порівняно із семидобовими індичатами, у качок того ж віку маса тонкого відділу кишечника більша у 3,7 раза, а довжина – в 1,6 раза (Konarkowski, 2006). Важливий чинник, що впливає на розвиток органів травлення качок – це порода (Gille et al., 1999).

Параметрами кишечника, що свідчать про його морфофункціональний стан, постають маса і довжина, а також висота ворсинок і глибина крипт, їх відношення і щільність, площа всмоктувальної поверхні, тобто слизової оболонки (Walton et al., 2012; Wang et al., 2015; Alshamy et al., 2018). Установлено корелятивні зв'язки між цими показниками і ступенем засвоєння поживних речовин раціону і, в кінцевому випадку, інтенсивністю росту і продуктивності сільськогосподарської птиці.

Особливості вікової структурної організації органів апарату травлення свійських качок – недостатньо вивчений розділ порівняльної морфології. Фрагментарний і незначний обсяг даних наукової літератури щодо закономірностей мікроскопічної будови кишечника качок свідчить про недостатню розробку питань вікової морфології свійської птиці. Мета дослідження – визначення особливостей мікроскопічної будови тонкого відділу кишечника качок добового – річного віку.

Матеріал і методи досліджень

Матеріал для досліджень відбирали від 9 вікових груп свійських качок (*Anas platyrhynchos domestica*) чорної білогруді породи 1-, 3-, 7-, 14-, 21-добового, 1-, 2-, 6-місячного, а також річного віку. Цю породу птиці створено в Інституті птахівництва НААН України в 50-тих роках минулого століття шляхом схрещення місцевої української білогруді породи

з хакі-кемпбел і білою китайською. Качки цієї породи швидко відгодовуються, вельми скоростиглі, мають жирне м'ясо і непогану яйцекладку. Для досліджень птицю добового віку отримали в державній дослідній станції птахівництва НААНУ і утримували згідно з ВНТП-АПК-05.05 в умовах пташника Харківської державної зооветеринарної академії (Харків, Україна). Упродовж спостережень качки були клінічно здоровими, одержували стандартний повнораціонний комбікорм згідно з ДСТУ 4120-2002, мали вільний доступ до води. Утримання качок та маніпуляції з ними проводили відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, щояких використовують для дослідницьких та інших наукових цілей (Страсбург, 1986). Згідно з ВНТП-АПК-05.05 до молодяку качок відносили птицю від добового до шестимісячного віку включно, до дорослої птиці – річного віку.

Для гістологічних досліджень від п'яти голів качок кожного віку відбирали кусочок середньої ділянки трьох кишків тонкого відділу кишечника – дванадцятипалої, порожньої і клубової, які фіксували у 8 %, а через добу – в 10 % розчині нейтрального формаліну. Після зневоднення в спиртах зростаючої концентрації матеріал заливали в парафін. Для виготовлення препаратів гістологічні зрізи забарвлювали гематоксиліном і еозином, а також за Малорі.

Морфометричні параметри мікроструктур визначали на поперечних зрізах кишків за допомогою програми Image Tools 3.6, а також окулярної сітки. Ширину ворсинок визначали в їх середній частині, площу їх поверхні обчислювали за Iji et al. (2001), визначаючи їх висоту і ширину. Щільність ворсинок і крипт установлювали з перерахунком на 1 мм довжини слизової оболонки. Для характеристики змін морфометричних показників кишки качок їх завжди порівнювали з такими попереднього віку. З метою порівняльної оцінки розвитку окремих кишків використовували такий параметр як середньовіковий показник (СВП), що являє собою середнє арифметичне усіх вікових значень певної структури кишечника (Kushch, 2015). Оцінювання достовірності різниці кількісних показників виконували за критерієм Стьюдента.

Результати

Діаметр дванадцятипалої кишки качок чорної білогруді породи добового віку становив $1,76 \pm 0,09$ мм, товщина стінки – $413,47 \pm 25,32$ мкм. У стінці кишки виділено три оболонки: слизову, м'язову і серозну. Товщина слизової оболонки становила $333,92 \pm 14,37$ мкм. У слизовій оболонці виявлено три шари: епітеліальний, власну і м'язову пластинку.

Епітеліальний шар і власна пластинка слизової оболонки кишки утворені короткими ворсинками, що на поперечних зрізах мали переважно пальцеподібну форму і висоту $265,13 \pm 13,04$ мкм, а також крипти, що являли собою занурення епітелію у власну пластинку, глибина яких становила $66,26 \pm 3,11$ мкм. Щільність ворсинок становила $13,13 \pm 0,34$, крипт – $11,22 \pm 0,42$ на 1 мм слизової оболонки, а їх ширина – $54,53 \pm 2,70$ і $46,12 \pm 2,30$ мкм відповідно. Епітелій ворсинок утворений одношаровим однорядним призматичним облямківим епітелієм, у складі якого виявляли облямівкові ентероцити, а також келихоподібні клітини. Переважна більшість епітеліоцитів крипт представлена ентероцитами без облямівки, а також ендокриноцитами APUD-системи. Висота епітеліоцитів ворсинок і крипт становила відповідно $5,52 \pm 0,24$ і $8,82 \pm 0,32$ мкм.

Основа ворсинок представлена пухкою волокнистою сполучною тканиною, в якій переважала аморфна речовина. У ній також виявляли тонкі колагенові фібрили, клітини фібробластичного ряду, лейкоцити і, в першу чергу, лімфоцити, тканинні базофіли, в порожнині кровоносних капілярів – еритроцити

овальної форми з ядрами відповідної форми.

Під донною частиною крипт розташована вузька м'язова пластинка, що складалась з одного шару гладких м'язових клітин, які мали переважно поздовжній напрямок. М'язова оболонка мала товщину $75,01 \pm 3,22$ мкм і складалась із двох шарів: більш товстого внутрішнього з переважно циркулярним напрямком розташування гладких м'язових клітин і менш товстого – зовнішнього, з переважно поздовжнім їх напрямком. Між собою шари відокремлені тонкими прошарками пухкої волокнистої сполучної тканини.

Між м'язовою пластинкою слизової оболонки і м'язовою оболонкою, а також у зовнішньому шарі м'язової оболонки виявляли елементи нервових сплетень – нервових вузлів і пучків волокон, відповідно підслизового (Мейснера) і м'язової оболонки (мієнтерального, Ауєрбаха), які на тлі інших структур стінки кишки виразно виділялись овальною формою і значним розміром. У складі нервових вузлів знаходили кілька тіл нервових клітин мультиполярного типу і волокна. Серозна оболонка кишки представлена тонкою сполучнотканинною пластинкою, вкритою одношаровим плоским епітелієм – мезотелієм. Її товщина становила $4,54 \pm 0,20$ мкм.

У качок 3–14-добового віку у пухкій волокнистій сполучній тканині ворсинок і між криптами, а також між шарами м'язової оболонки збільшувався вміст колагенових волокон і клітин фібробластичного ряду, а також лімфоцитів і тканинних базофілів. В основі ворсинок гладкі м'язові клітини утворювали 3–6 вузьких тяжів, які розташовувались паралельно їх довгій осі. Крім пухкої сполучної тканини між собою крипти відокремлені вузькими тяжами гладких м'язових клітин. Крім того, тяжі м'язових клітин у вигляді тонкого поясу оточували донну частину крипт. Порівняно з меншим віком у складі пухкої волокнистої сполучної тканини в більшій кількості виявляли кровоносні судини, переважно артеріоли і вени, діаметр яких із віком збільшувався.

Порівняно з попереднім віком, у качок 3-, 14-, 21-добового, одно-, шестимісячного і річного віку діаметр кишки був більшим відповідно на 51,1 ($P \leq 0,01$); 4,2; 56,0 ($P \leq 0,001$); 25,1 ($P \leq 0,05$); 6,8 і 8,1 %, а семидобового і двомісячного – меншим на 1,5 і 15,0 % ($P \leq 0,05$) (рис. 1). У 3-, 14-, 21-добовому, одно- і двомісячному і річному віці товщина стінки кишки була більшою відповідно на 57,0 ($P \leq 0,001$); 26,7 ($P \leq 0,01$); 27,9 ($P \leq 0,01$); 11,6 і 18,2 % ($P \leq 0,05$) і 10,4 % (рис. 2). У семидо-

Рис. 1. Діаметр кишок тонкого відділу кишечника качок, см

Рис. 2. Товщина стінки кишок тонкого відділу кишечника качок, мкм

бовому і шестимісячному віці цей показник був меншим на 2,0 і 13,3 %.

Товщина слизової оболонки в качок 3-, 14-, 21-добового, одно-, двомісячного і річного віку становила $548,33 \pm 24,92$; $685,53 \pm 33,90$; $866,79 \pm 48,07$; $957,08 \pm 42,90$; $1\,123,70 \pm 52,02$ і $1\,152,40 \pm 63,37$ мкм, що було більше таких показників попереднього віку відповідно на 64,2 ($P \leq 0,001$); 30,3 ($P \leq 0,01$); 26,4 ($P \leq 0,05$); 10,4; 17,4 ($P \leq 0,05$) і 14,5 % (рис. 3). У качок 7-добового і 6-місячного віку товщина слизової оболонки порівняно з птицею попереднього віку була меншою відповідно на 4,1 і 10,4 %.

Потовщення слизової оболонки відбувалось переважно за рахунок збільшення висоти ворсинок і, меншою мірою, глибини крипт. У качок 3-, 14-, 21-добового, одно-, двомісячного і річного віку висота ворсинок становила $419,58 \pm 20,34$; $564,90 \pm 23,24$; $717,24 \pm 32,08$; $787,05 \pm 30,18$; $884,58 \pm 31,83$ і $958,36 \pm 34,82$ мкм, що було більше значень птахів меншого віку відповідно на 58,3 ($P \leq 0,001$), 36,1 ($P \leq 0,001$); 27,0 ($P \leq 0,01$); 9,7; 12,4 і 23,4 % ($P \leq 0,01$) (рис. 4). У семидобових і шестимісячних качок цей показник був меншим відповідно на 1,1 і 12,2 % ($P \leq 0,05$).

Площа поверхні ворсинок дванадцятипалої кишки качок добового віку становила $14,45 \pm 0,61 \times 10^3$ мкм². У птиці 3-, 14-, 21-добового, двомісячного і річного її показники були більшими таких меншого віку відповідно на 201,5 ($P \leq 0,001$); 99,3 ($P \leq 0,001$); 72,0 ($P \leq 0,001$); 16,7 ($P \leq 0,05$) і 16,0 % ($P \leq 0,05$) і становили відповідно $43,56 \pm 1,93 \times 10^3$; $76,19 \pm 3,05 \times 10^3$; $131,02 \pm 4,82 \times 10^3$; $148,23 \pm 5,69 \times 10^3$ і $165,36 \pm 7,04 \times 10^3$ мкм² (рис. 5). У качок семидобового, одно- і шестимісячного віку значення цього показника були меншими попереднього віку відповідно на 12,2; 3,1 і 3,8 %.

Щільність ворсинок дванадцятипалої кишки з віком качок зменшувалась і відповідно в 3-, 14-, 21-добовому і двомісячному віці становила $8,13 \pm 0,40$; $6,44 \pm 0,31$; $5,38 \pm 0,22$ і $4,13 \pm 0,33$ на 1 мм довжини слизової оболонки, що порівняно з меншим віком було менше відповідно на 38,1 ($P \leq 0,001$), 29,2 ($P \leq 0,001$), 16,5 ($P \leq 0,05$), 26,6 % ($P \leq 0,01$) (рис. 6). У семидобових, одно- і шестимісячних птахів цей показник був більшим відповідно на 11,8; 4,6 і 6,1 %.

Товщина м'язової пластинки слизової оболонки дванадцятипалої кишки тридобових качок порівняно з такою птиці добового віку збільшилась на 98,4 % ($P \leq 0,001$) і становила

Рис. 3. Товщина слизової оболонки кишок тонкого відділу кишечника качок, мкм

Рис. 4. Висота ворсинок кишок тонкого відділу кишечника качок, мкм

Рис. 5. Площа поверхні ворсинок кишок тонкого відділу кишечника качок, $\times 10^3$ мкм²

Рис. 6. Щільність ворсинок кишок тонкого відділу кишечника качок, ворсинок/1мм

$5,02 \pm 0,20$ мкм. Надалі у качок старшого віку цей показник змінювався відносно таких меншого віку з різним ступенем достовірності в межах $4,53 \pm 0,11 - 5,81 \pm 0,11$ мкм.

Глибина крипт у качок 3-, 21-добового, одно- і двомісячного віку становила $123,73 \pm 5,40$; $143,74 \pm 5,88$; $165,01 \pm 6,37$ і $234,58 \pm 9,67$ мкм, що було більше відповідно на 86,7 % ($P \leq 0,001$), 8,6 %, 24,6 % ($P \leq 0,01$), 14,8 % ($P \leq 0,05$) і 42,2 % ($P \leq 0,001$) (рис. 7). У птиці семидобового, шестимісячного і річного віку цей показник був меншим відповідно на 14,2 % ($P \leq 0,05$); 3,6 і 16,6 % ($P \leq 0,05$). Через збільшення показника глибини крипт їх донна частина і тіло ставали більш виразними.

Загальною закономірністю динаміки щільності крипт дванадцятипалої кишки, як і ворсинок, після збільшення з одно- до семидобового віку, було їх зменшення з віком птиці. У три- та семидобових вона становила $25,04 \pm 0,76$ і $28,80 \pm 0,84$ на 1 мм довжини слизової оболонки кишки, що було більше показника меншого віку відповідно на 123,2 ($P \leq 0,001$) і 15,0 % ($P \leq 0,05$) (рис. 8). У качок 14-, 21-добового, одно- і двомісячного віку цей показник був меншим відповідно на 7,9; 25,9 ($P \leq 0,001$); 10,6 і 6,0 %.

Товщина м'язової оболонки дванадцятипалої кишки з віком збільшувалась, набуваючи найбільшого значення у дво-

місячних качок. Порівняно з молодшою птицею, у качок три-, семи-, 14-, 21-добового і місячного віку вона була більшою на 27,5 ($P \leq 0,01$); 9,1; 9,1; 37,3 ($P \leq 0,01$); 18,4 ($P \leq 0,05$) і 23,6 % ($P \leq 0,05$) (рис. 9). У качок шестимісячного і річного віку вона була меншою відповідно на 28,7 ($P \leq 0,01$) і 14,7 %. Упродовж усього періоду спостережень внутрішній шар м'язової оболонки кишки був значно товщим порівняно із зовнішнім, про що свідчив більший показник їх відносної товщини. Відносна товщина внутрішнього шару м'язової оболонки коливалась у межах 82,48–89,16 %, відповідно зовнішнього – 10,84–17,52 %.

Стінка порожньої кишки качок мала гістологічну будову, подібну до дванадцятипалої, але відрізнялась величиною мікроскопічних показників структур. Її діаметр із віком збільшувався з $1,60 \pm 0,07$ мм у качок добового віку до $5,23 \pm 0,23$ мкм у шестимісячного. Причому найінтенсивніше цей показник збільшувався в перші три доби життя. Порівняно з попереднім, у качок тридобового віку він був більшим на 51,3 % ($P \leq 0,001$), семидобового – на 5,2 %, 21-добового – на 29,0 % ($P \leq 0,01$), місячного – на 14,7 %, двомісячного – на 43,2 % ($P \leq 0,01$), шестимісячного – на 3,8 %. У качок 14-добового і річного віку порівняно з попереднім віком цей показник у кожному випадку був меншим на 1,7 %.

Товщина стінки порожньої кишки качок добового віку по-

Рис. 7. Глибина крипт кишок тонкого відділу кишечника качок, мкм

Рис. 8. Щільність крипт кишок тонкого відділу кишечника качок, крипт/мм

рівняно з такою дванадцятипалою кишкою мала меншу на 42,8 % товщину і становила $289,54 \pm 12,20$ мкм. Цей показник збільшувався до двомісячного віку і досягав при цьому найбільшого значення – $1\,359,99 \pm 63,76$ мкм, після чого був меншим і в шестимісячних і річних птахів становив відповідно $1\,178,84 \pm 52,44$ і $1\,301,53 \pm 63,20$ мкм.

Товщина слизової оболонки порожньої кишки качок добоового віку становила $204,33 \pm 8,61$ мкм і була менша такої дванадцятипалої на 63,4 % ($P \leq 0,001$). Надалі цей показник збільшувався у три-, семи-, 21-добовому, одно- і шестимісячному і річному віці відповідно на 164,9 ($P \leq 0,001$); 22,1 ($P \leq 0,01$); 8,6; 40,3 ($P \leq 0,001$); 7,4 і 7,8 % і становив відповідно $541,28 \pm 21,66$; $660,81 \pm 27,31$; $652,51 \pm 27,92$; $915,54 \pm 40,27$; $969,26 \pm 41,33$ і $1044,70 \pm 57,85$ мкм. У 14-добовому і двомісячному віці він був меншим такого птаці молодшого віку відповідно на 9,1 і 1,5 %. Відносна товщина слизової оболонки порожньої кишки у тридобових – річних птахів була достатньо стабільним показником і коливалась у межах вузького «коридору» значень – від 84,05 до 86,25 %, відповідно м'язової оболонки – від 13,05 до 15,27 %.

Висота ворсинок слизової оболонки порожньої кишки качок добоового віку становила $162,52 \pm 6,50$ мкм і була менша такої дванадцятипалої на 38,7 % ($P \leq 0,001$). У качок старшого віку цей показник був більшим в три-, семи- і 14-добовому, одно- і двомісячному і річному віці відповідно на 169,6 ($P \leq 0,001$); 26,1 ($P \leq 0,001$); 9,4; 45,2 ($P \leq 0,001$); 6,3 і 15,6 % ($P \leq 0,05$) і становив відповідно $438,23 \pm 20,07$; $552,41 \pm 23,81$; $533,17 \pm 28,83$; $774,04 \pm 32,07$; $738,04 \pm 24,81$ і $853,33 \pm 28,83$ мкм.

Площа поверхні ворсинок порожньої кишки качок добоового віку становила $8,52 \pm 0,34 \times 10^3$ мкм², що порівняно з таким показником дванадцятипалої кишки було менше на 41,0 % ($P \leq 0,001$). У птаці три-, семидобового, одно- і двомісячного і річного цей показник був більшим такого качок меншого віку відповідно на 287,4 ($P \leq 0,001$); 70,8 ($P \leq 0,001$); 83,3 ($P \leq 0,001$); 17,8 ($P \leq 0,05$); 32,9 ($P \leq 0,01$) і 18,6 % ($P \leq 0,05$) і становив відповідно $33,01 \pm 1,84 \times 10^3$; $56,39 \pm 2,04 \times 10^3$; $95,83 \pm 3,84 \times 10^3$; $112,85 \pm 5,08 \times 10^3$; $149,93 \pm 6,37 \times 10^3$ і $177,75 \pm 8,39 \times 10^3$ мкм². У качок 14- і 21-добового віку значення цього показника були меншими попереднього віку відповідно на 7,0 і 0,3 %.

Рис. 9. Товщина м'язової оболонки кишків тонкого відділу кишечника качок, мкм

Щільність ворсинок порожньої кишки качок добового віку становила $11,88 \pm 0,42$, що порівняно з таким показником дванадцятипалої кишки було менше на 9,5 % ($P \leq 0,001$). З віком щільність ворсинок поступово зменшувалась. У три-, семи-, 21-добовому, одно-, дво-, шестимісячному і річному віці вона була меншою відповідно на 17,4 ($P \leq 0,01$); 13,4 ($P \leq 0,05$); 28,9 ($P \leq 0,001$); 2,1; 26,2 ($P \leq 0,05$); 17,8 і 5,1 %.

На відміну від дванадцятипалої, в слизовій оболонці порожньої кишки добових качок крипт не було. Їх виявляли у каченят старших тридобового віку, що вказує на продовження процесів морфогенезу кишечника після вилуплення. У качок тридобового віку глибина крипт становила $83,75 \pm 4,07$ мкм. Надалі цей показник збільшувався до шестимісячного віку, досягаючи максимального значення $207,52 \pm 8,92$ мкм. Порівняно з попереднім віком у птиці семи-, 14-, 21-добового, одно- і двомісячного віку глибина крипт була більшою відповідно на 4,5; 2,2; 3,4; 26,9 ($P \leq 0,01$); 56,5 ($P \leq 0,001$) і 12,9 % і становила відповідно $87,53 \pm 3,27$; $89,48 \pm 3,07$; $92,50 \pm 4,80$; $117,38 \pm 3,77$; $183,73 \pm 8,04$ і $207,52 \pm 8,92$ мкм. В однорічних качок цей показник був меншим такого молодших качок на 17,7 % ($P \leq 0,05$) і становив $170,84 \pm 5,94$ мкм.

Щільність крипт, як і ворсинок, починаючи із семидобового віку, з віком птахів поступово зменшувалась. У тридобових каченят цей показник становив $23,50 \pm 1,20$, семидобових – $31,24 \pm 1,42$, що було більше на 32,9 % ($P \leq 0,01$). Порівняно з попереднім віком, у качок 14-, 21-добового, одно-, дво- шестимісячного і річного віку щільність крипт була меншою відповідно на 8,0; 10,3; 9,9; 19,3 ($P \leq 0,01$); 12,5 ($P \leq 0,05$) і 7,1 %.

Товщина м'язової пластинки слизової оболонки порожньої кишки найменше значення мала в добових пташенят і становила $17,24 \pm 0,77$ мкм. У старшій птиці впродовж усього періоду спостережень цей показник визначали в межах від $19,30 \pm 0,84$ до $26,84 \pm 0,89$ мкм.

Порівняно з дванадцятипалою, товщина м'язової оболонки порожньої кишки добових пташенят була більшою на 8,3 % і становила $81,25 \pm 3,02$ мкм. До 14-добового віку її величина поступово збільшувалась і сягала $116,14 \pm 4,31$ мкм. У качок 7–21-добового віку її товщина коливалась у межах $100,01 \pm 4,82$ – $116,14 \pm 4,31$ мкм. Порівняно з попереднім у місячних качок вона збільшилась на 41,0 % ($P \leq 0,001$) і становила $163,76 \pm 6,84$ мкм. Надалі цей показник поступово збільшувався і сягав найбільшого значення – $181,59 \pm 6,97$ мкм у птиці річного віку. Порівняно з дванадцятипалою кишкою, відносна товщина внутрішнього шару м'язової оболонки порожньої кишки була

меншою, і в качок семидобового – річного віку визначалась в межах від 82,53 до 85,36 %.

Абсолютна товщина серозної оболонки порожньої кишки качок із віком збільшувалась з $3,96 \pm 0,14$ мкм в добовому віці до $9,33 \pm 0,35$ мкм у річному. Її відносна товщина у качок добового віку становила 1,37 %, 3-добового – 1-річного віку – від 0,64 до 0,83 %.

Порівняно з дванадцятипалою, діаметр клубової кишки добових каченят був більшим на 6,8 % і становив $1,88 \pm 0,09$ мм. Надалі він збільшувався: у 3-, 7-, 14-, 21-добовому, одно- і шестимісячному віці відповідно на 19,1 ($P \leq 0,05$); 6,6; 21,1 ($P \leq 0,05$); 35,8 ($P \leq 0,001$); 19,8 ($P \leq 0,05$) і 8,4 %. У річному віці її діаметр був меншим такого молодших качок на 13,8 % і становив $4,45 \pm 0,27$ мм.

Порівняно з дванадцятипалою, товщина стінки клубової кишки добових пташенят достовірної відмінності не мала і становила $326,99 \pm 16,02$ мкм. З віком птиці вона збільшувалась: у 3-, 7-, 14-, 21-добовому, одно-, дво- і шестимісячному і річному віці порівняно з меншим відповідно на 13,9; 46,9 ($P \leq 0,001$); 4,9; 18,1 ($P \leq 0,05$); 4,5; 18,8 ($P \leq 0,05$); 19,6 ($P \leq 0,05$) і 15,3 %.

Товщина слизової оболонки клубової кишки добових каченят порівняно з дванадцятипалою, була менша на 25,8 % ($P \leq 0,01$) і становила $247,64 \pm 11,35$ мкм. Порівняно з попереднім віком у старших качок вона була більша: у 3-, 7-, 14-, 21-добовому, 2- і 6-місячному, а також річному віці відповідно на 12,4; 59,2 ($P \leq 0,001$); 6,8; 18,4 ($P \leq 0,05$); 20,0 ($P \leq 0,05$); 20,9 ($P \leq 0,05$) і 15,8 %. Відносна товщина слизової оболонки стінки клубової кишки в пташенят з одно- до семидобового віку збільшувалась з 75,05 до 80,97 % і надалі у качок старшого віку коливалась у межах від 78,79 до 82,56 %, відповідно м'язової оболонки – від 17,44 до 21,21 %.

Висота ворсинок клубової кишки порівняно з дванадцятипалою була меншою на 43,0 % ($P \leq 0,001$) і становила $151,08 \pm 7,05$ мкм. Порівняно з попереднім віком, у 3-, 14-, 21-добовому, одно-, дво-, шестимісячному і річному віці вона була більшою на 22,7 ($P \leq 0,05$); 82,2 ($P \leq 0,001$); 0,1; 22,0 ($P \leq 0,01$); 1,2; 5,7; 29,8 ($P \leq 0,01$) і 24,8 % ($P \leq 0,001$) і становила відповідно $185,32 \pm 8,21$; $337,57 \pm 13,87$; $338,07 \pm 12,08$; $412,50 \pm 17,93$; $417,32 \pm 15,52$; $440,90 \pm 18,91$; $572,33 \pm 21,34$ і $714,41 \pm 24,82$ мкм.

Площа поверхні ворсинок клубової кишки каченят добового віку становила $7,18 \pm 0,32 \times 10^3$ мкм², що порівняно з таким показником дванадцятипалої кишки було менше на 50,3 % ($P \leq 0,001$). У птиці 3-, 7-, 14-, 21-добового, одно-, дво-,

шестимісячного і річного віку цей показник був більшим такого молодших качок відповідно на 86,6 ($P \leq 0,001$); 133,4 ($P \leq 0,001$); 33,6 ($P \leq 0,01$); 16,0 ($P \leq 0,05$); 19,6 ($P \leq 0,05$); 10,6; 37,8 ($P \leq 0,001$) і 43,0 % ($P \leq 0,001$) і становив відповідно $13,40 \pm 0,63 \times 10^3$; $31,28 \pm 1,22 \times 10^3$; $41,80 \pm 1,82 \times 10^3$; $48,48 \pm 2,07 \times 10^3$; $57,97 \pm 2,07 \times 10^3$; і $64,12 \pm 2,87 \times 10^3$ мкм²; $88,33 \pm 2,90 \times 10^3$ і $126,34 \pm 5,74 \times 10^3$ мкм².

Порівняно з дванадцятипалою, щільність ворсинок клубової кишки добоових пташенят була більшою на 11,9 % і становила $14,69 \pm 0,61$. Порівняно з попереднім віком вона зменшувалась і в качок 3-, 7-, 14-, 21-добового, одно-, шестимісячного і річного віку була меншою відповідно на 23,4 ($P \leq 0,01$); 21,7 ($P \leq 0,01$); 27,6 ($P \leq 0,01$); 8,9; 13,6; 15,6 і 2,5 %. У двомісячних порівняно з попереднім віком вона була більшою на 14,0 %.

Глибина крипт клубової кишки добоових каченят становила $87,53 \pm 4,11$ мкм, що порівняно з таким показником дванадцятипалої кишки було більше на 32,1 % ($P \leq 0,01$). У птиці 7-, 14-, 21-добового, дво- і шестимісячного віку цей показник збільшувався і відносно такого молодших качок був більшим відповідно на 1,5; 20,6 ($P \leq 0,05$); 1,2; 91,7 ($P \leq 0,001$) і 3,9 % і становив відповідно $85,02 \pm 3,85$; $102,53 \pm 4,72$; $103,81 \pm 4,38$; $177,47 \pm 7,30$; $184,33 \pm 5,97$ мкм. У тридобовому, місячному і річному віці цей показник був меншим відносно попереднього відповідно на 4,3; 10,8 і 10,4 %.

Щільність крипт клубової кишки впродовж усього періоду спостережень коливалась у межах від $20,22 \pm 0,64$ до $25,40 \pm 0,87$ на 1 мм із загальною тенденцією до зменшення з добоового до річного віку відповідно з $25,40 \pm 0,87$ до $21,26 \pm 0,86$ на 1 мм слизової оболонки.

Товщина м'язової пластинки слизової оболонки клубової кишки добоових пташенят порівняно з дванадцятипалою була більшою на 305,2 % і становила $9,03 \pm 0,41$ мкм. У тридобових каченят її товщина збільшувалась на 98,4 % ($P \leq 0,001$) і становила $5,02 \pm 0,20$ мкм. Надалі у птиці старшого віку цей показник коливався з різним ступенем достовірності різниці відносно попереднього в межах від $4,53 \pm 0,11$ до $5,30 \pm 0,12$ мкм.

Порівняно з дванадцятипалою кишкою, товщина м'язової оболонки клубової кишки добоових каченят достовірно не відрізнялась і становила $75,05 \pm 3,45$ мкм. У старшої птиці цей показник збільшувався до річного віку. Відносно попереднього віку у птиці 3-, 7-, 21-добового, одно-, дво-, шестимісячного і річного віку він був більшим відповідно на 18,6 ($P \leq 0,05$); 11,2; 17,3 ($P \leq 0,05$); 29,1 ($P \leq 0,001$); 14,4; 14,9 і 13,7 % і становив відповідно $88,99 \pm 3,20$; $98,92 \pm 4,52$; $110,88 \pm 4,93$; $143,13 \pm 7,30$; $163,78 \pm 7,88$; $188,11 \pm 8,30$ і $213,86 \pm 9,79$ мкм.

Відносна товщина серозної оболонки клубової кишки качок одно-тридобових каченят становила 1,32–1,37 %, семидобового – річного віку – від 0,77 до 1,15 %.

Обговорення

Згідно з класичними уявленнями, у стінці дванадцятипалої кишки качок ми виділили три оболонки: слизову, м'язову і серозну. У слизовій оболонці виявлено три шари: епітеліальний, власну і м'язову пластинку. Підслизової основи в стінці кишок тонкого відділу кишечника качок в усі досліджувані вікові терміни ми не виявили. Цей факт узгоджується з відповідними даними Hodges & Michael (1975), Kachave et al. (2009) і дещо суперечить інформації Kuleshov (2010), Shestakov & Zhabin (1986), Khaleel & Atiea (2017), Kadhim et al. (2018), які вказують про наявність або слабкий розвиток підслизової основи в стінці кишечника птахів.

Основна структура кишечника – ворсинка (Walton et al., 2012). За результатами наших досліджень, у добоових каченят висота ворсинок дванадцятипалої кишки становила $265,13 \pm 13,04$ мкм, порожньої – $162,52 \pm 6,50$ мкм, клубової – $151,08 \pm 7,05$ мкм, що узгоджується з даними Baranylova &

Holman (1976), згідно з якими відразу після вилуплення пташенят найдовшими є ворсинки дванадцятипалої кишки, що удвічі більше порівняно з показниками інших кишок тонкого відділу кишечника.

Згідно з результатами наших досліджень, СВП (середній віковий показник) висоти ворсинок дванадцятипалої кишки становив $643,13 \pm 79,29$, порожньої – $581,51 \pm 70,34$, клубової – $396,61 \pm 58,49$ мкм, що узгоджується з інформацією Izhbulatova (2005) щодо зменшення висоти ворсинок кишечника в курей, індичок і качок в напрямку від дванадцятипалої до клубової кишки і суперечить даним Shestakov & Zhabin (1986) щодо того, що в порожній кишці ворсинки найкоротші. Згідно з нашими даними, з добоового до двомісячного віку висота ворсинок дванадцятипалої, порожньої і клубової кишок качок збільшилась відповідно на 233,6; 327,2 і 191,8 %, що дещо суперечить інформації Izhbulatova (2005) щодо того, що висота ворсинок порожньої-клубової кишки качок за цей період збільшується вдвічі.

Загальною закономірністю динаміки більшості морфометричних показників (за винятком щільності ворсинок і крипт) стінки кишок тонкого відділу кишечника було їх збільшення. Такі зміни величини мікроструктур кишок відбувались не одночасно; у деяких випадках спостерігали їх зменшення порівняно з меншим віком. Про зменшення в молодняку свійської птиці з віком величини деяких мікроскопічних структур кишечника повідомляють Zharova & Tkachev (2007), Trifonov & Kuleshov (2008). Крім того, такі зміни порівняно з попереднім віком, мали різний ступінь достовірності, або не мали її. Отримані нами дані щодо неодноразової зміни морфометричних показників узгоджуються з інформацією інших дослідників стосовно асинхронного розвитку структур кишечника (Shestakov & Zhabin, 1986; Tkachev et al., 2007; Sell et al., 1991; Iji et al., 2001; Liu et al., 2010). У курчат висота і площа ворсинок, глибина крипт дванадцятипалої кишки найшвидше збільшуються до шестидобового віку, порожньої і клубової – до 10-добового, після чого ці показники виходять на «плато» (Uni et al., 1995). Про зменшення з віком – з тридобового до тримісячного щільності ворсинок в тонкому відділі кишечника гусей повідомляє Nogovitsina (2006).

За товщиною стінка дванадцятипалої кишки качок переважно складається зі слизової оболонки і, меншою мірою, – з м'язової, про що свідчить їх відносна товщина, яка становила в різні вікові періоди відповідно 80,76–88,54 і 10,69–18,14 %. Із віком птиці відносна товщина слизової оболонки поступово збільшувалась – з 80,76 % у качок добоового віку до 88,54 % у річного, а м'язової – відповідно зменшувалась – з 18,14 % до 10,69 %. Загальною закономірністю вікової динаміки м'язової оболонки було зменшення з віком товщини внутрішнього шару і відповідно збільшення зовнішнього, що узгоджується з інформацією стосовно більш товстого внутрішнього шару м'язової оболонки в кишечнику курей, качок і гусей (Zharova & Tkachev, 2007). Відносна товщина серозної оболонки дванадцятипалої кишки качок в різні вікові періоди коливалась від 0,55 до 1,09 %.

Найінтенсивніше морфометричні показники дванадцятипалої кишки збільшувались у перший місяць постнатального періоду онтогенезу, менше – у другий. Упродовж першого місяця найшвидше ці показники змінювались у перший тиждень. Так, у перший тиждень, перший і другий місяць життя качок діаметр кишки збільшився відповідно на 48,9; 202,8 і 5,0 %, товщина її стінки – на 53,6; 178,5 і 18,3 %, товщина слизової оболонки – на 57,5; 186,5 і 17,4 %, м'язової оболонки – на 39,2; 146,8 і 26,6 %, висота ворсинок – на 56,6; 197,0 і 12,4 %, площа їх поверхні – на 164,6; 778,7 і 16,7 %, глибина крипт – на 60,3; 149,0 і 42,2 %. Отримані нами дані про збільшення морфометричних показників дванадцятипалої кишки качок української білогрудкої породи переважно до двомісячного віку узгоджу-

ються з подібною інформацією щодо пекінських качок (Watkins et al., 2004). Про уповільнення росту ворсинок дванадцятипалої кишки курей після 10-добового віку повідомляють (Noy & Sklan, 1997).

Значенням дорослої птиці параметри дванадцятипалої кишки відповідали в різному віці: товщина м'язової оболонки і щільність крипт – у 21-добовому, діаметр і товщина стінки кишки – в місячному, товщина слизової оболонки, висота і щільність ворсинок, глибина крипт – у двомісячному.

Як і у випадку з дванадцятипалою кишкою, найінтенсивніше морфометричні показники порожньої кишки збільшувались у перший місяць постнатального періоду онтогенезу, значно менш інтенсивно – у другий. Упродовж першого місяця найшвидше ці показники змінювались у перший тиждень. Так, у перший тиждень, перший і другий місяць життя качок діаметр порожньої кишки змінився відповідно на 51,3; 120,0 і 43,2 %, товщина її стінки – на 164,7; 175,2 і -2,1 %, товщина слизової оболонки – на 223,4; 348,1 і -1,1 %, м'язової оболонки – на 23,1; 101,6 і 1,0 %, висота ворсинок – на 240,0; 376,3 і -10,3 %, площа їх поверхні – на 561,9; 1124,7 і 17,8 %, глибина крипт – на 4,5; 40,2 і 56,5 %.

Значенням дорослої птиці параметри порожньої кишки відповідали в різному віці: товщина стінки, слизової і м'язової оболонки, висота ворсинок – у місячному, діаметр порожньої кишки, глибина крипт, щільність ворсинок – у двомісячному, щільність крипт – у шестимісячному.

Як і у випадку з іншими кишками, найінтенсивніше морфометричні показники клубової кишки збільшувались у перший місяць після вилуплення, а впродовж нього – у перший тиждень. Так, у перший тиждень, перший і другий місяць життя качок діаметр кишки збільшився відповідно на 28,7; 153,7 і 1,9 %, товщина її стінки – на 67,4; 116,8 і 18,8 %, товщина слизової оболонки – на 79,0; 125,5 і 20,0 %, м'язової оболонки – на 31,8; 90,7 і 14,4 %, висота ворсинок – на 123,4; 176,2 і 5,7 %, площа їх поверхні – на 335,0; 707,4 і 10,6 %, глибина крипт – на -2,9; 5,7 і 91,7 %.

Значенням дорослої птиці параметри мікроструктур клубової кишки, як і інших тонкого відділу кишечника відповідали в різному віці: щільність крипт – у семидобовому, діаметр кишки – у 21-добовому, глибина крипт – у 2-місячному, щільність ворсинок – у місячному, товщина стінки кишки і м'язової оболонки – в 6-місячному, товщина слизової оболонки, висота ворсинок – у річному.

Висновки

Загальною закономірністю динаміки основних морфометричних показників тонкого відділу кишечника качок добового – річного віку: діаметра і товщини стінки кишок, товщини їх слизової і м'язової оболонок, висоти ворсинок і крипт, площі поверхні ворсинок, товщини м'язової пластинки слизової оболонки було збільшення з віком. У той же час, щільність ворсинок і крипт із віком птиці зменшувалась.

Досягнення морфометричними показниками тонкого відділу кишечника параметрів дорослих качок, що свідчить про його морфофункціональну зрілість, відбувалось асинхронно. Параметрам дорослої птиці показники дванадцятипалої кишки відповідали в 21-добовому – двомісячному віці, порожньої – в одно-шестимісячному віці, клубової – в семидобовому – річному.

Найінтенсивніше збільшення морфометричних показників мікроструктур тонкого відділу кишечника відбувалось упродовж першого місяця постнатального періоду онтогенезу, меншою мірою – упродовж другого. У перший місяць життя качок найшвидше величина показників кишечника змінювались у перший тиждень.

References

- Alshamy, Z., Richardson, K. C., Hünigen, H., Hafez, H. M., Plendl, J., & Al Masri, S. (2018). Comparison of the gastrointestinal tract of a dual-purpose to a broiler chicken line: A qualitative and quantitative macroscopic and microscopic study. *PLoS One*, 19; 13(10): e0204921.
- Baranylova, E., & Holman, J. (1976). Morphological changes in the intestinal wall in fed and fasted chickens in the first week after hatching. *Acta Veterinaria*, 45, 151–158.
- Bjerrum, L., Pedersen, K., & Engberg, R. M. (2005). The influence of whole wheat feeding on *Salmonella* infection and gut flora composition in broilers. *Avian Diseases*, 49, 9–15.
- Borey, M., Estellé, J., Caidi, A., Bruneau, N., Coville, J.-L., Hennequet-Antier, C., Mignon-Grasteau, S., & Calenge, F. (2020). Broilers divergently selected for digestibility differ for their digestive microbial ecosystems. *PLoS One*, 18;15(5):e0232418.
- Dibner, J. J., Kitchell, M. L., Atwell, M. L., & Ivey, F. J. (1996). The effect of dietary ingredients and age on the microscopic structure of the gastrointestinal tract in poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 5, 70–77.
- Forder, R. E. A., Natrass, G. S., Geier, M. S., Hughes, R. J., & Hynd, P. I. (2012). Quantitative analyses of genes associated with mucin synthesis of broiler chickens with induced necrotic enteritis. *Poultry Science*, 91, 1335–1341.
- Gabriel, I., Mallet, S., & Leconte, M. (2003). Differences in the digestive tract characteristics of broiler chickens fed on complete pelleted diet or whole wheat added to pelleted protein concentrate. *British Poultry Science*, 44, 283–290.
- Gille, U., Salomon, F. V., & Ronnert, J. (1999). Growth of the digestive organs in ducks with considerations on their growth in birds in general. *British Poultry Science*, 40(2), 194–202.
- Hodges, R. D., & Michael, E. (1975). Structure and histochemistry of the normal intestine of the fowl. *Cell and Tissue Research*, 160(1), 125–138.
- Iji, P. A., Saki, A., & Tivey, D. R. (2001). Body and intestinal growth of broiler chickens on a commercial starter diet. 1. Intestinal weight and mucosal development. *British Poultry Science*, 42, 505–513.
- Izhbulatova, D. A. (2005). Dinamika rosta i razvitiya kishechnika tsiiplyat pri primeneni probiotikov. Aktualnyie problemy patologii zhivotnyih : materialy mezhdunarodnogo s'ezda terapevtov, diagnostov. Barnaul, 69–70 (in Russian).
- Jamroz, D., Wiertelcki, T., Wiliczekiewicz, A., Orda, J., & Skorupinska, J. (2004). Dynamics of yolk sac resorption and post-hatching development of the gastrointestinal tract in chickens, ducks and geese. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 88(5-6), 239–250.
- Jamroz, D., Wiliczekiewicz, A., Orda, J., Wiertelcki, T., & Skorupinska, J. (2002). Aspects of development of digestive activity of intestine in young chickens, ducks and geese. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 86(11-12), 353–366.
- Kachave, C. D., Bhosle, N. S., Mamde, C. S., & Lambate, S. B. (2009). Histological observations on small intestine in broiler and layer of poultry birds. *Royal Veterinary Journal of India*, 5(1–2), 5–9.
- Kadhim, A. B., Dali, E. I., Sharoot, H. A., & Abdul-Rida, M. A.-H. (2018). Histomorphological study of duodenum of goose (*Anser anser*). *Al-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences*, 17(2), 43–48.
- Khaleel, I. M., & Atiea, G. D. (2017). Morphological and histochemical study of small intestine in indigenous ducks (*Anas platyrhynchos*). *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 10(7). 19–27.

- King, D. E., Asem, E. K., & Adeola, O. (2000). Ontogenetic development of intestinal digestive functions in white Pekin ducks. *The Journal of Nutrition*, 130(1), 57–62.
- Kokoszynski, D., Wasilewski, R., Saleh, M., Piwczynski, D., Arpášová, H., Hrnčar, C., & Fik, M. (2019). Growth performance, body measurements, carcass and some internal organs characteristics of Pekin ducks. *Animals*, 9(11), 963.
- Konarkowski, A. (2006). Development of small intestine in chicks. *Polish Poultry*, 7, 21–23.
- Kuleshov, K. A. (2010). Postnatalnyiy morfogenez organov zheludochno-kishechnogo trakta kur pri primeneni selenosoderzhashchih preparatov. *Veterinarnaya Patologiya*, 1, 57–66 (in Russian).
- Kushch, M. M. (2015). Osoblyvosti mikroskopichnoi budovy kyshkivnyka husei [The peculiarities of microscopic structure of geese's gut]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary Sciences*, 17(3), 75–83. (in Ukrainian).
- Lilburn, M. S., & Loeffler, S. (2015). Early intestinal growth and development in poultry. *Poultry Science*, 94 (7), 1569–1576.
- Liu, B. Y., Wang, Z. Y., Yang, H. M., Wang, X. B., Hu, P., & Lu, J. (2010). Developmental morphology of the small intestine in Yangzhou goslings. *African Journal of Biotechnology*, 9(43), 7392–7400.
- Logvinova, V. V., Oliyar, A. V., & Lieshchova, M. A. (2020). Formation of immune structures in small intestine of Muscovy ducks (*Cairina moschata*). *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8(1), 50–55.
- Mignon-Grasteau, S., Narcy, A., Rideau, N., Chantry-Darmon, C., Boscher, M.-Y., Sellier, N., Chabault, M., Konsak-Ilievski, B., Le Bihan-Duval, E., & Gabriele, I. (2015). Impact of selection for digestive efficiency on microbiota composition in the chicken. *PLoS One*, 10(8): e0135488.
- Nogovitsina, E. A. (2006). Vozrastnaya morfologiya kishechnika gusey v norme i pri vvedenii v ratsion vermikulita. *Uchenye Zapiski Kazanskoy Gosudarstvennoy Akademii Veterinarnoy Meditsiny*, 188, 121–125 (in Russian).
- Noy, Y., & Sklan, D. (1997). Posthatch Development in Poultry. *Journal of Applied Poultry Research*, 6(3), 344–354.
- Sell, J. L., Angel, C. R., Piquer, F. J., Mallarino, E. G., & Al-Batshan, H. A. (1991). Developmental patterns of selected characteristics of the gastrointestinal tract of young turkeys. *Poultry Science*, 70, 1200–1205.
- Tkachev, A., Stepanova E., & Osipov, K. (2007). Vozrastnaya morfometriya peredney kishki ptitsy. *Ptitsevodstvo*, 2, 25 (in Russian).
- Trifonov, G. A., & Kuleshov, K. A. (2008). Postnatalnyiy morfogenez dvenadtsatiperstnoy kishki kur pri primeneni selenosoderzhashchih preparatov. *Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*, 3 (41), 33–36 (in Russian).
- Uni, Z., Noy, Y., & Sklan, D. (1995). Post hatch changes in morphology and function of the small intestines in heavy and light strain chicks. *Poultry Science*, 74, 1622–1629.
- Walthall, K., Cappon, G. D., Hurtt, M. E., & Zoetis, T. (2005). Postnatal development of the gastrointestinal system: A species comparison. *Birth Defects Research Part B Developmental and Reproductive Toxicology*, 74(2), 132–156.
- Walton, K. D., Kolterud, A., Czerwinski, M. J., Bell, M. J., Prakash, A., Kushwaha, J., Grosse, A. S., Schnell, S., & Gumucio, D. L. (2012). Hedgehog-responsive mesenchymal clusters direct patterning and emergence of intestinal villi. *Proceedings National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(39), 15817–15822.
- Wang, X., Peebles, E. D., Morgan, T. W., Harkess, R. L., & Zhai, W. (2015). Protein source and nutrient density in the diets of male broilers from 8 to 21 d of age: Effects on small intestine morphology. *Poultry Science*, 94(1), 61–67.
- Watkins, E., Butler, P., & Kenyon, B. (2004). Posthatch growth of the digestive system in wild and domesticated ducks. *British Poultry Science*, 45, 331–341.
- Williams, T., & Athrey, G. (2020). Cloacal swabs are unreliable sources for estimating lower gastro-intestinal tract microbiota membership and structure in broiler chicken. *Microorganisms*, 8(5), 718.
- Xiang, Q., Wang, C., Zhang, H., Lai, W., Wei, H., & Peng, J. (2019). Effects of different probiotics on laying performance, egg quality, oxidative status, and gut health in laying hens. *Animals (Basel)*, 9(12): 1110.
- Zharova, E. Yu., & Tkachev, A. A. (2007). Morfologiya tolstogo kyshechnyka kur krossa «Yza Braun». *Ptycevodstvo*, 10, 38–39 (in Russian).
- Zhu, H. L., Hu, L. L., Hou, Y. Q., Zhang, J., & Ding, B. Y. (2014). The effects of enzyme supplementation on performance and digestive parameters of broilers fed corn-soybean diets. *Poultry Science*, 93, 1704–1712.