

# Взаимосвязь активности ферментов в кишечнике кур с процессом яйцекладки

**Кислова И.В.**, младший научный сотрудник лаборатории физиологии

**Овчинникова Н.В.**, младший научный сотрудник лаборатории физиологии

Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства»  
Российской академии наук (ФНЦ «ВНИТИП» РАН)

**Аннотация:** Представлены результаты исследований активности пищеварительных ферментов и щелочной фосфатазы, а также концентраций кальция и фосфора в дуоденальном химусе у кур-несушек с хронической фистулой 12-перстной кишки перед, во время и после яйцекладки. Установлено, что процесс яйцекладки и экзокринная секреторная функция поджелудочной железы взаимосвязаны: при снесении яйца в 12-перстной кишке происходит снижение активности основных пищеварительных ферментов на 32,7-65,0%. Яйцекладка также сопровождалась повышением активности тканевого фермента щелочной фосфатазы в дуоденальном химусе на 59,4%. Уровень кальция в химусе 12-перстной кишки в период яйцекладки имел тенденцию к повышению (на 15,6%), при этом содержание фосфора оставалось без изменений.

**Ключевые слова:** куры-несушки, яйцекладка, дуоденальный химус, активность ферментов, концентрации кальция и фосфора.

**Введение.** Совершенствование продуктивности сельскохозяйственной птицы должно базироваться на понимании физиологических процессов в ее организме. В настоящее время актуальность представляет детальное изучение морфологии и физиологии пищеварительного аппарата и органов яйцеобразования в зависимости от структуры рациона [1]. При этом, исследуя длину и массу репродуктивных и пищеварительных органов, ряд авторов сообщали о связи увеличения размеров яичника и яйцевода с всасыванием питательных веществ в кишечнике [2]. Однако вопросы изучения активности пищеварительных ферментов *in vivo* в зависимости от яйцекладки остаются малоизученными.

Куры современных яичных кроссов могут производить более 330-340 яиц в год. В яичнике суточного цыпленка заложено 3500-12000 фолликулов, то есть значительно больше, чем кури-

ца снесет яиц за свою жизнь. По структуре фолликулы представляют собой яйцеклетку с оболочкой без желтка. С наступлением половой зрелости они последовательно увеличиваются. Рост, созревание и овуляция яйцеклетки, а также образование и снесение яиц детерминированы геномом кур и зависят от скоординированного действия гормонов гипоталамуса, гипофиза и яичника при взаимодействии с условиями окружающей среды [3]. Для нормального яйцеобразования необходима высокая степень синхронности гипоталамо-гипофизарно-гонадной системы с другими процессами в организме [4-6].

Целью работы являлось определение связи активности пищеварительных ферментов и щелочной фосфатазы в дуоденальном химусе с процессом яйцекладки у кур-несушек.

**Материал и методика исследований.** Опыты выполня-

ли на 4 курах-несушках кросса Хайсекс белый 20-28-недельного возраста с хронической фистулой 12-перстной кишки. Методика проведения данной хирургической операции была подробно описана ранее [7]. Птицы находились в виварии ФНЦ «ВНИТИП» РАН, условия их кормления и содержания соответствовали всем требованиям для данного кросса кур [8]. Через 3-5 дней после оперативного вмешательства, когда деятельность пищеварительных органов полностью восстанавливалась, приступали к опытам. Для достоверности результатов опыты проводили в нескольких повторностях. Схема опыта представлена в табл. 1.

Активность амилазы определяли по гидролизу крахмала на КФК-3 при длине волны 670 нм, протеолитическую активность - по гидролизу казеина на КФК-3 при длине волны 450 нм [9].

Исследование концентраций кальция и фосфора, активности





**Таблица 1. Схема проведения опыта**

Период	Особенности эксперимента
Фоновый 1	Изучение активности дуоденальных ферментов через 60 минут после утреннего кормления без снесения яйца
Опытный (момент снесения яйца)	Изучение активности дуоденальных ферментов через 60 минут после утреннего кормления в момент снесения яйца
Фоновый 2	Изучение активности дуоденальных ферментов через 60 минут после утреннего кормления на следующий день после снесения яйца

щелочной фосфатазы и липазы в дуоденальном химусе проводили на полуавтоматическом биохимическом анализаторе SINNOWA BS-3000P (КНР) с соответствующим набором ветеринарных диагностических реагентов для определения указанных показателей у животных.

Статистический анализ выполняли с использованием программного обеспечения JMP Trial 14.1.0 (SAS Institute, USA Carolina) и Microsoft Excel, с помощью которых рассчитывали средние значения (M) и стандартные ошибки средних ( $\pm m$ ). Достоверность различий устанавливали по t-критерию Стьюдента, различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты исследований и их обсуждение.** Здоровье кишечника и продуктивные показатели кур-несушек тесно взаимосвязаны, так как в нем происходит абсорбция нутриентов, необходимых для производства яиц. Поэтому оптимальный физиологический статус кишечника кур-несушек является основой для эффективной трансформации питательных веществ корма в компоненты яйца. При этом кишечник является первым барьером для нутриентов, который они должны пересечь, чтобы вступить в процесс образования яиц [10].

Из рис.1 видно, что активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе достоверно снижается в опытный период по сравнению с фоновым 1 пери-

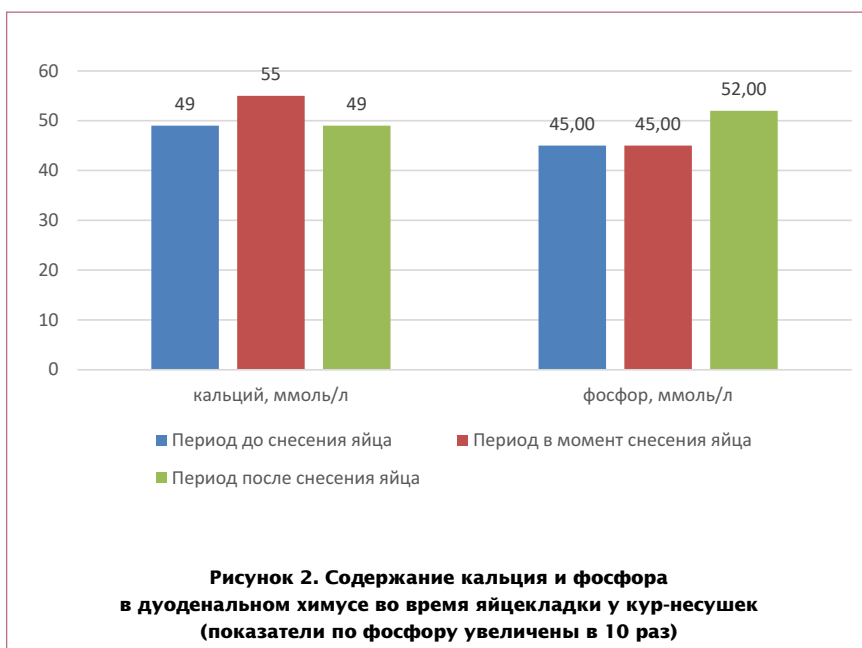
одом: активность амилазы снижается на 32,7%, протеолитическая активность - на 33,3%, активность

липазы - на 65,0% ( $p \leq 0,05$ ). При этом на следующий день после снесения яйца (фоновый 2 период) активность пищеварительных ферментов практически восстанавливается до уровня фонового 1 периода.

Это свидетельствует о том, что процесс яйцекладки у птиц и эндокринная функция поджелудочной железы взаимосвязаны, и организм несушки расходует питательные вещества на фор-



**Рисунок 1. Активность пищеварительных ферментов в дуоденальном химусе во время яйцекладки у кур-несушек (активность амилазы уменьшена в 10 раз; активность липазы увеличена в 10 раз)**



**Рисунок 2. Содержание кальция и фосфора в дуоденальном химусе во время яйцекладки у кур-несушек (показатели по фосфору увеличены в 10 раз)**

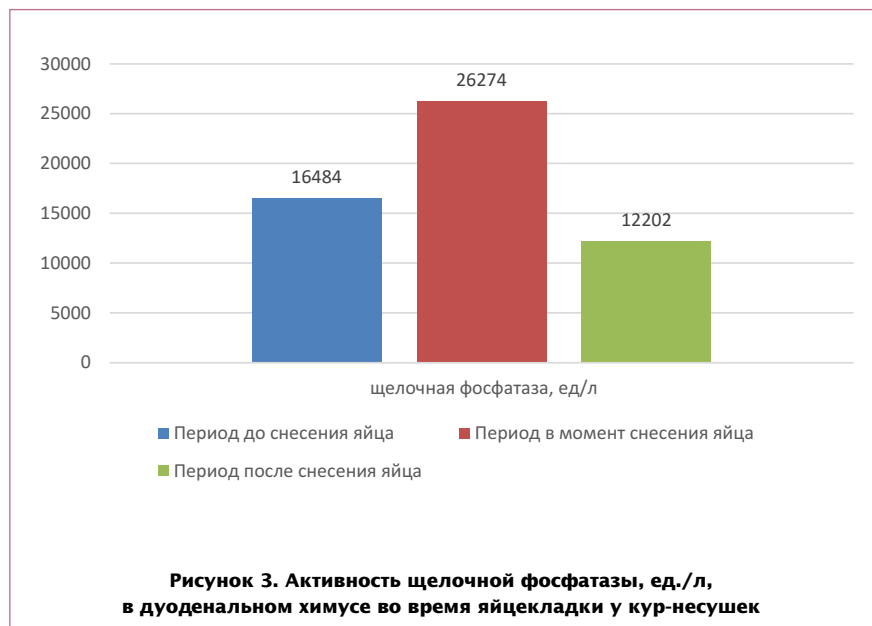
мирование яйца, лимитируя при этом синтез и секрецию ферментов.

Регуляцию уровня кальция в крови можно отнести к одной из совершенных гомеостатических функций организма [11]. Паращитовидные железы, которые чутко реагируют на изменения концентрации ионов кальция в крови, усиливают синтез паратгормона или кальцитонина. Указывалось, что главная функция этих гормонов в организме птицы - поддержание оптимальной концентрации ионов кальция в крови и влияние на кальцификацию скорлупы [4].

Из литературы [12] также известно, что процесс образования яиц является сложным, затрагивающим обмен веществ организма в целом. Поэтому не вызывает сомнений, что, помимо вышеуказанных гормонов, в процессе яйцекладки в той или иной мере участвуют и другие гормоны, а также системы организма.

В период интенсивной яйцекладки кальция, который необходим для образования качественной скорлупы, в рационе недостаточно для обеспечения им потребностей всего организма. В этом случае запасы из костных тканей кальция выступают важными детерминантами в период высокой продуктивности у птицы. Хорошо известно, что в периоды между снесением яйца и образованием скорлупы следующего яйца запасы кальция в организме восполняются из скелета, и около 10% от общего содержания кальция в костях выделяется ежедневно для поддержания минерального баланса [13].

Поскольку в яйцевод кур отсутствуют запасы минеральных солей, то весь кальций и фосфор для формирования скорлупы черпаются непосредственно из омывающей яйцевод крови.



**Рисунок 3. Активность щелочной фосфатазы, ед./л, в дуоденальном химусе во время яйцекладки у кур-несушек**

На рис. 2 в опытный период наблюдается увеличение уровня кальция на 12,2%, при этом уровень фосфора находится на одном уровне с фоновым 1 периодом. Концентрация фосфора на следующий день после яйцекладки (фоновый 2 период) возрастает на 15,6%, при этом уровень кальция возвращается к уровню фонового 1 периода.

Повышение в опытный период уровня кальция и неизменный уровень фосфора в дуоденуме, скорее всего, связаны с повышением концентрации в крови паратгормона, который снижает концентрацию фосфата (за счет усиления его экскреции почками) и повышает концентрацию кальция в крови, и при этом усиливает всасывание кальция в кишечнике.

Установлено, что в день снесения яйца происходит увеличение активности щелочной фосфатазы в дуоденальном химусе у кур-несушек на 59,4% по сравнению фоновым 1 периодом (рис. 3).

Повышение активности щелочной фосфатазы в дуоденальном химусе, видимо, связано с тем, что в опытный период па-

раллельно повышается уровень кальция.

В ресорбции кальция и фосфата из костной ткани участвует тканевая щелочная фосфатаза, синтезирующаяся прямо в скелете, где паратгормон активирует остеокласты, в свою очередь, вырабатывающие ряд промежуточных гормонов, стимулирующих синтез щелочной фосфатазы, которая уже напрямую участвует в деминерализации костной ткани.

При этом высвободившейся фосфат из костной ткани идет на синтез АТФ для энергозатратной работы скорлуповой железы, а избыток экскретируется почками. Гиперфосфатемия параллельно тормозит его всасывание в кишечнике, о чем свидетельствует одинаковая концентрация фосфора в химусе в фоновый 1 и опытный периоды (рис. 2) и повышение активности щелочной фосфатазы только в опытный период (рис. 3). Так как организм перестает нуждаться в фосфоре, щелочная фосфатаза перестает связываться с субстратами и дезактивируется, что подтверждается понижением активности фермента на 53,6% в фоновый 2 период по сравнению с опытным.





### Выводы:

1) Процесс яйцекладки является для кур-несушек доминантой, которая тормозит такие важные процессы, как выделение панкреатических ферментов и пищеварение в кишечнике.

2) Установлено, что в момент снесения яйца в дуоденальном химусе происходит повышение активности щелочной фосфатазы на 59,4% и уровня кальция на 12,2%.

3) Уровень фосфора в дуоденальном химусе находится на уровне 4,5 ммоль/л в фоновый 1 и опытный периоды и увеличивается на 15,6% на следующий день после яйцекладки.

### Литература

1. Зеленкова Г.А., Пахомов А.П., Зеленков А.П. Развитие органов пищеварения и яйцеобразования у кур при использовании в рационах экзобентокоорма в сочетании с биологически активными веществами // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. - 2014. - №101. - С. 1099-1108.  
2. Злепкин А.Ф., Калинина Е.А., Байер Т.А. Влияние препаратов «Карцесел» и «Целлолюкс-Ф» на степень развития органов пищеварения и яйцеобразования ремонтного мо-

лодняка и кур-несушек // Изв. Нижневолжского агроунив. комплекса: наука и ВПО. - 2014. - № 2. - С. 99-102.

3. Кавтарашвили А.Ш., Фисинин В.И., Буяров В.С., Колокольникова Т.Н. Влияние освещения на время яйцекладки и качество куриных яиц // С.-х. биология. - 2019. - Т. 54. - №6. - С. 1095-1109.

4. Бауман В.К. Кальций и фосфор: обмен и регуляция у птиц. - Рига: Зинатне, 1968. - 270 с.

5. Hackney A.C., Lane A.R. Exercise and the regulation of endocrine hormones // Prog. Mol. Biol. Transl. Sci. - 2015. - V. 135. - P. 293-311.

6. Зырянова Т.Н. Молекулярные механизмы гормональной регуляции. - Минск: БГУ, 2016. - С. 17-26.

7. Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А., Кислова И.В., Кощеева М.В. Кишечное пищеварение и биохимия крови у кур-несушек при введении в рационы микродобавки хрома // С.-х. биология. - 2019. - Т. 54. - №4. - С. 810-819.

8. Руководство по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы / Фисинин В.И., Егоров И.А., Ленкова Т.Н. [и др.]. - Сергиев Посад: ВНИТИП, 2014. - 155 с.

9. Батоев Ц.Ж. Физиология пищеварения птиц. - Улан-Удэ: из-во Бурятского государственного университета, 2001. - С. 82-89.

10. Díez Arias, David. The importance of intestinal physiology in the egg laying process [Электронный ресурс] URL: <https://www.veterinariadigital.com/ru/articulos/%D0%B2%D0%BB%D0%B8%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8C%D1%8F-%D0%BA%D0%B8%D1%88%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0-%D0%BD%D0%B0-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81/>

11. Можейко Л.А. Эндокринно-экзокринные взаимоотношения поджелудочной железы: история вопроса. // Журнал Гродненского гос. мед. ун-та. - 2007. - № 3. - С. 7-11.

12. Fitzgerald S.P., Bean N.G. Population correlations do not support the existence of set points for blood levels of calcium or glucose - a new model for homeostasis // Physiol. Rep. - 2018. - V. 6, No 1. - P. 1-9.

13. Bar A., Razaphkovsky V., Vax E. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements in aged laying hens // Br. Poult. Sci. - 2002. - V. 43, No 2. - P. 261-269.

### Для контакта с авторами:

**Кислова Ирина Викторовна**

**E-mail:**

**irina.kislova1606198@yandex.ru**

**Овчинникова Наталья**

**Владимировна**

**E-mail: natalya.o90@mail.ru**

## The Interrelationships between the Oviposition and Duodenal Enzymatic Activities in Chicken

Kislova I.V., Ovchinnikova N.V.

Federal Scientific Center "All-Russian Research and Technological Institute of Poultry" of Russian Academy of Sciences

**Summary:** The activities of the pancreatic enzymes (proteases, amylase, lipase) and alkaline phosphatase, concentrations of calcium and inorganic phosphorus in the duodenal digesta were studied in the laying hens with chronic duodenal fistulae prior to, at, and after the oviposition. It was found that the oviposition and exocrine pancreatic function are interrelated: at the oviposition the duodenal activities of pancreatic enzymes decreased by 32.7-65.0%; the oviposition was also accompanied by the increase in the duodenal activity of alkaline phosphatase by 59.4%. Concentration of calcium in the duodenal digesta tended to increase at the oviposition (by 15.6%) while concentration of phosphorus remained unaffected.

**Keywords:** laying hens, oviposition, duodenal digesta, enzymatic activities, duodenal concentration of calcium and phosphorus.