

УДК 619:614.31:637

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.28>

ВПЛИВ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЮВАННЯ ТА ВІТАМІНУ D НА ОБМІН МАКРОЕРГІЧНИХ СПОЛУК В ОРГАНІЗМІ ТВАРИН

Приліпко Т.М. – д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри харчових технологій виробництва
й стандартизації харчової продукції,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Коваль Т.В. – к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри хімії,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Наведені результати досліджень сезонних особливості в утриманні тварин, які впливають на обмін фосфорних сполук. Встановлено, що в літній період вміст неорганічного фосфату (НФ) і Са в сироватці крові тварин значно зростає. Взимку, на вершині лактаційної діяльності, баланс фосфору у корів буває дуже напруженим і звичайне мінеральне підгодовування не задовольняє їх потреби у фосфорі. Сезонні зміни НФ спостерігаються не тільки у дорослих тварин, але і в молодняку. Вітамін D, який утворюється, чинить вплив на обмін речовин в клітині, а тому ті зміни, які спостерігаються в обміні фосфорних сполук при ультрафіолетовому опроміненні тварин, зумовлюються саме цим активним агентом. Вміст фосфорних сполук в крові і тканинах тварин після введення вітаміну D змінюється нерівномірно. В печінці тварин спостерігається лише деяка тенденція до падіння рівня фосфорних сполук. В м'язах, навпаки, вміст макроергічних сполук і неорганічного фосфату зростає. В крові спостерігається незначне зниження фосфопіридиноградної кислоти (ФПК) при зростанні рівня АТФ + АДФ і НФ, а в шкірі тварин, які отримували вітамін D, знижується рівень Са і Р. З цих даних випливає, що в організмі фізіологічно нормальних тварин після введення вітаміну D спостерігається своєрідний перерозподіл фосфорних сполук: в печінці досліджується тенденція до пониження ФПК, АТФ + АДФ, а в м'язах і крові вміст АТФ + АДФ зростає. Накопичення в м'язах багатих на енергію сполук, враховуючи високий терапевтичний ефект, який спостерігається у хворих на рахіт при введенні вітаміну D, треба розцінювати досить позитивно. У тварин обох груп виявлено підвищений рівень аденін нуклеотидів і НФ, що вказує на прискорення обміну АТФ, зумовлене в обох випадках дією одного і того ж фактору – вітаміну D. Було встановлено, що активність фосфатази в перші 5-7 днів зростала до максимальних величин. В цей же період найбільш високим був вміст НФ. В наступний час активність фосфатази знижувалась і до кінця курсу опромінення лише на невелику величину перевищувала активність ферменту, яка виявлялась у тварин до опромінення. До цього періоду вміст НФ також знижувався. Під дією УФ-променів одночасно з підвищенням в крові тварин вмісту аденін нуклеотидів наростає активність лужної фосфатази і зростає кількість неорганічного фосфату.

Ключові слова: фосфорні сполуки, опромінення, вітаміни, нуклеотиди, клітини, тварини.

Prylipko T.M., Koval T.V. The effect of ultraviolet radiation and vitamin D for the exchange of macroergic compounds in the body of animals

The results of research on seasonal features in animal husbandry, which affect the exchange of phosphorus compounds, are given. It was established that in the summer the content of inorganic phosphate (NF) and Ca in the blood serum of animals increases significantly. In winter, at the peak of lactation, the phosphorus balance of cows is very tense and ordinary mineral feeding does not satisfy their phosphorus needs. Seasonal changes in NF are observed not only in adult animals, but also in young animals. Vitamin D, which is formed, affects the metabolism of substances in the cell, and therefore the changes observed in the exchange of phosphorus compounds during ultraviolet irradiation of animals are due to this active agent. The content of phosphorus compounds in the blood and tissues of animals changes unevenly after the introduction of vitamin D. In the liver of animals, only a slight tendency to a decrease in the level of phosphorus compounds is observed. In muscles, on the contrary, the content of macroergic

compounds and inorganic phosphate increases. A slight decrease in phosphopyruvic acid (PPA) is observed in the blood with an increase in the level of ATP + ADP and NF, and in the skin of animals that received vitamin D, the level of Ca and P decreases. It follows from these data that in the body of physiologically normal animals after the introduction of vitamin D a peculiar redistribution of phosphorus compounds is observed: in the liver, there is a tendency to decrease FPK, ATP + ADP, and in muscles and blood, the content of ATP + ADP increases. Accumulation of energy-rich compounds in muscles, taking into account the high therapeutic effect observed in rickets patients with the introduction of vitamin D, should be considered quite positively. In the animals of both groups, an increased level of adenine nucleotides and NF was found, which indicates an acceleration of ATP metabolism, caused in both cases by the action of the same factor – vitamin D. It was established that the activity of phosphatase increased to maximum values in the first 5-7 days. In the same period, the content of NF was the highest. In the following time, the activity of phosphatase decreased and by the end of the irradiation course, it exceeded the activity of the enzyme by only a small amount, which was detected in the animals before irradiation. Until this period, the content of NF also decreased. Under the action of UV rays, the activity of alkaline phosphatase increases and the amount of inorganic phosphate increases simultaneously with the increase in the content of adenine nucleotides in the blood of animals.

Key words: *phosphorus compounds, irradiation, vitamins, nucleotides, cells, animals.*

Постановка проблеми. Взимку, при стійловому утриманні, тварини дуже часто страждають D-гіповітамінозами, так як в цей час можливості синтезу вітаміну D₃ в організмі із 7-дегідрохолестерину під впливом ультрафіолетових променів досить обмежені. Влітку, у зв'язку з виходом тварин на пасовища, положення суттєво змінюється. Упродовж всього світлового дня тварини знаходяться під впливом сонячних променів, створюються оптимальні умови для синтезу вітаміну D, який відіграє досить важливу роль у фосфорно-кальцієвому обміні у тварин [3, с. 13; 5, с. 7].

Сезонні особливості в утриманні тварин впливають на обмін фосфорних сполук. Оскільки їх обмін досить тісно пов'язаний з Ca, то сезонна динаміка цих компонентів розглядається зазвичай разом [6, с. 156; 7, с. 210].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В літній період вміст неорганічного фосфату (НФ) і Ca в сироватці крові тварин значно зростає. За даними [8, с. 146], в крові великої рогатої худоби – на 30%. Взимку, на вершині лактаційної діяльності, баланс фосфору у корів буває дуже напруженим і звичайне мінеральне піддовування не задовольняє їх потреби у фосфорі.

За даними [4, с. 17], взимку вміст НФ в крові корів становить 4,21–4,95 мг%, а в травні – червні у зв'язку з виходом на пасовища, кількість фосфору зростає до 5,33–5,59 мг%.

Сезонні зміни НФ спостерігаються не тільки у дорослих тварин, але і в молодняку. За спостереженнями [1, с. 13; 2, с. 126], навесні в крові телят вміст НФ складає 8,75 мг%, а влітку він коливається в межах 6,21–11,42 мг%, восени – 5,78–6,89 мг% і взимку – 6,56–5,41 мг%.

В основі сезонної динаміки НФ і Ca лежить сонячна радіація і здатність тваринного організму синтезувати під впливом сонячних променів вітамін D₃. Це доведено прямими дослідями. Але не можна виключати також інші причини: характер годівлі, рівень лактації, моціон тощо.

При ультрафіолетовому опроміненні тварин змінюється також активність лужної фосфатази [4, с. 19], що і може бути однією з причин підвищення рівня неорганічного фосфату в крові, так як лужна фосфатаза каталізує відщеплення НФ від органічних фосфорних сполук і, головним чином, від глюкозо-6- фосфату.

Дослідженнями [9, с. 298] встановлено, що УФ-опромінення впливає на функцію клітинних мітохондрій. Зокрема, опромінення УФ-променями пригнічує в мітохондріях фосфорилювання, спряжене з окисненням бета-оксибутирату,

а також пригнічує реакцію обміну АТФ-НФ і активність АТФ-ази. Опромінення мітохондрій УФ-променями призводить до втрати ними здатності приймати участь в реакції АТФ-НФ. Зрозуміло, що УФ-промені мають вплив на стан метаболізму в мітохондріях, а відповідно, на характер окисно-відновних реакцій в тканинах організму.

Результати досліджень. Вітамін D, який утворюється, чинить вплив на обмін речовин в клітині, а тому ті зміни, які спостерігаються в обміні фосфорних сполук при ультрафіолетовому опроміненні тварин, зумовлюються саме цим активним агентом. На користь цього положення можуть слугувати результати наших досліджень.

Зокрема, був вивчений вплив вітаміну D на обмін фосфорних сполук у кроликів такого ж віку, як і тих, які піддавались опроміненню. Кроликам підшкірно одноразово вводився вітамін D₂ в олії в дозі 1500 ІО на 100 г ваги. Через 7 і 24 години після введення вітаміну кров і тканини піддослідних тварин і відповідних контрольних досліджувались на вміст фосфорних сполук (таблиця 1).

З таблиці 1 видно, що вміст фосфорних сполук в крові і тканинах тварин після введення вітаміну D змінюється нерівномірно. В печінці тварин спостерігається лише деяка тенденція до падіння рівня фосфорних сполук. В м'язах, навпаки, вміст макроергічних сполук і неорганічного фосфату зростає.

В крові спостерігається незначне зниження фосфопіровиноградної кислоти (ФПК) при зростанні рівня АТФ + АДФ і НФ, а в шкірі тварин, які отримували вітамін D, знижується рівень Са і Р.

З цих даних випливає, що в організмі фізіологічно нормальних тварин після введення вітаміну D спостерігається своєрідний перерозподіл фосфорних сполук: в печінці просліджується тенденція до пониження ФПК, АТФ + АДФ, а в м'язах і крові вміст АТФ + АДФ зростає. Накопичення в м'язах багатих на енергію сполук, враховуючи високий терапевтичний ефект, який спостерігається у хворих на рахіт при введенні вітаміну D, треба розцінювати досить позитивно.

Якщо найбільш ранньою ознакою рахіту є м'язова слабкість, то підвищення рівня енергетичних ресурсів в цій тканині буде мати позитивний вплив на стан обмінних реакцій в ній.

В характері відповідної реакції на введення вітаміну D і при опроміненні ультрафіолетовими променями є багато спільного (таблиця 2).

У тварин обох груп виявлено підвищений рівень аденін нуклеотидів і НФ, що вказує на прискорення обміну АТФ, зумовлене в обох випадках дією одного і того ж фактору – вітаміну D.

Як вже вказувалось, обмін фосфорних сполук пов'язаний з активністю лужної фосфатази, яка атакує фосфорні ефіри і сприяє наростанню резервного неорганічного фосфату. У зв'язку з цим доцільно було прослідкувати активність цього ферменту у тварин, яких опромінювали ультрафіолетовими променями. З цією метою групу кроликів опромінювали УФ-променями. Кров тварин досліджувалась до опромінення і в подальшому через 5, 10 і 17 днів в ході опромінення. Одночасно досліджувалась кров контрольних тварин –аналогів.

Було встановлено, що активність фосфатази в перші 5–7 днів зростала до максимальних величин. В цей же період найбільш високим був вміст НФ. В наступний час активність фосфатази знижувалась і до кінця курсу опромінення лише на невелику величину перевищувала активність ферменту, яка виявлялась у тварин до опромінення. До цього періоду вміст НФ також знижувався.

Таблиця 1

**Вміст фосфорних сполук в тканинах тварин після введення вітаміну D
(в мг% Р)**

Компоненти, що визначаються	Дослідні		Контрольні	
	кількість тварин	M ± m	кількість тварин	M ± m
Печінка				
ФПК	9	3,57 ± 0,42	5	3,89 ± 0,96
КрФ	9	3,03 ± 0,28	5	4,02 ± 0,50
АТФ + АДФ	9	16,61 ± 2,60	5	19,51 ± 1,03
НФ	9	20,02 ± 1,11	5	21,71 ± 2,19
Загальний Р	9	285,5 ± 10,4	5	288,5 ± 14,4
М'язи				
ФПК	9	5,77 ± 0,90	8	4,37 ± 0,80
КрФ	9	33,20 ± 2,77	8	27,06 ± 1,56
АТФ + АДФ	9	27,79 ± 2,12	8	21,54 ± 1,20
НФ	9	43,52 ± 6,67	8	32,27 ± 1,72
Загальний Р	9	263,4 ± 12	8	239,3 ± 11,2
Сироватка крові				
ФПК	12	0,52 ± 0,09	8	0,56 ± 0,07
КрФ	12	0,62 ± 0,07	8	0,51 ± 0,09
АТФ + АДФ	12	4,60 ± 0,26	8	3,88 ± 0,01
НФ	12	6,17 ± 0,36	8	5,15 ± 0,45

Таблиця 2

Динаміка фосфорних сполук у крові кроликів (у% до контролю)

Компоненти, які визначаються	Кролики, опромінені УФ-променями	Кролики, які отримують вітамін D ₂
ФПК	96	92,8
КрФ	91,5	121,5
АТФ + АДФ	113,1	118,5
НФ	120,8	119,8

Під дією УФ-променів одночасно з підвищенням в крові тварин вмісту аденин нуклеотидів наростає активність лужної фосфатази і зростає кількість неорганічного фосфату.

Обмін фосфору і кальцію знаходяться у найтіснішому зв'язку з вітаміном D. В зимових умовах, коли в раціоні на одну частину фосфору припадає 3–4 і більше частин кальцію, порушується асиміляція цих компонентів. В оптимальних умовах ці ненормальні співвідношення між кальцієм та фосфором вирівнюються з допомогою вітаміну D. Але в ньому в кінці зимового стійлового утримання тварин відчувається великий дефіцит. При цьому всмоктування кальцію та фосфору в кишечнику затрудняється і вони виводяться з калом з організму. В зв'язку з цим в крові тварин знижується рівень кальцію. Але як тільки рівень кальцію знизиться до 7,00 мг% і нижче, в процес включаються параситовидні залози і підвищується рівень паратиреоїдного гормону, який мобілізує кальцій з кісток і нагнітає його в кров. Рівень кальцію в крові нормалізується.

Паращитовидні залози не тільки мобілізують кальцій, але одночасно виводять з організму фосфор, так як їх гормон зменшує реабсорбцію фосфатів в каналцях нирок. При пониженні рівня НФ в крові наростає активність лужної фосфатази, що треба розцінювати як пристосувальну реакцію, направлену на мобілізацію неорганічного фосфату. Однак фосфатаза не завжди забезпечує оптимальний рівень НФ і в ранньовесняний період при максимальному дефіциті вітаміну D і раціоні, який багатий на кальцій та бідний на фосфор, вміст НФ в крові тварин знижується до 1–1,5 мг%. Кількість кальцію в цей період може зростати до 15,0–18,0 мг%.

При такому дефіциті НФ може бути фактором, лімітуючим реакції фосфорилювання як в ланцюгу біологічного окиснення, так і в реакціях субстратного фосфорилювання. Все це, зрозуміло, буде супроводжуватися гальмуванням ресинтезу АТФ і відповідно, зниженням її рівня.

В тому випадку, коли організм опромінюється УФ-променями і в ньому синтезується вітамін D, або в організм вводиться готовий вітамін D, то в першу чергу нормалізується резорбція фосфору і кальцію кормів. Вирівнюються співвідношення між цим компонентами і створюються умови для їх відкладення у вигляді фосфорно-кальцієвих солей у кістках.

Висновок. Нормалізація рівня НФ в крові і тканинах створює оптимальні умови для реакцій фосфорилювання. Активізуються реакції циклу трикарбонових кислот і посилюється ресинтез АТФ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Роль мікроелементів у життєдіяльності тварин / М. Захаренко та ін. *Ветеринарна медицина України*. 2004. № 2. с. 13–16.
2. Ібатуллін І., М.І. Башенко, О.М. Жуковський. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин. *Аграрна наука*. Київ. 2016. 336 с.
3. Ібатуллін І.І., Сичов М.Ю., Слободянюк Н.М. Науково-практичні рекомендації з жирового живлення каченят-бройлерів та перепелів яєчного і м'ясного напрямів продуктивності. К., 2010, 50 с.
4. Шаповалов с. О. Регуляція есенціальними мікроелементами резистентності організму тварин до несприятливих факторів довкілля: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук: спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин». Харків, 2011. 38 с.
5. Коваль Т. В. Ефективність використання мінерально-сапонітових кормових добавок при вирощуванні та відгодівлі молодяку великої рогатої худоби: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.02.02. Вінниця, 1998. 19 с.
6. Бесулін В.І., Приліпко Т.М. Деякі шляхи удосконалення технології виробництва яєць і м'яса курей. *Науковий Вісник. Серія: аграрні науки*. № 3(29), 2005. С. 156–162
7. Бородай В.П., Сохацький М.І. та ін. Технологія виробництва продукції птахівництва. Вінниця: «Нова книга», 2006. 360 с.
8. Коваль Т.В., Приліпко Т.М. Вплив різних типів годівлі на обмін фосфорних сполук в організмі птиці. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Херсонський державний аграрно-економічний університет. Одеса: Видавничий дім «Гельветика». 2022. Вип. 126. С. 146–152. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.20>
9. Приліпко Т.М., Коваль Т.В. Вікові зміни в тканинах тварин залежно від вмісту фосфорних сполук в організмі. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон. Видавничий дім «Гельветика». 2022. Вип. 127. С. 298–304.