

УДК 636.087

© 2010

М. Ф. Кулик, доктор сільськогосподарських наук

Ю. В. Обертюх, А. П. Заєць, кандидати сільськогосподарських наук

А. І. Герасимчук, В. В. Хрипливий

Інститут кормів НААНУ

Ю. В. Костецька

Подільська державна аграрно-технічна академія

КОМПЛЕКСИ КРЕМНІЮ З МІКРОЕЛЕМЕНТАМИ – НОВИЙ НАПРЯМОК БАЛАНСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ ТВАРИН

Розроблено комплекси кремнію з мікроелементами на основі вулканічних туфів із метою високого рівня засвоєння мікроелементів і аналогічній їх продуктивній дії при меншій у 2 рази дозі введення до складу раціону, порівняно з нормованою годівлею тварин.

Ключові слова: мінеральне живлення, мікроелементи, вулканічні туфи, сапоніт, свині.

Мінеральні речовини вкрай необхідні тваринам. Їх вміст у кормах є важливим показником поживної цінності. Надлишок або нестача мінеральних елементів, їх неправильне співвідношення в кормах істотно впливають на умови живлення, продуктивність тварин і якість продукції. Сума всіх мінеральних речовин у кормі є показником вмісту золи. Зола корму, як експериментально встановлено, активізує процеси травлення, обмін речовин. Її вміст у раціоні повинен складати 6-7 % від сухої речовини, а нестача (5 %) і надлишок (9 % і більше) негативно впливають на перетравність поживних речовин. Встановлено, що корова з надоєм у 3000 кг на рік виділяє з молоком 21-23 кг золи, а корови-рекордистки у пік добових надоїв — по 300-400 г мінеральних речовин [16, 19, 22, 23, 25, 27, 28]. Численні дослідження по балансуванню мінеральному живленню сільськогосподарських тварин проведені багатьма вченими [1, 2, 10-14, 16, 18, 20, 21, 26]. В останній час все більше привертає увагу використання в годівлі сільськогосподарських тварин нетрадиційних природних кремнеземів, які мають адсорбційні та іонообмінні властивості [3-5, 7, 17].

У даний час відомо, що в організмі тварин і людини мікроелементи знаходяться, головним чином, у зв'язаній із білками формі. Це захищає їх активні групи від участі в різних реакціях і запобігає від небажаних взаємодій. Так, вільні мідь і залізо — каталізатори утворення вільних радикалів і перекисного окислення ліпідів. Вченими запропонована модель

антиоксидант — прооксидантного балансу в кишечнику як основи підтримання цілісності еритроцитів і високої ефективності всмоктування поживних речовин. У цій схемі вільні форми заліза та міді — важливі прооксиданти. Мідь, цинк і марганець — важливі елементи фермента супероксиддисмутази. Вони відіграють вирішальну роль в антиоксидантному захисті організму. Цинк входить до складу більше 300 різних ферментів і бере участь у регуляції основних метаболічних процесів. Селен є складовою більше як 25 селенпротеїнів і здійснює ефективний зв'язок різних антиоксидантів. Також встановлено, що цілий ряд мінеральних елементів здатні впливати на експресію генів і таким чином регулювати різні метаболічні процеси [24].

На всмоктування міді в жуйних негативно впливає кальцій, що міститься в кормах. Це, очевидно, зв'язано з тим, що цей елемент входить до складу сполук із лужною реакцією. Мідь у комплексі з амінокислотами засвоюється організмом краще, ніж, наприклад, у вигляді сульфату (в дослідях критерієм був вміст міді в печінці), із збільшенням розміру молекул (ди-, три- або полімерні) пептидів всмоктування їх утруднюється. Високою засвоюваністю володіють комплекси міді з валіном, фенілаланіном, ізолеїцином, тирозином і лейцином. Утворення комплексів впливає не тільки на всмоктування, але й на участь міді в обмінних процесах, а саме — на активність металовмісного ферменту [5].

У зв'язку з цим деякі дослідники вважають, що дози введення мікроелементів у раціони тварин необхідно обмежити, щоб зменшити забрудненість ґрунту через зменшення їх внесення із гноєм і послідом. У країнах Європейської спільноти в 2003 році прийняті законодавчі акти по максимально допустимих концентраціях міді, заліза, цинку, кобальту та марганцю в посліді [24].

Таким чином, традиційні підходи до мінерального живлення тварин і птиці потребують суттєвого перегляду. При цьому оптимізація форм і доз добавок цинку, міді, заліза, марганцю і селену вимагають особливої уваги [24].

Мета наших досліджень полягала в розробці кремнієвих комплексів із мікроелементами на основі природних алюмосилікатів для ефективного всмоктування мікроелементів у шлунково-кишковому тракті свиней при меншій дозі їх введення до складу раціону.

Матеріал і методика досліджень. Одержання кремнієвих комплексів із мікроелементами базувалося на використанні сапоніту, до складу якого входить до 50 % оксиду кремнію (табл. 1).

**1. Хімічний склад сапонітової породи Ташківського родовища
Славутського району Хмельницької області, %**

Компонент	Вміст компоненту	Дані спектрального аналізу	
		елемент	вміст елементу
SiO ₂	42,95-48,50	Скандій	1,5-3,2·10 ⁻³
Al ₂ O ₃	12,12-13,52	Берилій	0,1·10 ⁻³
Fe ₂ O ₃	8,81-13,30	Молибден	0,5·10 ⁻⁴
FeO	1,2-4,65	Свинець	3,5-5,0·10 ⁻⁵
MgO	8,2-10,91	Галій	6,3-12,0·10 ⁻⁵
CaO	1,69-3,13	Ніобій	0,1·10 ⁻³
Mn ₂ O ₇	1,19-0,21	Вісмут	2,5·10 ⁻²
TiO ₂	1,31-1,40	Барій	1,5·10 ⁻³
P ₂ O ₅	0,12-0,15	Лантан	2,5·10 ⁻³
K ₂ O	0,96-1,70	Цинк	4,7·10 ⁻³
CO ₂	0,52-1,92	Цирконій	1,2-2,0·10 ⁻²
Na ₂ O	0,06-2,88	Хром	0,5-0,8·10 ⁻²
S (загальний вміст)	0,004	Талій	2,0·10 ⁻⁵
H ₂ O	4,74-7,30	Олово	1,5·10 ⁻⁴
		Літій	2,0-3,3·10 ⁻⁴
		Мідь	4,0-8,0·10 ⁻³
		Срібло	2,0·10 ⁻³
		Золото	5,0-10,0·10 ⁻⁶
		Ітрій	0,12·10 ⁻³
		Кобальт	0,5-4,0·10 ⁻³
		Ванадій	1,5-3,2·10 ⁻³
		Германій	0,12-0,15·10 ⁻³
		Нікель	1,5-3,0·10 ⁻³

Сапоніт (мильний камінь) — це лужний алюмосилікат, який має високі зв'язуючі, адсорбційні і катіонообмінні властивості. В основі його кристалічної решітки знаходиться магній. На сьогодні важко встановити, коли вперше з'явився термін «сапоніт», який походить від слова «сапо», що означає мило. Відомо, що цей термін вживається з 1840 р. Опубліковані в 40-х роках ХХ століття дані щодо хімічного складу сапоніту показують, що мінерал переважно є водним магнезіальним силікатом. Встановлено, що сапоніт відноситься до групи монтморилоніту з більш високим вмістом MgO. У катіонному складі структурних решіток можуть проходити ізоморфні заміщення. В тетраедричній решітці Si⁴⁺ може заміщатись (до 15 %) на Al³⁺. Більш широке заміщення можливе в октаедричному шарі, де катіони Al³⁺, Fe³⁺, Mg²⁺, Cr³⁺, Zn²⁺, Fe²⁺ можуть взаємозаміщатися. Відносно межі таких заміщень доведено, що для діоктаедричної серії число іонів в октаедричній координації замінюється в межах 4-4,44, а для триоктаедричної серії — від 5,14 до 6,12. Співвідношення силіцій: алюміній залежно від типу монтморилоніту може змінюватись у межах 1:1-3:1 [5].

Сапоніт у слабокислому середовищі переводили в гелеподібний стан. Доза згодовування сапоніту свиням становила 0,1 г на 1 кг живої маси. До порошкоподібного мінералу сапоніту добавляли половину рекомендованої дози солей цинку, міді та кобальту [8, 9]. Залізо і марганець містяться в необхідній кількості в сапоніті. Солі мікроелементів змішували із сапонітом і добавляли необхідну кількість водного розчину кислоти. Таким чином одержували гелеподібну масу за рахунок оксиду кремнію. Відношення гелеподібного оксиду кремнію до сумарної кількості внесених солей мікроелементів складає 1 : 100. Суміш змішували з висівками і одержували мінеральну добавку в сухому агрегатному стані, яку додавали до комбікорму. Досліди проводили на двох групах свиней-аналогів в умовах Липовецького об'єднання по виробництву свинини Вінницької області.

2. Раціон годівлі свиней живою масою 30-40 кг контрольної і дослідної груп (планований середньодобовий приріст 500 г)

Показник	Корм	Норма
Ячмінь, кг	0,7	
Пшениця, кг	0,5	
Горох, кг	0,2	
Соя екструдована, кг	0,3	
Сіль кухонна, кг	0,005	
Крейда, кг	0,02	
Разом, кг	1,725	
У кормах раціону міститься:		
к. од.	2,11	2,02
ОЕ, МДж	22,9	20,2
сухої речовини, г	1445	1580
сирого протеїну, г	293	271
перетравного протеїну, г	235	198
сирої клітковини, г	80	–
БЕР, г	954	–
крохмалю, г	679	–
цукру, г	32	–
лізину, г	14,0	11,5
метіоніну + цистину, г	8,6	7,1
кальцію, г	8,5	13
фосфору, г	7,9	11
заліза, г	110	139
міді, г	9,9	19
цинку, г	60	92
марганцю, г	42	74
кобальту, г	0,26	1,9

У відповідності зі схемою проведення досліджень 15 голів свиней контрольної групи одержували сапоніт по 0,1 г на 1 кг живої маси і нормовану дозу солей цинку, міді та кобальту [8, 9]. Порошкоподібну масу сапоніту і солі мікроелементів у сипучому вигляді вносили до складу

комбікорму. Дослідна група також 15 голів одержувала однакову кількість сапоніту, а солей цинку, міді та кобальту в 2 рази менше, але в гелеподібному стані. Раціони годівлі свиней живою масою 30-40 кг і 60-80 кг контрольної і дослідної груп подані в таблиці 2 і 3.

Свині контрольної групи живою масою 30-40 кг одержували на голову за добу по 4 г порошкоподібного сапоніту в складі раціону, що забезпечувало їх потребу в двохвалентному залізі та марганці. Для забезпечення потреби в міді до раціону добавляли 47 мг сульфату міді; норма цинку забезпечувалась при додаванні 154 мг сульфату цинку і відповідно потреби кобальту додатково вводили 7,7 мг сульфату кобальту. Солі мікроелементів вводили до раціону разом із сапонітом у нативному вигляді.

Свині дослідної групи такої ж живої маси одержували на голову за добу також по 4 г сапоніту, але в гелеподібному стані, що забезпечувало їх потребу в залізі двохвалентному та марганці. Сульфату міді, цинку і кобальту вводили до раціону в 2 рази менше, але в суміші з сапонітом у гелеподібному стані.

3. Раціон годівлі свиней живою масою 60-80 кг контрольної і дослідної груп (планований середньодобовий приріст 600 г)

Показник	Корм	Норма
Ячмінь, кг	0,9	
Пшениця, кг	1,2	
Горох, кг	0,3	
Соя екструдована, кг	0,4	
Сіль кухонна, кг	0,008	
Крейда, кг	0,035	
Разом, кг	2,843	
У кормах раціону міститься:		
к. од.	3,46	3,49
ОЕ, МДж	37,5	34,9
сухої речовини, г	2380	2500
сирого протеїну, г	463	419
перетравного протеїну, г	367	314
сирої клітковини, г	128	–
БЕР, г	1609	–
крохмалю, г	1164	–
цукру, г	48	–
лізину, г	21,1	18,1
метіоніну + цистину, г	13,5	11,8
кальцію, г	17	21
фосфору, г	13	17
заліза, г	173	218
міді, г	15	30
цинку, г	99	145
марганцю, г	70	118
кобальту, г	0,43	3

Свині контрольної групи одержували на голову за добу по 7 г порошкоподібного сапоніту в складі раціону, що забезпечувало більше потреби в двохвалентному залізі і марганці. Для забезпечення потреби в міді, цинку і кобальті додавали до сапоніту солі сульфатів відповідно 59 мг, 203 мг і 12 мг.

Свині дослідної групи одержували таку ж кількість сапоніту і в 2 рази менше солей сульфатів, але в гелеподібному вигляді разом із сапонітом відповідно 30, 101 і 6 мг.

Результати досліджень. Проведені дослідження показали, що свині контрольної групи, раціон яких був збалансований відповідно норми такими мікроелементами, як залізо і марганець за рахунок сапоніту і додаткового введення сульфатів міді, цинку і кобальту за 126 днів дослідного періоду досягли живої маси 105-107 кг у середньому однієї голови. Середньодобовий приріст складав 610-612 г, що відповідало витратам згодованих кормів. Інтенсивність росту свиней дослідної групи була аналогічною. Забезпеченість залізом і марганцем була відповідно нормованої потреби за рахунок вмісту цих металів у сапоніті, а сульфатів міді, цинку і кобальту було введено до раціону в 2 рази менше порівняно до контрольної групи. Солі сульфатів цих мікроелементів додавалися до сапоніту, який переводився в гелеподібний стан.

Таким чином включення мінеральної добавки на основі сульфатів солей мікроелементів у складі гелеподібного сапоніту до раціону молодняку свиней при відгодівлі забезпечує високу засвоюваність мінеральних речовин порівняно з традиційними аналогічними добавками, які вводяться до складу комбікормів у вигляді сипучих сумішей. Підставою для такого висновку є інтенсивність росту свиней.

Обговорення. Основні метали можна розділити на дві групи. До першої групи відносяться натрій, кальцій, магній та ін., які добре розчинні при різних величинах рН розчину. До другої групи відносяться алюміній, марганець, цинк, мідь і залізо. Зазначені метали легко розчинні в кислому середовищі, в шлунку моногастричних тварин, але в кишечнику в слаболужному середовищі молекули води, з якими вони зв'язані, швидко втрачають протони з утворенням гідрокси-сполук для підтримання своєрідної рівноваги. Реакції гідрокси-полімеризації це випадіння металів в осад і їх всмоктування стає неможливим [24].

Чистий кремній — аеросил у водному середовищі утворює гель. Метали сапоніту залізо, марганець та ультрамікроелементи разом із добавленим цинком, міддю та кобальтом у гелеподібному середовищі можливо утворюють відповідні комплекси, які менше реагують на зміну кислотності середовища в кишечнику. Підтвердженням цього є аналогічні середньодобові прирости свиней при споживанні однакової кількості

поживних речовин кормів раціону, але в 2 рази менше солей цинку, міді та кобальту порівняно до контрольної групи. Зазначені мікроелементи знаходилися в гелеподібному комплексі з колоїдною кремнієвою кислотою.

На підвищення перетравності жиру у тварин при згодовуванні кремнійвмісних сполук вказували Саптаєв (1965), Войнар (1960), Сорока (1961) і Райцес, Басова (1965). За їх даними, значна кількість кремнію організму тварини і людини міститься в гладких м'язах, шлунку, шлунковому соку, жовчі і підшлунковій залозі, тобто у тих органах і тканинах, які виконують безпосередню роль у процесах травлення і всмоктування поживних речовин. Крім того, фермент силіказа, виявлений Schwarz (1974) у підшлунковій залозі, шлунку, нирках тварин і присутній у мембранно-зв'язаній формі в мітохондріях та мікосомах, здатний вивільняти кремнієву кислоту з кремнійвмісних сполук. У свою чергу колоїдна кремнієва кислота етерифікується, утворюючи галактозиди, які за активністю подібні до сапонінів (Войнар, 1961). Галактозиди мають здатність емульгувати жири (Чемолусов, 1969). Очевидно, тому дослідники P. Harris, Van Horn (1978) рекомендували використовувати бентоніт натрію для підтримання постійного рівня жирності молока. Отже, з участю кремнієвої кислоти можуть утворюватися галактозиди, які поряд із гістаміном, гістидином і тирозином зумовлюють активацію панкреатичної ліпази (Черняхівська, Чуріна, 1977). Панкреатична ліпаза виділяється підшлунковою залозою і відіграє важливу роль у процесі перетравлювання, всмоктування жирів. Крім того, існує загальне правило, що активують панкреатичну ліпазу ті речовини, які знижують її поверхневий натяг, причому активуючий ефект цих речовин пропорційний величині зниження поверхневого натягу (Danel, 1955) [цит. 15].

Природним детергентом, який емульгує жири та сприяє їх всмоктуванню є жовч. Не виключено, що гідроксил-алюмосилікати, які містять рухомі катіони магнію та заліза (II) стимулюють виділення жовчі. Сапоніт є мильним каменем, тобто він і подібні до нього мінерали мають детергентні властивості і здатні активувати ліпазу.

У годівлі сільськогосподарських тварин і птиці з більшою ефективністю необхідно використовувати органічну форму мінералів, так як із таких комплексів проходить інтенсивніше засвоєння цинку, міді, заліза і марганцю та більш точно можна нормувати дози мікроелементів для сільськогосподарських тварин. Окрім цього органічні комплекси мінералів можуть суттєво зменшувати забрудненість навколишнього середовища за рахунок зменшення їх кількості в пометі. Висока ефективність засвоєння мікроелементів із органічних комплексів дає можливість скоротити в 3-4 рази дози їх введення до комбікормів різних видів сільськогосподарських тварин [24].

Розроблені нами кремнієві комплекси з мікроелементами в гелеподібному стані колоїдної кремнієвої кислоти забезпечують зменшення в 2 рази введення мікроелементних добавок до складу комбікормів для сільськогосподарських тварин при одержанні однакового біологічного ефекту як при повній нормі мінерального балансу за рахунок сульфатних солей металів. Колоїдна форма кремнієвої кислоти знаходиться в гелеподібному вигляді в стеблах молодих рослин, коли вони мають високу продуктивну дію при використанні в годівлі тварин.

Сапонітові глини — унікальні природні утворення, промислові поклади які уперше виявлені в Хмельницькій та Рівненській областях. Апробована технологія видобутку і переробки їх для використання як мінеральних добавок для тварин.

Висновки. Кремнієві комплекси з мікроелементами в гелеподібному стані колоїдної кремнієвої кислоти дають змогу в 2 рази зменшити введення мікроелементних добавок до раціонів при балансуванні мінерального живлення тварин.

Бібліографічний список

1. *Венедиктов А. М., Ионас А. А.* Химические кормовые добавки в животноводстве / Справ. книга. — М.: Колос, 1979. — 160 с.
2. *Георгиевский В. И.* и др. Минеральное питание животных. — М: Колос, 1979. — 471 с.
3. *Герасименко В. Г.* и др. Использование цеолитовых пород Сокирницкого месторождения для стабилизации биологически активных веществ // Материалы респ. науч.-практ. конф. 23-24 окт. 1990 г. «Использование природных цеолитов Сокирницкого месторождения в н. х.» — Черкассы, 1991. — С. 76-77.
4. *Грабовенский И. И., Калачнюк Г. И.* Цеолиты и бентониты в животноводстве. — Ужгород: Карпати, 1984. — 71 с.
5. *Засуха Т. В.* Нові дисперсні мінерали у тваринництві. — Вінниця: Арбат, 1997. — 224 с.
6. *Калачнюк Г. И.* Биологические и практические основы скармливания и прикладные проблемы природных цеолитов в народном хозяйстве РСФСР. — М.: ЦНТИ, 1989. — С. 110-135.
7. *Калачнюк Г. И.* Физиолого-биохимическое и практическое обоснование скармливания цеолитов в н. х. РСФСР // Вест. с.-х. науки. — 1990. — № 3. — С. 56-64.
8. *Калашников А. П., Клейменов Н. И., Баканов В. Н.* и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных / Справочное пособие. — М.: Агропромиздат, 1985. — 352 с.
9. *Калашников А. П.* и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание

переработанное и дополненное / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фиси-Фисина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – М.: АПП «Джангар», 2003. – 456 с.

10. *Кальницкий Б. Д.* Минеральные вещества в кормлении животных. — Л.: Агропромиздат, 1985. — 207 с.

11. *Клиценко Г. Т.* Минеральное питание с.-х. животных. — Киев: Урожай, 1975. — 157 с.

12. *Клиценко Г. Т.* Влияние минеральных элементов на рост и мясную продуктивность // Минеральное питание сельскохозяйственных животных. — Киев, 1980. — С. 60-62.

13. *Клиценко Г. Т., Кулик М. Ф.* та ін. Мінеральне живлення тварин. — К.: Світ, 2001. — 576 с.

14. *Кусова Т. М.* Влияние микроэлементов на продуктивность мясного скота // Научные основы полноценного кормления с.-х. животных: Сб. науч. тр. Всесоюз. акад. с.-х. наук — М.: Агропромиздат, 1986. — С. 243-254.

15. *Кушнір В. І.* Перетравність поживних речовин, обмін азоту та окремих мінеральних елементів у свиней при згодовуванні природних мінералів: Автореф. дис... к-та с.-г. наук: 06.00.16 / Інститут кормів УААН. — Вінниця, 1997. — 20 с.

16. *Лапшин С. А.* и др. Новое в минеральном питании с.-х. животных. — М: Росагропромиздат, 1988. — 208 с.

17. *Мерзлов С. В.* Корекція параметрів біотехнології вермикультивування та регламентація використання біомаси черв'яків і сапоніту у виробництві м'яса курчат-бройлерів. Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 03.00.20 / Білоцерків. держ. аграр. ун-т. — Біла Церква, 2004. — 20 с.

18. *Мосолов Н. Д., Билый Л. А.* Кормление с.-х. животных // Учеб. пособие. — Киев: Высш. шк., 1990. — 359 с.

19. *Оль Ю. К.* Минеральное питание животных в различных природно-хозяйственных условиях. — Л.: Колос, 1967. — 208 с.

20. *Петрухин И. В.* Применение минеральных веществ в кормлении животных // Химия в сельском хозяйстве. — 1979. — № 11. — С. 16-20.

21. *Раецкая Ю. И.* Биологическая функция микроэлементов и применение их в животноводстве // Химия в с.-х. — 1979. — № 11. — С. 20-22.

22. *Славов Б. П.* Научные основы использования кормов в молочном скотоводстве. — Киев: Урожай, 1989. — 206 с.

23. *Томмэ М. Ф., Филлипович Э. Г.* Потребность свиней в макро- и микроэлементах // Животноводство. — 1975. — № 12. — С. 36-38.

24. *Фесинин В., Сурай П.* Природные минералы в кормлении животных и птицы // Животноводство России. — 2008. — № 9. — С. 62-64.

25. Хенниг А. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных. — М.: Колос, 1976. — 560 с.
26. Ходаков И. В. Роль минеральных веществ в питании с.-х. животных // Химия в с.-х. — 1979. — №11. — С. 14-16.
27. Voxet T. Door bijvoeding met kraehtvoer lagere grasopneme // Bedrijfsontwikkeling. — 1979. — Bd. 10, № 1. — S. 53-57.
28. Delgado A. Sowe factor affecting the effectint use of pastures for beef production // Cuban J. Agr. Sci. — 1977. — 11, № 3. — P. 229-251.