



Ліпідне живлення овець

П. В. Стапай¹, Н. П. Стахів¹, В. В. Гавриляк², О. О. Смолянінова¹, О. С. Тютюнник³

nadiia_sudir@ukr.net

¹Інститут біології тварин НААН,
вул. В. Стуса, 38, м. Львів, 79034, Україна

²Національний Університет «Львівська політехніка»,
пл. Святого Юра, 3/4, м. Львів, 79001, Україна

³Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,
м. Кам'янець-Подільський, вул. Огієнка, 20, 32302, Україна

Представлені дані літератури і власних досліджень про роль ліпідів та їх окремих жирних кислот у живленні овець. Експериментальні дані підтверджують позитивний вплив ліпідів на організм овець, проте питання ліпідного живлення вивчене недостатньо. Тому відсутні науково обґрунтовані норми вмісту сирого жиру та окремих насичених і ненасичених жирних кислот у раціонах овець, що призводить до перевитрат дорогого ідефіцитного компоненту раціону — протеїну, що негативно впливає на продуктивність тварин, якість вовнової, м'ясної та молочної продукції. Значний обсяг даних присвячено характеристиці вмісту ліпідів і їх окремих жирних кислот у різних кормах. Зокрема, показано, що більшу частину насіння рослин (пшениці, ячменю, вівса, гороху) становлять структурні ліпіди (фосфоліпіди, гліколіпіди), у яких кількісно переважає лінолева ($C_{18:2}$) кислота (від 45 до 61%) з родини ω -6. Ліноленова кислота ($C_{18:3}$), кількість якої не перевищує 7%, належить до ω -3 жирних кислот. Ці кислоти, а також ω -9, є попередниками різних біологічно активних речовин, зокрема простагландинів, лейкотрієнів, тромбоксану тощо. Оскільки за підвищення у раціонах тварин жирних кислот родини ω -3 змінюється спектр жирних кислот ліпідів тканин і органів в напрямку збільшення їх ненасиченості, потрібно враховувати співвідношення кислот ω -6/ ω -3 у раціонах для нормального забезпечення організму поліненасиченими жирними кислотами. Організм овець відзначається підвищеними вимогами до мінерального живлення, що пов'язане з їх продукцією, зокрема вовною. Особлива роль належить Сульфур, вміст якого у вовні становить 3–5%. Отже, синтез кератину нерозривно пов'язаний з інтенсивним використанням сульфуровмісних сполук, головним чином цистину. Нашими дослідженнями показано, що збільшення продуктивності під впливом згодовування вівцям сульфуровмісних сполук тісно пов'язане з ліпідним обміном, зокрема фосфоліпідами, оскільки у ліпідах *in vitro* Сульфур сульфатів інтенсивно включається у полярні ліпіди шкіри, зокрема фракцію сульфоліпідів. Сульфуровмісні сполуки стимулюють синтез ліпідів і жирних кислот в організмі; це зумовлено тим, що Сульфур входить до складу протеїнів, ліпідів, вітамінів та інших біологічно активних речовин.

Ключові слова: вівці, ліпіди, жирні кислоти, Сульфур, корми, живлення

Однією з актуальних науково-практичних проблем тваринництва й надалі залишається ліпідне живлення сільськогосподарських тварин. Поряд з енергетичною цінністю, ліпідам властива особлива біологічна роль: вони входять до складу багатьох біологічно активних речовин, сприяють використанню жиророзчинних вітамінів, які необхідні для роботи травних залоз, а також є структурними компонентами клітинних мембран. Останні, як відомо, виконують дуже важливу роль в організації і функції живої клітини, беруть участь у різних складних біохімічних процесах, зокрема трансформації енергії, переміщенні речовин, іонів. З ліпідами до організму тварин

надходять незамінні жирні кислоти, які є лімітуючим фактором росту, розвитку, резистентності та продуктивності [1, 2, 17].

Незважаючи на велику кількість експериментальних даних щодо позитивного впливу ліпідів на організм, на сьогодні недостатньо обґрунтовані потреби тварин різних продуктивних і вікових груп в ліпідах загалом і залежно від їх якісного складу, особливо жирнокислотного, зокрема. Водночас якісний склад кормів значною мірою залежить від вмісту і співвідношення в них окремих класів ліпідів — фосфоліпідів, триацилгліцеролів, восків, сульфоліпідів тощо, а також їх жирнокислотного складу.

Із природних жирів виділено понад 200 різноманітних жирних кислот, у тому числі насичені і ненасичені жирні кислоти з прямим і розгалуженим ланцюгом, оксикислоти, кислоти з цис- і транс-конфігурацією карбонового ланцюга [1]. Ненасичені жирні кислоти, які синтезуються в організмі ссавців і людини, мають, як правило, парне число карбонових атомів. Кислоти із непарною кількістю атомів Карбону і розгалуженнями у ланцюгу є в обмеженій кількості у тканинах організму тварин, але широко представлені у ліпідах рослин [17].

Потреба жуйних тварин у ліпідах забезпечується за рахунок як ліпідів кормів, так і ліпідів мікроорганізмів. Мікроорганізми розщеплюють ліпіди кормів і використовують звільнені при цьому жирні кислоти для синтезу власних ліпідів, а також синтезують *de novo* довголанцюгові жирні кислоти з коротколанцюгових — оцтової, пропіонової і масляної, які утворюються у результаті ферментації вуглеводів кормів, а також з карбонового скелету амінокислот після їх дезамінування [41].

За структурою і функцією ліпіди рослинних кормів поділяються на структурні (фосфоліпіди), резервні (триацилгліцероли) і покривні (воски); за хімічними властивостями — на омилювані (неетерифіковані жирні кислоти, триацилгліцероли, воски, гліцерофосфоліпіди, гангліоліпіди, сфінголіпіди) і неомилювані (стерини, терпени) [1]. Окрім того, до ліпідів належать інші сполуки, які екстрагуються органічними розчинниками, зокрема жиророзчинні вітаміни А, D, Е, К, F. Корми, які використовують у годівлі жуйних тварин, істотно відрізняються між собою за вмістом структурних та резервних ліпідів і за вмістом окремих жирних кислот у їхньому складі. У структурних ліпідах рослинних кормів кількісно переважають α -ліноленова, олеїнова, лінолева і пальмітинова кислоти, які становлять біля 90% від загальної кількості жирних кислот. У поверхневих ліпідах рослин міститься велика кількість довголанцюгових (C_{20} – C_{30}) жирних кислот, а серед жирних кислот кутинів переважають C_{18} -оксикислоти [1, 41]. У рослинних хлоропластах у великих кількостях (до 12% від загальної кількості ліпідів вищих рослин) міститься найпоширеніший специфічний сульфоліпід — сульфохіновозилдіацилгліцерол (СХДГ), що належить до класу гліколіпідів. Рослинні сульфоліпіди виявлені у всіх здатних до фотосинтезу вищих рослин, водоростей, ціанобактерій, пурпурових сірчаних та несірчаних бактерій. Наприклад, близько 70% ліпідів зеленої водорості *Chlamidomonas reinhardtii* представлена СХДГ [19]. У деяких водоростях виявлено декілька незвичних сульфуровмісних ліпідів, але у значно менших кількостях, ніж СХДГ.

Припускають, що молекули сульфоліпідів можуть виконувати різні функції: одні регулюють активність ензимів, інші — триєнові молекулярні форми, які повільно метаболізуються, — виконують структурну функцію [12]. Встановлено, що СХДГ тісно асоційований з протеїновим комплексом мембран тилакоїдів. Утворені комплекси стабілізуються електростатичною взаємодією між неактивно зарядженою сульфогрупою та позитивними зарядами протеїнових молекул, тобто відіграють особливу роль у структурній організації мембран [28]. Ще однією функцією ліпідів може бути їхня участь у транспорті протеїнів,

під час якого транзитні пептиди найефективніше включаються у моношари, утворені фосфатидилгліцеролом, СХДГ та МГДГ (моноголактозилдіацилгліцерол) [21]. Аніонні ліпіди є найефективнішими детермінантами інерції протеїнів у мембранах.

Метаболізм СХДГ вивчали в експериментах *in vivo* із використанням міченого ^{35}S . Було показано, що у шлунково-кишковому тракті морських свиней цей ліпід не всмоктується. Через 3 год після введення ^{35}S слизова оболонка кишечника містила лише від 1 до 5% радіоактивності, тоді як решта була у водорозчинній формі. Аналіз цих водорозчинних компонентів показав, що понад 60% радіоактивності припадає на сульфохіновозилгліцерол, а решта — на вільний сульфат-іон. У крові радіоактивну мітку виявляли переважно у вигляді сульфат-іонів. В експериментах *in vitro* на морських свинках, вівцях і щурах показано, що у тканинах підшлункової та слизової кишечника цих тварин СХДГ поступово деацилюється до сульфохіновозилгліцеролу за допомогою сульфоліпаз А і Б, а потім до сульфат-іону розщепленням зв'язку C-S за допомогою ензимів кишкової мікрофлори. Серед досліджуваних видів найвищу активність сульфоліпази А виявили у мурчаків, а сульфоліпази Б — в овець і щурів, причому панкреатичні ензими у 18–20 разів активніші, ніж інтестинальні [9].

Більшу частину ліпідів насіння рослин (пшениці, ячменю, вівса, гороху) становлять структурні ліпіди (фосфоліпіди, гліколіпіди) [1]. У насінні олійних культур міститься велика кількість триацилгліцеролів, які характеризуються високим вмістом ненасичених жирних кислот. Найвищий процент у ліпідах зернових становить лінолева ($C_{18:2}$) кислота (від 45 до 61%), яка є родоначальницею кислот родини ω -6; кількість ліноленової ($C_{18:3}$) не перевищує 7%. Вона є основним представником родини кислот ω -3. Ці кислоти, а також ω -9, є попередниками різних біологічно активних речовин, зокрема простагландинів, лейкотрієнів, тромбоксанів тощо.

Лінолева (октадекадієн-9, 12-ова α -лінолева) кислота — найважливіша із дієтових кислот, яка у значних кількостях міститься в рослинних ліпідах, і в незначних — у тваринних. Тваринні ліпіди практично позбавлені ліноленової кислоти (октадекатрієн — 9,12,15-ова), але у деяких рослинних оліях (глярній, конопляній) вона міститься у значних кількостях. Високу біологічну активність має арахідонова кислота (ейкозатетраєн — 5,8,11,14-ова), біологічна активність якої у 2–3 рази перевищує активність ліноленової та ліноленової кислот [7], а у тканинах тварин міститься від 0,2 до 22%. Відомо, що вищі організми здатні синтезувати лише олеїнову кислоту. Проте у тварин є ферментні системи, здатні десатурацією та елонгацією подовжувати карбоновий ланцюг, завдяки чому можливе перетворення ліноленової і ліноленової кислот, які надходять з їжею, у полієнові жирні кислоти з більшою кількістю вуглеців і подвійних зв'язків: арахідонову ($C_{20:4}$), докозатетраєнову ($C_{22:4}$) і докозагексаєнову ($C_{22:6}$).

Відомо, що за підвищення у раціонах тварин жирних кислот родини ω -3 змінюється спектр жирних кислот ліпідів тканин і органів в напрямку збільшення їх ненасиченості. Тому за використання рослинних кормів необхідно враховувати співвідношення кислот ω -6/ ω -3 у раціонах для нормального забезпечення організму поліненасиченими жирними кислотами (ПНЖК).

Досліджено, що найвище співвідношення ω -6/ ω -3 є у ліпідах соняшникової макухи (понад 50), значно нижче — у ячменю (27,8), сої (12,6) і пшеничної дерті (8,6). Водночас у насінні ріпаку і макухи співвідношення цих кислот, порівняно з попередніми кормами, є низьким і становить, відповідно, 2,6 і 2,7 ω -6/ ω -3, оскільки у цих кормах високий рівень олеїнової ($C_{18:1}$) кислоти — понад 50% [1, 41].

Ліпіди рослинних кормів мають високий вміст C_{18} — ПНЖК, поліненасичених жирних кислот (лінолева, ліноленова). Завдяки наявності цис-подвійних зв'язків вони мають антибактеріальну властивість, тобто проявляють інгібувальний вплив на ріст мікроорганізмів у рубці. У результаті цього у процесі еволюції в мікроорганізмів, що населяють рубець, виникли біохімічні механізми, які забезпечують гідрогенізацію ПНЖК. Тому незначна кількість наявних у ліпідах кормів ПНЖК досягає і всмоктується у тонкому кишечнику жуйних. Зокрема в овець лише 1,8% ПНЖК досягає тонких кишок [29], внаслідок чого органи і тканини містять велику кількість стеаринової та олеїнової кислот і мало ПНЖК [6, 25, 39]. Окремі транс-ізомери олеїнової (транс-11) та лінолевої (цис-9, транс-11) кислот, які утворилися у процесі рубцевої біогідрогенізації, мають біологічну активність, що частково компенсує нестачу ПНЖК родини ω -3 [3, 5, 6, 25]. ПНЖК ліпідів корму мають відносно короткий період піврозпаду у вмісті рубця, чим забезпечується захист мікроорганізмів від їх токсичного впливу [20].

Ефективність гідролізу кормових ліпідів у рубці висока — понад 85% [11], а центральну роль у гідролізі ліпідів корму у рубці відіграє бактерія *Anaerovibrio lipolytica* [10]. Ліпідний потік до дуоденуму складається з жирних кислот, які походять із різних джерел — ліпідів корму, мікроорганізмів, ліпідів відпрацьованих клітин епітелію рубця й ентероцитів [40]. Кількісний аспект гідрогенізації C_{18} -ПНЖК у рубці овець ілюструють такі дані: кількість лінолевої і ліноленової кислот у ліпідах їх раціону становила 66%, у вмісті рубця — 8% і хімусі дванадцятипалої кишки — 4%. При цьому на 5% зменшувався вміст олеїнової кислоти, а кількість стеаринової кислоти збільшилася з 5 до 40% [41].

Встановлено також, що мікроорганізми рубця піддають ПНЖК редуктивній модифікації, у результаті якої вони перетворюються з цис-форми у транс-форму. Внаслідок цього зменшується токсична дія C_{18} -ПНЖК на мікроорганізми. Такі дані пояснюють наявність C_{18} -ПНЖК транс-форми у ліпідах жирових депо жуйних.

Додавання до раціону овець соєвої олії, для якої характерний високий вміст лінолевої кислоти, у ліпідах жирової тканини збільшує вміст цис-лінолевої і транс-олеїнової кислот і зменшує вміст розгалужених жирних кислот, що вказує на взаємозв'язок між метаболізмом жирних кислот в рубці та жировій тканині жуйних [20, 41].

За деякими даними [22], існують суттєві органо-тканинні відмінності за вмістом загальних ліпідів і їхнього жирнокислотного складу. У ліпідах стінки рубця, сітки, сичуга, а також у тканинах дванадцятипалої і голодної кишок з 1-місячного і по 18-місячний вік проходить закономірне збільшення ненасичених жирних кислот. У стінці книжки спостерігається діаметрально протилежна картина. У найдовшому м'язі

спини ягнят з 1-місячного віку починає збільшуватися група C_{18} -ненасичених кислот. У тканині серця у всі періоди постнатального онтогенезу характерний високий вміст лінолевої кислоти. За вмістом ліпідів органи і тканини розташовані у такій послідовності: жирова тканина → мозок → м'язова тканина → рубець → шкіра з вовною → печінка → серце → нирки → легені → селезінка → кісткова тканина → кров. Серед відділів травного тракту найбільшу концентрацію ліпідів містять стінка рубця і товстого кишечника, а найменшу — книжка (40,2 г/кг). У вмісті шлунково-кишкового тракту інша картина: вищі концентрації (14,2 г/кг) виявлені у хімусі книжки, а нижчі (10,9 г/кг) — у хімусі рубця [23].

Незважаючи на значну кількість лінолевої і ліноленової кислот у плазмі материнського організму, у новонароджених є лише незначна їх кількість. Основну частину сумарної фракції жирних кислот плазми крові становлять пальмітинова, стеаринова, пальмітоолеїнова й олеїнова кислоти. Ліпідний склад підшкірного овечого жиру майже на 50% складається з олеїнової кислоти, концентрація лінолевої становить всього 1,9–4,8%. У печінці знайдено найменшу кількість стеаринової кислоти (12%) і найбільше — цис- $C_{18:1}$ (41,2%). Плазма, яєчники, стінка рубця і м'язи містять 2–10% стеаринової і дещо більше цис- $C_{18:1}$ і $C_{16:0}$ кислот. У всіх триацилгліцерилах цих органів міститься 5–6% жирних кислот з розгалуженим ланцюгом. Близько 2% транс- $C_{18:1}$ знайдено у жовчі, плазмі і м'язах.

Аналізуючи вітчизняну та іноземну наукову літературу, можна зробити висновок, що питання ліпідного живлення овець вивчене недостатньо, тому й відсутні науково обґрунтовані норми вмісту сирого жиру у раціонах овець загалом і зокрема вмісту лінолевої кислоти в сухій речовині, співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот, а також дані з розрахунку на кілограм живої маси овець різних статевих і продуктивних груп. Відсутність таких даних призводить до перевитрат протеїну раціону, що негативно відображається на продуктивності тварин і якості вовнової, м'ясної та молочної продукції.

Численні дослідження вказують на те, що як нестача, так і надлишок жиру в раціонах сільськогосподарських тварин призводять до порушення обміну речовин та енергії в організмі, погіршення перетравності і засвоєння поживних речовин, зниження продуктивності та відтворювальної здатності [1, 41].

Тим часом проведені нами дослідження з вивчення продуктивної дії добавок жирів до основного раціону овець свідчать про їх високу фізіологічну ефективність. Показано, що добавки ріпаккових кормів із вмістом від 4% (шрот) до 8% (макуха) олії, яка має високий вміст олеїнової ($C_{18:1}$) кислоти (до 50%), позитивно впливають на продуктивні якості різних статевих груп овець. Використання цих добавок у кількості 20% від перетравного протеїну сприяє збільшенню живої маси вівцематок на 6–9% і настригів вовни на 12–14% за одночасного поліпшення її фізико-хімічних властивостей [14, 33].

Аналогічні дані отримані і на молодняку овець, яким у складі основного раціону згодовували по 100–150 г/гол/добу добавок ріпаккових кормів (25% від перетравного протеїну), що сприяло підвищенню приростів живої маси на 5,1%, а настригів оригінальної вовни — на 24,5% [13, 15, 32].

Згодовування у складі основного раціону вівцематок по 50 г/гол/добу фільтроперліту (відходи олійного виробництва), забезпеченого ліпідами соняшникової олії, збільшувало прирости вовни у них на 16,7%, а прирости живої маси ягнят — на 7,55%. Але кращий ефект отримано за використання у раціонах вівцематок фільтроперліту і підвищених на 20% від чинних норм рівнів макро- і мікроелементів (S, Zn, Co, I, Cu). У такому випадку інтенсивність росту вовни збільшується на 33,3%, а прирости живої маси ягнят — на 10,2% [16, 37].

У результаті проведених нами досліджень з'ясувалося, що використання ліпідних добавок сприяло інтенсифікації процесів молокоутворення та покращенню хімічного складу і біологічної цінності молока вівцематок. Водночас мінеральні елементи більшою мірою сприяли процесам вовноутворення. Крім цього, з'ясувалося, що ефективність використання добавок жирів до раціонів овець збільшувалася у випадку їх спільного використання з добавками мінеральних елементів.

Відомо, що організм овець має підвищені вимоги до мінерального живлення у зв'язку з різноманітністю їхньої продукції, зокрема вовни [30–32]. Процеси вовноутворення потребують не лише достатньої кількості пластичних і енергетичних субстратів, але й цілого спектру мінеральних елементів, серед яких особлива роль належить Сульфуру — вкрай важливому елементу для продукування вовни, у якій його вміст становить 3–5% [24, 26, 27].

Синтез кератину тісно пов'язаний з інтенсивним використанням сульфуровмісних амінокислот, зокрема цистеїну. І взагалі сполуки, у яких є SH-групи, з одного боку, є пластичним матеріалом, а з іншого — ензимами, які каталізують метаболічні процеси у волоссяних фолікулах.

Дані літератури свідчать, що оптимізація ліпідного живлення овець позитивно впливає на інтенсивність їх росту, обмін речовин, м'ясну, молочну і вовнову продуктивність з одночасним покращенням їх якісних показників [16, 18, 23, 27].

Дослідження, проведені з метою встановлення норм ліпідів загалом і лінолевої кислоти зокрема у раціонах овець різних статево-вікових груп, показали, що оптимальним рівнем вмісту в сухій речовині раціону сирого жиру і лінолевої кислоти для вівцематок є 3,8 і 1,2%, а для ремонтних ярок — 3,9 і 1,1% відповідно. Балансування раціонів овець за ліпідами у вказаних межах сприяє зростанню молочності вівцематок на 22%, збільшенню на 15% приростів живої маси ягнят у період підсису і на 16% — інтенсивності росту ремонтних ярок [35, 36].

Із наведених даних випливає, що потреба овець у ліпідах і незамінних жирних кислотах залежить від фізіологічного стану організму, рівня продуктивності; вона особливо велика в молодняку у період інтенсивного росту, маток під час вагітності і лактації.

Про роль Сульфуру у процесах вовноутворення сказано дуже багато, оскільки синтез кератину нерозривно пов'язаний з інтенсивним використанням сульфуровмісних сполук, передусім цистину. Нашими дослідженнями встановлено, що збільшення продуктивності під впливом згодовування вівцям сульфуровмісних сполук багато в чому пов'язане з ліпідним обміном, зокрема фосфоліпідами [30]. Проведені нами

спеціальні дослідження з використанням міченої ³⁵S показали, що у дослідах *in vitro* Сульфур сульфатів інтенсивно включається у полярні ліпіди шкіри, зокрема фракцію сульфоліпідів [8]. Сульфуровмісні сполуки стимулюють синтез ліпідів і жирних кислот в організмі [31]. Зумовлено це тим, що Сульфур входить до складу протеїнів, ліпідів, вітамінів та інших біологічно активних речовин. Ензими з наявністю активної SH-групи виконують багатогранну роль у різноманітних ланках обміну речовин.

Висновки

Отже, ліпіди відіграють важливу роль у живленні тварин, зокрема овець, не лише як високоенергетичні компоненти кормів, але й за рахунок їхньої активної участі у різних ланках метаболізму. Представлені дані мають практичне значення, оскільки дають змогу глибше зрозуміти роль ліпідів загалом та їхніх окремих складових зокрема.

1. Aliyev AA. Lipid metabolism and productivity of ruminant animals. Moscow, Kolos, 1980: 382 p.
2. Aliyev AA, Martinov VM. The role of liver in the regulation of lipid metabolism in cattle. The First All-Union Symposium on lipid metabolism in farm animals and birds. Borovsk, 1972: 3–4.
3. Belury MA. Dietary conjugated linoleic acid in health: Physiological effects and mechanism of action. *Annual Review of Nutrition*. 2002; 22: 505–531. DOI: 10.1146/annurev.nutr.22.021302.121842.
4. Chevilo IA. The effect of sulfur-containing amino acids on ketogenesis and lipid synthesis in the body. Author's abstract diss. cand. biol. sciences. Kyiv, 1969: 13 p.
5. Corl BA, Baumgard LH, Dwyer DA, Griinari JM, Phillips BS, Bauman DE. The role of Δ^9 -desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2001; 12 (11): 622–630. DOI: 10.1016/S0955-2863(01)00180-2.
6. Daley CA, Abbott A, Doyle PS, Nader GA, Larson S. A review of fatty acid profiles and grain-fed beef. *Nutrition Journal*. 2010; 9:10. DOI: 10.1186/1475-2891-9-10.
7. Dmytrochenko AP, Moroz ZM. Fat needs in farm animals. *Lipid Metabolism in Farm Animals*. Borovsk, 1978; 5 (52): 18–19. (in Russian)
8. Gumenyuk VV, Stapay PV, Makar IA. Lipids as a source of energy in wool formation processes. *Lipid metabolism in Farm Animals*. Biol. All-Union Scientific Research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Agricultural animals, Borovsk, 1978; 5 (52): 57. (in Ukrainian)
9. Gupta SD, Sastry PS. Metabolism of the plant sulfolipid — Sulfoquinovosyldiacylglycerol: Degradation in animal tissues. *Arch. Biochem. Biophys.* 1987; 259 (2): 510–519. DOI: 10.1016/0003-9861(87)90517-0.
10. Harfoot CG, Hazlewood GP. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson PN (ed.). *The Rumen Microbial Ecosystem*. New York, Elsevier Applied Science Publ. 1988: 285–321.
11. Harfoot CG, Hazlewood GP. Lipid metabolism in the rumen. In: Hobson PN, Stewart CS (eds.). *The Rumen Microbial Ecosystem*. 2nd ed. London, Chapman and Hall. 1997: 382–426. DOI: 10.1007/978-94-009-1453-7_9.
12. Harwood JL (ed.). *Plant membranes structure, assembly and functions*. 1998; 16: 113–127.
13. Hirzheva OL. The effect of feeding rapeseed meal and increased levels of macro- and micronutrients on the productive and reproductive qualities of Karakul sheep. *Scientific and Technical Bulletin of Institute of Animal Biology*. 2002; 4 (1): 39–43. (in Ukrainian)

14. Hirzheva OL, Stapaj PV. The effect of feeding rapeseed meal and macro- and microelements on metabolic indicators in blood and productive qualities of Karakul sheep. *Scientific Messenger of LSAVM named after S. Z. Gzhytskyi*. Lviv, 2003; 5, 3(4): 139–144. (in Ukrainian)
15. Hirzheva OL, Stapaj PV. The effect of feeding rapeseed meal enriched with macro- and microelements on the productive qualities of sheep in the south of Ukraine. *Scientific Messenger of LSAVM named after S.Z. Gzhytskyi*. Lviv, 2002; 4 (2) 2: 13–16. (in Ukrainian)
16. Hirzheva OL, Stapaj PV. The effect of feeding rapeseed press cake and minerals to Karakul ewes on wool productivity of the offspring. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Lviv, 2003; 5 (2) 4: 12–16. (in Ukrainian)
17. Hula NI, Marhitych MV. *Fatty acids and their derivatives in pathological conditions*. Kyiv, Naukova Dumka, 2009: 336 p.
18. Humeniuk VV, Stapaj PV, Makar YA. Lipids as an energy source in wool formation processes. *Bulletin of the All-Union Scientific Research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Farm Animals*. Borovsk, 1978; 5 (52): 57. (in Ukrainian)
19. Janero DR, Barnett R. Cellular and thylakoid-membrane glycolipids of *Chlamydomonas reinhardtii* 137⁺. *J. Lipid. Res.* 1981; 22 (7): 1119–25. PMID: 7299292.
20. Jenkins TC. Symposium: Advances in ruminant metabolism. *J. Dairy Sci.* 1993; 76: 3851–3863. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9.
21. Kruijff B, Pilon R, Hof R, Demel R. Lipid-protein interactions in chloroplast protein import. In: Siegenthaler PA, Murata N (eds.). *Lipids in photosynthesis: structure, function and genetics*. Dordrecht-Boston-London, Kluwer Acad. Publ. 1998: 191–208. DOI: 10.1007/0-306-48087-5_10.
22. Mukhadov GM, Fedichkina TV. Lipid metabolism in Karakul sheep in postnatal ontogenesis. *Bulletin of All-Russian Scientific and Research Institute of Physiology, Biochemistry and Feeding of Farm Animals*. Borovsk, 1978; 5 (52): 60–61. (in Russian)
23. Mungin VV. Optimization of lipid nutrition of sheep. Author's abstract diss. for the doct. degree of Agricultural Sci. Ulyanovsk, 2009: 29 p. (in Russian)
24. Patent of Ukraine No. 65648, IPC A23K 1/16, A23K 1/18, A23K 1/22. The method of increasing sheep productivity. Tkachuk VM, Stapaj PV, Sydir NP, Kyryliv Yal. Institute of Animal Biology NAAS. No. u 2011 06448; applied 05/23/2011; publ. 12.12.2011. Bull. N 23. (in Ukrainian)
25. Schmid A, Collomb M, Sieber R, Bee G. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Sci.* 2006; 73 (1): 29–41. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.10.010.
26. Sedilo HM. *The role of minerals in wool formation processes*. Lviv, Poster, 2002: 184 p. (in Ukrainian)
27. Sedilo HM, Makar IA, Havryliak VV, Humeniuk VV. *The metabolic and productive effects of sulfur in the body of sheep*. Lviv, PAIS, 2009: 148 p. (in Ukrainian)
28. Seigneurin-Berny D, Rolland N, Dorne AJ, Joyard J. Sulfolipid is a potential candidate for annexin binding to the outer surface of chloroplast. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 2000; 274 (2): 519–524. DOI: 10.1006/bbrc.2000.2805.
29. Sinclair LS. Nutritional manipulation of the fatty acid composition of sheep meat: a review. *J. Agr. Sci.* 2007; 145 (5): 419–434. DOI: 10.1017/S0021859607007186.
30. Stapaj PV. Indicators of lipid metabolism in the skin of sheep in connection with wool formation. *Scientific and technical bull. of Ukr. Scientific Research Institute of Physiology and Biochemistry of Agricultural animals*. Lviv, 1979; 2: 62–63. (in Ukrainian)
31. Stapaj PV. The role of skin lipids in wool formation processes. Questions of physiology and biochemistry of sheep nutrition. *Scientific works of VASKhNIL*. Moscow, Kolos, 1981: 136–140. (in Ukrainian)
32. Stapaj PV, Hirzheva OL. Fattening and meat qualities of lamb of a prolific breed of Karakul sheep when used in diets of rapeseed meal and various levels of macro- and microelements. Materials of the international scientific-practical conference "Actual problems of feeding farm animals and feed technology", assigned to P. D. Pshenychnyi's 100th anniversary. Kyiv, 2003: 39. (in Ukrainian)
33. Stapaj PV, Hrabovska OS, Paraniak NM, Sedilo HM, Havryliak VV, Martyschchuk MV, Hirzheva OL. *The use of rapeseed feed (press cake, grist) in feeding sheep: guidelines*. Lviv, 2003: 16 p. (in Ukrainian)
34. Stapaj PV, Makar IA, Havryliak VV, Paraniak NM. *Physiological and biochemical basis of sheep nutrition*. Lviv, 2007: 98 p. (in Ukrainian)
35. Svistula MM, Yefremov DY, Demenska NM. Normalization of lipid nutrition for ewes during lactation. *Askania Nova Scientific Herald*. 2012; 5 (P1): 182–188. (in Ukrainian)
36. Svistula MM, Yefremov DY, Demenska NM. Organization of high-grade lipid nutrition of merino sheep in the Steppe zone of Ukraine. *Askania Nova Scientific Herald*. 2014; 7: 65–71. (in Ukrainian)
37. Tkachuk VM, Stapaj PV, Kyryliv YI, Sydir NP. *The effectiveness of using filter perlite in feeding sheep: guidelines*. Lviv, 2011: 27 p. (in Ukrainian)
38. Vasylenko TO. The effect of sulfur on the digestibility of nutrients in ewes. Animal feeding and feed technology. *Collection of scientific works of VNAU*. Vinnytsia, 2013; 3 (73): 15–18. (in Ukrainian)
39. Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 2008; 78 (4): 343–358. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.07.019.
40. Wu Z, Ohajuruka OA, Palmquist DL. Ruminal synthesis, biohydrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1991; 74: 3025–3034. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78488-9.
41. Yanovych VH, Solohub LI. *Biological basis for the transformation of feed nutrients in ruminants*. Lviv, Triada plus, 2000: 376 p. (in Ukrainian)

Lipid nutrition of sheep

P. V. Stapaj¹, N. P. Stakhiv¹, V. V. Havryliak², O. O. Smolianinova¹, O. S. Tyutyunnyk³
nadiia_sudir@ukr.net

¹Institute of Animal Biology NAAS,
38 V. Stus str., Lviv, 79034, Ukraine

²Lviv Polytechnic National University,
3/4 St. Yura sq., Lviv, 79013, Ukraine

³Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University,
20 Ohienko str., Kamianets-Podilskyi, 32301, Ukraine

The analysis of literature and personal research data on the role of lipids and their individual fatty acids in the nutrition of sheep has been presented. Experimental data indicate a positive effect of lipids on the body of sheep. However, the question of lipid nutrition is poorly studied, which explains the lack of scientifically based standards for the content of raw fat in sheep diets in general and of

individual saturated and unsaturated fatty acids, in particular, which leads to an overrun of the most expensive and deficient component of the diet — protein, as well as negatively affects the productivity of animals and the quality of wool, meat and dairy products. A significant amount of data is devoted to the characterization of lipids and their individual fatty acids in various feeds. In particular, it has been shown that plant seeds (wheat, barley, oats, peas) mostly contain structural lipids (phospholipids, glycolipids) in which linoleic ($C_{18:2}$) acid, which is the parent of acid family ω -6, predominates quantitatively (from 45 to 61%). The amount of linoleic ($C_{18:2}$) acid does not exceed 7%, and it is a representative of acid family ω -3. This acid and ω -9 are precursors of various biologically active substances, in particular prostaglandins, leukotrienes, platelets and others. It is emphasized that with the increase in the ω -3 fatty acids in the diets of animals, the spectrum of fatty acids of lipids in tissues and organs changes in the direction of increasing their unsaturation, and therefore, the ratio of ω -6/ ω -3 acids in the diets should be taken into account for the normal provision of the body with polyunsaturated fatty acids. It is known that the body of sheep is characterized by high requirements for mineral nutrition, which is associated with their products, in particular wool, and among the whole spectrum of mineral elements a special role belongs to Sulfur, whose content in wool is 3–5%. Therefore, the synthesis of keratin is inextricably linked to the intensive use of sulfur-containing compounds, mainly cystine. Our studies have shown that the increase in productivity under the influence of feeding sheep with sulfo-containing compounds is closely related to lipid metabolism, in particular phospholipids, since in sulfate sulfur experiments *in vitro* particularly the sulfolipid fraction is intensively incorporated into polar skin-lipids. Sulfur-containing compounds stimulate the synthesis of lipids and fatty acids in the body and this is due to the fact that Sulfur is a part of proteins, lipids, vitamins and other biologically active substances.

Key words: sheep, lipids, fatty acids, sulfur, feed, nutrition