

УДК 636.087.7:636.2:591.463.1:577.115

ВПЛИВ L-КАРНІТИНУ У СКЛАДІ РАЦІОНУ БУГАЇВ НА ЛІПІДНИЙ СКЛАД ТА ЯКІСТЬ СПЕРМИ

В. А. Коберська
vick_777@ukr.net

Білоцерківський національний аграрний університет,
пл. Соборна, 8/1, Біла Церква, 09117, Україна

Актуальною проблемою для широкого використання штучного осіменіння, як методу прискореного покращення генетичного потенціалу стада, залишається питання якості еякулятів бугаїв. При цьому, виявлення причин, діагностика та пошук шляхів корекції якості сперми є одним із важливих завдань наукових досліджень. Відомо, що одним із важливих факторів, який може визначати придатність еякулятів до використання в практиці штучного осіменіння, є інтенсивність вільнорадикального окиснення, а головними мішенями активних форм кисню є ліпіди плазми сперми і статевих клітин. Тому, зміни вмісту загальних ліпідів і їх класів можуть бути використані як маркерні показники, що характеризують якість сперми і сперміїв.

Метою наших досліджень було визначити вміст загальних ліпідів та їх класів в еякулятах бугаїв та вивчити можливість коригувати їх вміст та якість сперми шляхом згодовування у складі раціону L-карнітину. Досліджувану добавку застосовували в захищеній формі під торговою назвою «Карніпас» (виробництво Loman animal health, Німеччина) у кількості 20 г/гол і 40 г/гол відповідно протягом 75 діб.

За дії L-карнітину встановлено дозозалежне збільшення вмісту загальних ліпідів за рахунок вірогідного збільшення частки фосфоліпідів на фоні вірогідного зниження відносного вмісту холестеролу та неестерифікованих жирних кислот у спермі бугаїв. Результати досліджень засвідчили пролонгований ефект добавки через 22 доби по завершенню її застосування. Встановлено від'ємний корелятивний зв'язок між вмістом фосфоліпідів та вмістом холестеролу ($r=-0,74$) і вмістом неестерифікованих жирних кислот ($r=-0,52$) у спермі бугаїв. Зміни вмісту загальних ліпідів і співвідношення їх окремих класів у спермі бугаїв за дії L-карнітину свідчать про активацію анаболічних процесів, мобілізацію ліпідів як джерела енергії та регуляцію мікров'язкості ліпідної фази мембран у сперміїв.

Установлено можливість корекції ліпідного складу сперми бугаїв, а значить і її якості за дії L-карнітину. Відмічено, що карнітин сприяє вірогідному підвищенню активності та виживанню сперміїв, що можна пояснити оптимізацією структури та функцій мембран статевих клітин, зниженням процесів пероксидного окиснення ліпідів у їх складі, кращою доступністю жирних кислот в якості джерела енергії і, як результат, збереженням цілісності та життєздатності сперміїв. Більш економічно виправданою та ефективною виявилась доза згодовування «Карніпасу» в кількості 20 г/гол за добу.

Ключові слова: ЛІПІДНИЙ СКЛАД, ФОСФОЛІПІДИ, ХОЛЕСТЕРОЛ, НЕЕСТЕРИФІКОВАНІ ЖИРНІ КИСЛОТИ, СПЕРМА, БУГАЇ, L-КАРНІТИН

EFFECT OF L-CARNITINE IN THE COMPOSITION OF THE DIET BULLS ON LIPID CONTENT AND QUALITY OF SPERM

V. A. Koberska
vick_777@ukr.net

Bila Cerkva National Agrarian University, Soborna Square, 8/1,
Bila Cerkva, 09117, Ukraine

Actual problems of modern biological science is the diagnosis of pathological changes in sperm, including oxidative stress. The main targets in the processes of free radical oxidation of sperm is lipids and their fractions. Therefore, changes in the sperm of their contents can be used as biological indicators that determine its quality.

The changes of total lipids in the semen of bulls was investigated during feeding L-carnitine in a secure form under the trade name «Karnipass» (production Loman animal health, Germany) in an amount of 20 g/head and 40 g/head respectively during 75 days. For action supplements the increase of total lipids due to

the likely increase in the proportion of phospholipids, lower cholesterol and non-esterified fatty acids bulls sperm. The results showed prolonged effect of additives in 22 days after its application. A negative correlation between the content of phospholipids and cholesterol ($r=-0,74$), the content of non-esterified fatty acids ($r=-0,52$) in the semen of bulls. Changes in the content of total lipids and their relative fractions in the semen of bulls by the action of L-carnitine testify about the activation of anabolic processes, mobilization of lipids as an energy source and the regulation of the lipid phase of the membrane microviscosity in spermatozoa.

Showed a significant increase in activity and survival of sperm by the action of L-carnitine. Improvement of physiological parameters of semen by the action of L-carnitine can be attributed to the optimization of the structure and function of membranes of sperm, reduced lipid peroxidation processes in them, better availability of fatty acids for energy, preservation of the integrity and viability of germ cells. A more cost-effective and efficient feeding dose appeared «Karnipass» in the amount of 20 g/head per day.

Keywords: LIPID COMPOSITION, PHOSPHOLIPIDS, CHOLESTEROL, FATTY ACIDS NEESTERYFIKOVANI, SEMEN, BULLS, L-CARNITINE

ВЛИЯНИЕ L-КАРНИТИНА В СОСТАВЕ РАЦИОНА БЫКОВ НА ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ И КАЧЕСТВО СПЕРМЫ

В. А. Коберская
vick_777@ukr.net

Белоцерковский национальный аграрный университет,
пл. Соборная, 8/1, г. Белая Церковь, 09117, Украина

Актуальной проблемой для широкого использования искусственного осеменения, как метода ускоренного улучшения генетического потенциала стада, остается вопрос качества эякулятов быков. При этом, выявление причин, диагностика и поиск путей коррекции качества спермы является одной из важных задач научных исследований. Известно, что одним из важных факторов, который может определять пригодность эякулятов к использованию в практике искусственного осеменения является интенсивность свободнорадикального окисления, а главными мишенями активных форм кислорода являются липиды плазмы спермы и половых клеток. Поэтому, изменения содержания общих липидов и их классов могут быть использованы как маркерные показатели, характеризующие качество спермы и сперматозоидов.

Целью наших исследований было определить содержание общих липидов и их классов в эякуляте быков и изучить возможность коррекции их содержания и качества спермы путем скармливания в составе рациона L-карнитина. Исследуемую добавку применяли в защищенной форме под торговым названием «Карнипасс» (производство Lomat animal health, Германия) в количестве 20 г/гол и 40 г/гол соответственно в течении 75 суток.

При действии L-карнитина установлено дозозависимое увеличение содержания общих липидов за счет достоверного увеличения части фосфолипидов на фоне достоверного снижения относительного содержания холестерина и незэтерифицированных жирных кислот в сперме быков. Результаты исследований показали пролонгированный эффект добавки через 22 суток после завершения ее применения. Установлено отрицательную корреляционную связь между содержанием фосфолипидов и содержанием холестерина ($r=-0,74$), содержанием незэтерифицированных жирных кислот ($r=-0,52$) в сперме быков. Изменения содержания общих липидов и соотношения их отдельных фракций в сперме быков при действии L-карнитина свидетельствуют о активации анаболических процессов, мобилизации липидов как источника энергии и регуляции вязкости липидной фазы мембран в сперматозоидах.

Установлена возможность коррекции липидного состава спермы быков, а, следовательно, и качества спермы под. действием L-карнитина. Отмечено, что карнитин способствует достоверному увеличению активности и выживания сперматозоидов, что можно объяснить оптимизацией структуры и функций мембран половых клеток, снижением процессов пероксидного окисления липидов в их составе, лучшей доступностью жирных кислот как источника энергии и, как результат, сохранением целостности и жизнеспособности сперматозоидов. Более экономически оправданной и эффективной оказалась доза скармливания «Карнипасса» в количестве 20 г/гол в сутки.

Ключевые слова: ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ, ФОСФОЛИПИДЫ, ХОЛЕСТЕРОЛ, НЕЭСТЕРИФИЦИРОВАННЫЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ, СПЕРМА, БЫКИ, L-КАРНИТИН

Відомо, що ліпіди представлені широким спектром гідрофобних сполук, які відіграють важливу роль у формуванні структур клітин та є ефективними висококонцентрованими метаболітами для енергетичного обміну [1]. Вони є одними з важливих біологічних ефекторів, регуляторів та медіаторів, які беруть участь у майже всіх фізіологічних процесах [2]. Зокрема, виявлено, що ліпіди мають важливе значення для забезпечення репродуктивної функції бугаїв [1].

Тому, значний інтерес мають дослідження з вивчення впливу екзогенних модуляторів обміну ліпідів — найбільш багатих на енергію та вміст Гідрогену речовин. Особливо перспективним для застосування у цьому аспекті є L-карнітин — вітаміноподібна амінокислота широкого спектру дії, що відіграє ключову роль в енергетичному та ліпідному обміні. Установлено, що L-карнітин бере участь у метаболізмі клітин, оскільки переносить ацильні групи із цитоплазми у матрикс мітохондрій і, таким чином, регулює ресинтез АТФ при β -окисненні жирних кислот [3, 4]. Крім того, вказана сполука сприяє клітинній дезінтоксикації, оптимізує метаболічні реакції з участю коферменту А, а також ліпідний, білковий і вуглеводний обміни [3, 5, 6], зокрема регулює гліюконеогенез, синтез та використання жирних кислот, метаболізм тригліцеролів, холестеролу, кетонівий метаболізм і сперміогенез [7]. Відмічено, що L-карнітин інгібує виведення ензимів з клітини, стабілізує плазматичну мембрану, підвищуючи виживання клітин [8].

У період інтенсивного використання плідники потребують додаткових затрат енергії і піддаються сильному метаболічному стресу. При цьому, в їх організмі не може синтезуватись адекватна кількість L-карнітину. Тому, враховуючи роль у метаболізмі клітин і, в цілому, організму, метою досліджень було вивчити вплив L-карнітину, доданого до раціону, на вміст загальних ліпідів та їх класів у спермі бугаїв.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на базі Української генетичної компанії «UGC» та

Інституту біології тварин НААН. За принципом аналогів (за віком, живою масою та якістю еякулятів сформовано три групи бугаїв по 4 голови у кожній. Бугаї 1-ї групи отримували стандартний комбікорм (основний раціон) і були контролем, а плідникам 2-ї та 3-ї груп у складі основного раціону додатково давали L-карнітин у захищеній формі (торгова назва «Карніпас» з 18 % L-карнітину в захищеній формі, Loman animal health, Німеччина) 20 г/гол і 40 г/гол, відповідно. Вказану добавку згодовували з концентрованими кормами щоденно протягом 75 днів дослідного періоду.

Матеріалом для досліджень була свіжоотримана сперма, яку брали у чотири періоди досліду: до введення добавки, через 27 й 75 днів та через 22 доби після закінчення згодовування (для виявлення пролонгованого ефекту).

Вміст загальних ліпідів у спермі визначали гравіметричним методом з попередньою екстракцією за методом Фолча [9]. Для визначення вмісту окремих класів ліпідів використовували метод висхідної тонкошарової хроматографії і виявляли: фосфоліпіди, моно-, ді- і триацилгліцероли, несетерифіковані жирні кислоти, вільний і естерифікований холестерол. Вміст окремих класів виражали у відсотковому відношенні до загального вмісту ліпідів. Кількісне визначення окремих класів ліпідів проводили згідно з методичними рекомендаціями. Статистичний аналіз отриманих результатів проведено з використанням персонального комп'ютера та програми Microsoft Office Excel.

Результати й обговорення

У спермі бугаїв ідентифіковано класи загальних ліпідів: фосфоліпіди, холестерол та його естери, триацилгліцероли, неестерифіковані жирні кислоти (НЕЖК) та діацилгліцероли (табл.). Встановлено, що додаткове згодовування L-карнітину у складі раціону бугаїв зумовлює зміни вмісту загальних ліпідів за рахунок збільшення частки фосфоліпідів та зниження вмісту холестеролу та НЕЖК у спермі.

Вміст ліпідів у спермі бугаїв за згодовування L-карнітину (M±m; n=4)

Показник	Група бугаїв		
	1 — контрольна	2 — дослідна (20 г/гол)	3 — дослідна (40 г/гол)
<i>До згодовування</i>			
Загальні ліпіди, мг/100 мл в т.ч. класи:	67,50±5,39	66,11±3,09	66,18±3,26
Фосфоліпіди, %	34,26±0,88	34,10±1,08	34,82±1,20
Холестерол, %	8,80±0,65	8,50±0,53	8,31±0,95
Естери холестеролу, %	18,41±1,61	18,37±0,71	19,46±1,08
НЕЖК, %	8,34±0,61	9,03±0,43	8,42±0,23
Триацилгліцероли, %	19,05±1,42	19,59±0,73	18,03±1,07
Діацилгліцероли, %	11,14±0,47	10,42±0,30	10,95±0,37
<i>З початку згодовування: 27 доба</i>			
Загальні ліпіди, мг/100 мл в т.ч. класи:	65,78±5,01	66,38±3,40	67,28±4,35
Фосфоліпіди, %	41,50±1,08	43,89±0,97	44,75±1,16
Холестерол, %	9,32±0,47	7,18±0,76	8,75±0,25
Естери холестеролу, %	18,94±2,09	19,88±0,53	19,24±0,34
НЕЖК, %	10,04±0,35	8,85±0,27*	7,19±0,32***
Триацилгліцероли, %	12,03±1,05	11,05±0,24	11,11±0,57
Діацилгліцероли, %	8,16±1,38	9,15±0,38	8,95±1,23
<i>75 доба</i>			
Загальні ліпіди, мг/100 мл в т.ч. класи:	64,42±4,61	67,23±3,88	67,81±4,32
Фосфоліпіди, %	39,81±0,87	43,58±0,53*	42,32±0,54*
Холестерол, %	9,62±0,52	7,88±0,34*	7,82±0,21*
Естери холестеролу, %	21,32±0,56	22,29±0,94	21,89±1,01
НЕЖК, %	8,19±0,49	6,04±0,55*	6,70±0,24*
Триацилгліцероли, %	11,67±1,08	11,02±0,78	11,51±0,52
Діацилгліцероли, %	9,39±0,70	9,18±0,34	9,75±0,97
<i>Після закінчення згодовування: 22 доба</i>			
Загальні ліпіди, мг/100 мл в т.ч. класи:	66,36±4,35	71,17±2,60*	72,44±3,00
Фосфоліпіди, %	40,06±0,43	43,34±0,56**	43,07±0,37**
Холестерол, %	9,37±0,37	8,01±0,41*	8,07±0,21*
Естери холестеролу, %	20,82±1,35	21,18±0,94	20,76±1,08
НЕЖК, %	8,94±0,32	6,79±0,35**	6,66±0,20***
Триацилгліцероли, %	11,66±1,09	11,52±1,03	11,90±0,60
Діацилгліцероли, %	9,14±0,58	9,13±0,58	9,53±0,40

Примітка. Результати статистично вірогідні порівняно з величинами значень у контрольній групі:
* — P < 0,05; ** — P < 0,01; *** — P < 0,001

Впродовж експерименту вміст загальних ліпідів у спермі бугаїв, яким додатково згодовували у складі раціону L-карнітин зростав, порівняно з величинами значень контрольної групи і після 75 діб мав вищі показники на 4,4 % у 2-й та на 5,3 % у 3-й дослідних групах. Через 22 доби після закінчення згодовування L-карнітину вміст загальних ліпідів в еякулятах залишався вищим, відповідно, на 7,3 % (P < 0,05) та 9,2 % у 2-й та 3-й дослідних групах, ніж у контролі.

Збільшення вмісту загальних ліпідів у спермі бугаїв дослідних груп свідчить про

активування анаболічних процесів і мобілізацію ліпідів, як джерела енергії в організмі чи про їх використання в адаптивних перебудовах метаболізму і структурних компонентах клітини. Ймовірно, що здатність L-карнітину опосередковано гальмувати процеси пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) знижує інтенсивність їх окиснення і, таким чином, забезпечує вищий рівень загальних ліпідів у спермі бугаїв.

У загальному вмісті ліпідів сперми бугаїв переважають фосфоліпіди (34–45 %). При цьому, за згодовування L-карнітину в

еякулятах плідників їх вміст збільшується протягом дослідного періоду, порівняно з контролем. Так, через 75 діб від початку введення L-карнітину, спостерігається вірогідне ($P < 0,05$) збільшення відносного вмісту фосфоліпідів у 2-й групі — на 9,5 % ($P < 0,01$) та у 3-й групі — на 6,3 %. Збільшення вмісту фосфоліпідів у спермі свідчить про вищу забезпеченість енергетичними субстратами статевих клітин і їх вищу здатність виживати поза організмом. Крім того, додаткове надходження в організм плідників L-карнітину стабілізує фосфоліпідний склад мембран спермійв шляхом гальмування процесів ліпопероксидації.

У дослідних зразках сперми впродовж експерименту вірогідно зменшується вміст холестеролу та НЕЖК, а у розподілі інших класів ліпідів відбулись незначні зміни. Так, в еякулятах бугаїв 2-ї та 3-ї груп через 75 діб згодовування L-карнітину вірогідно ($P < 0,05$) знижується відносний вміст холестеролу на 18,1 % і 18,8 %, а також НЕЖК — на 26,3 % і 18,2 % відповідно, у порівнянні із аналогічними показниками у тварин контрольної групи.

Встановлена протягом періоду згодовування L-карнітину тенденція щодо змін показників ліпідного складу сперми збереглась і після завершення його застосування, тому було відмічено пролонгований ефект досліджуваної добавки. Так, через 22 доби по завершенню її згодовування у спермі бугаїв 2-ї та 3-ї груп відносний вміст фосфоліпідів збільшується на 8,2 % ($P < 0,01$) і 7,5 % ($P < 0,01$) на фоні зниження вмісту холестеролу — на 14,5 % ($P < 0,05$) і 13,9 % ($P < 0,05$) та вмісту НЕЖК — на 24 % ($P < 0,01$) і 25,5 % ($P < 0,001$) відповідно проти контролю.

Зниження відносного вмісту НЕЖК може вказувати на інтенсивне використання їх як додаткового джерела енергії, що стимулюється L-карнітином та витратою їх на біосинтез ендогенних фосфоліпідів [12]. Враховуючи, що головною мішенню в реакціях ПОЛ є

ненасичені жирні кислоти мембранних фосфоліпідів, то збільшення вмісту фосфоліпідів і зменшення частки НЕЖК можна пов'язувати саме із зниженням процесів вільнорадикального окиснення за дії L-карнітину.

Важливим моментом у стабілізації ліпідного обміну є регуляція мікрів'язкості ліпідної фази мембран, одним із показників якої є рівень співвідношення холестерол/фосфоліпідів. Встановлене, за згодовування L-карнітину, зменшення цього співвідношення у спермі бугаїв корелює із підвищенням антиоксидантної активності та виживання спермійв. Вказані зміни, очевидно, супроводжуються збільшенням розрідженості клітинних ліпідів, вибіркової проникності біологічних мембран, рухливості жирнокислотних молекул у фосфоліпідах, активуванням більшості ліполітичних ферментів, АТФ-ази та, як наслідок, зниженням процесів ПОЛ і покращенням енергозабезпеченості клітин. Все це позитивно відбивається і на репродуктивних якостях бугаїв (прояву статевих рефлексів, концентрації, активності та виживанні спермійв).

Встановлено покращення фізіологічних показників якості сперми за дії L-карнітину. Зокрема, збільшення об'єму еякуляту, концентрації та активності спермійв бугаїв знаходилось у межах фізіологічних норм і прямо залежало від дози згодовуваного L-карнітину. Проте, виживання спермійв виявилось вищим у спермійв бугаїв, яким згодовували Карніпас у кількості 20 г/гол. Очевидно, це пов'язано з тим, що із збільшенням дози карнітину зростає концентрація та активність спермійв, а це, у свою чергу, спричиняє конкуренцію за субстрати окиснення та більше використання енергетичних ресурсів і кисню для руху. Так, дія L-карнітину через 75 діб його введення забезпечує вірогідне ($P < 0,05$) збільшення виживання спермійв у 2-й та 3-й групах на 28,6 % та 24,3 %, збільшення активності — на 13,1 % ($P < 0,05$) та 16,9 % ($P < 0,01$) відповідно, порівняно із даними бугаїв контрольної групи. Оскільки, активність та виживання спермійв напряду

залежать від структури і функції мембран сперміїв та від забезпечення останніх енергією для руху, тому покращення цих фізіологічних показників сперми за дії L-карнітину можна пояснити оптимізацією мембранних структур сперміїв, зниженням процесів ПОЛ у їх складі, кращою доступністю жирних кислот в якості джерела енергії і, як результат, збереженням цілісності та життєздатності статевих клітин. Ці припущення підтверджує встановлений від'ємний корелятивний зв'язок між фосфоліпідами та вмістом холестеролу ($r = -0,74$), вмістом НЕЖК ($r = -0,52$) та позитивний — з концентрацією сперміїв ($r = 0,54$), які узгоджуються з роботами інших авторів [11].

За нашими припущеннями, L-карнітин проявляє анаболічний ефект, беручи участь у метаболізмі фосфоліпідів за рахунок підтримання оптимального співвідношення ацил-КоА/КоА. Крім цього, ацетильна група етерифікованого L-карнітину являється також попередником у цитозольному синтезі структурних ліпідів. Відомо, що ротація та відновлення жирнокислотного складу фосфоліпідів мембран залежить від доступності довголанцюгового ацил-КоА. У цьому відношенні роль L-карнітину подвійна: постачання ацильних залишків без витрат АТФ і підтримання клітинного рівня КоА на необхідному рівні.

Отримані результати дають підстави стверджувати про регулюючий вплив L-карнітину на ліпідний обмін, зниження концентрації вільних жирних кислот, що є субстратом для утворення вільних радикалів та забезпечення цілісності органел і клітинних мембран.

Висновки

1. Згодовування захищеної форми L-карнітину у складі основного раціону бугаїв змінює відношення окремих класів ліпідів у спермі.

2. Під дією L-карнітину у спермі бугаїв збільшується вміст фосфоліпідів на тлі зниження вмісту холестеролу та вільних жирних кислот.

3. L-карнітин сприяє підвищенню концентрації, виживання та активності сперміїв бугаїв-плідників.

Перспективи подальших досліджень. Враховуючи те, що процес сперматогенезу й якість сперми істотно взаємопов'язані з інтенсивністю реакцій енергетичного обміну, надалі буде досліджено зміни окисно-відновних процесів у спермі бугаїв за дії L-карнітину.

1. Usachenko L. M., Kravciv R. J. Lipids and their peroxides in the blood of calves for correction of diets deficient in trace elements and their metionatamy. *Scientific Bulletin of the Lviv National Academy of Veterinary Medicine named after S. Z. Gzhytsky*, 2006, vol. 8, no. 2 (29), p. 155–160 (in Ukrainian).

2. Bergelson L. D. *Membranes molecules, cells*. Moscow: Nauka, 1982. 183 p. (In Russian).

3. Golushko V. M., Sydorenko R. P., Sytko V. A. The results of experiments on the use of carnitine in the diets of sows. *Effective food and nutrition*, 2010, no. 1 (4), p. 39–41 (in Ukrainian).

4. Krynychka I. Ya., Klishh I. M., Bekus I. R. Effect of carnitine chloride on indicators of protein metabolism in rats under acute alcohol poisoning on a background of intoxication salts of cadmium and lead. *Medical Chemistry*. 2006, vol. 8, no. 3, p. 122–125 (in Ukrainian).

5. Burov S., Makarova I., Ovcharov A. The performance of broilers using L-carnitine. *Aviculture*, 2007, no. 3–4, p. 390–398 (in Russian).

6. Mingrone G. Carnitine in type 2 diabetes. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2004, vol. 1033, p. 99–107.

7. Eaton S., Bartlett K., Pourfarzam M. Mammalian mitochondrial β -oxidation. *Biochemical Journal*, 1996, vol. 320, p. 345–357.

8. Jenkins D. L., Griffith O. W. Antiketogenic and hypoglycemic effects of aminocarnitine and acylaminocarnitines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 1986, vol. 83 (2), p. 290–294.

9. Folch J., Lees M., Stauley G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 1957, vol. 226, p. 497.

10. Vlizlo V. V., Fedoruk R. S., Ratych I. B. et al. Laboratory methods of investigation in biology, stock-breeding and veterinary. *Reference book*. Lviv, SPOLOM, 2012. 764 p. (In Ukrainian).

11. Zhabin S. G., Treschenkov E. A., Artifeksov S. B. i dr. Sperm capacitation (review). *Problems of reproduction*, 2005, no. 11 (2), p. 32–38 (in Russian).

12. Kopelevich V. M. Vitamin-like compound L-carnitine and acetyl-L-carnitine: from biochemical studies for medical use. *Ukrainian Biochemical Journal*, 2005, no. 4, p. 25–45 (in Ukrainian).