

БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ОРГАНІЗМІ КОРІВ ЗА ЗГОДОВУВАННЯ СПЛУК ХРОМУ

М. М. Хомин

Інститут біології тварин НААН

Згодовування хлориду Хрому у кількості 0,1 мг Cr/кг с. р. корму сприяє підвищенню бактерицидної та фагоцитарної активності сироватки крові корів. За тривалого згодовування добавки Cr^{+3} у крові тварин підвищується вміст фукози та циркулюючого, знижується активність АсАТ і вміст сіалових кислот та зростає молочна продуктивність корів. Уведення до раціону корів наноаквацитрату Хрому у кількості 2,7 мкг Cr/кг с. р. корму сприяє підвищенню у крові тварин бактерицидної та фагоцитарної активності, збільшенню вмісту циркулюючого та зниженню концентрації сіалових кислот. На тлі незначного підвищення молочної продуктивності корів спостерігається збільшення вмісту жиру в молоці.

Ключові слова: БАКТЕРИЦИДНА І ФАГОЦИТАРНА АКТИВНІСТЬ, ФУКОЗА, ЦИРУЛОПЛАЗМІН, СІАЛОВІ КИСЛОТИ, ХЛОРИД ТА НАНОАКВАЦИТРАТ ХРОМУ, МОЛОЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ

Відомо, що тривалентний Хром є одним із важливих мікроелементів, який необхідний для нормального розвитку та функціонування людського і тваринного організмів. Він бере участь в активації синтезу гормону підшлункової залози — інсуліну, який забезпечує метаболізм глюкози в клітині з метою одержання енергії [1–3]. Крім того, Cr^{3+} регулює обмін холестеролу і є активатором деяких ферментів, а саме: трипсину і трансферину [4–5]. Існує тісний зв'язок між вмістом Хрому та Йоду в організмі. За умов дефіциту Йоду, особливо у західному регіоні України, додавання Хрому до корму нормалізує функцію щитоподібної залози. Однак, дослідження останніх років показали, що кількість Хрому у добавках може бути не такою важливою, як його хімічна сполука. Встановлено, що органічна сполука Хрому краще засвоюється організмом і, тим самим, знімає проблему його дефіциту [5–7].

Тому, метою досліджень було вивчити окремі механізми впливу біогенного елемента Хрому у вигляді хлориду Хрому та наноаквацитрату Хрому, на фізіолого-біохімічні процеси в організмі корів, їх продуктивність та біологічну цінність молока.

Матеріали і методи

Дослідження виконували у ПСП «Мамаївське» Чернівецької області на повновікових коровах української чорно-рябої молочної породи, аналогах за масою тіла, віком, продуктивністю та лактацією. Тварини на 8-му місяці тільності були розділені на три групи, по шість голів у кожній. Корови усіх груп утримували прив'язно з нормованою годівлею [8] і вільним доступом до води. Тваринам II і III дослідних груп, на відміну від контрольної (I), за 2 міс. до і 4 міс. після отелення, згодовували відповідно: хлорид Хрому в кількості 0,1 мг Cr/кг с. р. корму раціону (II) та наноаквацитрат Хрому [9] в кількості 2,7 мкг Cr/кг с. р. корму (III).

Для фізіолого-біохімічних досліджень, які проводили згідно методик [10], від корів з кожної групи брали зразки крові з яремної вени у підготовчий період, а також на 1, 3 і 6-му місяці згодовування добавок Хрому, а молока — з добового надою у дні взяття крові в післяотельний період.

За періодами досліджень контролювали рівень молочної продуктивності з щомісячним визначенням добових надоїв та вмісту жиру в молоці.

Результати й обговорення

З результатів проведених досліджень видно, що протягом усього періоду згодовування

хлориду Хрому у кількості 0,1 мг Сг/кг с. р. корму коровам II дослідної групи та наноаквацитрату Хрому у кількості 2,7 мкг Сг/кг с. р. корму тваринам III дослідної групи суттєвих міжгрупових змін щодо гематологічних показників порівняно з показниками корів контрольної групи не виявлено (табл. 1). Однак, на 1 та 3-му місяцях згодовування добавок у крові тварин дослідних груп спостерігалось незначне підвищення концентрації гемоглобіну, збільшення кількості еритроцитів та зменшення — лейкоцитів. На 6-му місяці досліджень згодовування сполук Хрому спричиняло зниження вмісту загального білка крові корів дослідних груп, особливо III групи, а саме на 6,8 % ($p<0,05$), що корелює з нижчою активністю аспартатамінотрансферази (АсАТ) у цей період.

Таблиця 1

Фізіолого-біохімічні показники крові корів за внесення у раціон різних сполук Хрому ($M \pm m$, $n=4$)

Показник	Група	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний, місяць згодовування		
			1	3	6
Гемоглобін, г/л	I	107,3 $\pm$ 5,75	112,8 $\pm$ 6,02	104,5 $\pm$ 1,76	112,6 $\pm$ 2,44
	II	109,2 $\pm$ 7,84	117,1 $\pm$ 6,10	112,6 $\pm$ 3,02	116,1 $\pm$ 3,78
	III	106,6 $\pm$ 6,46	120,9 $\pm$ 1,55	117,6 $\pm$ 2,02	108,9 $\pm$ 3,61
Еритроцити, Т/л	I	5,46 $\pm$ 0,49	5,60 $\pm$ 0,32	5,47 $\pm$ 0,17	5,99 $\pm$ 0,05
	II	5,66 $\pm$ 0,40	5,81 $\pm$ 0,34	5,68 $\pm$ 0,07	6,05 $\pm$ 0,08
	III	5,53 $\pm$ 0,22	6,11 $\pm$ 0,21	5,90 $\pm$ 0,07	5,84 $\pm$ 0,06
Лейкоцити, Г/л	I	5,92 $\pm$ 0,19	5,45 $\pm$ 0,59	5,97 $\pm$ 0,70	6,20 $\pm$ 0,45
	II	5,90 $\pm$ 0,35	5,48 $\pm$ 0,38	4,57 $\pm$ 0,57	5,41 $\pm$ 0,37
	III	6,00 $\pm$ 0,29	5,26 $\pm$ 0,18	5,34 $\pm$ 0,69	6,35 $\pm$ 0,18
Загальний білок, г/л	I	76,63 $\pm$ 3,93	76,32 $\pm$ 1,31	80,39 $\pm$ 3,31	83,28 $\pm$ 1,24
	II	82,98 $\pm$ 1,63	76,18 $\pm$ 1,73	80,57 $\pm$ 2,45	81,93 $\pm$ 1,75
	III	82,41 $\pm$ 3,98	77,92 $\pm$ 2,02	81,36 $\pm$ 3,98	77,72 $\pm$ 0,93*
АлАТ, мккат/л	I	0,245 $\pm$ 0,016	0,273 $\pm$ 0,018	0,228 $\pm$ 0,045	0,283 $\pm$ 0,039
	II	0,284 $\pm$ 0,016	0,292 $\pm$ 0,018	0,210 $\pm$ 0,017	0,280 $\pm$ 0,021
	III	0,264 $\pm$ 0,016	0,283 $\pm$ 0,013	0,226 $\pm$ 0,026	0,290 $\pm$ 0,022
АсАТ, мккат/л	I	0,346 $\pm$ 0,009	0,493 $\pm$ 0,012	0,429 $\pm$ 0,005	0,631 $\pm$ 0,015
	II	0,388 $\pm$ 0,002	0,457 $\pm$ 0,023	0,484 $\pm$ 0,038	0,466 $\pm$ 0,020**
	III	0,382 $\pm$ 0,006	0,443 $\pm$ 0,010	0,406 $\pm$ 0,028	0,536 $\pm$ 0,074

Примітка: у цій і наступних таблицях вірогідність різниць між тваринами контрольної (I) і дослідних груп (II, III): * — $p<0,05$; ** — $p<0,01$; *** — $p<0,001$

Активність амінотрансфераз у крові корів дослідних груп протягом трьох місяців згодовування мінеральних добавок мала незначні коливання відносно контролю. Лише на 6-му місяці хлорид Хрому сприяв вірогідному зниженню на 26,1% ($p<0,05$) активності АсАТ у крові тварин II і на 15,1 % — III дослідних груп. Це, на нашу думку, може свідчити про активацію метаболізму білків сироватки крові на структурну та імунобіологічну функції організму тварин за дії Cr^{+3} .

Дослідженнями імунобіологічних показників, зокрема циркулюючих імунних комплексів (ЦІК) та молекул середньої маси (МСМ) не виявлено вірогідних міжгрупових відмінностей (табл. 2). Так, невірогідні коливання вмісту ЦІК та МСМ у крові корів дослідних груп вказують на те, що ці добавки Хрому не змінюють імунобіологічного гомеостазу організму тварин.

Одним з головних чинників, які забезпечують природну і набуту резистентність організму є фагоцитоз. Фагоцитарна активність лейкоцитів у крові корів II дослідної групи у всі періоди досліджень мала тенденцію до зростання, особливо на 6-му місяці досліджень, порівняно з аналогічним показником контрольної групи. Вищий фагоцитарний активності лейкоцитів крові сприяла мінеральна добавка у формі наносполуки Хрому. Натомість, фагоцитарний індекс (ФІ) та фагоцитарне число (ФЧ) були вищі у крові корів II дослідної групи у всі періоди дослідження, особливо на 3-му місяці згодовування хлориду Хрому. У цей період спостерігалось вірогідне збільшення ФІ та ФЧ відповідно на 27,8% ($p<0,01$) та 42,0% ($p<0,01$)

порівняно з аналогічними показниками тварин контрольної групи.

Таблиця 2

**Імунобіологічні показники організму корів за внесення
у раціон різних сполук Хрому ($M \pm m$, $n=4$)**

Показник	Група	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний, місяць згодовування		
			1	3	6
ЦІК, 3,5 у.о.	I	115,0 $\pm$ 3,34	124,3 $\pm$ 5,19	121,0 $\pm$ 4,16	118,0 $\pm$ 6,11
	II	114,7 $\pm$ 1,70	118,7 $\pm$ 3,19	117,6 $\pm$ 2,60	121,0 $\pm$ 1,76
	III	116,0 $\pm$ 1,75	124,5 $\pm$ 5,22	126,0 $\pm$ 3,05	127,0 $\pm$ 1,52
МСМ, г/л	I	0,522 $\pm$ 0,02	0,473 $\pm$ 0,01	0,465 $\pm$ 0,01	0,540 $\pm$ 0,01
	II	0,483 $\pm$ 0,01	0,441 $\pm$ 0,02	0,459 $\pm$ 0,01	0,516 $\pm$ 0,01
	III	0,484 $\pm$ 0,01	0,462 $\pm$ 0,02	0,497 $\pm$ 0,01	0,509 $\pm$ 0,02
ФА, %	I	54,80 $\pm$ 3,12	54,00 $\pm$ 3,26	51,30 $\pm$ 4,63	53,25 $\pm$ 2,69
	II	52,80 $\pm$ 3,43	56,40 $\pm$ 2,94	56,50 $\pm$ 4,79	59,00 $\pm$ 2,27
	III	57,00 $\pm$ 2,97	59,00 $\pm$ 3,11	61,50 $\pm$ 3,12	59,50 $\pm$ 2,72
ФІ, од.	I	9,73 $\pm$ 0,30	9,94 $\pm$ 0,31	8,72 $\pm$ 0,31	9,80 $\pm$ 0,79
	II	9,62 $\pm$ 0,44	9,64 $\pm$ 0,42	11,14 $\pm$ 0,38**	11,71 $\pm$ 0,15
	III	10,12 $\pm$ 0,50	11,04 $\pm$ 0,90	10,27 $\pm$ 0,26*	11,21 $\pm$ 0,58
ФЧ, од.	I	5,34 $\pm$ 0,39	5,39 $\pm$ 0,43	4,45 $\pm$ 0,25	5,27 $\pm$ 0,66
	II	5,12 $\pm$ 0,51	5,45 $\pm$ 0,45	6,32 $\pm$ 0,65**	6,91 $\pm$ 0,29
	III	5,85 $\pm$ 0,44	6,47 $\pm$ 0,48	6,32 $\pm$ 0,38**	6,65 $\pm$ 0,35
БАСК, %	I	61,46 $\pm$ 0,40	55,60 $\pm$ 0,36	59,03 $\pm$ 2,12	54,60 $\pm$ 1,19
	II	59,94 $\pm$ 0,66	62,17 $\pm$ 1,21***	62,52 $\pm$ 0,75	60,00 $\pm$ 1,83
	III	60,79 $\pm$ 0,77	62,20 $\pm$ 0,94***	60,99 $\pm$ 2,24	62,40 $\pm$ 1,32**
Гаптоглобін, г/л	I	1,193 $\pm$ 0,178	1,107 $\pm$ 0,016	1,468 $\pm$ 0,071	1,286 $\pm$ 0,107
	II	1,275 $\pm$ 0,050	1,302 $\pm$ 0,031**	1,593 $\pm$ 0,032*	1,404 $\pm$ 0,100
	III	1,064 $\pm$ 0,184	1,251 $\pm$ 0,043*	1,896 $\pm$ 0,053***	1,413 $\pm$ 0,073

Схожа реакція відмічалася в організмі корів III дослідної групи. Так, на 3-му місяці згодовування наносполуки Хрому в крові цих тварин вірогідно зросли ФІ та ФЧ стосовно контролю на 17,8 % ($p < 0,05$) та 42,0 % ($p < 0,01$).

Підвищення ФІ та ФЧ у крові корів III та, особливо, II дослідної групи може свідчити про посилення захисних реакцій організму тварин завдяки стимулюючому впливу хлориду та наноаквацитрату Хрому на їх імунну систему.

Бактерицидна активність сироватки крові (БАСК) вважається інтегральним фактором неспецифічної резистентності гуморального типу. БАСК пов'язана з наявністю у сироватці особливих розчинних речовин білкової природи, які здатні знешкоджувати та розчиняти мікробні клітини, незалежно від їх походження. Згодовування хлориду Хрому коровам II дослідної групи сприяв підвищенню рівня БАСК. Так, на 1-му місяці застосування добавки відбувалося вірогідне підвищення бактерицидної активності на 6,6 %, однак на 3 та 6-му місяцях мала місце лише тенденція до її підвищення. Схожі зміни спостерігалися й у крові корів III групи. Наносполука Хрому сприяла зростанню БАСК, особливо на 1 та 6-му місяцях досліджень, відповідно на 6,6 та 7,8 %. Підвищення БАСК дослідних груп корів свідчить про позитивний вплив на їх організм добавок Хрому.

Гаптоглобін, завдяки своїй імунорегуляторній активності, впливає на імунний статус і, тим самим, виконує захисну функцію в організмі. Він є ідеальним тестом оцінки перебігу патологічного процесу. Гаптоглобін є чутливим біохімічним показником наявності в організмі гемолітичних і запальних процесів, а також функціонального стану печінки.

Проведені дослідження показали, що застосовані мінеральні добавки Хрому сприяли підвищенню концентрації гаптоглобіну в крові. Так, на початку згодовування хлориду Хрому та наносполуки Хрому відбувалося підвищення рівня гаптоглобіну в крові корів II та III дослідних груп відповідно на 17,6 % ($p < 0,01$) та 13,0 % ($p < 0,05$), а на 3-му місяці — на 8,5 % ($p < 0,05$) та 29,2 % ($p < 0,001$) порівняно з контролем. Підвищення рівня гаптоглобіну в крові тварин може свідчити про стимулюючий вплив вказаних добавок Хрому на функцію гепатоцитів.

Уміст гексоз, зв'язаних з білками у крові корів дослідних груп вірогідно не змінювався,

хоча у період згодовування добавок їх концентрація була дещо нижчою порівняно з показниками тварин контрольної групи (табл. 3). На початку згодовування хлориду Хрому та наноаквацитрату Хрому у крові корів II та III дослідних груп відмічалось зниження вмісту сероглікоїдів відповідно на 30,5 % ($p<0,05$) та 34,3 % ($p<0,001$). Однак, за тривалого згодовування добавок Хрому не виявлено вірогідних змін порівняно з цим показником у тварин контрольної групи.

Хлорид Хрому сприяв підвищенню у крові корів фукози, кількість якої на 6-му місяці досліджень зросла на 30,6 % ($p<0,05$), тоді як наносполука Хрому сприяла лише тенденції до підвищення рівня цього показника.

Таблиця 3

Фізіолого-біохімічні показники крові корів за внесення у раціон різних сполук Хрому ($M\pm m$, $n=3$)

Показник	Група	Періоди дослідження			
		підготовчий	дослідний, місяць згодовування		
			1	3	6
Гексози зв'язані з білками, г/л	I	2,363 $\pm$ 0,136	2,100 $\pm$ 0,182	1,364 $\pm$ 0,041	1,388 $\pm$ 0,115
	II	2,328 $\pm$ 0,160	1,793 $\pm$ 0,161	1,178 $\pm$ 0,095	1,324 $\pm$ 0,111
	III	2,344 $\pm$ 0,319	2,148 $\pm$ 0,260	1,727 $\pm$ 0,212	1,306 $\pm$ 0,075
Сероглікоїди, г/л	I	0,091 $\pm$ 0,015	0,105 $\pm$ 0,001	0,116 $\pm$ 0,033	0,091 $\pm$ 0,017
	II	0,091 $\pm$ 0,014	0,073 $\pm$ 0,008*	0,092 $\pm$ 0,006	0,113 $\pm$ 0,012
	III	0,088 $\pm$ 0,019	0,069 $\pm$ 0,003***	0,124 $\pm$ 0,022	0,092 $\pm$ 0,018
Фукоза, мг/%	I	8,56 $\pm$ 0,25	7,84 $\pm$ 0,27	8,00 $\pm$ 0,46	7,18 $\pm$ 0,53
	II	7,70 $\pm$ 0,46	8,08 $\pm$ 0,69	9,03 $\pm$ 0,24	9,38 $\pm$ 0,49*
	III	8,00 $\pm$ 0,85	7,82 $\pm$ 0,83	8,32 $\pm$ 0,65	8,38 $\pm$ 0,20
Церулоплазмін, у. о.	I	248,5 $\pm$ 13,4	304,7 $\pm$ 5,6	246,7 $\pm$ 7,2	264,3 $\pm$ 20,9
	II	241,0 $\pm$ 20,1	311,3 $\pm$ 26,6	333,8 $\pm$ 11,6**	328,1 $\pm$ 19,2*
	III	278,3 $\pm$ 6,1	387,0 $\pm$ 19,9*	426,0 $\pm$ 18,9***	339,7 $\pm$ 18,2*
Сіалові кислоти, у.о.	I	55,1 $\pm$ 3,62	90,0 $\pm$ 9,72	92,3 $\pm$ 1,86	111,7 $\pm$ 10,15
	II	59,2 $\pm$ 3,77	47,1 $\pm$ 3,79**	70,0 $\pm$ 3,34**	73,0 $\pm$ 8,19*
	III	62,0 $\pm$ 4,17	67,0 $\pm$ 3,51	81,0 $\pm$ 3,72*	84,3 $\pm$ 13,41

Слід відзначити, що хлорид Хрому сприяв вірогідному підвищенню рівня церулоплазміну на 3 і 6-му місяцях його згодовування відповідно на 35,3 і 24,1 % та зниженню концентрації сіалових кислот на 1, 3 і 6-му місяцях відповідно на 47,7, 24,2 та 45,1 % порівняно з контролем. Аналогічна реакція організму тварин спостерігалася й у крові корів III дослідної групи. Наносполука Хрому сприяла підвищенню рівня церулоплазміну на 1, 3 та 6-му місяцях згодовування на 27,0 % ($p<0,05$), 72,7 % ($p<0,001$) та 28,5 % ($p<0,02$). Натомість, зниження вмісту сіалових кислот було невірогідним, за винятком третього місяця, де різниця з аналогічним показником контрольної групи була нижчою на 24,2 % ($p<0,05$).

Хлорид Хрому сприяв підвищенню секреції молочної залози у більшій мірі, в результаті чого корови II дослідної групи на 3 та 6-му місяцях згодовування добавки мали вищі відповідно на 3,6 % ($p<0,05$) та 8,2 % ($p<0,05$) добові надії (табл. 4) порівняно з контрольною, тоді як наносполука Хрому сприяла підвищенню надойв молока на 3,5 % ($p<0,05$) лише на 6-му місяці досліджень. За цих умов, на 3 і 6-му місяцях досліджень у молоці корів II дослідної групи було на 0,44 та 0,17 %, а у тварин III — на 0,72 та 0,25 % жиру більше, ніж у молоці корів контрольної групи.

Таблиця 4

Добовий надій корів та вміст жиру в ньому за внесення різних сполук Хрому у раціон, кг ($M\pm m$, $n=6$)

Показник	Група	Місяць згодовування добавок	
		3	6
Добовий надій, кг	I	16,8 $\pm$ 2,81	17,1 $\pm$ 1,16
	II	17,4 $\pm$ 1,75	18,5 $\pm$ 1,51
	III	16,4 $\pm$ 2,64	17,7 $\pm$ 2,01
Жир, %	I	3,25 $\pm$ 0,27	3,50 $\pm$ 0,11
	II	3,69 $\pm$ 0,33	3,67 $\pm$ 0,18
	III	3,97 $\pm$ 0,16	3,75 $\pm$ 0,47

Отже, включення до раціону корів 2,7 мкг Cr/кг с. р. корму у вигляді наноаквацитрату Хрому зумовлює більш виражену активуючу імунобіологічну дію на організм тварин з підвищенням біологічної цінності молока, а згодовування хлориду Хрому у кількості 0,1 мкг Cr/кг с. р. корму раціону у більшій мірі, впливає на секреторну функцію молочної залози з підвищенням молочної продуктивності.

Висновки

1. Згодовування хлориду Хрому у кількості 0,1 мкг Cr/кг с. р. корму сприяє зростанню бактерицидної та фагоцитарної активності сироватки крові, збільшенню вмісту фукози, гаптоглобіну та зниженню активності аспартатамінотрансферази. Хлорид Хрому стимулює підвищення молочної продуктивності корів на 3 та 6-му місяцях його згодовування відповідно на 3,6 та 8,2 %.

2. Включення до раціону наноаквацитрату Хрому у кількості 2,7 мкг Cr/кг с. р. корму сприяє підвищенню у крові бактерицидної та фагоцитарної активності, збільшенню вмісту цирулоплазміну і гаптоглобіну та зниженню концентрації сіалових кислот. Наноаквацитрат Хрому забезпечує підвищення надоїв молока на 3,5 % лише на 6-му місяці, однак у більшій мірі стимулює підвищення вмісту жиру в молоці на 3 та 6-му місяцях згодовування добавки відповідно на 0,72 та 0,25 %.

Перспективи подальших досліджень. Наступні дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу різних доз наносполук Селену, Хрому та Йоду на фізіолого-біохімічні процеси в організмі великої рогатої худоби, якість одержаної продукції та відтворювальну здатність корів.

М. М. Khotun

BIOCHEMICAL PROCESSES IN THE BODY OF COWS BY FEEDING CHROME COMPOUNDS

S u m m a r y

Feeding of Chromium chloride, in an amount of 0,1 mg Cr/kg/of dry matter feed enhances bactericidal and phagocytic activity of cows blood serum. By feeding supplement Cr^{3+} for a long time the content of fucoza and tsyruloplasmin increases in the blood of animals and the activity of AsAT and the content of sialic acids reduces. Milk production of cows increases, too. Introduction to the diet of cows of nanoakvatsytrat of Chromium in an amount of 2,7 mg Cr/kg/of dry matter feed, improves blood bactericidal and phagocytic activity, increases content of tsyruloplasmin and reduces the concentration of sialic acids. Under these conditions by a slight increase of milk productivity of cows there is an increasing in of fat in milk.

М. М. Хомин

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНИЗМЕ КОРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА

А н н о т а ц и я

Скармливание хлорида Хрома в количестве 0,1 мкг Cr/кг с. в. корма способствует повышению бактерицидной и фагоцитарной активности сыворотки крови коров. При длительном скармливании добавки Cr^{+3} в крови животных повышается содержание фукозы и церулоплазмينا, снижается активность АсАТ и содержание сиаловых кислот, а также повышается молочная продуктивность коров. Введение в рацион коров наноаквацитрата Хрома в количестве 2,7 мкг Cr/кг с. в. корма, способствует повышению в крови животных

бактерицидной и фагоцитарной активности, увеличению содержания циркулоплазмина и снижению концентрации сиаловых кислот. На фоне незначительного повышения молочной продуктивности коров наблюдается увеличение содержания жира в молоке.

1. *Фурдуй Ф. И.* Стресс и адаптация сельскохозяйственных животных в условиях промышленных технологий / Ф. И. Фурдуй, Е. И. Штирбу, Ф. А. Струтинский и др. — Кишинев : Штиинца, 1992. — 224 с.

2. *Федорук Р. С.* Фізіологічні механізми адаптації тварин до умов середовища / Р. С. Федорук, Р. Й. Кравців // Біологія тварин. — 2003. — Т. 5, № 1–2. — С. 75–82.

3. *Miranda E. R.* Effect of chromium and zinc on insulin signalling in skeletal muscle cells / E. R. Miranda, C. S. Dey // Biol. Trace Elem. Res. — 2004. — Vol. 101, № 1. — P. 19–36.

4. *Oze C.* Genesis of hexavalent chromium from natural sources in soil and groundwater / C. Oze, D. R. Bird, S. Fendorf // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2007. — Vol. 104, 16. — P. 6544–6549.

5. *Захаренко М.* Роль мікроелементів у життєдіяльності тварин / М. Захаренко, Л. Шевченко, В. Михальська // Ветеринарна медицина України. — 2004. — № 2. — С. 15.

6. *Сологуб Л. І.* Хром в організмі людини і тварин. Біохімічні, імунологічні та екологічні аспекти / Л. І. Сологуб, Г. Л. Антоняк, Н. О. Бабич. — Львів : Євровіт, 2007. — 128 с.

7. *Xie H.* Carcinogenic lead chromate induces DNA double-strand breaks in human lung cells / H. Xie, S. Wise, A. Holmes et al. // Mutat. Res. — 2005. — Vol. 586, № 2. — P. 160–172.

8. Довідник по годівлі сільськогосподарських тварин / Г. О. Богданов, В. Ф. Караващенко та ін. — К. : Урожай, 1986. — 488 с.

9. Патент України на корисну модель № 23550. Спосіб ерозійно-вибухового диспергування металів / М. В. Косінов, В. Г. Каплуненко / МПК (2006) B 22 F 9/14 ; опубл. 25.05.07, № 7. — 4 с.

10. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині [Текст] : довідник / В. В. Влізло, Р. С. Федорук, І. Б. Ратич та ін. ; за ред. В. В. Влізла. — Львів : СПОЛОМ, 2012. — 764 с.

Рецензент: провідний науковий співробітник лабораторії інтелектуальної власності та маркетингу інновацій, с. н. с. Грабовська О. С.