

УДК 636.084:577.17:591.11

DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-190

Воздействие ультрадисперсных частиц Fe на биохимический статус организма и экзокринную деятельность поджелудочной железы на фоне скармливания белковых рационов при выращивании крупного рогатого скота

Е.В. Шейда^{1,2}, С.В. Лебедев², С.А. Мирошников², В.В. Гречкина^{2,3}, Г.И. Левахин²

¹*Оренбургский государственный университет (г. Оренбург)*

²*Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)*

³*Оренбургский государственный аграрный университет (г. Оренбург)*

Аннотация. В работе изучено влияние ультрадисперсных частиц железа на фоне введения в рационы белковых компонентов корма: подсолнечного жмыха и соевого шрота на внешнесекреторную деятельность поджелудочной железы и изменение биохимических параметров крови. Исследования проводились на телятах казахской белоголовой породы со средней массой 120-130 кг, в возрасте 8 месяцев, с наложением по оригинальной методике фистулы на проток поджелудочной железы. Для исследования были использованы ультрадисперсные частицы железа (УДЧ Fe): $d=90$ нм, Z-потенциал $-7,7\pm 0,5$ мВ, 99,8 % Fe. В ходе исследования установлено, что введение УДЧ Fe на фоне применения белковых рационов в кормлении крупного рогатого скота стимулирует внешнесекреторную активность поджелудочной железы, повышая уровень липолитической активности и активности кишечных протеаз. Отмечено позитивное влияние ультрадисперсных частиц на течение углеводного, белкового и минерального обменов.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, кормление, ультрадисперсные частицы, железо, биохимический анализ, кровь, поджелудочная железа, ферменты, панкреатический сок, химус.

UDC 636.084:577.17:591.11

Influence of ultrafine Fe on biochemical status of organism and exocrine activity of pancreas against the background of feeding with protein diets in raising cattle

Elena V Sheyda^{1,2}, Svyatoslav V Lebedev², Sergey A Miroshnikov², Victoria V Grechkina^{2,3}, Georgy I Levakhin²

¹*Orenburg State University (Orenburg, Russia)*

²*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)*

³*Orenburg State Agrarian University (Orenburg, Russia)*

Summary. The paper studied the effect of ultrafine particles of iron on the exocrine activity of the pancreas and changes in the biochemical parameters of blood against the background of protein components introduced into the diets: sunflower meal and soybean meal. The studies were carried out on calves of the Kazakh white-headed breed with an average weight of 120-130 kg, at the age of 8 months, with the imposition of a fistula in the pancreatic duct according to the original method. For the study, we used Fe UFPs ($d = 90$ nm, Z-potential 7.7 ± 0.5 mV) that contained 99.8% Fe. In the course of the study, it was found that the introduction of Fe UFP against the background of the use of protein diets in feeding cattle stimulates the exocrine activity of the pancreas, increasing the level of lipolytic activity and the activity of intestinal proteases. The positive effect of ultrafine particles on the course of carbohydrate, protein and mineral metabolism was registered.

Key words: cattle, feeding, ultrafine particles, iron, biochemical analysis, blood, pancreas, enzymes, pancreatic juice, chime.

Введение.

Развитие мясного скотоводства требует разработки рационов и биологически активных добавок для эффективного использования питательных компонентов корма, реализации генетического потенциала и повышения продуктивности скота, что диктует необходимость обеспечения рационов всеми элементами питания в оптимальных количествах и соотношениях (Радчиков В.Ф. и др., 2015а; Шейко И.П. и др., 2015; Яцко Н.А. и др., 2011; Дашков В.Н. и др., 2004; Радчиков В.Ф. и др., 2015б; Лемешевский В.О. и др., 2013).

В результате микробиологического синтеза белка в рубце высокопродуктивным жвачным животным не хватает незаменимых аминокислот, поэтому необходимо обеспечить рационы оптимальным количеством полноценного протеина при их кормлении (Овчаренко Э.В., 1983). В питании мясного скота должны обязательно использоваться протеины, обладающие низкой расщепляемостью в рубце и хорошей переваримостью в кишечнике. Достижение данной цели можно обеспечить подбором или корректировкой рационов методом введения минеральных добавок (Фицев А.И. и др., 2003).

В качестве стимулирующих компонентов для добавок в настоящее время рассматривают ультрадисперсные препараты металлов, активными компонентами которых являются железо, молибден, кобальт и другие (Зенова Н. и др., 2010). Биологическое действие ультрадисперсных препаратов изучается как в виде комплексов, так и отдельных компонентов, вводимых в комбикорма (Al-Qushawi A et al., 2016; Troncarelli MZ et al., 2013; Mody VV et al., 2010). Применение таких добавок осуществляется с целью улучшения функциональной активности пищеварительной системы в целом, повышения биодоступности питательных компонентов корма и эффективности их использования (Jampilek J et al., 2019; Rao PJ and Naidu MM, 2016).

Цель исследования.

Изучить влияние ультрадисперсных частиц (УДЧ) железа на фоне введения в рационы белковых компонентов корма: подсолнечного жмыха и соевого шрота на внешнесекреторную деятельность поджелудочной железы и изменение биохимических параметров крови.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Телята казахской белоголовой породы со средней массой 120-130 кг, в возрасте 8 месяцев.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями Russian Regulations, 1987 (Order No. 755 on 12.08.1977 the USSR Ministry of Health) и «The Guide for Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press Washington, D.C. 1996)». При выполнении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества используемых образцов.

Схема эксперимента. Для исследования были использованы ультрадисперсные частицы железа, полученные методом электрического взрыва проводника в атмосфере аргона («Передовые порошковые технологии», г. Томск). УДЧ Fe ($d=90$ нм, Z-потенциал $-7,7\pm 0,5$ мВ) содержали 99,8 % Fe. Перед включением в рацион ультрадисперсные частицы диспергировали в физиологическом растворе с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-2Т (35 кГц, 300 Вт, 10 мкА, 30 мин).

Животных содержали в отдельных метаболических клетках (1,0×2,2 м) для сбора мочи, фекалий и поджелудочного сока, в помещении с оптимальными параметрами температуры и влажности для данного вида животных, со свободным доступом к воде. В течение экспериментального периода температура окружающей среды поддерживалась между +23 °С и +25 °С.

Отбор проб панкреатического сока и химуса осуществляли на 3 сутки после введения испытуемого рациона по схеме: первые 60 мин собирали сок до приёма корма, затем телёнка кормили суточным рационом и продолжали собирать сок через каждые 60 мин в течение 480 минут для охвата всех фаз регуляции панкреатической секреции. Повторность опыта – 3 суток по каждому виду корма.

Рационы для животных были сформированы по потребности в питательных веществах и энергии, но отличались по качеству протеина. Животным опытных групп I, III и V дополнительно в комбикорм вводили УДЧ Fe методом замешивания с концентрированной смесью рациона в дозе 2,2 мг/гол., контрольная группа и I опытная получали стандартный рацион (СР) (Калашников А.П. и др., 2003).

Для животных опытных II-V групп рацион включал: сено разнотравное (6,5 кг), смесь концентратов (2,3 кг), дикальцийфосфат (35 г), соль поваренная (35 г), дополнительно вводили белковый компонент: подсолнечный жмых – II и III группам, соевый шрот – IV и V группам, в объёме 3 % от сухого вещества рациона.

Изучение панкреатической секреции. Изучение внешнесекреторной функции поджелудочной железы проводилось на 4 фистулированных телятах казахской белоголовой породы в возрасте 8 месяцев со средней массой 120-130 кг. Эксперимент проводился в двух повторностях с использованием латинского квадрата 4×4 в лаборатории биологических испытаний и экспертиз Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ФНЦ БСТ РАН).

Для осуществления поставленной задачи животным была проведена оригинальная операция по наложению дуоденального анастомоза (Синешёков А.Д., 1955).

Биохимический анализ крови. Отбор проб крови осуществляли на 3 сутки экспериментального исследования с утра натощак из яремной вены в вакуумные пробирки с активатором свёртывания (тромбин).

Определение уровня NO-метаболитов в плазме крови и тканях проводилось спектрофотометрическим методом с реактивом Грисса на микропланшетном анализаторе Infinite PRO F200 при длине волны 540 нм.

Оборудование и технические средства. Лабораторные исследования проводили в центре «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» и Испытательном центре ЦКП ФНЦ БСТ РАН (аттестат аккредитации № RA.RU.21ПФ59 от 02.12.15). Измерение активности амилазы проводилось по Смит-Рою в модификации для определения высокой активности фермента по Аносону, протеаз – по гидролизу казеина очищенного по Гаммерстену при калориметрическом контроле (длина волны – 450 нм), липазы – на автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия). Биохимический анализ сыворотки крови проводили на автоматическом анализаторе CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай) с использованием коммерческих наборов для ветеринарии (ЗАО «ДИАКОН-ДС», Россия). Лабораторные весы MS105DU, заводской номер В 346986489 («MettlerToledo», Швейцария), проверенные в соответствии с методикой проверки весов лабораторных MS.ML (Свидетельство о проверке № МТ-1014); автоматический анализатор CS-T240 («DIRUI Industrial Co., Ltd», Китай); микропланшетный анализатор Infinite PRO F200 («TECAN», Австрия); ультразвуково диспергатор УЗДН-2Т («НПП Академприбор», Россия).

Статистическая обработка. Статистический анализ выполняли с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США) с использованием методик ANOVA. Достоверность различий сравниваемых показателей определяли по t-критерию Стьюдента. Уровень значимой разницы был установлен на $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

В зависимости от качества протеина рацион кормления отличался на 4 % по содержанию сухого вещества и 3,4 % – клетчатки. На фоне незначительной разницы по содержанию протеина (1,9 %) разница по его качеству достигалась путём включения в рацион соевого шрота и жмыха подсолнечного (табл. 1).

Таблица 1. Структура рецепта и показатели качества рациона, %
Table 1. The structure of the recipe and indicators of the diet quality, %

Показатели/ <i>Indicators</i>	Соевый шрот/ <i>Soybean meal</i>	Подсолнечный жмых/ <i>Sunflower meal</i>
Сено разнотравное/ <i>Hay</i>	60,8	58,4
Концентраты/ <i>Concentrates</i>	22,3	21,4
Соевый шрот/ <i>Soybean meal</i>	10,1	-
Подсолнечный жмых/ <i>Sunflower meal</i>	-	13,6
Патока кормовая/ <i>Feed molasses</i>	6,09	5,8
Премикс ПК-60/ <i>Premix PK-60</i>	0,6	0,6
Соль лизунец/ <i>Salt lick</i>	0,2	0,2
Питательность рациона/ Nutritional value of the diet		
Сухое вещество/ <i>Dry matter</i>	4,08	4,25
Сырая клетчатка/ <i>Crude fiber</i>	1,15	1,19
Сырой жир/ <i>Crude fat</i>	0,11	0,13
Сырой протеин/ <i>Crude protein</i>	0,54	0,55
Кальций/ <i>Calcium</i>	0,01	0,01
Фосфор/ <i>Phosphorus</i>	0,01	0,01
Сырая зола/ <i>Crude ash</i>	0,28	0,2
БЭВ/ <i>Nitrogen-free extractive substances</i>	1,97	2,09
Медь/ <i>Copper</i>	0,14	0,15
Цинк/ <i>Zinc</i>	1,14	1,75
Свинец/ <i>Lead</i>	0,09	0,098
Кадмий/ <i>Cadmium</i>	0,01	0,01
Кобальт/ <i>Cobalt</i>	0,02	0,02
Железо/ <i>Iron</i>	0,7	0,6
Марганец/ <i>Manganese</i>	0,52	0,51
ОЭ МДж/ <i>OE MJ</i>	42,15	42,11
Сахара/протеиновое отношение/ <i>Sugar/protein ratio</i>	0,76	0,55
Сахар, г/ <i>Sugar, g</i>	395,1	300,2

При замене контрольного комбикорма на опытные образцы отмечено увеличение количества продуцируемого поджелудочного сока, что свидетельствует о повышении нагрузки данных рационов на поджелудочную железу (табл. 2). При этом следует отметить, что введение в рационы УДЧ железа значительно увеличивали уровень панкреатической секреции, что может говорить о стимуляции функциональной активности железы.

Так, при замене СР на СР+УДЧ Fe отмечено увеличение количества панкреатического сока на 28,6 %. При белковых рационах количество панкреатического секрета изменялось не значительно относительно контроля, однако при дополнительном включении УДЧ отмечено резкое увеличение нагрузки на поджелудочную железу, при этом количество сока увеличилось в 2 раза в III группе и 1,6 раз – в V группе относительно контроля.

Включение в рационы УДЧ Fe на фоне стимулирования выделения поджелудочного сока способствовало повышению и его липолитической активности. Так, уровень активности фермента липазы был выше на 26,3 % в I группе, 74,3 % – во II, 76,4 % – в III, 62,5 % – в IV и 65 % – в V группах относительно контрольных показателей (рис. 1А).

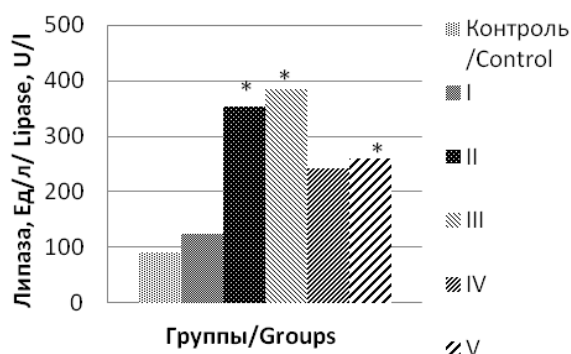
Таблица 2. Количество панкреатического сока, мл
Table 2. Amount of pancreatic juice, ml

Экспозиция времени, мин/ Exposure time, min	Группы/Groups					
	контроль/ Control	I	II	III	IV	V
0-60	32±2,8	48±3,2	65±7,5	95,4±8,2*	44,5±9,8*	85±6,5
60-120	66±3,4	76±3,6*	44±5,7*	75±6,03	39±2,7	75±1,4**
120-180	67±5,3	80±5,1	81±6,2	100±1,2**	42±3,1	78±3,7
180-240	59±4,7	84±6,0	53±6,7	102±9,1	40,5±3,8	97±4,4*
240-300	55,5±5,2	88±4,2	68±8,6	130±4,2*	56±3,2	95±4,7*
300-360	59,5±4,1	91±2,8**	69±7,7	102±9,0*	45±4,1	89±4,6
360-420	67±6,3	90±4,5*	63±6,1*	105±5,2*	42±2,7	102±4,7*
420-480	51,5±4,7	84±3,0	70±8,4	98±3,7	47±2,8	98±3,6
0-480	57,2±4,8	80,1±4,2	64,1±6,9	100,9±5,1	44,5±5,4	89,9±5,3

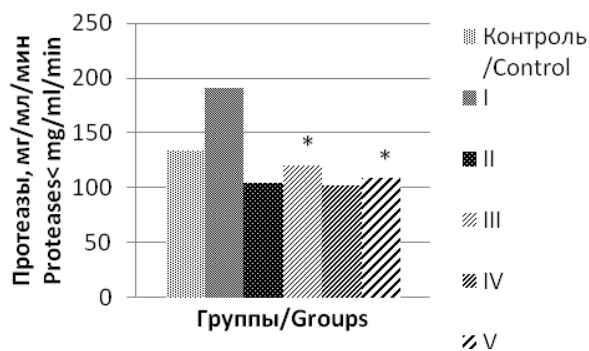
Примечание: * – P≤0,05; ** – P≤0,01 при сравнении с контрольной группой

Note: * – P≤0.05; ** – P≤0.01 when compared with the control group

A



B



Примечание: * – P≤0,05 при сравнении контрольной группой

Note: * – P≤0.05 when compared with the control group

Рис. 1 – Динамика активности ферментов липазы (А) и кишечных протеаз (В) в соке поджелудочной железы у телят при введении УДЧ Fe на фоне протеинового кормления (n=15, M±m)

Figure 1 – Dynamics of the activity of lipase (A) and intestinal proteases (B) enzymes in pancreatic juice in calves with the introduction of UDC Fe against the background of protein feeding (n=15, M±m)

Установлено стимулирование активности кишечных протеаз при введении ультрадисперсных частиц железа. Отмечено увеличение уровня активности кишечных протеаз при введении на фоне СР УДЧ Fe 30 % относительно контрольного рациона. При замене СР на белковый рацион, включающий подсолнечный жмых, активность кишечных протеаз снижалась на 21,9 % относительно контрольного рациона, однако при введении в данный рацион железа активность протеаз увеличивалась на 13,2 % (рис. 1В).

Необходимо отметить, что при введении в рацион животных соевого шрота уровень активности кишечных протеаз был ниже на 2,4 %, чем при включении подсолнечного жмыха и ниже, чем при СР на 23 %, однако при дополнительном введении УДЧ Fe активность протеаз повышалась на 6 %.

Амилолитическая активность панкреатического сока при замене СР на белковые значительно снижалась: при включении подсолнечного жмыха – на 44 %, соевого шрота – на 25 %. Дополнительное введение в рационы УДЧ Fe как контрольным, так и опытным группам снижало амилолитическую активность секрета поджелудочной железы. Так, уровень активности амилазы в I группе был ниже в 1,5 раз, в III группе – в 2,5 раз, а в V – в 1,4 раз относительно данного показателя в контрольной группе (табл. 3).

Таблица 3. Уровень активности фермента амилазы сока поджелудочной железы у телят при введении УДЧ Fe на фоне протеинового кормления (n=15, M±m)

Table 3. The level of activity of the enzyme amylase in pancreatic juice in calves with the introduction of UDC Fe against the background of protein feeding (n=15, M±m)

Амилаза, мг/мл/мин/ <i>Amylase,</i> <i>mg/ml/min</i>	Контроль/ <i>Control</i>	I	II	III	IV	V
0-60	4800±669	1800±334	2950±300	2 020±330*	4000±300*	4 210±550
60-120	2600±220	2500±200*	2500±158*	1 300± 300	4150±412	3 800±400*
120-180	4400±800	2800±300*	1750±150	2 000±600*	3150±324	3 600±800
180-240	5700±900	3200±250	3500±310**	2 700±900	1600±168	3 500±900
240-300	5700±900	3600±200	3150±300	900±100	2550±200	3 400±800
300-360	5200±200	4100±300	3350±300**	2 800±600*	5250±425*	2 300±300
360-420	8000±600	4300±200	2550±280	2 700±300	6050±548*	5 800±600*
420-480	4700±700	4400±400	2850±250	2 300±100	3850±420*	3 800±600*
0-480	5137,5±450	3337,5±330	2852±295	2089±280	3852±412	3800,5±300

Примечание: * – P≤0,05; ** – P≤0,01 при сравнении контрольной группой

Note: * – P≤0.05; ** – P≤0.01 when compared with the control group

Изучая уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса, установлено, что введение в рацион ультрадисперсных частиц железа значительно снижает активность фермента амилазы как при стандартном, так и белковых рационах.

Замена СР на белковые значительно повышала липолитическую активность панкреатического секрета в 5,4 раз во II группе и в 2,7 раз – в IV группе относительно контроля. Однако дополнительное введение в белковые рационы УДЧ железа способствовало снижению активности данного фермента (табл. 4).

При введении в рационы УДЧ Fe был отмечен рост уровня метаболитов оксида азота у всех животных. Так, при введении железа на фоне СР уровень метаболитов повышался более чем в 5 раз, на фоне введения рациона с подсолнечным жмыхом – на 15 % (P≤0,05), с соевым шротом – на 5,4 % (P≤0,05). Повышение уровня метаболитов оксида азота отмечалось при замене стандартного рациона на белковый, причём в большей степени – при включении подсолнечного жмыха (рис. 2).

Характерным индикатором, отражающим состояние организма в определённых условиях, в том числе к изменению условий кормления и содержания, является анализ крови. Изменение биохимических показателей может отражать уровень адаптации всех систем организма, в том числе и системы пищеварения и общего гомеостаза.

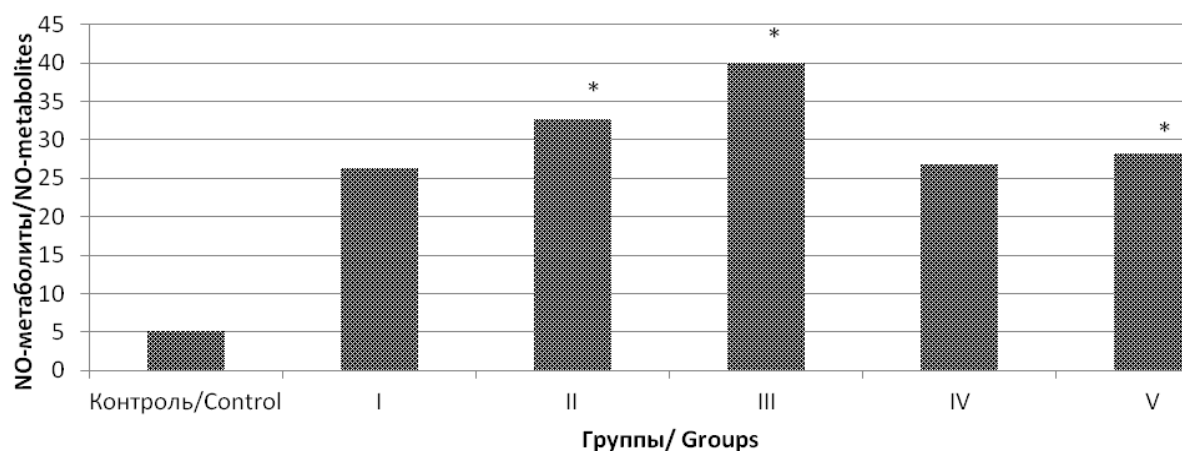
Таблица 4. Уровень активности пищеварительных ферментов панкреатического сока в составе дуоденального химуса у телят при введении УДЧ Fe на фоне протеинового кормления (n=15, M±m)

Table 4. The level of activity of digestive enzymes of pancreatic juice in the composition of duodenal chyme in calves with the introduction of UDC Fe against the background of protein feeding (n=15, M±m)

Ферменты/ Enzymes	Группы/Groups					
	контроль/ Control	I	II	III	IV	V
Амилаза, мг/мл/мин / Amylase, mg/ml/min	5137,5±450	2262,5±285	3071,2±314	1746,00±250	4600±520	3643,75±520
Протеазы, мг/мл/мин / Proteases, mg/ml/min	133,5±24,3	63,98±11,6	104,3±11,2	36,66±2,36	139,8±14,6	149,33±36,20
Липаза, Ед/л / Lipase, U/l	90,9±18,2	20,9±0,28	492,8±32,9	21,26±1,06	242,6±29,5	23,82±2,12

Примечание: * – P≤0,05 при сравнении контрольной группой

Note: * – P≤0.05 when compared with the control group



Примечание: * – P≤0,05 при сравнении контрольной группой

Note: * – P≤0.05 when compared with the control group

Рис. 2 – Уровень активности NO-метаболитов в сыворотке крови телят при введении УДЧ Fe на фоне протеинового кормления (n=15, M±m)

Figure 2 – The level of activity of NO-metabolites in the blood serum of calves with the introduction UDC Fe against the background of protein feeding (n=15, M±m)

Биохимические показатели сыворотки крови, отражающие обменные процессы в организме телят, представлены в таблице 5.

Таблица 5. Динамика биохимических показателей крови телят при введении УДЧ Fe на фоне протеинового кормления (n=15, M±m)

Table 5. Dynamics of biochemical parameters of the blood of calves with the introduction UDC Fe against the background of protein feeding (n=15, M±m)

Показатели/ <i>Indicators</i>	Контроль/ <i>Control</i>	I	II	III	IV	V
Общий белок, г/л/ <i>Total protein, g/l</i>	72,05±3,98	76,05±2,8	81,2±7,1	133,4±5,1	86,0±5,9	112,5±3,8
Альбумин, г/л/ <i>Albumin, g/l</i>	29±6,1	38±5,4	30±5,9	35±2,6	33±6,1	36±2,1
Глюкоза, ммоль/л/ <i>Glucose, mmol/l</i>	3,41±0,87	4,94±0,55*	4,52±1,3	4,3±0,52*	5,33±1,6	4,35±0,36*
Триглицериды, ммоль/л/ <i>Triglycerides, mmol/l</i>	0,29±0,07	0,34±0,06*	0,16±0,01	0,02±0,001*	0,21±0,04	0,07±0,001*
Холестерин, ммоль/л/ <i>Cholesterol, mmol/l</i>	2,67±0,19	1,08±0,05*	1,76±0,2	1,02±0,06	2,34±0,93	1,08±0,08
АЛТ, Ед/л/ <i>ALT, U/l</i>	23,8±±4,3	22,5±3,8*	33,9±39	30,0±3,3*	31,2±3,3	25,5±2,6
АСТ, Ед/л/ <i>AST, U/l</i>	44,2±5,9	42,2±2,9*	59,2±5,9	106,8±6,1*	68,8±5,8	106,0±4,0
Билирубин общий, мкмоль/л / <i>Total bilirubin, μmol/l</i>	2,43±0,07*	2,61±0,08	1,1±0,07*	3,5±0,02	1,68±0,09	2,31±0,03**
Билирубин прямой, мкмоль/л/ <i>Bilirubin Direct, μmol/l</i>	1,11±0,13	1,01±0,11	1,05±0,13	1,04±0,14	0,94±0,05	1,82±0,16
ЛДГ, Ед/л/ <i>LDH, U/l</i>	3049±56,5	3856±62,2*	2924±54,6	3694±48,5*	2886±70,2	3664±60,0*
α-Амилаза, Ед/л/ <i>α-Amylase, U/l</i>	415±23,1	712±30,2	70±3,1**	679±20,6	140±63,1	355±12,6
Липаза, Ед/л/ <i>Lipase, U/l</i>	17,3±3,4	18,0±2,4	10,8±3,2**	5,0±0,8	2,3±0,1	6,0±0,6
Мочевина, ммоль/л/ <i>Urea, mmol/l</i>	3,2±0,7	4,2±0,6	2,7±0,75	5,7±0,88	0,9±0,03**	4,8±0,6
Креатинин, мкмоль/л/ <i>Creatinine, μmol/l</i>	74,5±6,3	81,2±5,1	69,3±6,3	100,7±7,2	77±5,9	90,8±6,2
γ-ГТ, Ед/л/ <i>γ-GT, U/l</i>	18,3±2,6	23,2±3,2	9±2,3	20,0±3,1	13±3,6	22,0±3,3
Мочевая кислота, мкмоль/л/ <i>Uric acid, μmol/l</i>	15,5±3,2	16,0±2,8	9,4±2,1***	16,5±4,2	19,1±5,2*	15,8±3,8
Железо, мкмоль/л/ <i>Iron, μmol/l</i>	19,2±3,8	22,7±4,6*	12,6±4,2	22,7±2,4*	11,2±4,8	33,2±5,6*
Магний, ммоль/л/ <i>Magnesium, mmol/l</i>	1,22±0,2	1,08±0,08	1,48±0,3	0,75±0,04	0,89±0,2	0,81±0,05
Кальций, ммоль/л/ <i>Calcium, mmol/l</i>	2,45±1,1	2,68±1,2	1,47±0,6	2,56±0,62	3,14±1,2	2,48±0,56
Фосфор, ммоль/л/ <i>Phosphorus, mmol/l</i>	1,54±0,04	2,04±0,08	0,72±0,03	1,92±0,1	1,81±0,06	1,94±0,1

Примечание: * – P≤0,05; ** – P≤0,01 при сравнении контрольной группой

Note: * – P≤0.05; ** – P≤0.01 when compared with the control group

Данные биохимического анализа сыворотки крови показывают, что концентрация общего белка повышается в группах, получавших белковый рацион: в группе с введением подсолнечного жмыха – на 39 %, соевого шрота – на 23,6 %. Дополнительное введение в рацион УДЧ железа способствовало повышению уровня общего белка. В зависимости от кормления уровень общего белка значительно повышался в группе, получавшей УДЧ железа на фоне введения подсолнечного жмы-

ха. Аналогичная тенденция к увеличению отмечалась и в отношении альбумина, его концентрация в сыворотке крови была выше в группах, получавших УДЧ Fe.

В своих исследованиях нами отмечено повышение уровня глюкозы в крови опытных животных II и IV групп, однако введение УДЧ железа снижало данный показатель на 4,9 % в III и на 18,4 % – в V группах.

Введение в рацион УДЧ железа повышало интенсивность белкового обмена, так как концентрация мочевины в сыворотке крови повышалась в опытных I, III и V группах. Тенденция к увеличению количества креатинина – продукта распада белков и мочевой кислоты была отмечена в тех же группах.

Интенсивность липидного обмена можно оценить по количеству триглицеридов и холестерина в сыворотке крови. Так, следует отметить, что при белковых рационах активность метаболизма жиров снижается, а введение УДЧ железа ещё более угнетает липидный обмен. Уровень триглицеридов в III группе снизился в 8 раз относительно данного показателя во II группе, а в V группе – в 3 раза относительно IV группы. Тенденция к снижению отмечена в данных группах и в отношении фермента липазы.

В группах, животные которых получали УДЧ железа, отмечено повышение уровня ферментов АСТ и ЛДГ.

Содержание в сыворотке крови минеральных веществ определяет уровень обменных процессов во всём организме. Установлено, что включение в рационы УДЧ железа способствует повышению уровня Са и Р в крови, также следует отметить и увеличение уровня Fe в I, III и V группах, максимальное его количество было зафиксировано в V группе. При этом следует отметить снижение уровня Mg во всех опытных группах.

Обсуждение полученных результатов.

Высокий спрос на качественные и питательные продукты постоянно растёт. Чтобы обеспечить население высококачественными мясными продуктами, необходимо определить влияние компонентов, вводимых в рационы, оказывающих негативное и позитивное воздействия на здоровье и продуктивность животных, а затем разработать и применить инструменты для уменьшения или улучшения этого воздействия (Diniz WJdaS et al., 2016; Mateescu R, 2014).

В качестве необходимого микроэлемента железо играет центральную роль в некоторых биохимических функциях, выступая в качестве ферментативного кофактора или структурного белкового компонента. Среди этих функций – энергетический обмен, связывание и транспорт кислорода, регуляция генов, регуляция роста и дифференцировка клеток (Beard JL, 2001). Железо также является важным компонентом некоторых клеточных ферментов, таких как каталазы, пероксидазы, цитохромы, рибонуклеотидредуктаза и аконитазы, которые играют важную роль в поддержании гомеостаза (Lieu PT et al., 2001).

Как и другие минералы, железо участвует в синтезе и метаболизме нескольких гормонов, которые посредством сложных взаимодействий участвуют в обмене веществ, росте и развитии и функциональной активности пищеварительной системы (Dauncey MJ et al., 2004).

Важную роль в функционировании желудочно-кишечного тракта играет вазоактивный гормон эндотелия – оксид азота (NO). Пониженный синтез метаболитов азота связан с развитием сердечно-сосудистых и иммунных нарушений в организме. Повышенный синтез NO-метаболитов свидетельствует о нарушении в системе пищеварения, при этом NO угнетает продукцию соляной кислоты. С другой стороны, избыточная продукция метаболитов оксида азота, за счёт которой обеспечивается антимикробный эффект при воспалении, может превратиться из звена адаптации в звено патогенеза и стать менее опасным повреждающим фактором для организма, чем дефицит NO (Маеда Х. и Акаике Т., 1998). Нами установлено повышение уровня метаболитов оксида азота при введении в рацион УДЧ Fe, что является ответной реакцией на изменение компонентов рациона.

Изменение ингредиентного состава кормов и включение в них биологически активных добавок существенно влияют на экзокринную функцию поджелудочной железы изменением объёма

выделенного панкреатического сока и уровнем активности пищеварительных ферментов в нём (Lebedev SV et al., 2019a; Lebedev SV et al., 2019b; Фисинин В.И. и др., 2018).

В своих исследованиях нами отмечено усиление панкреатической секреции при даче подопытным животным белковых рационов, включавших подсолнечный жмых и соевый шрот. Введение УДЧ железа еще больше увеличивало выработку поджелудочного сока, что свидетельствует о стимуляции деятельности железы и улучшении процессов пищеварения.

В работе Liu K. с коллегами (2018) изучено введение изолейцина на экзокринную функцию поджелудочной железы в форме латинского квадрата 4×4 на здоровых тёлках голштинской породы, оснащенных канолями двенадцатиперстной кишки и поджелудочной железы. В результате установлено увеличение объёма панкреатической секреции, концентрации белка и активность α -амилазы, трипсина и холецистокинин плазмы. Активность липазы и изменения уровня глюкозы в сыворотке крови не обнаружено.

Об умении животных преобразовывать протеин кормов в белки тела можно судить по количеству общего белка в сыворотке крови. Так, наиболее высокая концентрация общего белка в сыворотке крови отмечалась у животных, получавших вместе с основным набором кормов 362,6 мг наночастиц железа (Левахин Ю.И. и др., 2020).

При введении в обогащённые протеином рационы ультрадисперсных препаратов железа в дозе 2,2 мг/гол./сут отмечено усиление белкового и углеводного обменов. Установлено увеличение уровня общего белка и альбумина в сыворотке крови опытных животных относительно животных, получавших контрольный рацион.

Наблюдается взаимосвязь концентрации общего белка и альбуминов в сыворотке крови с интенсивностью роста телят. При повышении протеина в кормлении происходит увеличение содержания уровня альбуминов.

По уровню глюкозы в крови можно судить об интенсивности углеводного обмена. Определённый уровень глюкозы достигается за счёт поступления её с кормом и энергетических затрат. У высокопродуктивных здоровых животных концентрация глюкозы в крови имеет достаточно стабильные показатели, достигающие за счёт особенностей углеводного обмена в целом метаболизма углеводов на уровне клеток и тканей. Нами установлено повышение уровня глюкозы в сыворотке крови при включении в рацион УДЧ Fe, что свидетельствует об усилении углеводного обмена и даёт больше энергии для роста и развития организма и, как следствие, увеличение продуктивности.

Вывод.

Таким образом, следует отметить, что введение ультрадисперсных частиц железа на фоне применения белковых рационов в кормлении крупного рогатого скота стимулирует внешнесекреторную активность поджелудочной железы, повышая уровень липолитической активности и активности кишечных протеаз, что свидетельствует об адаптации пищеварительной системы к изменению или введению дополнительных компонентов в корм. Отмечено позитивное влияние УДЧ Fe на течение углеводного, белкового и минерального обменов.

Исследования выполнены при поддержке РНФ. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 20-16-00088)

Литература

1. Зенова Н., Назарова А., Полищук С. Влияние ультрадисперсного железа на рост и развитие крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 1. С. 30-32. [Zenova N, Nazarova A, Polishchuk S. Nanocrystalline iron influence on growth and development cattle according. Dairy and Beef Cattle Breeding. 2010;1:30-32. (In Russ)].
2. Изменения микробиоценоза рубца, крови и переваримость сухого вещества рациона при введении бычкам совместно с жировой добавкой ультрадисперсных частиц железа / Ю. И. Левахин, Б. С. Нуржанов, В. А. Рязанов, Е. Б. Джуламанов // Аграрный вестник Урала. 2020. № 01(192). С. 53-59. [Levakhin YuI, Nurzhanov BS, Ryazanov VA, Dzhulamanov EB. Changes in the microbiocenosis of the rumen, blood and digestibility of dry matter of the ration when introducing calves together with a fat supplement of ultra-dispersed iron particles / Yu. I. Levakhin, B. S. Nurzhanov, V. A. Ryazanov, E. B. Dzhulamanov // Agrarian Bulletin of the Ural. 2020. No. 01(192). P. 53-59.]

sis of the rumen and digestibility of the dry matter of the diet with the introduction of gobies together fatty addition of ultrafine iron particles. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020;01(192):53-59. (*In Russ*). doi: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-53-59

3. Лемешевский В.О., Радчиков В.Ф., Курепин А.А. Влияние качества протеина на ферментативную активность в рубце и продуктивность растущих бычков // *Нива Поволжья*. 2013. № 4(29). С. 72-77. [Lemeshevsky VO, Radchikov VF, Kurepin AA. Effect of quality protein in the feed on the enzymatic activity in the rumen and productivity growing steers. *Niva Povolzhya*. 2013;4(29):72-77. (*In Russ*)].

4. Маеда Х., Акаике Т. Оксид азота и кислородные радикалы при инфекции, воспалении и раке // *Биохимия*. 1998. № 63(7). С. 1007-1019. [Maeda Kh, Akaike T. Oksid azota i kislorodnye radikaly pri infektsii, vospalenii i rake. *Biokhimiya*. 1998;63(7):1007-1019. (*In Russ*)].

5. Местные источники энергии и белка в рационах племенных телок / Н.А. Яцко, В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин, В.П. Цай // *Учёные записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почёта» государственная академия ветеринарной медицины»*. 2011. Т. 47. № 1. С. 471-474 [Yatsko NA, Radchikov VF, Gurin VK, Tsai VP. Mestnye istochniki energii i belka v ratsionakh plemennykh telok. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny»*. 2011;47(1):471-474. (*In Russ*)].

6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие / А.П. Калашников и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с. [Kalashnikov AP, et al. *Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaistvennykh zhiivotnykh: sprav. posobie*. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p. (*In Russ*)].

7. Овчаренко Э.В. Продуктивность и обмен веществ у коров в связи с уровнем и качеством протеина рациона // *Физиолого-биохимические основы повышения эффективности использования протеина жвачными животными: научн. тр. ВНИИФБиП. Боровск, 1983. Т. 24. С. 33-39. [Ovcharenko EV. Productivity and metabolism in cows in connection with the level and quality of dietary protein. *Physiological and biochemical bases for increasing the efficiency of protein use by ruminants: nauch. tr. VNIIFBiP. Borovsk; 1983;24: 33-39. (In Russ)*].*

8. Органические микроэлементы в кормлении сельскохозяйственных животных и птиц / И.П. Шейко, В.Ф. Радчиков, А.И. Саханчук, С.А. Линкевич, Е.Г. Кот, С. Воронин, Д. Воронин, В. Фесина // *Зоотехния*. 2015. № 1. С. 14-17. [Sheiko IP. Organization of complete feeding of farm animals using organic trace nutrients. *Zootekhnika*. 2015;1:14-17. (*In Russ*)].

9. Плющение и консервирование зерна – путь к рентабельности животноводства / В.Н. Дашков, А.Ф. Шведко, И.П. Шейко, В.Ф. Радчиков // *Белорусское сельское хозяйство*. 2004. № 3. С. 21-22. [Dashkov VN, Shvedko AF, Sheiko IP, Radchikov VF. Plyushchenie i konservirovanie zerna – put' k rentabel'nosti zhiivotnovodstva. *Belorusskoe sel'skoe khozyaistvo*. 2004;3:21-22. (*In Russ*)].

10. Синещёков А.Д. Процессы питания и нервная регуляция их у сельскохозяйственных животных // *Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков, фармакологов. Москва, 1955. 736 с. [Sineshchekov AD. Protsessy pitaniya i nervnaya regulyatsiya ikh u sel'skokhozyaistvennykh zhiivotnykh. Tezisy dokladov VIII Vsesoyuznogo s"ezda fiziologov, biokhimikov, farmakologov. Moscow; 1955:736 p. (In Russ)]*.

11. Фисинин В.И., Вертипрахов В.Г., Грозина А.А. Внешнесекреторная функция поджелудочной железы кур (*gallus gallus* L.) в зависимости от ингредиентов рациона // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 4. С. 811-819. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.811rus [Fisinin VI, Vertiprakhov VG, Grozina AA. The exocrine pancreatic function in chicken (*gallus gallus* L.) fed diets containing different ingredients. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2018;53(4):811-819. (*In Russ*)]. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.811eng

12. Фицев А.И., Григорьев Н.Г., Гаганов А.П. Современная оценка энергетической и протеиновой питательности растительных кормов // *Кормопроизводство*. 2003. № 12. С. 29-32. [Fitsev AI, Grigor'ev NG, Gaganov AP. Sovremennaya otsenka energeticheskoi i proteinovoi pitatel'nosti rastitel'nykh kormov. *Kormoproizvodstvo*. 2003;12:29-32. (*In Russ*)].

13. Экструдированный обогатитель на основе льносемени и ячменной крупки в рационах телят / В.Ф. Радчиков, О.Ф. Ганущенко, В.К. Гурин, С.Л. Шинкарева, В.А. Люндышев // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2015б. № 1. С. 92-97. [Radchikov VF, Ganushchenko OF, Gurin VK, Shinkareva SL, Lyundyshev VA. Extruded enrichmentbased flax seeds and barley grits in calves" diets. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series. 2015b;1:92-97. (*In Russ*)].
14. Эффективность скармливания дефеката в рационах телят / В.Ф. Радчиков, А.М. Глинкова, Г.В. Бесараб, А.Н. Кот, В.А. Акулич, Н.А. Яцко, С.Н. Пилюк // Зоотехническая наука Беларуси. 2015а. Т. 50. № 2. С. 36-43 [Radchikov VF, Glinkova AM, Bessarab GV, Cat AN, Akulich VA, Yatsko NA, Pilyuk SN. The effectiveness of feeding defecate in the diets of calves. Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. 2015a;50(2):36-43. (*In Russ*)].
15. Al-Qushawi A, Rassouli A, Atyabi F, Peighambari SM et al. Preparation and characterization of three tilmicosin-loaded lipid nanoparticles: physicochemical properties and in-vitro antibacterial activities. *J Pharm Res.* 2016;15 (4):663-676.
16. Beard JL. Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning. *J Nutr.* 2001;131(2S-2):568S-579S. doi: 10.1093/jn/131.2.568S
17. Dauncey MJ, Katsumata M, White P. Nutrition, hormone receptor expression and gene interactions: implications for development and disease. Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality. Pas MFW, Evertes ME, Haagsman HP, editors. Wallingford:CABI; 2004:411 p.
18. Diniz WJdaS, Coutinho LL, Tizioto PC, Cesar ASM, Gromboni CF, Nogueira ARA, de Oliveira PSN, de Souza MM, Regitano LC de A. Iron Content Affects Lipogenic Gene Expression in the Muscle of Nelore Beef Cattle. *PLOS ONE.* 2016;11(8): e0161160. doi:10.1371/journal.pone.0161160
19. Jampilek J, Kos J, Kralova K. Potential of nanomaterial applications in dietary supplements and foods for special medical purposes. *Nanomaterials.* 2019;9(2):296. doi: 10.3390/nano9020296
20. Lebedev SV, Sheida E, Vertiprakhov V, Gavrish I, Kvan O, Gubaidullina I, Ryazanov V, Miroshnikov I. A study of the exocrinous function of the cattle pancreas after the introduction of feed with a various protein source in rations. *Bioscience Research.* 2019b;16(3):2553-2562.
21. Lebedev SV, Gavrish IA, Shejda EV, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Gubajdullina IZ, Makaeva AM. Effect of various fats on digestibility of nutrients in diet of calves. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 2019a;341: 012066. doi:10.1088/1755-1315/341/1/012066
22. Lieu PT, Heiskala M, Peterson PA, Yang Y. The roles of iron in health and disease. *Mol Aspects Med.* 2001;22(1-2):1-87. doi: 10.1016/s0098-2997(00)00006-6
23. Liu K, Shen J, Cao Y, Cai C, Yao J. Duodenal infusions of isoleucine influence pancreatic exocrine function in dairy heifers. *Arch Anim Nutr.* 2018;72(1):31-41. doi: 10.1080/1745039X.2017.1396144
24. Mateescu R. It is possible to genetically change the nutrient profile of beef. (Conference proceedings) Beef improvement Federation Research Symposium & Annual Meeting. Beef Improvement Federation, editor. Lincoln, Nebraska; 2014:87-92.
25. Mody VV, Siwale R, Singh A, Mody HR. Introduction to metallic nanoparticles. *J Pharm Bioallied Sci.* 2010;2(4):282-289. doi: 10.4103/0975-7406.72127
26. Rao PJ, Naidu MM. Nanoencapsulation of bioactive compounds for nutraceutical food. *Sustainable Agriculture Reviews.* 2016;21:129-156. doi: 10.1007/978-3-319-39306-3_4
27. Troncarelli MZ, Brandão HdeM, Gern JC, Guimarães AdeS et al. Nanotechnology and Antimicrobials in Veterinary Medicine. Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education. 2013;1:543-556.

References

1. Zenova N, Nazarova A, Polishchuk S. Nanocrystalline iron influence on growth and development cattle according. *Dairy and Beef Cattle Breeding.* 2010;1:30-32.
2. Levakhin YuI, Nurzhanov BS, Ryazanov VA, Dzhulamanov EB. Changes in the microbiocenosis of the rumen and digestibility of the dry matter of the diet with the introduction of gobies together fatty

addition of ultrafine iron particles. Agrarian Bulletin of the Urals. 2020;01(192):53-59. doi: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-53-59

3. Lemeshevsky VO, Radchikov VF, Kurepin AA. Effect of quality protein in the feed on the enzymatic activity in the rumen and productivity growing steers. Niva Povolzhya. 2013;4(29):72-77.

4. Maeda H, Akaike T. Nitric oxide and oxygen radicals in infection, inflammation and cancer. Biochemistry. 1998;63(7):1007-1019.

5. Yatsko NA, Radchikov VF, Gurin VK, Tsai VP. Local sources of energy and protein in the diets of breeding heifers. Scientific notes of the educational institution "Vitebsk Order" Sign of Honor "State Academy of Veterinary Medicine". 2011;47(1):471-474.

6. Kalashnikov AP, et al. Standards and diets of farm animals: Ref. book. 3rd ed., rework. and add. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p.

7. Ovcharenko EV. Productivity and metabolism in cows in connection with the level and quality of dietary protein. Physiological and biochemical bases for increasing the efficiency of protein use by ruminants: scientific works. VNIIFBiP. Borovsk; 1983;24:33-39.

8. Sheiko IP. Organization of complete feeding of farm animals using organic trace nutrients. Zootechniya. 2015;1:14-17.

9. Dashkov VN, Shvedko AF, Sheiko IP, Radchikov VF. Crimping and conservation of grain – the way to the profitability of animal husbandry. Belarusian Agriculture. 2004;3:21-22.

10. Sineshchekov AD. Nutritional processes and their nervous regulation in farm animals. Abstracts of the VIII All-Union Congress of Physiologists, Biochemists, Pharmacologists. Moscow; 1955:736 p.

11. Fisinin VI, Vertiprakhov VG, Grozina AA. The exocrine pancreatic function in chicken (*gallus gallus* l.) fed diets containing different ingredients. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2018;53(4):811-819. (In Russ)]. doi: 10.15389/agrobiology.2018.4.811eng

12. Fitsev AI, Grigoriev NG, Gaganov AP. Modern assessment of energy and protein nutritional value of plant feed. Feed Production. 2003;12:29-32.

13. Radchikov VF, Ganushchenko OF, Gurin VK, Shinkareva SL, Lyundyshev VA. Extruded enrichment-based flax seeds and barley grits in calves' diets. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series. 2015b;1:92-97.

14. Radchikov VF, Glinkova AM, Bessarab GV, Cat AN, Akulich VA, Yatsko NA, Pilyuk SN. The effectiveness of feeding defecate in the diets of calves. Zootechnical Science of Belarus. 2015a;50(2):36-43.

15. Al-Qushawi A, Rassouli A, Atyabi F, Peighambari SM et al. Preparation and characterization of three tilmicosin-loaded lipid nanoparticles: physicochemical properties and in-vitro antibacterial activities. J Pharm Res. 2016;15 (4):663-676.

16. Beard JL. Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning. J Nutr. 2001;131(2S-2):568S-579S. doi: 10.1093/jn/131.2.568S

17. Dauncey MJ, Katsumata M, White P. Nutrition, hormone receptor expression and gene interactions: implications for development and disease. Muscle development of livestock animals: physiology, genetics and meat quality. Pas MFW, Evertes ME, Haagsman HP, editors. Wallingford:CABI; 2004:411 p.

18. Diniz WJdaS, Coutinho LL, Tizioto PC, Cesar ASM, Gromboni CF, Nogueira ARA, de Oliveira PSN, de Souza MM, Regitano LC de A. Iron Content Affects Lipogenic Gene Expression in the Muscle of Nelore Beef Cattle. PLOS ONE. 2016;11(8): e0161160. doi:10.1371/journal.pone.0161160

19. Jampilek J, Kos J, Kralova K. Potential of nanomaterial applications in dietary supplements and foods for special medical purposes. Nanomaterials. 2019;9(2):296. doi: 10.3390/nano9020296

20. Lebedev SV, Sheida E, Vertiprakhov V, Gavrish I, Kvan O, Gubaidullina I, Ryazanov V, Miroshnikov I. A study of the exocrinous function of the cattle pancreas after the introduction of feed with a various protein source in rations. Bioscience Research. 2019b;16(3):2553-2562.

21. Lebedev SV, Gavrish IA, Shejda EV, Miroshnikov IS, Ryazanov VA, Gubajdullina IZ, Makaeva AM. Effect of various fats on digestibility of nutrients in diet of calves. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019a;341:012066. doi:10.1088/1755-1315/341/1/012066
22. Lieu PT, Heiskala M, Peterson PA, Yang Y. The roles of iron in health and disease. Mol Aspects Med. 2001;22(1-2):1-87. doi: 10.1016/s0098-2997(00)00006-6
23. Liu K, Shen J, Cao Y, Cai C, Yao J. Duodenal infusions of isoleucine influence pancreatic exocrine function in dairy heifers. Arch Anim Nutr. 2018;72(1):31-41. doi: 10.1080/1745039X.2017.1396144
24. Mateescu R. It is possible to genetically change the nutrient profile of beef. (Conference proceedings) Beef improvement Federation Research Symposium & Annual Meeting. Beef Improvement Federation, editor. Lincoln, Nebraska; 2014:87-92.
25. Mody VV, Siwale R, Singh A, Mody HR. Introduction to metallic nanoparticles. J Pharm Bioallied Sci. 2010;2(4):282-289. doi: 10.4103/0975-7406.72127
26. Rao PJ, Naidu MM. Nanoencapsulation of bioactive compounds for nutraceutical food. Sustainable Agriculture Reviews. 2016;21:129-156. doi: 10.1007/978-3-319-39306-3_4
27. Troncarelli MZ, Brandão HdeM, Gern JC, Guimarães AdeS et al. Nanotechnology and Antimicrobials in Veterinary Medicine. Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education. 2013;1:543-556.

Шейда Елена Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, сот.: 8-922-862-64-02, e-mail: elena-shejjda@mail.ru; Оренбургский государственный университет, старший научный сотрудник, экспериментально-биологическая клиника. 460000, г. Оренбург, пр. Победы 13Д, тел.: 89228626402, e-mail: elena-snejjda@mail.ru

Лебедев Святослав Валерьевич, доктор биологических наук, заведующий лабораторией биологических испытаний и экспертиз, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8-912-345-87-38, e-mail: lsv74@list.ru

Мирошников Сергей Александрович, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-70, e-mail: vniims.org@mail.ru

Гречкина Виктория Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел. 8-922-877-14-97, e-mail: Viktoria1985too@mail.ru доцент кафедры незаразных болезней животных, Оренбургский государственный аграрный университет, 460000, г. Оренбург, ул. Челюскинцев 18, тел. 8-922-877-14-97, e-mail: Viktoria1985too@mail.ru

Левахин Георгий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)30-81-79

Поступила в редакцию 4 августа 2020 г.; принята после решения редколлегии 14 сентября 2020 г.; опубликована 30 сентября 2020 г. / Received: 4 August 2020; Accepted: 14 September 2020; Published: 30 September 2020