

DOI 10.35264/1996-2274-2020-2-170-177

УЛУЧШЕНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ ФУНКЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПУТЕМ ПРОФИЛАКТИКИ НЕДОСТАТКА МЕДИ В ОРГАНИЗМЕ

Н.И. Ерохина, доц. каф. МГОТУ, канд. с.-х. наук, *natali-1959@list.ru*

Л.А. Зернаева, зам. нач. отд. ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. с.-х. наук, *ZernaevaLA@extech.ru*

Рецензент: *Н.А. Комбарова*

В молочном скотоводстве Российской Федерации имеются нерешенные проблемы, связанные с воспроизводством стада, которые существенно отражаются на экономической составляющей данной подотрасли животноводства. Одним из факторов, вызывающих нарушение репродуктивной функции животных, является недостаток меди в организме. Представленные материалы свидетельствуют о важности профилактики медной недостаточности у животных и дальнейших исследований в области биологического влияния данного микроэлемента на репродуктивную функцию.

Ключевые слова: воспроизводство стада, репродукция, молочное скотоводство, сервис-период, сухостойный период, выход телят, бесплодие, медь.

IMPROVING THE REPRODUCTIVE FUNCTION OF CATTLE BY PREVENTING COPPER DEFICIENCY IN THE BODY

N.I. Erokhina, Associate Professor, Moscow State Technological University, Doctor of Agriculture, *natali-1959@list.ru*

L.A. Zernaeva, Deputy Head of Department, SRI FRCEC, Doctor of Agriculture, *ZernaevaLA@extech.ru*

In the dairy cattle breeding of the Russian Federation, there are unresolved problems associated with the reproduction of the herd, which significantly affect the economic component of this subsector of animal husbandry. One of the factors causing impaired reproductive function in animals is the lack of copper in the body. The presented materials indicate the importance of the prevention of copper deficiency in animals and further research in the field of the biological effect of this microelement on reproductive function.

Keywords: herd reproduction, reproduction, dairy cattle breeding, service period, dry period, calf yield, infertility, copper.

Для молочного скотоводства Российской Федерации в последние годы характерен устойчивый рост объемов производства молока — как в хозяйствах всех категорий собственности, так и в сельскохозяйственных организациях (СХО).

Резервом для повышения интенсивности развития данной подотрасли животноводства является решение проблем, связанных, в том числе, с воспроизводством стада.

Экономические последствия этого комплекса проблем отражаются на чистом доходе от молочного хозяйства. Выручка снижается в результате уменьшения производства молока и телят, сокращения возможностей ремонта стада. Необходимость иметь больше ремонтного молодняка, ветеринарное обслуживание, лечение бесплодия и повторные осеменения увеличивают производственные затраты.

Вместе с тем основные показатели воспроизводства (продолжительность сервис- и сухостойного периодов, выход телят на 100 коров, средний возраст выбытия коров в отелах) даже в племенных хозяйствах Российской Федерации отличаются от оптимальных значений [3].

**Основные показатели воспроизводства в племенных хозяйствах
молочного скота Российской Федерации**

Показатели	Оптимальное значение	2013	2017	2018	2019
Средняя продолжительность, дней:					
– сервис-периода	85–90	128	131	131	130
– сухостойного периода	45–60	63	61	61	60
Выход живых телят на 100 коров, голов:					
– по племенным хозяйствам	85	81	81	81	81
– в целом по СХО	–	76	77	76	76
Средний возраст выбытия коров в отелах	4,5–5,0	3,5	3,39	2,56	3,18

Нарушение функции воспроизводства является основной причиной выбытия коров в странах с развитым молочным скотоводством. В Российской Федерации вследствие бесплодия и проблем с гинекологией выбывает до 24 % коров и первотелок [11]. По расчетным данным, сумма недополученной выручки только в связи с удлинением сервис-периода сопоставима с объемом всех фондов государственной поддержки молочного животноводства на федеральном уровне [11]. В связи с этим требуется дальнейшая реализация технологических решений по улучшению основных показателей воспроизводства как для товарной, так и для племенной части популяции молочного скота Российской Федерации.

В данной статье обсуждается влияние недостатка меди в организме на репродуктивную функцию крупного рогатого скота и актуальность его профилактики.

Известно, что микроэлементы вовлечены в разнообразные биологические процессы организма, так как являются кофакторами или составной частью различных ферментов, регулирующих практически все виды обмена веществ [5]. Значительное влияние они оказывают и на репродуктивную функцию животных [10]. Среди эссенциальных микроэлементов, регулирующих половую функцию животных, важнейшую роль играет медь [20]. Несмотря на многочисленные исследования на разных видах животных, биологические механизмы воздействия этого элемента на половую функцию самцов и самок окончательно не выяснены, и исследования в данном направлении продолжаются.

Медь является одним из незаменимых микроэлементов, участвующих в регуляции метаболизма в организме животных. Недостаточность меди у разных видов сельскохозяйственных животных отмечается вследствие ее низкого содержания в почвах и растительных кормах, что наряду с Российской Федерацией характерно для многих стран мира: США, Канады, Мексики, Ирландии, Англии, Чехии и других стран [16, 17, 28].

Пониженный уровень меди в организме оказывает негативное влияние на репродуктивную функцию самок и самцов. У самок увеличивается эмбриональная смертность, отмечается дисфункция яичников, снижается оплодотворяемость ооцитов, наблюдаются послеродовые гинекологические осложнения [7, 10, 20], а у самцов нарушается сперматогенез и снижается биологическая полноценность половых клеток.

Медь играет важную роль в синтезе гемоглобина, и при ее недостатке у животных развивается анемия, способствующая увеличению эмбриональной смертности у самок [20]. Имеются данные, что этот микроэлемент играет важную роль в синтезе половых гормонов в яичниках и семенниках животных [13]. Гипокупремия у самок может способствовать за-

держке полового созревания, снижать оплодотворяемость ооцитов, вызывать раннюю эмбриональную смертность и увеличивать число случаев задержания последа [29].

К другим распространенным признакам недостаточности меди в организме относятся: обесцвечивание и нарушение структуры шерстного покрова, спонтанные переломы конечностей, усиление проницаемости капилляров, дегенерация миокарда, гипомиелинизация спинного мозга, снижение резистентности к инфекционным заболеваниям, диарея [31].

Гипокупремия у жвачных животных может быть обусловлена двумя основными причинами: первичный дефицит меди возникает в результате кормления пищей с пониженным содержанием меди в кормах; вторичный дефицит развивается при кормлении животных пищей с повышенным уровнем молибдена, цинка и железа, являющихся антагонистами ионов меди.

У крупного рогатого скота при недостаточном содержании меди в организме, особенно в пастбищный период, отмечаются низкая оплодотворяемость, увеличение продолжительности сервис-периода, длительный анэструс, аборт и эмбриональная смертность, а у молодняка задерживается половое созревание [10]. Так, у коров с гипокупремией, в сравнении с животными с достаточным уровнем меди, сервис-период составил 70 против 56 дней, а число осеменений на плодотворное осеменение – 4,4 против 1,1 дней соответственно [15]. У телок, получавших рацион с добавлением молибдена, начало половой цикличности задерживалось на 8–12 недель, а оплодотворяемость от первичного осеменения составила только 14 % в сравнении с 75 % в контроле. В опытной группе у 20 % телок были выявлены ановуляторные циклы против 2,5 % в контроле. По данным иранских исследователей, при анализе крови у 198 абортировавших коров голштинской породы в 16 стадах признаки гипокупремии были выявлены у 88 % животных [29].

При гипокупремии у коров нарушается процесс образования стероидных гормонов в яичниках и снижается уровень секреции прогестерона в лютеальную фазу полового цикла [24]. Экспериментально доказано, что недостаток меди у коров приводит к нарушению имплантации эмбрионов и повышению эмбриональной смертности.

Дополнительное введение меди при ее недостатке в организме самок, обычно всегда оказывает положительное влияние на репродуктивную функцию. Например, коровам с пониженным уровнем меди в организме добавляли в рацион серноокислую медь [2]. При этом возросла оплодотворяемость самок от первичного осеменения: 69,2 % против 44,4 % в контроле. Кроме того, у коров опытной группы значительно сократилась продолжительность эструса.

Ежедневное скармливание коровам в другом эксперименте по 0,5 г сульфата меди способствовало сокращению межотельного периода до 408 дней против 511 дней в контроле. Причем скармливание данной дозы меди в течение 6 лет не оказало токсичного влияния на животных [20].

Дополнительное введение меди в рацион высокопродуктивных коров приводило к сокращению сервис-периода на 18 дней, повышало их оплодотворяемость и значительно снижало процент послеродовых гинекологических осложнений [7].

Обогащение рациона коров хелатными соединениями меди в форме глицината меди сократило продолжительность сервис-периода на 32 дня и повысило оплодотворяемость коров на 5 % по сравнению с группой, где использовали подкормку животных сульфатом меди [1].

Подкожные инъекции коровам триптофаната и метионината меди также способствовали повышению оплодотворяемости коров и снижению сервис-периода [8].

Однократное внутримышечное введение коровам перед первым осеменением комплексоната меди с ЭДТА в дозе 1,0 мг/кг массы тела способствовало повышению оплодотворяемости на 14 % по сравнению с контролем и увеличило активность глутатионпероксидазы в крови после осеменения [4].

Дополнительное введение коровам кобальта и магния усиливает положительное влияние меди на их репродуктивную функцию [19, 23].

В опытах по трансплантации эмбрионов было установлено, что внутримышечное введение телкам за 17 дней до синхронизации эструса смеси хелатных соединений меди, цинка, марганца и селена не оказало положительного влияния на синхронизацию эструса, но улучшило выживаемость трансплантированных эмбрионов в опытной группе по сравнению с контролем [30]. Подкормка коров смесью меди, цинка, марганца и кобальта в сухостойный период способствовала сокращению продолжительности сервис-периода и увеличению результативности осеменения [14, 35].

Хотя роль меди в репродуктивной функции самцов изучена в меньшей степени, чем у самок, имеются данные, что этот микроэлемент участвует в регуляции синтеза АТФ и подвижности сперматозоидов [32]. Положительное влияние этого комплексного соединения меди на подвижность половых клеток и оплодотворяемость коров было отмечено при его добавлении в состав замораживающей среды для спермы быков [6]. По данным ряда других исследователей, отмечается положительная корреляция между повышенной концентрацией меди в крови и более высокой подвижностью сперматозоидов [18, 22]. Имеются данные, что у быков при гипокупремии нарушаются сперматогенез и развитие сперматогенного эпителия в семенниках, снижаются биологическая полноценность половых клеток и либидо [26]. Недостаточное содержание меди в организме самцов может изменять активность различных ферментных систем, которые участвуют в антиоксидантной защите и синтезе АТФ в половых клетках, что может оказывать негативное влияние на сперматогенез и синтез мужских половых гормонов в семенниках.

Как известно, минеральные вещества, в том числе и медь, возможно давать животным в виде минеральных премиксов, брикетов, в виде паст или болюсов. Разработка хелатных форм меди открывает новые возможности в обеспечении животных этим микроэлементом — путем использования инъекционных форм.

В литературе приводятся неоднозначные мнения относительно вопроса более высокой усвояемости меди из органических соединений. По некоторым данным, медь в виде соединения с аминокислотой лизином усваивалась у телят лучше, чем из сульфата меди. Лучшее усвоение меди молочными коровами также отмечалось из хелатных соединений с аминокислотами [12]. По данным других исследователей, не было выявлено различий по усвояемости бычками меди из органических или неорганических соединений [34, 36].

При выявлении обеспеченности животных медью содержание данного микроэлемента в крови и шерстном покрове не может быть надежным индикатором, так как не вся медь циркулирует в крови и ее уровень может в значительной степени зависеть от потребления в рационе антагонистов этого микроэлемента, от уровня продуктивности и состояния здоровья. Например, у коров с низким показателем меди в крови ее содержание в печени было достаточным [27]. Поэтому некоторые исследователи считают, что более надежным индикатором обеспеченности организма медью является содержание данного микроэлемента в печени животных [21]. Тем не менее гораздо чаще используют определение содержания меди в крови животных в связи с простотой и информативностью данной методики [10, 11, 25, 33]. Согласно современным данным достаточным уровнем меди в цельной крови крупного рогатого скота является 0,6–0,9 мг Си/л, а у овец и коз — 0,8–1,5 мг Си/л плазмы крови и 25–100 мг Си/кг сухого вещества печени [9, 27, 25].

Заключение

Таким образом, вопрос о роли меди в регуляции репродуктивной функции у самок и самцов сельскохозяйственных животных не вызывает сомнений. В связи с этим особого внимания требуют нормирование рациона животных по этому микроэлементу и своевременная профилактика проявления признаков гипокупремии.

Кроме того, остается актуальным продолжение дальнейших углубленных исследований влияния меди на репродуктивную функцию различных видов сельскохозяйственных животных.

Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы, проводимой ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по государственному заданию № 075-01394-20-02 на 2020 г. Министерства образования и науки РФ в сфере экспертизы по проекту 730000Ф.99.1.БВ15АА00003.

Список литературы

1. Аболиныш А.Ф. Влияние различных источников меди и цинка на концентрацию меди и функцию воспроизводства у лактирующих коров // Бюл. ВНИИФБиП с.-х. животных. Боровск, 1990. Вып. 1. С. 45–47.
2. Данилов Н.А., Бояхчян Г.А., Костандян Г.М., Манвелян С.С. Микроэлементы и воспроизводительная функция у коров. Ветеринария. 1977. № 2. С. 66–68.
3. Ежегодники по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. М.: ВНИИплем, 2013, 2017–2019.
4. Ерохин А.С., Григошина М.В. Повышение оплодотворяемости коров инъекциями комплексо-ната меди // Зоотехния. 2000. № 3. С. 27–29.
5. Ерохин А.С., Боев В.И., Киселева М.Г. Основы физиологии: учебник. М.: Инфра-М, 2015. 320 с.
6. Жильцова Л.С., Ерохин А.С., Ларкин С.Н. Замораживание спермы быка в средах с комплексо-натами металлов // Доклады Российской академии с.-х. наук. 1985. № 1. С. 30–35.
7. Кальницкий Б.Д., Кузнецов С.Г., Харитонов О.В. Рекомендации по минеральному питанию телок, нетелей, коров // Зоотехния. 1991. № 9. С. 29–33.
8. Калимуллин Ю.Н. Использование синтетических металлохелатов для стимуляции продуктивности и воспроизводительной функции животных: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Дубровицы, 1991.
9. Кузнецов С.Г. Биохимические критерии обеспеченности животных минеральными веществами // Сельскохозяйственная биология. 1991. № 2. С. 16–33.
10. Кузнецов С.Г. Совершенствование системы минерального питания коров молочного направ-ления продуктивности // Сельскохозяйственная биология. 1996. № 6. С. 12–34.
11. Лабинов В.В. Резервы повышения экономической эффективности молочного животноводства // FARM ANIMALS/экономика. 2014. № 2 (6). С. 24–29.
12. Ashmead H.D., Samford R. Effects of metal amino acid chelates or inorganic minerals on three suc-cessive lactation in dairy cows. Int. J. Applied Research Vet.Med., 2004, 2: 181–188.
13. Ahmed W.M., Khadrawy H.H., Hanafi E.M., Hameed A., Sabra H.A. Effect of copper deficiency on ovarian activity in Egyptian buffalo-cows. World J. Zoology, 2009, 4: 1–8.
14. Ballantine H.T., Socha M.T., Tomlinson D.J., Jonson A.B., Fielding A.S., Shearer J.K. Effect of feed-ing complexed zinc, manganese, copper and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integri-ty, reproduction and lactation performance. Prof. Anim. Sci., 2002, 18: 211–218.
15. Corah L.R., Ives S. The effects of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. Vet. Clin. Nort. Am.: Food Animal Pract., 1991, 7: 40–57.
16. Dargatz D.A., Garry F.B., Clark G.B., Ross P.F. Serum copper concentration in beef cows and heifers. J. Amer. Vet. Med. Assoc., 1999, 215: 1828–1832.
17. Dominguez-Vara I.A., Huerta-Bravo M. Concentracion e interrelacion mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos epocas en el valle de Toluca, Mexico. Agrociencia, 2008, 42: 173–183.
18. Eghbali M., Alavi-Shoushtari S.M., Asri-Rezaii S. Effect of copper and superoxide dismutase content of seminal plasma on buffalo semen characteristics. Pakistan J. of Biological Sciences, 2008, 11: 1964–1968.
19. Harley W.L., Doane R.M. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. J. Dairy Sci., 1989, 72: 784–804.
20. Hidirowglow M. Trace element deficiencies and fertility in ruminants: A review. J. Dairy Sci., 1979, 62: 1195–1206.
21. Humann-Ziehanck E., Ganter M., Hennig-Pauka I., Binder A. Trace mineral status and liver and blood parameters in sheep without mineral supply compared to local roe deer (*Capreolus capreolus*) population. Small Rum. Research, 2008, 75: 185–191.

22. Jockenhovel F., Bals-Pratsch M., Bertram H.P., Nieschlag E. Seminal lead and copper in fertile and infertile men. *Andrologia*, 1990, 22: 503–511.
23. Kamphues J. Fruchtbarkeitsstörungen im Milchviehbestand infolge einer nichtbedarfsgerechten Mengen- und Spurenelementversorgung. *Übersichten zur Tierernährung*, 1990, 18: 165–176.
24. Kendall N.R., Masters P., Guo L., Scaramuzzi R.J., Campbell B.K. Effect of copper and thiomolybdates on bovine theca cell differentiation in vitro. *J. Endocrinol.*, 2006, 189: 455–463.
25. Kincaid R.L. Assessment of trace mineral status of ruminant: A review. *J. Anim. Sci.*, 2000, 77: 1–10.
26. Kreplin C., Yaremcio B. Effects of nutrition on beef cow reproduction. *Agdex*, 1992, 420/51–1.
27. Mulryan G., Mason F. Assessment of liver copper status in cattle from plasma copper and plasma copper enzymes. *Ann. Rech. Vet.*, 1992, 23: 233–238.
28. Pavlata L., Podhorsky A., Pechova A., Chomat P. Differences in the occurrence of selenium, copper and zinc deficiencies in dairy cows, calves, heifers and bulls. *Vet. Med.-Czech*, 2005, 50: 390–400.
29. Sakhaee E., Kazeminia S. Relationship between liver and blood plasma copper level and abortion in cattle. *Comparative Clinical Pathology*, 2011, 20: 467.
30. Sales J.N.S., Pereira R.V., Bicalho R.C., Baruselli P.S. Effect of injectable copper, selenium, zinc and manganese on the pregnancy rate of crossbred heifers (*Bos indicus* x *Bos taurus*) synchronized for timed embryo transfer. *Livest. Sci.*, 2011, 142: 59–62.
31. Sharma M.C., Joshi C., Pathak N.N., Kaur H. Copper status and enzyme, hormone, vitamin and immune function in heifers. *Res.Vet. Sci.*, 2005, 79: 113–123.
32. Slivkova J., Popenkova M., Massanyi P., et al. Concentration of trace elements in human semen and relation to spermatozoa quality. *J. Environ. Sci. Health a Tox. Hazard Subst. Environ. Eng.*, 2009, 44: 370–375.
33. Tessman R.K., Lakritz J., Tyler J.W., et al. Sensitivity and specificity of serum copper determination for detection of copper deficiency in feeder calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 2001, 218: 756–760.
34. Ward J.D., Spears J.W., Kegley E.B. Effect of trace mineral source on mineral metabolism, performance and immune response in stressed cattle. *J. Anim. Sci.*, 1992, 70 (1): 642.
35. Wilde D. Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, 2006, 96: 240–249.
36. Wittenberg K.M., Boila R.J., Shariff M.A. Comparison of copper sulfate and copper proteinate as copper sources for copper-depleted steers fed high molybdenum diets. *Can. J. Anim. Sci.*, 1990, 70: 895–904.

References

1. Abolinsh A.F. (1990) *Vliyaniye razlichnykh istochnikov medi i tsinka na kontsentratsiyu medi i funktsiyu vosпроизводства u laktiruyushchikh korov* [Influence of various sources of copper and zinc on copper concentration and reproduction function in lactating cows] *Byul. VNIIFBiP s.-kh. zhivotnykh* [Byul. VNIIFBiP farm animals]. Borovsk. Issue. 1. P. 45–47.
2. Danilov N.A., Boyakhchyan G.A., Kostandyan G.M., Manvelyan S.S. (1977) *Mikroelementy i vosпроизводитель'naya funktsiya u korov* [Trace elements and reproductive function in cows] *Veterinariya* [Veterinary medicine]. No. 2. P. 66–68.
3. *Ezhegodniki po plemennoy rabote v molochnom skotovodstve v khozyaystvakh Rossiyskoy Federatsii* [Yearbooks on pedigree work in dairy cattle breeding on the farms of the Russian Federation (2013)] *VNIIPlem* [VNIIPlem]. Moscow. P. 2017–2019.
4. Erokhin A.S., Grigoshina M.V. (2000) *Povysheniye oplodotvoryaemosti korov in"ektsiyami kompleksonata medi* [Increasing the fertility of cows by injections of copper complexonate] *Zootekhnika* [Animal husbandry]. No. 3. P. 27–29.
5. Erokhin A.S., Boev V.I., Kiseleva M.G. (2015) *Osnovy fiziologii: uchebnyy* [Fundamentals of physiology: textbook] *Infra-M* [Infra-M]. Moscow. P. 320.
6. Zhiltsova L.S., Erokhin A.S., Larkin S.N. (1985) *Zamorazhivaniye spermy byka v sredakh s kompleksonatami metallov* [Freezing of bull semen in environments with metal complexonates] *Doklady Rossiyskoy akademii s.-kh. nauk* [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. No. 1. P. 30–35.

7. Kalnitskiy B.D., Kuznetsov S.G., Kharitonova O.V. (1991) *Rekomendatsii po mineral'nomu pitaniyu telok, neteley, korov* [Recommendations for the mineral nutrition of heifers and cows] *Zootekhnika* [Animal husbandry]. No. 9. P. 29–33.
8. Kalimullin Yu.N. (1991) *Ispol'zovanie sinteticheskikh metallokhelatov dlya stimulyatsii produktivnosti i vosproizvodi-tel'noy funktsii zivotnykh: avtoref. dis. kand. biol. nauk. Dubrovitsy* [The use of synthetic metal chelates to stimulate the productivity and reproductive function of animals: author thesis for Degree of Doctor of Biology]. Dubrovitsy.
9. Kuznetsov S.G. (1991) *Biokhimicheskie kriterii obespechennosti zivotnykh mineral'nymi veshchestvami* [Biochemical criteria for the provision of animals with mineral substances] *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology]. No. 2. P. 16–33.
10. Kuznetsov S.G. (1996) *Sovershenstvovanie sistemy mineral'nogo pitaniya korov molochnogo napravleniya produktivnosti* [Improvement of the system of mineral nutrition of dairy cows in the direction of productivity] *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural biology]. No. 6. P. 12–34.
11. Labinov V.V. (2014) *Rezervy povysheniya ekonomicheskoy effektivnosti molochnogo zivotnovodstva* [Reserves of increasing the economic efficiency of dairy farming] *FARM ANIMALS ekonomika* [FARM ANIMALS. Economics]. No. 2 (6). P. 24–29.
12. Ashmead H.D., Samford R. (2004) Effects of metal amino acid chelates or inorganic minerals on three successive lactation in dairy cows. *Int. J. Applied Research Vet. Med.* P. 181–188.
13. Ahmed W.M., Khadrawy H.H., Hanafi E.M., Hameed A., Sabra H.A. (2009) Effect of copper deficiency on ovarian activity in Egyptian buffalo-cows. *World J. Zoology.* 4: 1–8.
14. Ballantine H.T., Socha M.T., Tomlinson D.J., Jonson A.B., Fielding A.S., Shearer J.K. (2002) Effect of feeding complexed zinc, manganese, copper and cobalt to late gestation and lactating dairy cows on claw integrity, reproduction and lactation performance. *Prof. Anim. Sci.* 18: 211–218.
15. Corah L.R., Ives S. (1991) The effects of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. *Vet. Clin. Nort. Am.: Food Animal Pract.* 7: 40–57.
16. Dargatz D.A., Garry F.B., Clark G.B., Ross P.F. (1999) Serum copper concentration in beef cows and heifers. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 215: 1828–1832.
17. Dominguez-Vara I.A., Huerta-Bravo M. (2008) Concentracion e interrelacion mineral en suelo, forraje y suero de ovinos durante dos epocas en el valle de Toluca, Mexico. *Agrociencia.* 42: 173–183.
18. Eghbali M., Alavi-Shoushtari S.M., Asri-Rezaii S. (2008) Effect of copper and superoxide dismutase content of seminal plasma on buffalo semen characteristics. *Pakistan J. of Biological Sciences.* 11: 1964–1968.
19. Harley W.L., Doane R.M. (1989) Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *J. Dairy Sci.* 72: 784–804.
20. Hidiroglow M. (1979) Trace element deficiencies and fertility in ruminants: A review. *J. Dairy Sci.* 62: 1195–1206.
21. Humann-Ziehanck E., Ganter M., Hennig-Pauka I., Binder A. (2008) Trace mineral status and liver and blood parameters in sheep without mineral supply compared to local roe deer (*Capreolus capreolus*) population. *Small Rum. Research.* 75: 185–191.
22. Jockenhovel F., Bals-Pratsch M., Bertram H.P., Nieschlag E. (1990) Seminal lead and copper in fertile and infertile men. *Andrologia.* 22: 503–511.
23. Kamphues J. (1990) Fruchtbarkeitsstorungen im Milchviehbestand infolge einer nichtbedarfsgerechten Mengen- und Spurenelementversorgung. *Ubersichten zur Tierernahrung.* 18: 165–176.
24. Kendall N.R., Masters P., Guo L., Scaramuzzi R.J., Campbell B.K. (2006) Effect of copper and thiomolybdates on bovine theca cell differentiation in vitro. *J. Endocrinol.* 89: 455–463.
25. Kincaid R.L. (2000) Assessment of trace mineral status of ruminant: A review. *J. Anim. Sci.* 77: 1–10.
26. Kreplin C., Yaremicio B. (1992) Effects of nutrition on beef cow reproduction. *Agdex.* 420/51–1.
27. Mulryan G., Mason F. (1992) Assessment of liver copper status in cattle from plasma copper and plasma copper enzymes. *Ann. Rech. Vet.* 23: 233–238.
28. Pavlata L., Podhorsky A., Pechova A., Chomat P. (2005) Differences in the occurrence of selenium, copper and zinc deficiencies in dairy cows, calves, heifers and bulls. *Vet. Med.-Czech.* 50: 390–400.

29. Sakhaee E., Kazemina S. (2011) Relationship between liver and blood plasma copper level and abortion in cattle. *Comparative Clinical Pathology*. 20: 467.
30. Sales J.N.S., Pereira R.V., Bicalho R.C., Baruselli P.S. (2011) Effect of injectable copper, selenium, zinc and manganese on the pregnancy rate of crossbred heifers (*Bos indicus* x *Bos taurus*) synchronized for timed embryo transfer. *Livest. Sci.* 142: 59–62.
31. Sharma M.C., Joshi C., Pathak N.N., Kaur H. (2005) Copper status and enzyme, hormone, vitamin and immune function in heifers. *Res. Vet. Sci.* 79: 113–123.
32. Slivkova J., Popenkova M., Massanyi P., et al. (2009) Concentration of trace elements in human semen and relation to spermatozoa quality. *J. Environ. Sci. Health a Tox. Hazard Subst. Environ. Eng.* 44: 370–375.
33. Tessman R.K., Lakritz J., Tyler J.W., et al. (2001) Sensitivity and specificity of serum copper determination for detection of copper deficiency in feeder calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 218: 756–760.
34. Ward J.D., Spears J.W., Kegley E.B. (1992) Effect of trace mineral source on mineral metabolism, performance and immune response in stressed cattle. *J. Anim. Sci.* 70 (1): 642.
35. Wilde D. (2006) Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 96: 240–249.
36. Wittenberg K.M., Boila R.J., Shariff M.A. (1990) Comparison of copper sulfate and copper proteinate as copper sources for copper-depleted steers fed high molybdenum diets. *Can. J. Anim. Sci.* 70: 895–904.