

文章编号:1000-4734(2006)04-0448-05

河西走廊地区硒的环境地球化学与 牲畜毒草中毒原因探讨

邵树勋^{1,3}, 郑宝山², 王名仕⁴, 李晓燕⁵,
刘晓静², 凌洪文², 罗充⁵

(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国科学院 环境地球化学
国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100039; 4. 贵州师范大学 地理生物
科学学院, 贵州 贵阳, 550001; 5. 河南理工大学, 河南 焦作 454000)

摘要: 硒学术界普遍认为《马可波罗游记》中记载的中国西部牲畜毒草中毒是人类历史上最早对“硒中毒”的描述, 但至今没有可靠的科学依据。为了澄清这一历史科学问题, 笔者对河西走廊草原牧区正在流行的牲畜中毒地方病进行了野外调查, 分析了该区草原生态环境植物、土壤中硒的含量。结果表明: ① 棘豆植物是马可波罗记载的引起牲畜中毒的毒草; ② 棘豆植物根部土壤与世界平均土壤硒含量相近; ③ 棘豆属毒草硒含量远低于能导致一般动物中毒的 3 mg/kg 植物硒风险值。由此推断, 引起《马可波罗游记》中记载的中国西部肃州牲畜毒草中毒并非硒中毒, 中毒的原因是棘豆植物中的生物碱成分苦马豆素(Swainsonine)。

关键词: 马可波罗; 河西走廊; 环境地球化学; 棘豆; 硒中毒; 苦马豆素

中图分类号: X142; X173 **文献标识码:** A

作者简介: 邵树勋, 男, 1965年生, 副研究员, 地球化学专业。

自从上世纪初美国学者 Franke^[1] 研究证实美国南大科它州牲畜采食紫云英、苜蓿、棘豆、野豌豆等富硒植物引起的中毒是硒中毒后, 硒学术界一直就普遍认为, 马可波罗游记中记载的中国西部肃州(今河西走廊酒泉地区)地区具有脱毛脱甲症状的牲畜毒草中毒是硒中毒^[2-5]。但迄今为止, 从未有人对马可波罗记载的中国西部肃州草原牲畜毒草中毒现象做过地球化学方面的调查研究, 以证明马可波罗记载的牲畜毒草中毒与硒有关。

众所周知, 克山病、大骨节病等硒缺乏病和碱毒病、盲目矇矇症等硒中毒地方病与环境中的硒含量密切相关。中国克山病、大骨节病病区分布在从东北到西南的低硒环境带, 病区环境水、土、粮食中的硒含量明显比非病区低^[6]。湖北恩施和陕西紫阳爆发的人群硒中毒地方病与当地环境岩石、土壤、粮食作物高含量的硒密切相关^[7-8]。同样河西走廊地区存在硒中毒与否将取决于该区硒

的环境地球化学背景, 只有摸清该区环境中硒的地球化学分布特征, 才能确定马可波罗记载的牲畜中毒是否为硒中毒。

为了澄清马可波罗记载的牲畜中毒是否为硒中毒这一历史科学问题, 我们对河西走廊地区正在发生的牲畜毒草中毒地方病进行了野外调查和植物、土壤的采样分析工作。本研究对防治河西走廊地区毒草中毒的生态灾害具有一定的指导意义。

1 河西走廊地区牲畜毒草中毒调查

《马可波罗游记》中所记载的发生牲畜毒草中毒的肃州地区就是现在的甘肃省河西走廊地区, 肃南裕固族自治县地跨河西走廊平原地带和祁连山山区两不同地理气候区域, 是河西走廊地区主要的天然草原畜牧区。实地调查发现: 河西走廊地区天然草原上棘豆、狼毒等毒草泛滥成灾, 牛羊马牲畜中毒情况极为严重, 仅甘肃天祝、肃南两县棘豆毒草面积达 200 万亩, 每年约有 2 万只羊中毒, 死亡率达 21.9%, 流产率达 29%^[9-10]。引起牲畜中毒的毒草主要是小花棘豆(*Oxytropis glaba*)、黄花棘豆(*Oxytropis ochrocephala*)、狼毒(*Stellera*

收稿日期: 2006-07-04

基金项目: 国家自然科学基金(40473048); 国家自然科学基金重点基金(40133010)

chamaejasme)、醉马草(*Achnatherum inebrians*)等植物,这些毒草的特征及生态景观见笔者发表的《马可波罗游记中记载的肃州毒草及其生态环境背景调查》一文^[11]。该区棘豆属植物引起的牲畜中毒症状与美国等北美国家报道的由紫云英属(*Astragalus spp*)、棘豆属(*Oxytropis spp*)等植物引起的中毒特征非常相似^[12],牲畜采食棘豆以后,逐渐出现四肢僵硬,呆立无神,步态紊乱,运动失调,后期双目失明,牙齿脱落,脱毛掉蹄,直至身体极度消瘦死亡,与硒中毒症状相似。

2 样品的采集和分析

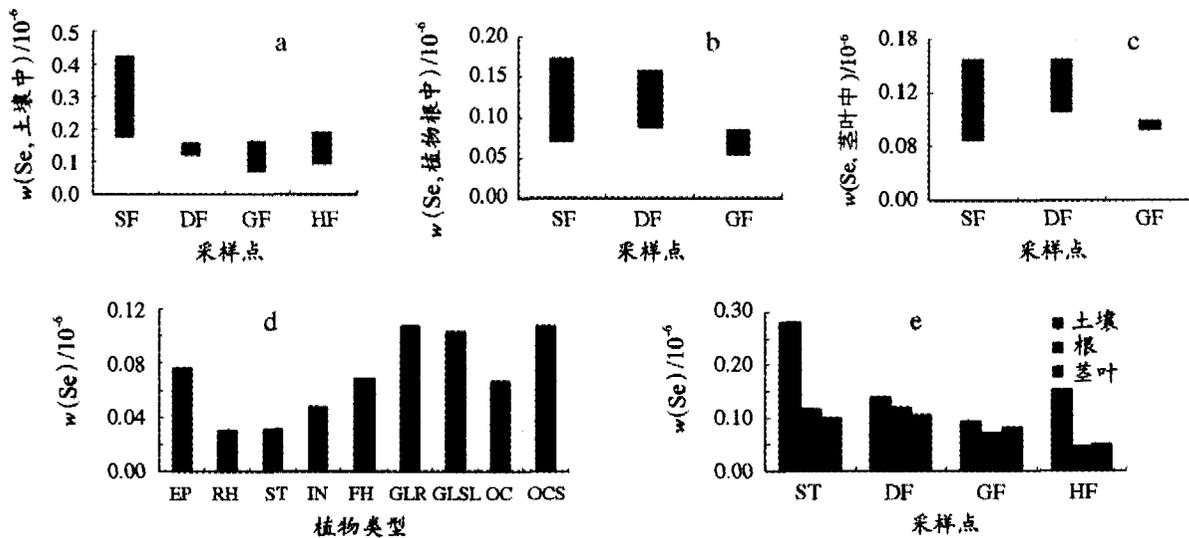
通过实地考察和文史资料考证发现,肃南县走廊平原区明花区内有一古城堡——明海堡,明海古城堡可能就是马可波罗当年旅行来中国途经古丝绸之路上的肃州境内的驿站,而且此古城堡附近既有草原牧场,也有残余盐湖。草原上棘豆毒草分布广泛,牲畜中毒发生脱毛脱甲症状,与马可波罗游记中所记载的肃州牲畜毒草中毒症状相似,说明马可波罗记载的肃州牲畜毒草中毒故事可能就发生在此地,中毒毒草为棘豆植物。因此,本研究选择了肃南县河西走廊平原地区明花区

草原和祁连山区山地草原为采样区,系统地采集了土壤、植物。分析方法为2,3二氨基萘荧光法测定。所有的分析在中国科学院地球化学研究所完成。

3 结果和讨论

3.1 土壤中的硒

研究区内各类草原土壤硒的含量水平见表1和图1。可以看出,在河西走廊平原明花区生长小花棘豆的草原,上井子村盐碱滩草地盐碱性土壤硒含量相对最高,在0.173~0.422 mg/kg的范围内,平均值为(0.282±0.118) mg/kg;明海古城堡附近沙漠化荒漠草原沙土中的硒含量次之,在0.117~0.160 mg/kg的范围内,平均值为(0.139±0.030) mg/kg;下海子村戈壁滩荒漠草地沙土中的硒含量最低,平均值为(0.094±0.040) mg/kg,在0.071~0.163 mg/kg的范围内。总体上,生长小花棘豆的土壤硒含量平均值为(0.205±0.127) mg/kg。相对明花区生长小花棘豆的土壤,发育黄花棘豆的祁连山区高山草原草甸土硒含量更低,为0.094~0.193 mg/kg,平均值仅为(0.152±0.024) mg/kg。



SF-盐碱滩草地, DF-沙漠化荒漠草地, GF-戈壁滩荒漠草地, HF-高山草地, EP-麻黄(*Ephedra. monosperma Mey*), RH-大黄(*Rheum palmatum. L*), ST-狼毒(*Stellera chamaejasme*), IN-醉马草(*Achnatherum inebrians*), FH-芨芨草(*Achnatherum. Splendens ohwi*), GLR-小花棘豆根(*Oxytropis. Glabra root*), GLSL-小花棘豆茎叶(Stem and leaf together of *Oxytropis. glabra*), OC-黄花棘豆(*Oxytropis. ochrocephala*), OCS-黄花棘豆种子(Seed of *Oxytropis. ochrocephala*)

a. 不同采样点棘豆属植物根部土壤总硒含量范围 b. 不同采样点小花棘豆根硒含量范围 c. 不同采样点小花棘豆茎叶硒含量范围 d. 不同植物类型硒含量平均值 e. 不同采样点土壤、棘豆属植物根、茎叶硒平均含量

图1 肃南县草原牧场土壤和植物中硒的分布

Fig. 1. Selenium distribution in soils and plants in grasslands.

表1 土壤中硒的含量(mg/kg)
Table 1. Se concentrations in soils (mg/kg)

采样地区	采样点	土壤类型		样品数	范围	平均值 ± 标准偏差
		生长植物	亚类			
走廊平原区	上井子村		盐碱土	9	0.173 ~ 0.422	0.282 ± 0.118
	明海堡	小花棘豆	沙土	3	0.117 ~ 0.160	0.139 ± 0.030
	下海子村		沙土	5	0.076 ~ 0.163	0.094 ± 0.040
		合计		17	0.076 ~ 0.422	0.205 ± 0.173
祁连山区	崆朵崆	黄花棘豆	草甸土	5	0.094 ~ 0.193	0.152 ± 0.024

以上结果表明,河西走廊地区发育棘豆植物的草原土壤并非富硒土壤,其中硒的背景含量与世界土壤硒 0.2 mg/kg 的平均值^[13]相近,远未达到硒中毒的 2 mg/kg 的风险水平^[14]。对比谭见安等^[6]提出的划分中国硒生态景观的界限值,发育小花棘豆土壤硒含量在中等硒—高硒含量界限值范围内(0.175 ~ 0.400 mg/kg);发育黄花棘豆的土壤硒含量在边缘硒—中等硒含量界限值范围内(0.125 ~ 0.175 mg/kg)。因此,河西走廊地区草原土壤并不富硒,在该区如此低硒背景的土壤不可能生长出引起牲畜硒中毒的富硒的植物。

3.2 植物中的硒

3.2.1 小花棘豆(*Oxytropis glaba*)

小花棘豆中的硒含量特征反映在表 2 和图 1

b, c, d, e 中。可以看出,该植物的根硒含量 0.066 ~ 0.158 mg/kg, 平均(0.112 ± 0.038) mg/kg; 茎叶硒含量 0.052 ~ 0.174 mg/kg, 平均(0.102 ± 0.027) mg/kg, 相当于维持牲畜正常生长需求的一般牧草正常硒含量水平(0.1 mg/kg 左右^[15]), 而与导致一般牲畜中毒的 3 ~ 5 mg/kg 的牧草硒界限值^[16]相去甚远。明花区三个不同采样点小花棘豆及其根部中硒的含量有一定差异,盐碱滩草原生态景观区采集的小花棘豆及其根部土壤中的硒含量比其它采样点的高,沙漠化荒漠草原的次之,戈壁滩荒漠草地明显前两处采样点低(见图 1b, c, e)。这可能与采样点地下水多寡有密切的联系。上井子村盐碱滩草地地下水丰富,在当地极其强烈的蒸发作用下,地下水及土壤底部的硒向上迁移在表土层中富集,而且在碱性条件下容易被植物吸收,所有盐碱滩草原生态景观区土壤及植物中的硒含量较其它生态景观区高。

表2 植物中的硒分析结果(mg/kg, 干重)
Table 2. Se concentrations in plants (mg/kg, DW)

采样区	采样点	植物	植物组织	样品数	范围	平均值	标准偏差
走廊平原区	明花区草原牧场	小花棘豆	根	17	0.052 ~ 0.174	0.112	0.038
			茎叶	17	0.066 ~ 0.158	0.102	0.027
		芨芨草	全株	3		0.067	0.027
祁连山区	崆朵崆牧场	黄花棘豆	全株	3	0.058 ~ 0.078	0.066	0.009
			种子	1		0.107	
	青龙乡马圈牧场	麻黄	全株	1		0.076	
		大黄	根	4		0.029	0.006
红大坂村高山草原		狼毒	根	3		0.031	0.004
		醉马草	全株	3		0.037	0.026

3.2.2 黄花棘豆(*Oxytropis ochrocephala*)

从表 2 和图 1d, e 中可看出,黄花棘豆硒含量水平比小花棘豆还低,其全株硒含量 0.058 ~ 0.078 mg/kg, 平均(0.066 ± 0.009) mg/kg。分析了一个种子样品,其硒含量 0.107 mg/kg, 明显比全株硒含量高,黄花棘豆植物种子有可能比其它器官较易富集硒。因为此类植物硒含量水平甚低,

与维持动物正常生长的最低牧草硒含量水平(0.05 ~ 0.1 mg/kg)^[16]相近,所以研究区内的黄花棘豆植物也不可能导致牲畜硒中毒。

棘豆属植物小花棘豆和黄花棘豆硒含量研究表明,河西走廊地区此类植物引起的类似硒中毒症状的牲畜中毒与硒无关。因为孟协中等^[17-18]从我国北方棘豆属不同种植物中皆检测分离出了生物碱成分苦马豆素(Swainsonine),与

国外学者^[19-20]在引起疯草中毒的棘豆属植物中检测分离出的生物碱成分苦马豆素(Swainsonine)相似,而且苦马豆素引起的牲畜中毒症状与硒中毒相似,具脱毛脱甲、神经紊乱表现症状^[21-22]。因此河西走廊地区导致牲畜中毒的棘豆属植物中的主要毒素成分是苦马豆素(Swainsonine),而非硒。

3.2.3 其它植物

其它植物样品:狼毒(*Stellera chamaejasme*)、醉马草(*Achnatherum inebrians*);中药材:大黄(*Rheum palmatum. L.*)、麻黄(*Ephedra monosperma Mey*);牧草:芨芨草(*Achnatherum splendens ohwi*)。硒的含量特征见表2及图1d。结果显示这些植物皆不富集硒,其硒含量平均值介于0.029~0.076 mg/kg之间,总体上皆比棘豆植物的硒水平还低,其中麻黄和牧草中的硒水平为0.07 mg/kg左右,处于正常硒水平,其它几种植物硒含量少于0.04 mg/kg,处于硒缺乏病风险水平。因此这些植物也不可能导致牲畜发生硒中毒。

4 结 论

(1)河西走廊地区肃南县明花区明海古城堡

附近草原牧场可能为马可波罗游记中记载的古代肃州发生牲畜毒草中毒的地方,引起牲畜中毒的毒草可能就是棘豆属植物。

(2)在河西走廊肃南县天然草原植物、土壤中的硒含量皆基本上属于正常硒水平,未显示硒富集的地球化学异常,与湖北恩施等典型中毒区及世界上发生过人畜硒中毒地方的土壤、植物硒水平相比较,俱相差甚远,远未达到导致牲畜发生硒中毒的程度。

(3)河西走廊地区棘豆植物中的主要毒素成分是生物碱苦马毒素(Swainsonine),此毒素成分导致了河西走廊地区草原牧区牲畜中毒。

总之,河西走廊地区发生的牲畜毒草中毒很可能是由毒草中的苦马毒素生物碱成分引起的,而与硒无关。马可波罗记载的古代肃州牲畜毒草中毒可能与硒无关,硒学术界一直流行的马可波罗最早记载了硒中毒的观点可能是错误的。

致谢:本项研究在野外调查及采样工作中得到了甘肃省裕固族自治县畜牧局殷翠琴工程师、朗永斌工程师、张爱玲工程师以及中国科学院寒区旱区与工程研究所樊盛岳研究员、李孝泽研究员、赵成章博士的热情帮助,在此一并致以衷心的感谢。

参 考 文 献:

- [1] Franke K W. A new toxicant occurring naturally in certain samples of plant food stuffs [J]. *J Nutr*, 1934, 8:597-608.
- [2] Rosenfeld I, Beath O A. *Selenium: Geobotany, Biochemistry, Toxicity and Nutrition* [M]. New York: Academic Press, 1964:141-213.
- [3] 谭见安. 环境硒与健康[A]. 谭见安, 侯少范. 环境硒与健康问题研究[C]. 北京:人民卫生出版社, 1989: 219-233.
- [4] Tinggi U. Essentiality and toxicity of selenium and its status in Australia: a review [J]. *Toxicology Letters*, 2003, 137:103-110.
- [5] 李家熙, 张光弟, 葛晓立, 等. 人体硒缺乏与过剩的地球化学环境特征及其预测[M]. 北京:地质出版社, 2000:20-23.
- [6] 谭见安主编. 中华人民共和国地方病与环境图集[M]. 北京:科学出版社, 1989.
- [7] 杨光圻. 湖北恩施地区原因不明脱发脱甲症病因的研究[J]. 中国医学科学院学报, 1981, 3(增刊2):1-6.
- [8] 郑宝山, 洪业汤, 赵伟, 等. 鄂西的富硒炭质硅质岩与地方性硒中毒[J]. 科学通报, 1992, 37(11):1027-1029.
- [9] 吴达, 王建华, 王跃华. 中国疯草的防除与利用[J]. 青海畜牧兽医杂志, 2001, 31(6):29-30.
- [10] 王鲁, 许乐仁. 我国几大有毒植物造成家畜灾害性疾病的概况[J]. 中国兽医杂志, 2002, 38(4):26-28.
- [11] 邵树勋, 郑宝山, 赵成章, 等. 马可波罗游记中记载的肃州毒草及其生态环境背景调查[J]. 草业科学, 2004, 21(6):62-66.
- [12] 李祚煌, 关亚龙, 杨桂云, 等. 小花棘豆中毒与硒关系研究[J]. 动物毒物学, 1991, 6(1):8-9.
- [13] Swain D J. The trace element content of soils [J]. *Tech Commun Bur Soil Sci*, 1955, 48:1-157.
- [14] Thorton I. Geochemical aspects of the distribution and forms of heavy metals in soils[A]. Lepp N W. *Effect of Heavy Metal Pollution on Plants. Vol. 2. Metals in the Environment* [C]. New Jersey: Applied Sci Publ, 1981, 251-257.
- [15] Bisbjerg B, Gissel-Nielsen G. The uptake of applied selenium by agricultural plants. I. The influence of soil type and plants species[J]. *Plant and Soil*, 1969, 31:287-298.
- [16] U. S. A. NAS/NRC. *Selenium in Nutrition* [Z]. Washington DC: National Academy of Science, National Research Council, Agriculture Board, Committee on Animal Nutrition, Subcommittee on Selenium, 1971:79.
- [17] 孟协中, 张如命. 甘肃棘豆中生物碱的研究[J]. 草业学报, 1995, 4(1):6-8.
- [18] 曹光荣. 黄花棘豆有毒成分的分析[J]. 中国兽医科技, 1988, (3):41-43.

- [19] Russell J, Lynn F. Loco intoxication; Indolizidine alkaloid of spotted locoweed [J]. *Science*, 1982, 216(9):190.
- [20] Molyneux R J, James L F, Panter K E. Chemistry of toxic constituents of locoweed (*Astragalus* and *Oxytropis*) species[A]. *Seauright A A, et al. Plant Toxicology* [C]. Queensland, Australia; The Queensland Poisonous Plants Committee, 1984;266-278.
- [21] James L F, Hartley W J, Van Kampen K R. Syndromes of *Astragalus* poisoning in livestock[J]. *J Am Vet Med Assoc*, 1981,178:146-150.
- [22] Hertley W J. A comparative study of Swainsona spp. Poisoning in Australia with locoweed (*Astragalus* and *Oxytropis*) poisoning in North America [A]. Keeler R F, van Kampen K R, James L F. *Effects of Poisonous Plants on Livestock* [C]. New York; Academic Press, 1978; 363.

ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY OF SE AND DISCUSSION OF THE CAUSE OF LIVESTOCK POISONING RESULTING FROM POISONOUS GRASS IN THE HEXI CORRIDOR

SHAO Shu-xun^{1,2,3}, ZHENG Bao-shan², WANG Ming-shi⁴, LI Xiao-yan⁵,
LIU Xiao-jing², LING Hong-wen², LUO Chong⁴

(1. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;

2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;

3. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

4. College of Natural Resources and Environment, Henan University of Sciences and Engineering, Jiaozuo 454000, China;

5. Science College of Geobiology, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: Such a viewpoint has always been prevailing in selenium academic field for many years that the livestock poisoning due to having eaten poisonous grass is referred to as selenosis, which happened in Suzhou of Northwest China, recorded in 〈The Travel of Marco Polo〉 during the 13th century. However, even up to now, there has not been sufficient scientific evidence suggesting that the livestock poisoning is indeed a case of selenosis. In order to clarify the historic problem of whether livestock poisoning recorded by Marco Polo in 1295, is selenosis or not, the present study surveyed endemic livestock poisoning which has been prevailing in the Hexi Corridor in recent years, and the environmental geochemistry background of Se in Sunan County, the Hexi Corridor, which belongs to a part of Suzhou in ancient China. The results of investigation indicate: (1) the toxic grass which had caused Marco Polo's horses to be poisoned could be *Oxytropis*; (2) the average Se content in soils where *Oxytropis* grew is close to the mean value of the world soil; (3) Se level in *Oxytropis* is much lower than the threshold of 3.0 mg/kg to cause most farm animals to be poisoned. As a result, it is concluded that livestock poisoning, which happened in Suzhou, Northwest China, recorded by Marco Polo in 〈The Travels of Marco Polo〉 might not be selenosis, but the poisoning caused by toxic alkaloid components (Swainsonine) in *Oxytropis*.

Key words: Marco Polo; Hexi Corridor; environmental geochemistry; *Oxytropis*; selenosis; swainsonine