



Australian Government

Australian Centre for  
International Agricultural Research

**ACIAR WORKING PAPER NO. 59a**

中国西藏自治区  
家畜矿物质营养状况调查



# 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

尼玛扎西

西藏自治区农牧科学院，中国拉萨金珠西路153号  
email:ntashi@taaas.org

罗绪刚 余顺祥

中国农业科学院北京畜牧兽医研究所  
中国北京海淀区圆明园西路2号，100094  
email:wlysz@263.net

Geoff Judson

矿物质营养顾问，澳大利亚南澳洲豪松区Kent街49号  
email:judson@adelaide.on.net

© 澳大利亚联邦 2008

本书受版权保护，除1968年生效版权法许可之外，本书中任意内容未经联邦书面许可，不得以任何方式复制。涉及复制本书或其版权内容的请求需提交至下列地址或在<http://www.ag.gov.au/cca>网站上发布：

Commonwealth Copyright Administration  
Attorney General's Department  
Robert Garran Offices  
National Circuit  
Barton ACT 2006

出版发行：澳大利亚国际农业研究中心  
澳大利亚堪培拉  
首都地区2601（ACT2601）  
邮政总局信箱1571  
电话：61 2 6217 0500  
[aciar@aciar.gov.au](mailto:aciar@aciar.gov.au)

尼玛扎西，罗绪刚，余顺祥，Judson, G. 2008。  
中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查。ACIAR专题论文No. 59a

原书于2005年用英文印刷

ISBN 978 1 921434 37 2（出版刊号）

ISBN 978 1 921434 389（在线电子出版刊号）

参与人员：色珠、赵好信、次仁多吉、杨德全、吴金措姆、巴桑珠扎、拉巴次旦、李晓忠、余永新、四朗玉珍、何冰梅

翻译人员：曾江勇、吴金措姆、罗绪刚、余顺祥、吕林

排版、印刷：北京世尊风尚数码科技有限公司（中国）

# 前言

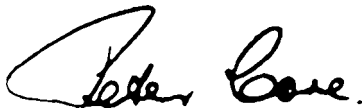
畜牧业是西藏自治区的支柱产业，它以不同的生产方式饲养着大量的牦牛、黄牛、绵羊和山羊。人们虽然怀疑该地区的牲畜患有碘缺乏病和硒缺乏病，但对那里动物的矿物质和微量元素营养状况究竟如何却知之甚少。

本项研究的参加人员为西藏农牧科学院畜牧研究所、中国农业科学院北京畜牧兽医研究所和澳大利亚的有关科学家，这是一项合作研究成果。科学家对处于不同环境和生产方式下的牦牛、黄牛、绵羊和山羊的矿物质和微量元素营养状况进行了检测。这项工作包括采集动物的血液、奶样、尿液和粪样以及放牧草场的牧草样本和补添饲料样本；并对所采样本进行化验和分析。

该项研究对西藏地区牲畜的多种矿物质和微量元素营养状况进行了普查。查出了一些可能限制西藏牲畜生产性能的常量和微量元素。此类矿物质元素的临界缺乏可能会降低动物的奶类生产、生长速度、羊毛生产和动物的受精率。严重缺乏时还会导致牲畜迅速消瘦和死亡率增加。在放牧情况下经常遇到的这类问题并非严重的矿物质缺乏病，而是临界缺乏，这类亚临床疾患易被忽视。因为动物的生产性能降低难以被人们察觉，故会造成巨大的经济损失。

参与此项研究的科学家们一致认为应该进行放牧动物的野外补饲试验，以便评估动物的产奶、产毛和增重对补饲矿物质的反应，从而找出补添矿物质的最佳成本效益方法。

该项研究工作不仅大大提高了人们对西藏自治区的畜牧业需要矿物质和微量元素元素的认知，还为该地区引入了牲畜钴缺乏症和碘缺乏症的最新诊治技术。



彼得·考

澳大利亚国际农业研究中心主任

该图片由澳大利亚新南威尔士州基础产业部的John Wilkins提供



牦牛在拉萨河谷耕地，一些矿物质缺乏病可能会限制西藏的畜牧业生产

该图片由澳大利亚国际农业研究中心的王广林提供



泌乳奶牛是最易患矿物质缺乏病的动物

# 目录

<b>前言</b>	<b>3</b>
<b>摘要</b>	<b>7</b>
<b>背景</b>	<b>7</b>
<b>材料与amp;方法</b>	<b>9</b>
地点和家畜	9
样品的收集	9
化验分析	11
质量控制	13
数据分析	13
<b>结果与amp;讨论</b>	<b>15</b>
家畜与饲料	15
常量矿物质	18
微量元素	22
<b>结论</b>	<b>31</b>
<b>致谢</b>	<b>33</b>
<b>参考文献</b>	<b>34</b>
<b>图清单</b>	
1. 西藏四个主要家畜生产区	8
2. 西藏牧草和饲料中硒含量的调查	10
3. 所选供采集样品的牲畜所在县的地区分布	10
4. 牧主所在地区（牧主的编号为K1-K40），其中绵羊（K1, K3, K5, K7, K9-K12, K25-K28, K33, K34, K39, K40），黄牛（K13-K20）和牦牛（K2, K4, K6, K8, K21-K24, K29-K32, K35-K38）	11
5. 铜状况正常（蓝色符号）和铜缺乏（红色符号）绵羊（●）、黄牛（■）和牦牛（◆）的分布区域	26
6. 绵羊、黄牛和牦牛的平均血硒浓度与平均血浆T3浓度间的关系	28

## 表格

1. 1999年西藏四个主要家畜生产区各种家畜的近似数量 (单位: 万)	8
2. 用于分析全血、血浆、尿液和脱脂乳营养成分的外部质量对照样品	14
3. 用于分析牧草、饲料和粪便中矿物质的外部质量对照样品	14
4. 用于化学分析的各种样品详细数量	15
5. 牧草和各种补充饲料中蛋白质和主要矿物质 (g/kg干物质) 的平均浓度和范围	16
6. 各个采集地牧草和补充饲料样品中蛋白质和主要矿物质的含量 (g/kg干物质), 在各个县之间的牧草和补充饲料平均值 ( $P < 0.05$ )	17
7. 牧草和各种补充饲料中微量元素的平均值 (单位: mg/kg干物质) 和范围, 及铜、钼的比率 (mg/mg)	19
8. 样品各个采集地中牧草和补充饲料中微量元素 (mg/kg干物质) 的含量, 以及铜、钼的比率 (mg/mg), 不同地点微量元素的平均值是有差异的 ( $P < 0.05$ )	19
9. 血浆 (mmol/L) 中无机磷和粪便 (g/kg干物质) 中磷的平均浓度	20
10. 血浆中钙 (mmol/L) 和白蛋白 (g/L) 的平均浓度, 粪便 (g/kg干物质) 中钙的平均浓度	20
11. 尿液 (mmol/L) 和粪便 (g/kg干物质) 中钠的平均浓度	21
12. 尿液 (mmol/L) 和粪便 (g/kg干物质) 中钾的平均浓度	22
13. 血浆、尿液 (mmol/L) 和粪便 (g/kg干物质) 中镁的平均浓度	23
14. 血浆和脱脂乳中VB <sub>12</sub> 的平均浓度 (pmol/L)	23
15. 粪便中钴、铜和钼的平均浓度 (mg/kg干物质)	24
16. 不同种类家畜血浆中三氯乙酸可溶铜的平均浓度和三氯乙酸可溶铜中总铜量的平均百分比 ( $\mu\text{mol/L}$ )	25
17. 黄牛、牦牛尿液和脱脂乳中碘的平均浓度 ( $\mu\text{g/L}$ )	27
18. 不同家畜血浆中T <sub>4</sub> 和T <sub>3</sub> 的平均浓度 (nmol/L)	27
19. 各县家畜血液中硒的平均浓度 ( $\mu\text{mol/L}$ )	29
20. 血浆和粪便中锌的平均浓度 ( $\mu\text{mol/L}$ )	30
21. 血浆 ( $\mu\text{mol/L}$ ) 中铁的平均浓度, 粪便 (mg/kg干物质) 中铁和镁的平均浓度	31

## 摘要

本研究项目针对西藏7个主要家畜生产区的40个牧户的家畜开展了矿物质营养方面的调查。这次调查的家畜包括当雄、林周、那曲的绵羊和牦牛，日喀则岗巴的绵羊，嘉黎的牦牛、白朗和江孜的黄牛；项目进行时间是秋末至初冬、冬末至初春，在此期间所用动物是怀孕母羊和泌乳黄牛和牦牛；采集的测试样品是不同种类家畜的血液和粪样、黄牛和牦牛的尿液和乳液，还有各采集地的牧草和农副产品补充饲料样品，补充饲料范围很广，常用的补充饲料为谷物类干草、秸秆和青稞粉。

总体来说，家畜状况良好至较差，牧草质量较差，因为其蛋白质含量低。这份调查报告将把矿物质区分为主要矿物质和微量元素两部分，矿物质缺乏限制家畜的生产性能。西藏地区家畜广泛缺乏钠和磷，特别是绵羊和牦牛。许多地方的绵羊缺乏钙。当雄的绵羊、所有采集地的黄牛和牦牛都缺乏铜，除岗巴的绵羊外所有采集地的绵羊和当雄、嘉黎、林周的牦牛缺乏硒。西藏地区家畜几乎不缺乏碘，但是在绵羊上硒含量低时会削弱碘的利用。

矿物质缺乏对家畜的生产性能有限制作用，如果西藏开展一些检测和防治矿物质缺乏及紊乱方面的技术培训，将对西藏畜牧业可持续发展起到推动作用。要加强当地家畜在饲喂矿物质时奶产量、羊毛产量或体重变化情况以及有效矿物质添加方法的研究工作，并将家畜矿物质营养的调查和评价工作扩大到其它主要家畜生产区，也将把调查与评价的时期扩大到温暖湿润的季节，因为这时家畜的生产性能不受能量和蛋白质的限制，随着家畜生产水平的提高，家畜缺乏矿物质状况会变得更加严峻，以前虽未出现矿物质缺乏，但现在也可能发生。

## 背景

西藏（简称TAR）土地面积为120多万平方公里，占全国面积的八分之一，西藏也是中国经济最落后的省份之一。西藏自治区划分为六个地区和一个市，分别为日喀则、山南、那曲、昌都、阿里、林芝地区和拉萨市。七个地市共有900多个城镇、74个县、7,000多个村。

西藏自治区种植业和林业局限于不多的几个地区，这是因为西藏生长季节短且以牧业为主的缘故。尼玛扎西（2003）把西藏畜牧生产区划分为四种类型，分别为纯牧区、半农半牧区、农区畜牧业和农林牧混合区（图1）。纯牧区分布在西藏北部地区（包括17个县），以游牧管理为主的草原和草地畜牧业，暖季（4-9月）在海拔较高的地方放牧，冷季在河谷流域地区放牧。农区分布在西藏的中部地区（包括18个县），农区畜牧业主要依靠农作物秸秆和副产品来喂养家畜，比如麦类作物的秸秆，特别是冬春季多半以秸秆喂养家畜，夏天农区畜牧业主要在地势较高的河谷和山坡上放牧，但是这些地方由于干燥，牧草长势不好。处于纯牧区和农区之间的半农半牧区畜牧业（包括27个县）主要靠放牧，同时以农副产品为补充饲料，半农半牧区草场分为冬季草场和夏季草场，冬季草场通



## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

常在地势较低的地方，用于冬春季节放牧；地势较高的地方用于暖季和雨季放牧（7-9月）。农林牧混合区分布在西藏东南部（包括9个县）。

1999年西藏大约有550万头大家畜（牦牛，黄牛，犏牛（牦牛和黄牛杂交的牛），马，和驴），1,560万只绵羊和山羊，大约20万头猪。四个主要家畜生产区各种家畜的总量见表1。牦牛、绵羊、山羊和马匹普遍分布于所有家畜生产区，牧区很少有黄牛和犏牛。

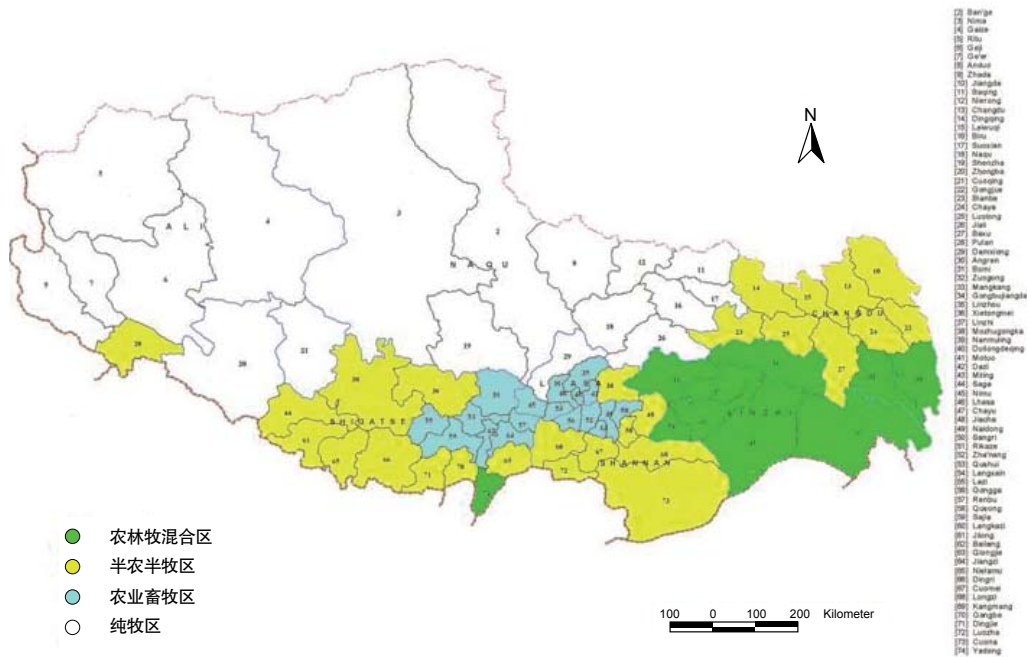


图1、 西藏四个主要家畜生产区

表格1、 1999年西藏四个主要家畜生产区各种家畜的近似数量（单位：万）

类型区	牦牛	黄牛	犏牛	马	绵羊	山羊
纯牧区	1,780	21	2	111	5,261	2,614
半农半牧区	1,406	369	166	55	2,268	1,190
农业畜牧区	422	443	49	43	2,310	1,253
农林牧混合区	268	167	102	39	543	134
总量	3,876	1,000	319	248	10,382	5,191

总而言之，在夏末秋初牧草和农作物残茬尚能满足家畜的营养需要，但是冬末春初牧草和农作物残余物不能满足家畜的营养需要，此时能量和蛋白质摄取的不足限制家畜生产性能。由于能量和蛋白质等主要营养物质的缺乏，这些季节里家畜体内矿物质和微量元素情况尚不清楚。据说磷、钠、碘缺乏可能影响家畜生产性能（Tashi 2003；John Chesworth，个人交流；Garry Nehl，个人交流）。西藏地区的家畜可能普遍缺碘，因为已有报道西藏地区的居民缺乏碘（Hetzel 1989）。全国性的调查了家畜饲草饲料中的硒（Liu et al. 1987），结果表明西藏绝大多数地区家畜缺硒（图 2）：饲料中硒的含量大于0.05mg/kg干物

质可预防绵羊和黄牛的硒缺乏症（SCA 1990）。需要关注的是硒的缺乏能加重碘的缺乏症，因为（T4）转化成有甲状腺素的活性形式T3，这个过程中需要硒（Underwood and Suttle 2001）。

本研究项目的目的是：评价西藏主要家畜生产区的绵羊、黄牛、牦牛等家畜矿物质营养状况，为家畜有效饲养提供科学依据。

## 材料与amp;方法

### 地点和家畜

由于交通不便，调查地点仅限于七个从拉萨容易到达的县，调查采样地点示（图3）。所选的县代表三个主要畜牧业生产区，分别是纯牧区（当雄，嘉黎和那曲）农区（白朗、江孜、林周）和半农半牧区（岗巴）（图1）。

在各个县所选的家畜品种分别为当雄、林周、那曲的绵羊和牦牛，日喀则岗巴的绵羊，嘉黎的牦牛，白朗和江孜的黄牛。每个县每种家畜选四个牧户，共对40个牧户的家畜进行了调查。其中绵羊16户，黄牛8户，牦牛16户。这40户用K1至K40来标号。这40户所在位置示图4。

幼畜、孕畜，泌乳畜最易患矿物质缺乏症，但是本项调查却只能在孕畜和泌乳畜体上进行，畜主不允许我们从幼畜身上采集样品。故此这份调查中只得到了怀孕母羊，泌乳期黄牛和牦牛的样品。每户每种家畜选10个，采集的样品有血液、粪（所有种类的家畜）、奶液和尿液（黄牛和牦牛）。

### 样品的收集

在2003年11月至12月（秋末——冬初）期间，对代号为从牧户K1至K20中采集了所需的这些样品。2004年2月至3月（冬末——春初）期间，对牧户K21至K40进行采样和调查，将所采集的血液、尿液、乳液和粪便等样品进行了化验分析。另外，也对采集的牧草和饲料进行了化验分析。

用20mL注射器从颈静脉采血，绵羊采30mL血液，黄牛和牦牛采20mL血液，然后把血分装在容量为10mL的内装有肝素锂抗凝剂（No. 469924121, Sarstedt Australia Pty Ltd）的旋盖式塑料管中，每个家畜的血样中大约3 mL的全血倒入另外的空的旋盖式塑料管中，用于血样硒含量的分析，其余的血样都放入离心机里，分离血细胞和血浆，血浆是用于分析常量矿物质和微量元素。

家畜尿的采集主要是中段的30ml，放入70mL的塑料容器中，盖好螺盖，用于分析家畜体内矿物质、碘；奶样也采集30mL放入70mL带螺盖的塑料容器中，隔夜冷藏，目的是将奶油从牛奶中分离出去，除去奶油的脱脂乳用于维生素VB<sub>12</sub>和碘含量的分析。将野外采集的所有样品加冰砖冷藏，送到西藏农牧科学院（简称TAAAS）实验室，全血、血浆和脱脂乳样品存放在-20℃冰箱里，尿样存放在4℃冰箱中。

# 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

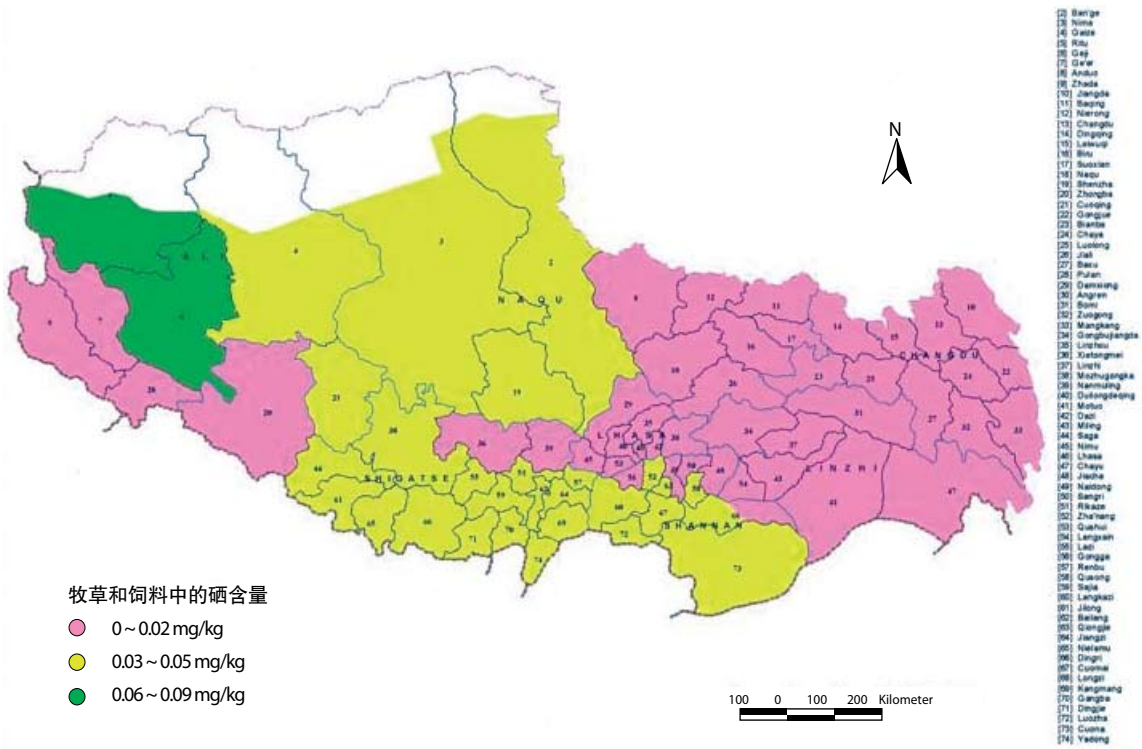


图2. 西藏牧草和饲料中硒含量的调查

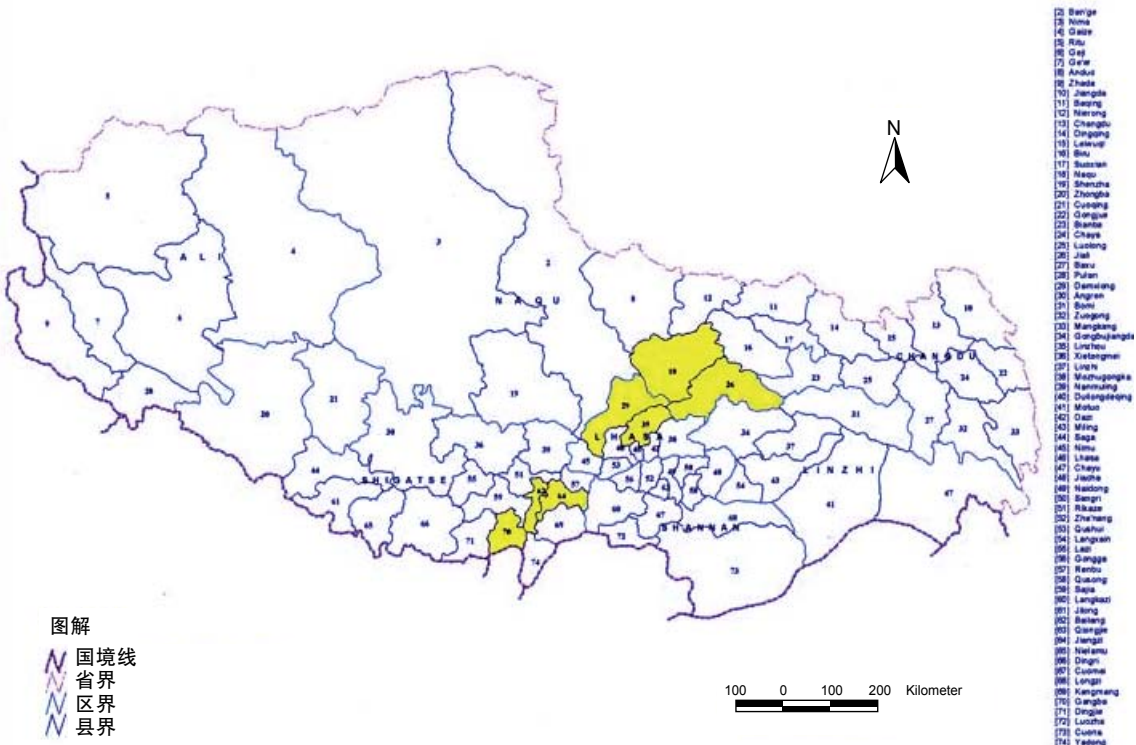


图3. 所选供采集样品的牲畜所在县的地区分布

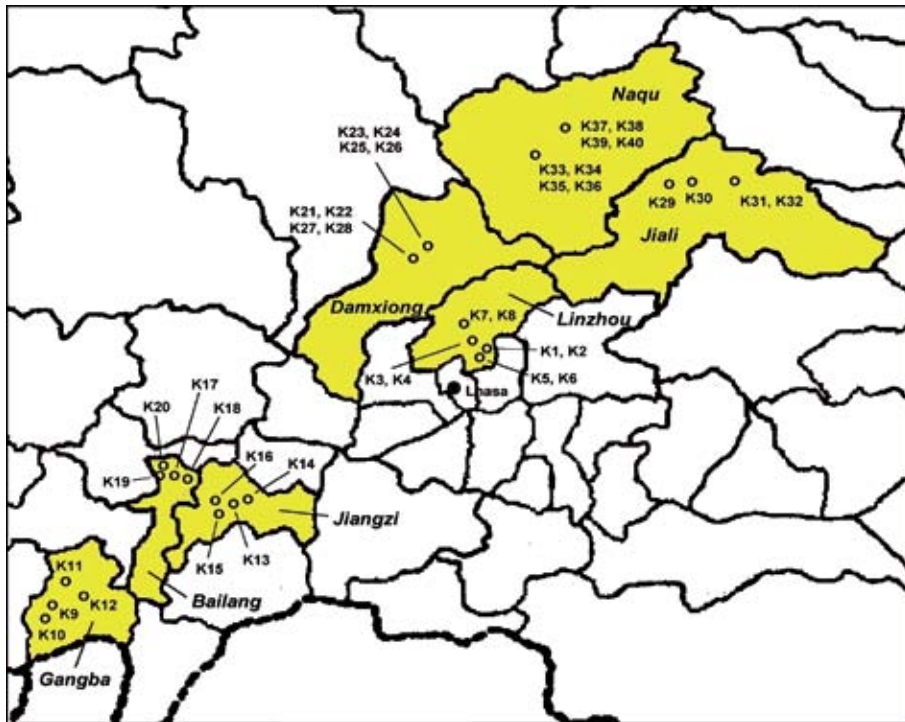


图4. 牧主所在地区（牧主的编号为 K1-K40），其中绵羊（K1, K3, K5, K7, K9-K12, K25-K28, K33, K34, K39, K40），黄牛（K13-K20）和牦牛（K2, K4, K6, K8, K21-K24, K29-K32, K35-K38）

粪、牧草和补充饲料样品用于常量矿物质和微量元素分析牧草和补充饲料用于氮的测定。从采血样的10头家畜中选5头，从这5头家畜直肠中分别采集（大约25克）粪样；采血的时候也在供敌国动物放牧的草场上横穿整个牧场，至少选八个采样点，随机采集草样（200 - 300 g），采集牧草时要小心，要避免牧草样品被土壤污染；同时采集家畜当时所吃的饲料样品（200 - 300 g），各采一份用于化验分析。将野外采集的粪、饲草饲料样本先常温保存，到了西藏农科院实验室后在60℃温度下烘干，所有的样本加冰砖包装后空运至中国农科院（简称CAAS）实验室，用于各项化学分析。

## 化验分析

中国农科院收到这些样品后，把血液、血浆、尿液和脱脂奶存放在-20℃的冰箱中。烘干的牧草、补充饲料和粪样用不锈钢研磨机研磨，用筛孔直径为1毫米的筛子过筛。大多数样品均设重复。重复的结果通常是相似的（误差<5%），但是有两个重复化验结果的差异超过误差最低值，故未用其化验结果。

### 硒

对全血、牧草、补充饲料和粪样用酸消化，去除样品中的有机物，释放的硒与2, 3—二氨基萘（简称DAN）起反应，形成苯硒脑，它是一种荧光硒——二氨基萘的合成物（Watkinson 1979），苯硒脑被浓缩在环己烷中，同时硒可以用荧光分光光度计进行定量。

### 血浆铜和无机磷酸盐

在1mL血浆中加入2mL 10%（质量/体积）的三氯乙酸（简称TCA）来沉淀血浆中的蛋白质，上层清液中的铜（TCA-可溶铜）用电感耦合等离子体发射光谱仪（简称ICP）来测定（IRIS Intrepid II, Thermo Electron Corporation, USA）。这种分析法是上层清液中的无机磷酸盐经一种钼酸盐试剂处理，再加还原剂对氨基萘酚磺酸，结果显示蓝色，最后用比色法来测定磷（Cary 100 Bio UV Visible Spectrophotometer, Varian, USA）。

### 维生素B<sub>12</sub>

血浆和脱脂乳中的VB<sub>12</sub>用放射性同位素分析用的试剂盒来测定（Solid Phase No Boil, Diagnostic Products Corporation, USA）。这个检测要根据厂商的说明书进行，除变质的血浆和牛奶外，其余的样品先在开水中放置10分钟，然后转移到37℃的培养箱中放置30分钟。有放射活性的VB<sub>12</sub>（即<sup>57</sup>Co-VB<sub>12</sub>）加到这些样品中，它会和样品中固有的VB<sub>12</sub>竞争粘合点即受体，粘有放射性同位素的受体会分离出来，以微克为单位（HP Ge r-Spectroscope fitted with a coaxial germanium detector GC 2519, Canberra Industries, USA）计算放射性同位素数，所得数再转化为浓度，标出VB<sub>12</sub>的浓度曲线，最后与VB<sub>12</sub>浓度标准曲线相对比，得出样品中VB<sub>12</sub>的浓度。

### 血浆中三碘甲腺原氨酸和四碘甲腺原氨酸

激素中碘含量的检测用商业化应用的试剂盒（Coat-A-Count Total T3 and Coat-A-Count Total T4, Diagnostic Products Corporation, USA）这种检测是<sup>125</sup>I-T3和<sup>125</sup>I-T4竞争粘合点受体的过程，血浆中的T3和T4粘合到添加的抗体上，计数分离出的抗体数以微克为单位（FT-609, China），将把所得数标在坐标曲线上，测出样品中T3和T4的总量。

### 碘

尿液和脱脂乳中碘的测定用电化学法测定样品中的碘化物，用Masters et al.（1996）所描述的离子电极仪（TPS Pty Ltd, Brisbane, Australia）来测定。

### 血浆中的白蛋白

用比色法（Cary 100 Spectrophotometer）来测定血浆中的白蛋白，所用试剂盒（Zhongsheng Beikong Bio-Technology and Science Inc.）含有易与白蛋白相结合的溴甲酚绿，这种试剂盒可在市场购得。

### 尿比重

尿样的比重是用每单位体积尿液的重量来测定的。

### 常量和微量元素

血浆、尿液、牧草和补充饲料中矿物元素的检测用电感耦合等离子体发射光谱仪来测定（IRIS Intrepid II, Thermal Company）。元素检测前先把样品中的有机物破坏掉，方法是将0.5 g的饲料或0.5 g的粪样加到5 mL硝酸中，1mL血浆或2mL尿液加到5mL硝酸中，最后在密封的器皿中用微波消化系统加热（MARS - 5 Microwave Accelerated Reaction System, CEM Corporation）。用煮沸的方法将

酸从消化了的样品中清除，其残渣用2%（重/体积）的硝酸稀释至10mL（饲料、粪和尿）或者5mL（血浆）。

### 蛋白质

牧草和补充饲料中氮的测定用凯氏定氮法。这种方法是用硫酸氧化有机物，然后测定产生的氨，最后换算出氮的量。样品中粗蛋白的含量用氮的含量值乘以6.25来估测。

## 质量控制

全血、血清、尿液（Seronorm™ Trace Elements, Sero AS, Norway）、以蛋白为基础的控制（Anemic Control, Diagnostic Products Corporation, USA）、脱脂奶粉（Standard Reference Material 1549, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, USA）、黑麦草（Certified Reference Material 281, Community Bureau of Reference, Brussels, Luxembourg）和牛肝粉（GBW-E 080193, China）用于质量控制。对于牛奶中碘的测定是将0.909 g脱脂奶粉加到10mL蒸馏水中，所得的碘的计算值为305-309 μg/L。

表格2和3列出了矿物质和微量元素外部质量控制的详细数据，具体给出了标准值和中国农科院测得的值：外部质量控制不用于血浆中无机磷、白蛋白、T3和T4的测定，也不用于牧草和补充饲料中氮的测定。这些样品的测定值通常在所给的标准值范围之内（表格2和表格3），表明中国农科院所用方法是较精确的和可再现的。然而贫血控制测得的VB<sub>12</sub>的值明显大于可接受值（表格2）。曾遇到VB<sub>12</sub>测定技术上的一个难题，（测定样品中低量同位素<sup>57</sup>Co仅为预期值的10%），这关系到以微克计算的基础数。相反，测定血浆中T3和T4时可通过回收同位素<sup>125</sup>I来获得。因为贫血控制中测得的VB<sub>12</sub>的值与可接受值之间相互矛盾（表格2），所以测定的血浆和脱脂乳中VB<sub>12</sub>的浓度只能作为近似值对待。

黑麦草中常量元素的测定：只有钾的测定值低于标准值的范围（表格3）。钠和硫的标准值对黑麦草是不可利用的。在Adelaide大学测定这些元素获得的值都比中国农科院测得的值高（表格3），为了确定黑麦草中钠和硫的真实浓度，建议到别的实验室进一步分析化验。在中国农科院测定钴和钼获得的值在标准范围之内（表格3）。然而，这些分析已经接近中国农科院分析程序的可查明极限，所以牧草和粪便中这些元素的值只能作为近似值对待。

## 数据分析

对全血、血浆、牛奶、和粪等样品测定的数据进行了分类分析。用统计学方法分析了每种元素在不同的县之间，不同的牧户之间，同一个县不同牧户之间，同一个牧户不同家畜之间的差异。收集的尿样太少，因此对其数据没有进行统计学分析。牧草和一般补充饲料的主要矿物质和微量元素也进行了分类分析，以明确不同县之间是否存在差异。

## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

表格2. 用于分析全血、血浆、尿液和脱脂乳营养成分的外部质量对照样品

测试的质量对照样品	单位	证实值 <sup>a</sup>	中国农科院值
全血中微量元素 水平2 硒	μmol/L	1.44 - 1.65	1.47 - 1.68
血浆中微量元素 水平2			
钙	mmol/L	2.7 - 3.1	2.72 - 3.14
镁	mmol/L	1.12 - 1.25	1.09 - 1.28
磷	mmol/L	1.26 - 1.42	1.31 - 1.51
钾	mmol/L	5.6 - 6.5	5.4 - 6.4
硫	mmol/L	38 - 45	38 - 45
钠	mmol/L	155 - 174	154 - 173
铜	μmol/L	38 - 43	38 - 43 (38 - 48) <sup>b</sup>
铁	μmol/L	32 - 36	32 - 39
锌	μmol/L	13 - 15	13 - 15
尿液中微量元素			
钙	mmol/L	2.59 - 2.79	2.5 - 2.8
碘	μg/L	264 - 300	270 - 290
镁	mmol/L	2.10 - 2.35	2.2 - 2.3
磷	mmol/L	17.8 - 20.3	16 - 19
钾	mmol/L	49.0 - 53.6	49 - 51
钠	mmol/L	106 - 117	106 - 116
硫	mmol/L	16 - 18	16 - 18
贫血控制 VB <sub>12</sub>	pmol/L	94 - 134	210 - 357
脱脂乳粉中 碘	μg/L	305 - 309c	305 - 320

a. 通常平均值的可信度为 ± 95%

b. 括号中的值是分析三氯乙酸可溶铜时得到的数

c. 钙的值 (μg/L) (请看正文)

表格3. 用于分析牧草、饲料和粪便中矿物质的外部质量对照样品

对照样品	单位	证实值 <sup>a</sup>	实验值 <sup>b</sup>		中国农科院值 <sup>c</sup>
黑麦草中					
钙	g/kg	(7.02 - 7.38)	6.49 - 7.01	6.80	6.64 - 6.99 (6.11 - 7.12)
钾	g/kg	(29.8 - 40.6)	27.2 - 36.0	32.0	23.8 - 26.1 (22.2 - 26.1)
镁	g/kg	(1.62 - 1.70)	1.55 - 1.63	1.52	1.45 - 1.57 (1.41 - 1.63)
磷	g/kg	(2.20 - 2.40)	1.99 - 2.31	2.40	2.38 - 2.61 (2.22 - 2.61)
钠	g/kg	n/a	-	3.70	2.83 - 3.25 (2.75 - 3.37)
硫	g/kg	n/a	-	3.20	3.04 - 3.13 (2.75 - 3.15)
钴	mg/kg	(0.08 - 0.16)	-	-	0.08 - 0.11 (0.08 - 0.11)
铜	mg/kg	9.3 - 10.0	9.7 - 9.9	-	9.8 - 10.0 (9.4 - 10.0)
铁	mg/kg	(138 - 190)	-	148	143 - 168 (142 - 170)
锰	mg/kg	79 - 84	76 - 77	-	80 - 83 (81 - 83)
钼	mg/kg	0.78 - 0.90	-	-	0.75 - 0.85 (0.76 - 0.86)
硒	mg/kg	0.024 - 0.032	-	-	0.025 - 0.026
锌	mg/kg	30 - 33	32 - 33	-	31 - 32 (30 - 33)
牛肝脏粉中 硒	mg/kg	0.48 - 0.58	-	-	0.50 - 0.57

a. 通常平均值的可信度为 ± 95%。括号中的值是预示值。n/a的值是无用的值。

b. 范围 (平均 95% 可信度) 由 Madejon et al. (2003) 发表的, 个别数据是 University of Adelaide, Waite Analytical Services, South Australia (2004) 发表的。

c. 中国农科院分析饲料时所获得的数值。

## 结果与讨论

### 家畜与饲料

所有被调查与采样的农（牧）户的家畜都能基本维持体重，但都是处于中下等营养水平。收集了394个家畜的血样（表格4），其中367个为母畜的血样和27个为公畜血样。这些公畜来自9个牧户：分别是K1（3个公畜），K3（2个公畜），K6（1个公畜），K9（6个公畜），K10（2个公畜），K11（5个公畜），K12（6个公畜），K19（1个公畜），K20（1个公畜）。这些家畜年龄一般都在2岁以上，除K1、K7、K14和K20牧户各有一个小于2岁的家畜。收集的尿样很少，这是因为尿样很难收集并保质保量，收集到的尿样因为家畜乱动而易被污染。收集了绝大部分被调查与采样的牦牛的奶样和一半以上黄牛的奶样（表格4）。在本次调研与采样中的家畜除了黄牛外，其他家畜都是放牧饲养的。

表格4. 用于化学分析的各种样品详细数量

家畜品种和地点	牧户数	样品数量						
		全血	血浆	牛奶	尿液	粪	牧草	饲料
绵羊								
当雄	4	40	40	-	-	21	-	9
岗巴	4	40	40	-	-	20	3	7
林周	4	40	40	-	3	22	4 <sup>a</sup>	7
那曲	4	40	40	-	-	20	3	12
黄牛								
白朗	4	34	34	19	2	20	-	15
江孜	4	40	40	25	6	20	-	14
牦牛								
当雄	4	40	40	37	20	19	-	11
江孜	4	40	40	40	15	20	2	13
林周	4	40	40	31	1	20	4 <sup>a</sup>	9
那曲	4	40	40	39	32	21	1	13
总量	40	394	394	191	79	203	13	110

a. 林周县绵羊和牦牛的牧草样品都是天然草场的草。

此次调研的家畜中绵羊和牦牛是放牧饲养的，黄牛是圈舍饲养。调研期间可采食的牧草很少，特别是二月至三月的牧草被雪覆盖着。青藏高原地区牧草生长期通常在五月至九月之间，这个时候气候温暖，雨量较多。Long et al. (1999a) 将放牧家畜可采食牧草分为三个阶段：（i）6月至9月青草充裕阶段，（ii）10月至1月成熟干枯的牧草比较充裕阶段，（iii）2月至5月干牧草短缺阶段。

在本次调研中了解到绝大多数牧户都给家畜饲喂补充饲料，如谷物、青稞粉。除牧户K35（表格4）外，从其它所有牧户的家中采集了食草和补充饲料样品。给家畜饲喂补充饲料的种类很广，所采集样品包括谷物类干草和秸



## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

秆（42份），青稞粉（32份），油菜籽粉（6份），豌豆秸秆（8份），青稞酒糟渣（6份），茶叶渣（6份），豌豆籽粒（3份），西藏荨麻干草（3份），奶渣（2份），萝卜干（1份）和油菜秸秆（1份）。在调研中没有发现牧户给家畜喂矿物质补添加剂的。

牧草和主要补充饲料中蛋白质含量和矿物质含量的平均值列在表格5和7中。澳大利亚绵羊和黄牛饲料中矿物质推荐量也列在表格5和7中，蛋白质的日需要量估测值也列在（表格5）中。牦牛的矿物质日需要量未见报道，因此，在这次调研中，设定牦牛对矿物质的日需要量近似于黄牛。对青藏高原的家畜来说我们所推荐的矿物质需要量仅可视为参考值。已发表的家畜矿物质需要量在各个国家之间是不相同的，这也部分反映可变性安全临界值高于最低需要量的差异（White 1996）。安全临界值的高低反映在一定条件范围内矿物质营养的吸收量、效率等方面的差异。可根据微量元素对家畜免疫作用的影响和对疾病敏感性的影响程度来修正（表格7）中所估计的家畜矿物质的需求值（McDowell 1996a）。

表格5. 牧草和各种补充饲料中蛋白质和主要矿物质（g/kg干物质）的平均浓度和范围

样品 <sup>a</sup>	蛋白质	钙	磷	镁	钾	钠	硫
要求 <sup>b</sup> : 绵羊	90 - 130	1.5 - 2.6	1.3 - 2.5	1.2	5.0	0.7 - 0.9	2.0
黄牛	110 - 130	1.9 - 4.0	1.8 - 3.2	2.0	5.0	0.8 - 1.2	1.5
牧草（10 - 13）	67 19 - 143	4.9 2.9 - 9.7	0.8 0.2 - 1.5	1.1 0.4 - 1.8	6.3 1.7 - 11.0	0.2 <0.1 - 1.3	0.8 0.4 - 1.1
谷物类（41）	78 28 - 169	7.0 0.8 - 53.4	1.6 0.4 - 3.5	1.4 0.4 - 5.3	13.3 6.1 - 29.5	0.6 <0.1 - 3.7	1.3 0.4 - 3.2
大麦粉（32）	112 87 - 154	0.9 0.4 - 3.2	3.4 2.4 - 6.0	1.3 0.8 - 2.5	5.1 2.3 - 8.0	0.2 <0.1 - 3.1	1.1 0.8 - 1.8
大麦酒糟渣（6）	283 230 - 319	2.1 0.9 - 6.0	5.3 4.1 - 9.6	1.6 0.7 - 4.2	3.2 1.9 - 8.4	0.2 <0.1 - 0.6	3.4 2.3 - 6.4
大豆秆（7 - 8）	174 149 - 190	8.4 5.2 - 9.7	1.9 0.7 - 4.1	2.0 1.1 - 2.6	14.1 9.9 - 20.4	0.1 <0.1 - 0.1	1.2 0.8 - 2.3
油菜粉（6）	355 02 - 393	4.2 1.2 - 6.2	9.5 3.5 - 13.0	3.5 0.7 - 5.6	8.8 1.9 - 11.8	0.1 <0.1 - 0.2	9.2 3.3 - 11.9
茶叶渣（5 - 6）	180 171 - 191	10.1 8.2 - 11.3	1.6 1.4 - 1.9	1.9 1.6 - 2.2	3.3 2.5 - 3.7	0.3 0.3 - 0.4	1.8 1.5 - 2.1

a. 括号里的数字表示样品数量

b. 所排到的数据中，数值大的是幼畜或泌乳畜的值（SCA 1990）。

按统计学分析表明：虽有四个县的牧草样品常量矿物质除镁外含量相近（ $P > 0.05$ ）；但蛋白质的含量误差较大（ $P < 0.001$ ）（表格6）。总的来看岗巴县、林周县和那曲县的牧草中蛋白质含量低，说明这些牧草质量差，大概干物质消化率也少于50%（Lu 1996）。这些牧草的钙和钾充足、磷、镁和硫只能满足最低需要，除了一种牧草样品外，其他牧草与家畜所需量相比显著地缺钠（表格5）。

与家畜矿物质需要量比较，在家畜补充饲料中缺乏矿物质较多，特别是钠（所有补充饲料），钙（青稞粉和青稞粉渣），磷（谷类干草和秸秆），钾（青稞酒糟渣和茶叶渣），镁（谷物秸秆，青稞粉渣和青稞粉）和硫（谷类秸

## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

杆，青稞粉渣和豌豆秸秆）。硫的需求与饲料中氮含量有密切的关系，因为瘤胃微生物需要硫和氮来合成含硫氨基酸。牧草和补充饲料中氮的含量很低（谷类秸秆和青稞粉），这未必是硫限制了氮的含量，因为饲草饲料中硫和氮的最佳比例绵羊大概是13:1，黄牛为14:1（SCA 1990）。

统计分析表明大部分补充饲料中的蛋白质和一些矿物质的含量在各个县之间有差异（ $P < 0.05$ ）。茶叶渣没有经统计分析，因为茶叶渣仅在那曲的一个县的补充饲料中所采集。各个县的每种补充饲料成分之间的差异（ $P < 0.05$ ），示表格6和8。

表格6. 各个采集地牧草和补充饲料样品中蛋白质和主要矿物质的含量（g/kg干物质），在各个县之间的牧草和补充饲料平均值（ $P < 0.05$ ）

样品/组成	县 <sup>a</sup>							S of D <sup>b</sup>
	白朗	当雄	岗巴	嘉黎	江孜	林周	那曲	
牧草								
蛋白质	-	-	25 (3)	125 (2)	-	63 (4)	72 (4)	***
镁	-	-	0.6 (3)	0.8 (1)	-	1.2 (4)	1.6 (4)	*
谷类甘草								
蛋白质	37 (4)	62 (7)	93 (4)	118 (5)	33 (4)	115 (8)	68 (9)	***
磷	0.7 (4)	1.0 (7)	0.9 (4)	3.1 (5)	0.6 (4)	2.3 (8)	1.6 (9)	***
钾	9.6 (4)	10.8 (7)	8.1 (4)	19.6 (5)	10.3 (4)	15.2 (8)	15.3 (9)	***
钠	2.9 (4)	0.1 (7)	0.3 (4)	0.1 (5)	1.8 (4)	0.2 (8)	0.2 (9)	***
大麦粉								
蛋白质	115 (4)	101 (6)	90 (3)	132 (2)	130 (4)	107 (7)	117 (6)	***
硫	1.1 (4)	0.9 (6)	1.1 (3)	1.2 (2)	1.3 (4)	1.2 (7)	1.1 (6)	*
大豆杆								
磷	-	1.6 (7)	-	4.1 (1)	-	-	-	*
钾	-	13.2 (7)	-	20.4 (1)	-	-	-	*
硫	-	1.1 (7)	-	2.3 (1)	-	-	-	**
油菜粉								
蛋白质	382 (3)	-	-	153 (1)	329 (3)	-	-	***
钙	5.5 (3)	-	-	30.8 (1)	2.9 (3)	-	-	***

a. 样品数量在括号里。

b. S of D: 显著差异; \* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ , \*\*\* =  $P < 0.001$ 。

牧草和许多补充饲料都缺乏铜和硒，锌为临界缺乏（表格7）。各个县的牧草，谷物类秸秆和青稞粉中铜的含量差异较大（ $P < 0.05$ ）（表格8），林周县的饲草饲料中铜的含量通常都比其它县高。其它营养物质会减少铜的有效性，特别是钼，其次是铁和硫（如下所示），也影响铜的有效性。实践中饲料铜和钼的比率小于3，通常说明铜的有效性低（Suttle 1991）。在各个县的补充饲料谷物类作物秸秆和青稞粉中铜和钼的比率是不一样的，嘉黎县的补充饲料中可利用铜含量很少（表格8）。

通过测定牧草和补充饲料中矿物质含量水平可推测家畜是否缺乏矿物元素。然而，挑食、偶尔吃入土壤、家畜饮水中矿物质水平、矿物质相互作用和家畜储存矿物质的能力，致使用饲料中矿物质含量来推测家畜体内矿物质的缺乏情况的准确性受到限制。因此采用实验室化验分析动物样品中的含量来确定

家畜体内矿物质紊乱情况 (Puls 1994; Judson and McFarlane 1998)。这些测试很重要, 有助于区分矿物质是否为临界值, 因为矿物质在临界值时无特异性症状。通过大量实验分析, 制定出了绵羊和黄牛的矿物质参考范围。但是牦牛对矿物质的需求标准还未定, 所以本次研究中牦牛体内矿物质营养标准是参照黄牛的各项标准进行判断的。

## 常量矿物质

### 磷和钙

对于每一种家畜来说, 血浆中磷的平均浓度在所有县都是相似的 ( $P > 0.05$ ), 但是在各个县的牧户的家畜之间是有差别的 ( $P < 0.05$ )。家畜普遍处于缺磷的危险。特别是绵羊和牦牛 (表9), 表现为血浆中磷含量低于  $1.5\text{mmol/L}$  (Underwood and Suttle 2001)。这些发现是对其它 (Long. et al. 1999b) 研究成果的进一步证实。他们发现甘肃省天祝县的藏族农户们的牦牛在妊娠晚期和哺乳早期放牧和补饲燕麦、秸秆时都面临磷缺乏的危险。在本次调研中, 牧草和谷类作物秸秆中磷含量都偏低, 而其它补充饲料中磷的含量适中能满足家畜所需磷的摄入量 (表5)。家畜饲料中所需磷的量可以用粪中磷的浓度来表示, 因为粪便是磷排泄的主要途径 (Whitehead 2000)。在各个县的不同家畜粪便中磷的平均浓度是不同的 ( $P < 0.05$ ), 同时发现林周县绵羊饲料中磷的浓度高于其它各县 (表9)。粪中磷的浓度低于  $2.0\text{ g/kg}$  干物质已被作为鉴定家畜饲料中磷含量低的标准 (McCosker and Winks 1994)。西藏家畜粪中磷的浓度低 (表9), 这说明大部分绵羊、牦牛和一半的黄牛饲料中磷含量不足。

血浆中钙的浓度由激素控制, 绵羊保持在大于  $2.2\text{mmol/L}$ , 黄牛则控制在大于  $2.0\text{mmol/L}$  (Underwood and Suttle 2001)。在同一个县的绵羊和牦牛血浆中钙的平均浓度是不同的 ( $P < 0.05$ ), 但在黄牛上却表现不出来 (表10), 血钙含量显示慢性钙缺乏在一定数量的绵羊和一组牦牛中是明显的。慢性钙缺乏的原因是储存的钙被消耗掉 (长期的钙缺乏) 或家畜因没能力动员储存的钙以满足妊娠晚期或哺乳早期所需钙的量 (严重钙缺乏)。

牧草中钙的含量通常能充分满足家畜所需的量, 但是各种补充饲料中钙的含量是变化的, 一些谷物类补充饲料中钙含量较低 (表5)。长期饲喂谷物饲料而不喂粗饲料会导致慢性钙缺乏 (Langlands et al. 1967; Peet et al. 1985)。粪中钙的含量为饲料中钙含量提供了一个参照物, 因粪是钙排泄的主要途径 (Whitehead 2000), 虽然黄牛和牦牛哺乳期奶水也是钙流失的一个主要途径。在这次调研中, 如以干物质的消化率为  $50\%$ , 所有家畜特别是绵羊和牦牛粪中高钙 (表10) 表示在其饲料中钙的含量是充分的。

据说饲料中阳离子含量高, 特别是饲料中钾离子含量高可使哺乳期的黄牛和妊娠期的母羊发生严重钙缺乏。在本次调研中, 牧草和大部分补充饲料中钾含量并不高 (表5), 但嘉黎县的谷物类干草和麦秆以及豆秆中钾含量较高 (表6), 血浆中白蛋白浓度降低。会引起低血钙, 因为血浆中钙的大部分是与白蛋白结合的。在各县中不同家畜血浆中白蛋白的浓度不同 ( $P < 0.05$ ) (表10)。似乎

## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

低血钙对白蛋白浓度的下降没有作用，因为白蛋白值都很正常，绵羊大于24g/L，黄牛和牦牛大于27g/L（Puls 1994）。

表格7. 牧草和各种补充饲料中微量元素的平均值（单位: mg/kg 干物质）和范围，及铜、钼的比率（mg/mg）

样品 <sup>a</sup>	钴	铜	铜:钼	铁	镁	硒	锌
要求 <sup>b</sup> : 绵羊	0.11	5		40	15-25	0.05	20-30
黄牛	0.11	7-10		40	15-25	0.05	20-30
牧草 (10-12)	0.71 0.22-1.80	4 2-11	7 <1-18	508 112-1,726	66 15-160	0.02 <0.01-0.03	33 5-157
谷类干草 (40-42)	0.34 0.01-1.24	4 <1-8	3 <1-10	438 47-1,543	58 13-233	0.03 <0.01-0.29	19 4-65
大麦粉 (30-32)	0.19 0.02-0.92	5 2-10	7 1-16	330 80-1,176	27 10-54	0.02 0.01-0.11	33 16-208
大麦酒糟渣 (6)	0.24 0.05-0.38	16 9-28	22 <1-2	494 186-774	24 14-59	0.04 0.01-0.06	37 23-86
大豆杆 (7-8)	0.31 0.11-0.70	5 4-7	1 <1-1	440 223-805	37 22-53	0.02 0.01-0.05	25 11-44
油菜粉 (5-6)	0.16 0.07-0.35	10 6-18	14 9-20	344 210-422	35 13-46	0.05 0.02-0.08	48 25-64
茶叶渣(5-6)	0.51 0.25-0.70	13 9-14	47 41-58	663 310-1,259	1,256 17-1,798	0.13 0.12-0.14	31 21-37

a. 样品数量在括号里

b. 所列数据中，数值大的为幼畜和泌乳畜的值（SCA 1990）

表格8. 样品各个采集地中牧草和补充饲料中微量元素（mg/kg 干物质）的含量，以及铜、钼的比率（mg/mg），不同地点微量元素的平均值是有差异的（P < 0.05）

样品/组成	县 <sup>a</sup>							S of D <sup>b</sup>
	白朗	当雄	岗巴	嘉黎	江孜	林周	那曲	
牧草								
钴	-	-	0.51 (3)	0.45 (1)	-	1.35 (4)	0.30 (4)	*
铜	-	-	4 (3)	3 (1)	-	7 (4)	3 (4)	*
铁	-	-	351 (3)	171 (1)	-	1,072 (4)	149 (4)	*
谷类干草								
钴	0.38 (4)	0.08 (7)	0.24 (4)	0.40 (5)	0.24 (4)	0.30 (8)	0.60 (9)	*
铜	4 (4)	2 (7)	3 (4)	3 (5)	4 (4)	6 (8)	3 (9)	***
铜:钼	6 (4)	3 (7)	3 (4)	2 (5)	6 (4)	3 (8)	2 (8)	**
镁	34 (4)	151 (7)	41 (4)	71 (5)	33 (4)	39 (8)	25 (9)	***
硒	0.02 (4)	0.02 (7)	0.13 (4)	0.01 (5)	0.02 (4)	0.02 (9)	0.01 (9)	***
大麦份								
钴	0.44 (4)	0.16 (6)	0.10 (3)	0.03 (1)	0.23 (4)	0.17 (7)	0.13 (6)	*
铜	6 (4)	5 (6)	3 (3)	6 (2)	5 (4)	7 (7)	5 (6)	*
铜:钼	14 (4)	6 (6)	7 (3)	2 (2)	9 (4)	4 (7)	4 (4)	***
镁	33 (4)	22 (6)	13 (3)	19 (2)	30 (4)	37 (7)	25 (6)	*
大豆杆								
钴	-	0.25 (7)	-	0.70 (1)	-	-	-	*
锌	-	22 (7)	-	44 (1)	-	-	-	*
油菜粉								
钴	0.20 (3)	-	-	0.53 (1)	0.11 (3)	-	-	*

a. 括号里的数为样品数量

b. S of D: 显著差异; \* = P < 0.05, \*\* = P < 0.05, \*\*\* = P < 0.001

## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

表格9. 血浆 (mmol/L) 中无机磷和粪便 (g/kg干物质) 中磷的平均浓度

品种/地点	血浆 <sup>a</sup>					粪便 <sup>a</sup>				
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊										
当雄	1.4	1.7	1.4	1.3	1.3	1.5	1.9	1.7	1.3	1.3
岗巴	1.7	1.2	1.9	1.9	1.7	1.4	1.5	1.2	1.6	1.5
林周	1.7	1.8	1.9	1.4	1.5	2.3	2.9	2.3	1.5	2.3
那曲	1.3	1.1	1.2	1.1	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				**	***			
黄牛										
白朗	1.6	1.6	2.2	1.4	1.5	2.3	3.0	2.7	1.6	1.8
江孜	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	2.3	2.7	2.7	1.8	1.8
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	*				ns	***			
牦牛										
当雄	1.4	1.2	1.4	1.4	1.4	1.6	1.7	1.8	1.6	1.4
嘉黎	1.3	1.3	1.5	1.2	1.2	1.9	1.8	2.2	1.8	1.9
林周	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	1.6	1.8	1.7	1.2	1.7
那曲	1.5	1.5	1.4	1.3	1.8	1.7	1.8	2.1	1.6	1.4
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	**				ns	***			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd (请看图4)

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, ( $P > 0.05$ ); \* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ , \*\*\* =  $P < 0.001$ 。

表格10. 血浆中钙 (mmol/L) 和白蛋白 (g/L) 的平均浓度, 粪便 (g/kg干物质) 中钙的平均浓度

品种/地点	血浆钙 <sup>a</sup>					血浆中白蛋白 <sup>a</sup>					粪便钙 <sup>a</sup>				
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊															
当雄	2.2	2.2	2.0	2.3	2.2	28	26	30	22	35	15	15	16	15	15
岗巴	2.2	2.3	2.2	2.1	2.1	33	31	38	37	27	19	32	17	15	14
林周	2.3	2.2	2.2	2.4	2.3	31	31	36	29	28	18	22	14	19	19
那曲	2.3	2.1	1.9	2.5	2.7	26	27	26	22	31	21	26	22	19	18
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				ns	***				ns	***			
黄牛															
白朗	2.6	2.5	2.5	2.6	2.7	33	32	43	32	29	9	12	8	8	9
江孜	2.4	2.5	2.5	2.3	2.4	33	32	29	41	30	10	9	11	11	10
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	ns				ns	***				ns	***			
牦牛															
当雄	2.4	2.3	2.5	2.2	2.5	28	28	26	27	30	14	17	15	14	13
嘉黎	2.3	2.3	2.4	2.4	2.2	30	37	26	28	30	19	21	16	18	19
林周	2.5	2.7	2.3	2.6	2.4	41	46	46	29	44	16	15	16	13	19
那曲	2.3	2.0	2.5	2.4	2.3	31	29	30	29	38	17	19	17	16	15
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				*	***				ns	***			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd (请看图4)

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, ( $P > 0.05$ ); \* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ , \*\*\* =  $P < 0.001$ 。

钠和钾

牧草和饲料中钠的含量通常低于家畜所需的量（表5），粪中钠的值低于1g/kg干物质（Little 1987），表明家畜的饲料中钠含量低并且存在钠缺乏的危险。有些绵羊和牦牛，特别是林周县的绵羊和牦牛以及嘉黎县的牦牛粪中钠浓度较低，这些家畜都有钠缺乏的危险（表11），虽然不同县的不同黄牛粪中钠浓度有显著不同，所有黄牛饲料中都含有充足的钠（表11），但在那些饲喂谷类干草和麦秆的县（白朗和江孜），家畜饲料中钠的含量高于它们所需的量（表6）。

表格11. 尿液（mmol/L）和粪便（g/kg干物质）中钠的平均浓度

品种/地点	尿液 <sup>a</sup>				粪便 <sup>a</sup>				
	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊									
当雄	-	-	-	-	1.62	0.95	0.90	2.54	2.10
岗巴	-	-	-	-	1.95	0.58	2.68	3.09	1.45
林周	-	-	-	-	0.36	0.44	0.56	0.26	0.17
那曲	-	-	-	-	2.36	2.40	3.42	1.24	3.37
S of D <sup>b</sup>					*	***			
黄牛									
白朗	-	135(1)	-	26(1)	2.74	3.11	3.34	1.16	3.33
江孜	25(2)	42(1)	84(2)	-	2.12	1.40	3.88	1.79	1.39
S of D <sup>b</sup>					ns	***			
牦牛									
当雄	3(8)	1(1)	117(6)	2(5)	1.45	1.34	0.79	2.37	0.86
嘉黎	1(1)	2(7)	18(2)	15(4)	0.50	0.07	0.71	0.81	0.41
林周	-	-	-	-	0.26	0.32	0.44	0.14	0.15
那曲	65(8)	16(7)	41(9)	37(8)	1.36	2.00	2.30	0.60	0.67
S of D <sup>b</sup>					*	***			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd (请看图4)

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, (P > 0.05); \* = P < 0.05, \*\* = P < 0.01, \*\*\* = P < 0.001。

家畜饲料中钠含量充足时尿是钠排泄的一个重要途径。当饲料中钠摄入低时，几乎无钠从尿中排泄，其值低于7mmol/L，说明黄牛摄入钠不足（Morris 1980）。因为从尿中排泄的矿物质不稳定，所以为了评估家畜体内矿物质的浓度通常要求采集至少10个尿样（Caple and Halpin 1985）。在本次调研中，收集的尿样不足，但是这些有限的尿样经检测后有一个强烈的暗示，即相当数量的牦牛都面临钠缺乏的危险（表11）。

钾是植物中含量最丰富的矿物质之一，在牧草和一些补充饲料中钾浓度通常都超出了家畜所需的量（表5）。所以粪中钾浓度（表12）不是一个可靠的指标，由于这种元素大部分都从尿中排泄（Whitehead 2000）。黄牛和牦牛的尿中钾的浓度通常在19-120mmol/L（表12），表明钾的量是足够的，但吸收量不高（Puls 1994）。

镁

当家畜饲料中可利用镁含量较低或吸收率下降时，满足反刍动物代谢所需镁的含量较少，而且较易耗尽。在调查期间，镁的代谢量对大部分家畜来说是充足的（表13）表现为血浆中镁的值高于0.8mmol/L（Underwood and Suttle 2001）、尿中镁的值低于5mmol/L（Puls 1994）。在这些县中不同家畜间血浆中镁的平均浓度是不一样的（ $P < 0.05$ ）（表13）。而这些差别不可能反映出饲料中镁含量的不同，因为在正常范围内镁的浓度与吸收量不成线性关系。

表格12. 尿液（mmol/L）和粪便（g/kg干物质）中钾的平均浓度

品种/地点	尿液 <sup>a</sup>				粪便 <sup>a</sup>				
	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊									
当雄	-	-	-	-	6.1	8.2	6.9	4.8	4.6
岗巴	-	-	-	-	4.5	6.9	3.9	3.2	3.9
林周	-	-	-	-	8.7	10.7	9.0	5.7	9.4
那曲	-	-	-	-	3.9	4.3	4.1	3.9	3.2
S of D <sup>b</sup>					**	***			
黄牛									
白朗	-	113 (1)	-	140 (1)	5.2	5.1	5.1	4.9	5.8
江孜	89 (2)	84 (1)	117 (2)	-	5.8	8.0	4.2	6.0	5.0
S of D <sup>b</sup>					ns	***			
牦牛									
当雄	114 (8)	122 (1)	61 (6)	85 (5)	5.8	6.3	5.8	5.2	5.2
嘉黎	26 (1)	41 (7)	46 (2)	42 (4)	5.4	6.0	5.9	4.8	4.9
林周	-	-	-	-	6.1	6.2	6.7	4.4	7.3
那曲	67 (8)	67 (7)	19 (9)	15 (8)	4.5	4.4	5.0	4.7	4.1
S of D <sup>b</sup>					ns	***			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd (请看图4)

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, ( $P > 0.05$ ); \* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ , \*\*\* =  $P < 0.001$ 。

总体来说，牧草、谷类干草、麦秆及大麦等补充饲料中镁的含量对绵羊来说是充足的，但是对黄牛和牦牛来说有缺乏的危险（表5）。粪便是镁排泄的基本途径（Whitehead 2000），并且所摄入的干物质的消化率为50%，因此对所有家畜来说粪中镁的值就可以表明饲料中镁含量为临界到充足之间。各个县绵羊和牦牛粪中镁的平均含量是不同的（ $P < 0.05$ ），其中那曲县的绵羊和牦牛粪中镁的含量较高（表13），这些结果与那曲县牧草中镁含量较高是相一致的（表6）。不同县中每种家畜粪中镁的含量都有显著的差异（ $P < 0.05$ ）（表13）。

微量元素

钴

家畜对钴的需求主要是供瘤胃微生物合成VB<sub>12</sub>，动物需要的是维生素B<sub>12</sub>而不是钴，绵羊血浆中VB<sub>12</sub>的值大于500pmol/L，而黄牛则大于80pmol/L，而乳中的VB<sub>12</sub>大于500pmol/L，表明钴的摄入量是充足的（Underwood and Suttle 2001）。虽然测定VB<sub>12</sub>很困难（见上），但VB<sub>12</sub>的含量高（表14）则说明家畜不

中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

存在钴缺乏的危险。因为血浆中VB<sub>12</sub>的含量低不能排除肝脏中储备了足够VB<sub>12</sub>的可能性，所以在泌乳期黄牛奶中VB<sub>12</sub>的含量比其血浆中VB<sub>12</sub>的含量更适合作诊断指示物 ( Judson et al. 1997 ) 。

表格13. 血浆、尿液 ( mmol/L ) 和粪便 ( g/kg干物质 ) 中镁的平均浓度

品种 / 地点	血浆 <sup>a</sup>					尿液 <sup>a</sup>				粪便 <sup>a</sup>				
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊														
当雄	0.94	0.95	0.81	1.01	0.99	-	-	-	-	2.4	2.7	2.6	2.1	2.2
岗巴	0.81	0.90	0.82	0.78	0.74	-	-	-	-	2.3	3.7	2.5	1.5	1.4
林周	0.85	0.76	0.82	0.93	0.90	-	-	-	-	3.2	3.0	3.0	3.9	2.9
那曲	0.94	0.90	0.74	1.07	1.05	-	-	-	-	4.2	4.0	4.2	4.6	4.0
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***								**	***			
黄牛														
白朗	0.90	0.91	0.97	0.86	0.91	-	9 (1)	-	9 (1)	3.7	2.8	3.9	5.7	2.4
江孜	0.88	0.85	0.87	0.84	0.96	4 (2)	8 (1)	10 (2)	-	2.3	2.6	2.7	1.9	1.8
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	ns								ns	***			
牦牛														
当雄	0.86	0.84	0.88	0.73	1.01	58 (8)	54 (1)	31 (6)	72 (5)	2.9	3.2	3.0	2.9	2.7
嘉黎	0.95	0.91	1.02	0.92	0.93	79 (1)	60 (7)	75 (2)	60 (4)	2.9	3.0	2.9	2.5	3.2
林周	0.94	1.03	0.83	0.88	1.01	-	-	-	-	2.6	2.6	2.8	2.5	2.8
那曲	0.86	0.70	0.80	0.96	0.99	54 (8)	47 (7)	64 (9)	59 (8)	3.2	3.1	3.1	3.2	3.6
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***								*	*			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd ( 请看图4 )

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, ( P > 0.05 ) ; \* = P < 0.05, \*\* = P < 0.01, \*\*\* = P < 0.001。

表格14. 血浆和脱脂乳中VB<sub>12</sub>的平均浓度 ( pmol/L )

品种 / 地点	血浆VB <sub>12</sub> <sup>a</sup>					脱脂乳VB <sub>12</sub> <sup>a</sup>				
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊										
当雄	2,218	-	-	2,432	1,585	-	-	-	-	-
岗巴	1,829	-	1,742	1,919	-	-	-	-	-	-
林周	2,568	-	-	2,797	2,194	-	-	-	-	-
那曲	2,054	-	-	2,357	1,868	-	-	-	-	-
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	**								
黄牛										
白朗	546	426	574	-	604	2,881	2,389	2,660	3,726	3,381
江孜	456	273	378	612	-	3,637	3,561	3,262	2,962	5,477
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	**				ns	*			
牦牛										
当雄	889	-	769	817	607	3,653	3,042	3,784	3,231	4,706
嘉黎	713	699	511	759	-	-	-	-	-	-
林周	754	397	443	-	1,065	3,973	5,120	3,481	3,183	4,174
那曲	749	1,006	652	344	-	1,991	-	1,990	-	-
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				ns	*			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd ( 请看图4 )

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, ( P > 0.05 ) ; \* = P < 0.05, \*\* = P < 0.01, \*\*\* = P < 0.001。



补充饲料中钴的含量通常高于绵羊和黄牛所需的量，牧草中钴的含量范围在0.2 - 1.8mg/kg干物质（表7、8）：牧草中钴的含量较高可能是由于土壤污染。各个县的不同家畜粪中钴的平均浓度是不一样的（ $P < 0.05$ ），粪中钴的浓度高（表15）表明所有家畜饲料中钴的含量是充足的，特别是吸收的钴大部分从尿液中排泄（Whitehead 2000）。

表格15. 粪便中钴、铜和钼的平均浓度（mg/kg干物质）

品种 / 地点	钴 <sup>a</sup>					铜 <sup>a</sup>					钼 <sup>a</sup>				
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊															
当雄	1.7	3.1	1.9	0.9	0.9	5	6	5	4	4	2.6	2.0	1.9	3.2	0.6
岗巴	2.1	4.0	1.9	1.1	1.3	6	6	7	5	5	1.0	1.0	1.3	1.0	0.9
林周	3.1	2.2	4.5	3.2	2.5	14	17	11	14	13	2.2	2.5	1.6	1.3	3.3
那曲	2.5	2.1	2.7	2.4	2.9	6	6	6	5	5	1.6	1.3	1.7	1.9	1.5
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				***	***				***	***			
黄牛															
白朗	2.3	1.1	2.4	4.1	1.7	10	10	15	6	8	0.7	0.8	1.0	0.4	0.5
江孜	1.3	1.1	1.7	1.5	0.9	9	10	11	7	8	0.8	0.7	1.0	0.6	0.7
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				ns	***				ns	***			
牦牛															
当雄	2.2	2.3	1.7	2.4	2.0	8	8	7	9	7	3.2	3.6	4.8	2.5	2.8
嘉黎	2.5	2.1	2.9	2.2	2.7	9	8	12	7	8	0.7	0.7	2.0	1.6	1.3
林周	3.5	4.1	4.1	3.0	2.9	13	14	12	10	15	2.4	1.6	3.3	1.2	3.4
那曲	2.6	2.1	2.2	2.9	3.1	7	7	9	7	7	1.2	1.4	1.6	0.9	1.0
<b>S of D<sup>b</sup></b>	*	***				**	***				*	***			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd (请看图4)

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, ( $P > 0.05$ ); \* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ , \*\*\* =  $P < 0.001$ 。

## 铜

血浆中三氯醋酸（TCA）可溶铜是家畜在生物学上可利用铜的一个量度，三氯醋酸可溶铜的平均值对绵羊和牦牛来说，在各县之间是不同的（ $P < 0.05$ ），对所有种类家畜来说，不同家畜之间也是不同的（表16），当雄的绵羊和所有县的黄牛和牦牛都面临铜缺乏的危险，表现为血浆中铜的含量低于 $9\mu\text{mol/L}$ （Underwood and Suttle 2001），对反刍动物而言，血浆中铜的含量低表明肝脏中储备的铜被消耗，但并不是所有处于相同营养状况的家畜在同一时间会消耗储存的铜（表16），其中个别含量大于 $9\mu\text{mol/L}$ ，这说明某些家畜正进入铜缺乏期或处于铜缺乏的康复期。只有林周县的绵羊、四分之三的岗巴县绵羊和那曲县的一组牦牛不缺乏铜（图5）。林周县的牧草、谷类干草和麦秆中铜的平均浓度高于其他各县（表8）。

在放牧情况下存在两种形式的铜缺乏症：一种是简单缺乏，即饲料中缺少铜；一种是因为铜利用率太低而导致的诱导型铜缺乏。饲料中其他的营养元素，尤其是钼、在较小程度上铁和硫都是降低铜利用率的主要元素，在瘤胃中有充足的硫时钼会导致铜硫钼复合物的形成，该复合物不易被吸收，高硫摄入也会因形成不溶性硫化铜而降低食物中铜的利用率。饲料中铁是否能降低铜的

利用率还不清楚，但据猜测，在消化道中不溶性硫化铁和硫化铜混合物的形成可能会参与作用（Lee et al.1999）。

表格16. 不同种类家畜血浆中三氯乙酸可溶铜的平均浓度和三氯乙酸可溶铜中总铜量的平均百分比（ $\mu\text{mol/L}$ ）

品种 / 地点	三氯乙酸可溶铜 <sup>a</sup>					三氯乙酸可溶铜中总铜量的百分比 <sup>a</sup>				
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊										
当雄	8	6	10	8	8	84	75	90	85	85
岗巴	11	11	11	12	11	90	84	88	88	97
林周	11	10	11	12	12	85	80	78	93	90
那曲	10	9	11	10	11	82	78	98	79	74
<b>S of D<sup>b</sup></b>	**	***				ns	***			
黄牛										
白朗	8	9	8	7	7	72	77	70	73	68
江孜	6	5	6	6	8	67	63	64	68	74
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	*				ns	ns			
牦牛										
当雄	9	8	10	11	8	100	77	84	100	85
嘉黎	7	7	7	7	6	63	74	70	76	71
林周	9	8	9	8	10	71	64	74	72	73
那曲	9	9	11	8	8	76	79	81	71	72
<b>S of D<sup>b</sup></b>	*	***				*	***			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd ( 请看图4 )

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, (  $P > 0.05$  ); \* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ , \*\*\* =  $P < 0.001$ 。

在本次研究中，由于饲料中铜的含量低或利用率不高而引起的铜缺乏对家畜的影响还不清楚，在一些牧草和常喂的饲料补添物中铜浓度都低于家畜所需的量（表7）。大多数牧草样本中铜的浓度低于多种牧草中铜浓度的临界值4mg/kg干物质（Reuter and Robinson 1997）。家畜饲料中低铜摄入量也可从粪中铜的浓度看出（表15），粪中铜的平均浓度对绵羊和牦牛来说在各县之间是不同的，在不同种类家畜之间也是不同的（ $P < 0.05$ ）（表15）。因为大部分吸收的铜从粪中排泄（Whitehead 2000; Underwood and Suttle 2001），（表15）粪中铜的值代表饲料中铜值为2 - 9 mg/kg干物质，即按吃入的干物质的消化率为50%计算。

所选牧草和补充饲料中高浓度的钼（ $> 2\text{mg/kg}$ 干物质）、铁和硫可能会诱导铜缺乏症（表5、7）。据推测青海高原北部地区青海甘肃边界附近的牦牛“背部颤抖病”是由钼诱导的铜缺乏所致（Shen et al. 2005），其临床症状表现为异食，体质差，运动失调，贫血和骨折。牦牛血液中铜含量的变化范围为0.5 - 9.1 $\mu\text{mol/L}$ ；家畜牧草中铜和钼的平均浓度分别为6.5和5.0mg/kg干物质。

瘤胃中形成的大量铜硫钼复合物会进入循环系统中，血浆中铜硫钼复合物在三氯醋酸中是不溶的（Dick et al. 1975; Smith and Wright 1975），表明家畜血

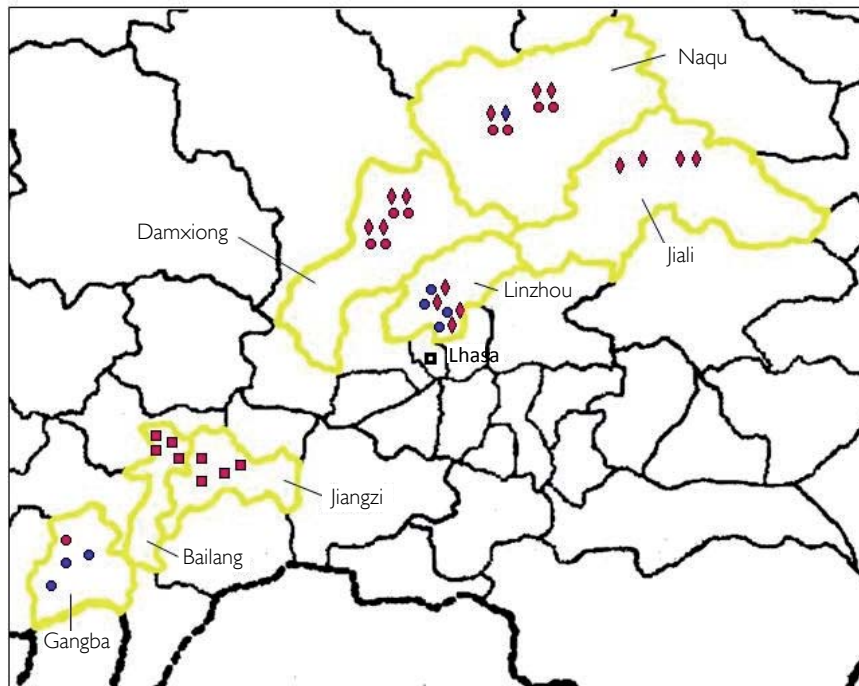


图 5. 铜状况正常（蓝色符号）和铜缺乏（红色符号）绵羊（●）、黄牛（■）和牦牛（◆）的分布区域

浆中铜的总铜量与三氯醋酸可溶铜明显不同（表16），这是由于这些复合物的吸收所引起。除了当雄县的一组绵羊和两组牦牛之外，粪中铜的浓度（表15）不能明确说明饲料中铜的摄入量高，然而，因为摄入的铜大约有50%从尿中排出体外（Whitehead 2000），所以用粪中铜的浓度来测饲料吸收量是不准确的。

### 碘

尿液和奶中碘的浓度可以反应饲料中碘的摄入量，尿中碘的浓度大于 $100\mu\text{g/L}$ ，奶中碘的浓度大于 $25\mu\text{g/L}$ ，表明黄牛的碘营养充分（Grace 1994；Puls 1994）。本次调研中尿液和奶中碘的浓度高（表17），说明所有县的黄牛和牦牛饲料中碘的摄入是充足的。

测定血浆中碘的含量可测定激素T4和T3，此方法也用于评估绵羊、黄牛和牦牛体内碘的含量（表18）。血浆中这些激素的浓度表明绵羊和黄牛体内碘的含量充足，即T4大于 $30$ 和 $50\text{nmol/L}$ ，T3大于 $1.7$ 和 $2.5\text{nmol/L}$ （Underwood and Suttle 2001）。绵羊和黄牛血浆中T4的平均值虽有变化，但都在正常范围内，然而在牦牛血浆中T4的平均值都偏低（表18）。除了一组黄牛外，其余的黄牛、当雄和那曲的绵羊和所有的牦牛血浆中T3的平均值都偏低（表18）。血浆中T4值表明碘的正常状况，牦牛血浆中T4值可能低于黄牛血浆中T4值（表17），这是牦牛的正常碘水平。除了碘状况外，当家畜处于低温环境或饲料吸收率降低时会减少血浆中T4的浓度（Lee et al.1999）。

## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

表格17. 黄牛、牦牛尿液和脱脂乳中碘的平均浓度 (µg/L)

品种/地点	尿样 <sup>a</sup>				脱脂乳 <sup>a</sup>					
	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	
黄牛										
白朗	-	540 (1)	-	880 (1)	253	248	265	240	290	
江孜	365 (2)	420 (1)	625 (2)	-	260	278	260	251	238	
<b>S of D<sup>b</sup></b>					ns	ns				
牦牛										
当雄	635 (8)	-	980 (6)	795 (4)	244	241	272	244	214	
嘉黎	220 (1)	299 (7)	170 (1)	688 (4)	-	-	-	-	-	
林周	-	-	-	-	223	233	227	200	185	
那曲	744 (8)	737 (7)	474 (9)	523 (8)	200	-	200	-	-	
<b>S of D<sup>b</sup></b>					ns	*				

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd (请见图4)

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, (P > 0.05); \* = P < 0.05, \*\* = P < 0.01, \*\*\* = P < 0.001。

表格18. 不同家畜血浆中T4和T3的平均浓度 (nmol/L)

品种/地点	血浆T3 <sup>a</sup>					血浆T4 <sup>a</sup>					
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	
绵羊											
当雄	1.70	1.41	1.58	1.98	1.84	80	76	87	78	78	
岗巴	2.24	2.61	2.15	2.33	1.87	118	141	98	134	100	
林周	1.81	2.02	1.75	1.75	1.71	95	102	104	86	87	
那曲	1.30	1.50	1.24	1.37	1.06	72	83	67	64	73	
<b>S of D<sup>b</sup></b>	***	ns				**	***				
黄牛											
白朗	1.40	0.93	1.15	2.66	0.87	64	50	68	86	58	
江孜	1.52	1.60	1.51	0.78	2.21	76	71	105	67	63	
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				ns	**				
牦牛											
当雄	1.23	0.84	1.42	1.19	1.45	50	53	48	44	55	
嘉黎	1.06	0.79	1.17	1.14	1.13	47	41	41	43	62	
林周	1.35	0.98	1.53	1.81	1.09	46	55	43	47	40	
那曲	0.79	0.53	0.62	1.04	0.95	46	43	43	49	49	
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				ns	ns				

a. CM:不同县的平均值, Ka - Kd: 各牧户编号 (请见图9)

b. S of D: 显著差异 (请见表9)

在硒缺乏牲畜中, 会降低T4转变为有代谢活性的T3, 从而减少血浆中T3的量, 这可能与血浆中T4的值增加相联系 (Arthur et al. 1988; Donald et al. 1994)。绵羊血浆中T3的值低表现出与血液中硒值低相关联, 但这种联系在黄牛或牦牛上不明显 (图6)。

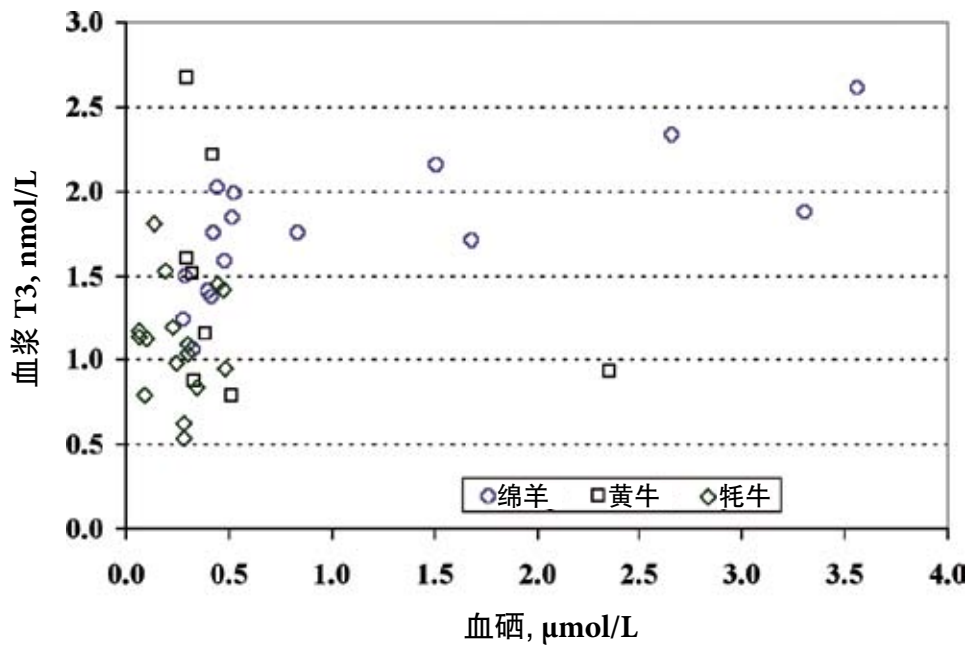


图6. 绵羊、黄牛和牦牛的平均血硒浓度与平均血浆T3浓度间的关系

## 硒

所有采集到的牧草和大部分补充饲料中硒的浓度都低于家畜所需的量（表7），这些结果与前期的调查是一致的（图2），本次调研中各个县的牧草和补充饲料中硒的浓度低于0.05mg/kg干物质。

牧草和补充饲料中硒的浓度低表现在家畜血液中硒的含量上（表19）。不同县的绵羊和牦牛血液中硒的平均浓度是不同的（ $P < 0.001$ ），同一个县的各种家畜血液中硒的平均浓度也是不同的。早期研究表明，绵羊和黄牛都缺乏硒，表现为血液中硒的浓度分别低于 $0.5\mu\text{mol/L}$ 和低于 $0.25\mu\text{mol/L}$ （Judson et al. 1987）。新近的野外调查已经表明，血液中硒浓度大于 $0.5\mu\text{mol/L}$ （Langlands et al. 1994；Whelan et al. 1994），也意味着缺乏硒，所以血液中硒的浓度小于 $0.9\mu\text{mol/L}$ 表明绵羊体内硒缺乏（Underwood and Suttle 2001），虽然已经报道了当血液中硒的浓度大于 $0.25\mu\text{mol/L}$ 时奶牛（McClure et al. 1986）和肉牛（Awadeh et al. 1998）处于缺硒状况，但对黄牛来说，此临界值也未改变（Underwood and Suttle 2001）。除岗巴县绵羊和林周县一组绵羊外，其他所有地区的绵羊都缺乏硒。黄牛不缺乏硒，然而嘉黎县的牦牛、当雄县的一组牦牛和林周县的两组牦牛都缺乏硒。因为牧草通常缺少硒，所以家畜硒的正常值决定于补充饲料中硒含量的高低（表7），这种现象正好出现在岗巴县的绵羊上，岗巴县的谷类干草和麦秆补添饲料中硒浓度较高（表格8）

## 锌

大部分牧草和补充饲料中锌的浓度能够满足家畜所需的量，但对于哺乳期母畜或成长期幼畜来说锌的含量是不够的（表7），由于粪是锌排泄的主要途径，所以饲料中锌浓度的估量可通过测定粪中锌的浓度来获得

(Whitehead 2000)。如果干物质消化率为50%，那么粪中锌的值就说明饲料中锌的含量是不能满足家畜所需的量(表20)。林周县的绵羊和嘉黎县的牦牛饲料中锌含量高于其他组家畜(表20)，然而，各个县牧草和补充饲料中锌的浓度无显著差别(表8)。

表格19. 各县家畜血液中硒的平均浓度(μmol/L)

品种/地点	血液中硒 <sup>a</sup>				
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊					
当雄	0.48	0.40	0.48	0.53	0.52
岗巴	2.70	3.56	1.51	2.66	3.31
林周	0.86	0.45	0.84	0.43	1.69
那曲	0.33	0.29	0.28	0.42	0.33
S of D <sup>b</sup>	***	***			
黄牛					
白朗	0.89	2.63	0.39	0.30	0.34
江孜	0.40	0.30	0.33	0.52	0.43
S of D <sup>b</sup>	ns	***			
牦牛					
当雄	0.38	0.35	0.47	0.23	0.45
嘉黎	0.08	0.09	0.06	0.06	0.10
林周	0.22	0.25	0.19	0.14	0.30
那曲	0.32	0.28	0.28	0.30	0.48
S of D <sup>b</sup>	***	***			

a. CM:各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd(请看图4)

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, (P > 0.05); \* = P < 0.05, \*\* = P < 0.01, \*\*\* = P < 0.001。

除了绵羊血浆中锌的平均值在同一县的畜群间相似(P > 0.05)之外, 其他种类的家畜血浆中锌的平均值在各个县之间都是相似的(P > 0.05)(表20), 尽管猜测锌的吸收量不足, 但血浆中锌的浓度都大于9μmol/L, 除了当雄县的一组绵羊外, 表明其他所有家畜在采样期间锌的吸收量是充足的(Underwood and Suttle 2001)(表20)。

### 铁和锰

牧草和补充饲料中铁和锰的浓度通常大于家畜所需的量(表7), 摄入的铁或锰几乎不被吸收(Whitehead 2000), 所以这些元素在粪中的浓度一般可以代表它们在饲料中的浓度。总之, 林周县绵羊和牦牛粪中铁的平均浓度大于其他县的家畜粪中铁的浓度(表21), 林周县的牧草中铁的浓度也大于其他县的牧草中铁的浓度, 但补充饲料中铁的浓度不会随地理位置的不同而改变(表8)。绵羊和牦牛粪中锰的平均浓度在各个县之间是不同的, 所有种类家畜粪中锰的平均浓度在同一个县内也是不同的(P < 0.05)(表21), 如果干物质消化率为50%, 那么粪中铁和锰的浓度表明饲料中这些元素的量能充分满足家畜所需的量(表21)。

## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

所有种类家畜血浆中铁的平均浓度在县之间是相似的 ( $P > 0.05$ )，但对绵羊和牦牛来说血浆中铁的平均浓度在同一个县内是有差别的 ( $P < 0.001$ ) (表21)，平均值范围为40 - 110 $\mu\text{mol/L}$ ，通常表明铁的吸收量高 (Puls 1994)。

表格20. 血浆 ( $\mu\text{mol/L}$ ) 和粪便 (mg/kg干物质) 中锌的平均浓度

品种 / 地点	血浆 <sup>a</sup>					粪便 <sup>a</sup>				
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊										
当雄	12	17	9	13	11	34	39	35	32	32
岗巴	13	14	14	14	13	21	29	24	15	16
林周	14	13	16	14	14	58	72	52	52	55
那曲	13	12	10	15	14	45	40	49	47	45
S of D <sup>b</sup>	ns	***				***	***			
黄牛										
白朗	16	15	19	16	16	22	26	31	15	16
江孜	17	18	16	18	18	25	25	29	23	21
S of D <sup>b</sup>	ns	ns				ns	***			
牦牛										
当雄	23	24	23	20	25	36	50	28	34	31
嘉黎	24	24	23	26	21	79	68	104	65	81
林周	24	25	25	23	24	54	62	58	43	53
那曲	21	18	21	24	22	56	46	65	58	57
S of D <sup>b</sup>	ns	ns				**	***			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd (请看图4)

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, ( $P > 0.05$ ); \* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ , \*\*\* =  $P < 0.001$ 。

在中国北方地区, 绵羊粪中铁的浓度高 (Yu et al. 1995; Masters et al. 1996)。据推测铁的摄入量高与牧草缺乏及牧草中钠的缺乏有关, 这两方面的原因可引起动物吃入大量的土壤。动物有意或无意地吃入土壤可能比吃牧草得到更多的矿物质, 特别是钴、碘、铁和锰 (Reid and Horvath 1980)。所以可以推测不同的土壤对放牧家畜体内矿物质含量的影响是不同的。

## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

表格21. 血浆 (μmol/L) 中铁的平均浓度, 粪便 (mg/kg干物质) 中铁和镁的平均浓度

品种 / 地点	血浆中铁 <sup>a</sup>					粪便中铁 <sup>a</sup>					粪便中镁 <sup>a</sup>				
	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd	CM	Ka	Kb	Kc	Kd
绵羊															
当雄	56	94	42	37	53	2,786	4,008	3,183	2,030	1,921	502	707	602	372	327
岗巴	63	73	61	52	67	4,723	9,302	4,051	2,606	2,931	106	162	103	80	80
林周	53	45	43	81	41	6,640	4,486	9,168	6,857	6,051	230	208	268	239	206
那曲	53	48	45	58	62	3,082	3,221	3,535	2,909	2,662	497	534	571	445	440
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				*	***				***	***			
黄牛															
白朗	71	64	65	84	71	2,827	1,927	3,212	3,105	3,067	106	100	128	105	91
江孜	64	67	67	60	61	2,568	2,122	3,204	3,131	1,816	102	97	140	99	74
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	ns				ns	*				ns	***			
牦牛															
当雄	100	149	101	72	89	4,950	5,137	4,140	5,463	4,631	373	361	403	381	2.8
嘉黎	63	81	61	91	28	3,599	3,495	4,742	2,839	3,322	455	562	505	416	1.3
林周	81	79	91	73	80	6,672	7,041	6,925	5,811	6,912	226	255	225	176	3.4
那曲	91	43	63	129	131	4,440	3,834	4,142	4,567	5,087	318	303	327	278	1.0
<b>S of D<sup>b</sup></b>	ns	***				***	ns				***	***			

a. CM: 各县平均值, Ka - Kd各牧户平均值; 不同品种家畜的不同牧户用K1 - K40来表示, 最低为Ka, 最高为Kd ( 请看图4 )

b. S of D: 显著差异。第一个值表示不同地方之间的值, 第二个值表示同一地方的不同牧户之间的值; ns = 不显著的, ( P > 0.05 ); \* = P < 0.05, \*\* = P < 0.01, \*\*\* = P < 0.001。

## 结论

关于怀孕期母羊、泌乳期黄牛和牦牛矿物质营养方面的调查研究, 地点选在西藏自治区七个主要的家畜生产区 ( TAR )。本研究显示西藏的家畜缺乏多种矿物质, 主要是钠、磷、铜和硒。该地区的家畜体况差, 是由于一种或多种矿物质缺乏所致, 这些矿物质临界缺乏时会不同程度地影响家畜生产性能, 如: 减少泌乳量、减慢生长速度、减少毛产量、降低繁殖力, 如果家畜严重缺乏矿物质将会迅速掉膘, 死亡率上升。在野外遇到的问题不是通过临床症状来确诊的严重矿物质缺乏, 而是那些不易被查觉的临界缺乏。从经济角度来说, 矿物质临界缺乏时不会引起注意或发现, 但会严重影响畜牧业生产, 大大降低经济收入。

治疗和预防矿物质缺乏病需要使用的方法是自由选择矿物质补添加剂 ( Mc Dowell 1996b ) 或者单个病畜治疗 ( Judson 1996 )。治疗方法的选用取决若干因素, 包括矿物质的供应情况、矿物质缺乏可能持续的时间、给动物投喂矿物质所采取措施, 草场是否会对所补矿物元素产生反应和治疗的成本效益情况。相对于有效提高牲畜生产力来说, 治疗矿物质缺乏病所花费用是便宜的, 然而, 当在秋末和早春时补充矿物质 ( 这个调查报告就是这个期间实施的 ), 动



物所摄取的能量和蛋白质不足，此时补添矿物质可能无经济效益。故此建议，补充矿物质试验，应该在产奶或者羊毛生长快或者牲畜增重时节进行，因为此时动物对补充矿物质所产生的反应最明显。

由于怀孕期母畜、泌乳期家畜和幼畜对矿物质需求增加，所以家畜缺乏矿物质受季节的影响，中国北方草场就有矿物质含量随季节性变化的记载（Masters et al. 1993a, b）。西藏家畜矿物质现状的评定是很重要的，因为矿物质的吸收在退化的草场上是充分的，而在茂盛的草场上则相反，所以我们应该将实验扩大到温暖潮湿的季节，因为在这个季节牲畜的食物来源主要以牧场上的牧草为主（Judson and McFarlane 1998），我们考虑将这个调查扩大到西藏别的重要家畜生产地区，如：阿里地区和昌都地区，家畜的品种也可以扩大到别的品种，如：山羊。

在青藏高原，人们普遍缺乏碘（Hetzel 1989；Tashi 2003），然而出人意料的是这个地方的家畜都不缺碘，类似的情况发生在山东，山东某一地区给绵羊喂的饲草中不缺碘而该地区的人缺碘（Yu 1996）。目前研究发现碘和钠是相互制约的，家畜偶然或有意地吃土是钠不足，但吃土会使碘的摄入量增多。家畜从土壤中摄取的矿物质比从牧草中摄取的多，尤其是碘、钴、铁和锰，这些矿物质在土壤中的含量明显高于植物（Reid and Horvath 1980）。目前的研究表明家畜粪中铁的含量很高，这意味着家畜从土壤中摄取了大量的矿物质。在下一步调查研究中还需要解决碘的来源问题。中国农科院实验室设备齐全，提供了良好的实验条件，在测量牧草、补充饲料和动物血浆中碘的浓度上有希望提出一些新的技术。最新研究发现，血浆中无机碘比血浆中T3和T4要稳定，所以测量绵羊和黄牛体内碘的含量可直接测量血浆中无机碘的含量即可（McCoy et al. 1997；Grace et al. 2001）。

目前，西藏政府非常重视制定家畜营养标准，这份家畜矿物质调查报告提高了西藏农科院全体工作人员对放牧家畜矿物质需求的知识。随着提高家畜生产性能的需要，西藏农科院的全体工作人员从参加家畜营养方面国际交流项目中受益匪浅，比如说总结预防家畜矿物质缺乏病的常用方法，一些既经济又可提高家畜生产性能的矿物质缺乏病的实地实验措施，这种培训项目可以推广到牲畜户主，在野外检测的牲畜主要应是矿物质缺乏的牲畜，包括：幼畜、架子畜、首次怀孕或产奶的牲畜。

## 致谢

该研究项目是在澳大利亚国际农业研究中心、西藏农牧科学院和中国农业科学院大力支持下完成的。我们衷心感谢当地牧户的合作，为我们提供家畜进行测试并允许我们采集牧草和饲料样品进行化验分析。感谢下列技能熟练的同仁，他们是：西藏农牧科学院的色珠（研究员）女士、次仁多吉（助理研究员）先生、杨德全（助理研究员）先生、吴金措姆（研究实习员）女士、巴桑珠扎（研究实习员）先生、巴桑次仁（研究实习员）先生、四郎玉珍（研究实习员）女士、余永新（助理研究员）先生、赵好信（研究员，所长）先生和李晓忠（副研究员，副所长）先生；中国农业科学院的计峰博士、吕林博士、刘彬女士、张丽阳女士、张庆东（硕士生）、林月霞（硕士生）、白世平（博士生）、于昱（博士生）、黄金秀（博士生）、黄艳玲（博士生）和张政军（硕士生），同时也感谢项目实施地点：林周县、当雄县、那曲县、嘉里县、白朗县、岗巴县、江孜县七个县农牧局兽防站给予的大力支持。我们十分高兴地向澳大利亚国际农业研究中心中国地区主任助理王广林先生致以衷心谢意，他始终乐于花费时间和知识帮助我们，确保了这项研究工作顺利进行并圆满完成。我们也感谢阿得雷德的Keith Crawford博士为我们进行统计分析工作。

该图片由澳大利亚国际农业研究中心的王广林提供



西藏高原植物通常在温暖湿润的5月-10月才开始生长

## 参考文献

- Arthur, J.R., Morrice, P.C. and Beckett, G.J. 1988. Thyroid hormone concentrations in selenium deficient and selenium sufficient cattle. *Research in Veterinary Science*, 45, 122-123.
- Awadeh, F.T., Kincaid, R.L. and Johnson, K.A. 1998. Effect of level and source of dietary selenium on concentrations of thyroid hormones and immunoglobins in beef cows and calves. *Journal of Animal Science*, 76, 1,204-1,215.
- Caple, I.W. and Halpin, C.G. 1985. Biochemical assessment of nutritional status. University of Sydney, *Proceedings of the Post-Graduate Committee in Veterinary Science*, No. 76, 307-337.
- Dick, A.T., Dewey, D.W. and Gawthorne, J.M. 1975. Thiomolybdenates and the copper-molybdenum-sulphur interaction in ruminant nutrition. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 85, 567-568.
- Donald, G.E., Langlands, J.P., Bowles, J.E. and Smith, A.J. 1994. Subclinical selenium deficiency. 6. Thermoregulatory ability of perinatal lambs born to ewes supplemented with selenium and iodine. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 34, 19-24.
- Grace, N.D. 1994. Managing trace element deficiencies. Palmerston North, New Zealand Pastoral Research Institute Limited.
- Grace, N.D., Knowles, S.O. and Sinclair, G.R. 2001. Effect of pre-mating iodine supplementation or ewes fed pasture or a Brassica crop pre-lambing on the incidence of goitre in newborn lambs. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 61, 164-167.
- Hetzel, B.S. 1989. The story of iodine deficiency. An international challenge in nutrition. Oxford, UK, Oxford University Press.
- Judson, G.J. 1996. Trace element supplements for sheep at pasture. In: Masters, D.G. and White, C.L., ed., *Detection and treatment of mineral nutrition problems in grazing sheep*. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research, Monograph No. 37, 57-80.
- Judson, G.J., Caple, I.W., Langlands, J.P. and Peter, D.W. 1987. Mineral nutrition of grazing ruminants in southern Australia. In: Wheeler, J.L., Pearson, C.J. and Robards, G.E., ed., *temperate pastures: their production, use and management*. Australian Wool Corporation Technical Publication. Melbourne, Australia, CSIRO Publishing, 377-385.
- Judson, G.J. and McFarlane, J.D. 1998. Mineral disorders in grazing livestock and the usefulness of soil and plant analysis in the assessment of these disorders. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 38, 707-723.
- Judson, G.J., McFarlane, J.D., Mitsioulis, A. and Zviedrans, P. 1997. Vitamin B<sub>12</sub> responses to cobalt pellets in beef cows. *Australian Veterinary Journal*, 75, 660-662.
- Langlands, J.P., Donald, G.E., Bowles, J.E. and Smith, A.J. 1994. Selenium concentration in blood of ruminants grazing northern New South Wales. IV. Relationship with tissue concentrations and wool production of Merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45, 1,701-1,714.
- Langlands, J.P., George, J.M. and Lynch, J.L. 1967. Observations on the calcium intake and serum calcium status of grazing ewes during drought. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 7, 325-328.
- Lee, J., Masters, D.G., White, C.L., Grace, N.D. and Judson, G.J. 1999. Current issues in trace element nutrition of grazing livestock in Australia and New Zealand. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50, 1,341-1,364.
- Little, D.A. 1987. The influence of sodium supplementation on the voluntary intake and digestibility of low-sodium *Setaria sphacelata* cv. Nandi by cattle. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 108, 231-236.

## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

- Liu, C.H., Duan, Y.Q., Lu, Z.H., Jin, Y.Y. and Su, Q. 1987. Regional selenium deficiency of feedstuffs in China. In: Combs, G.R., ed., Selenium in biology and medicine, 3rd international symposium. New York, Van Nostrand Reinhold, 47-52.
- Long, R.J., Apori, S.O., Castro, F.B. and Orskov, E.R. 1999a. Feed value of native forages of the Tibetan Plateau of China. *Animal Feed Science and Technology*, 80, 101-113.
- Long, R.J., Zhang, D.G., Wang, X., Hu, Z.Z. and Dong, S.K. 1999b. Effect of strategic feed supplementation on productive and reproductive performance in yak cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 38, 195-206.
- Lu, D.-X. 1996. Nutritional problems in the sheep industry in China. In: Masters, D.G., Yu, S., Lu, D.-X. and White, C.L., ed., Mineral problems in sheep in northern China and other regions of Asia. Canberra, Australian Centre for International Agriculture Research, Proceedings No.73, 7-12.
- Madejon, P., Murillo, J.M., Maranon, T., Cabrera, F. and Soriano, M.A. 2003. Trace element and nutrient accumulation in sunflower plants two years after the Aznalcollar mine spill. *Science Total Environment*, 307, 239-257.
- Masters, D.G., Purser, D.B., Yu, S.X., Wang, Z.S., Yang, R.Z., Liu, N., Lu, D.X., Wu, L.H., Ren, J.K. and Li G.H. 1993a. Mineral nutrition of grazing sheep in northern China. I. Macro-minerals in pasture, feed supplements and sheep. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 6, 99-105.
- 1993b. Mineral nutrition of grazing sheep in northern China. II. Selenium, copper, molybdenum, iron and zinc in pasture, feed supplements and sheep. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 6, 107-113.
- Masters, D., Yu, S., Gao, F., Liu, B., Jiao, S., Lu, D.-X., Shao, K., Xu, G., Rong, W., Ren, J., Kang, C., Kong, Q., Kong, F., Harali, S., Nuernisha, Liu, N., Bai, F. and Lindsay, J. 1996. Identification of mineral elements limiting sheep production in Northern China. In: Masters, D.G., Yu, S., Lu, D.-X. and White, C.L., ed., Mineral problems in sheep in northern China and other regions of Asia. Canberra, Australian Centre for International Agriculture Research, Proceedings No.73, 24-44.
- McClure, T.J., Eamens, G.J. and Healy, P.J. 1986. Improved fertility in dairy cows after treatment with selenium pellets. *Australian Veterinary Journal*, 63, 144-146.
- McCosker, T. and Winks, L. 1994. Phosphorus nutrition of beef cattle in northern Australia. Meat Research Corporation/Department of Primary Industries Queensland.
- McCoy, M.A., Smyth, J.A., Ellis, W.A., Arthur, J.R. and Kennedy, D.G. 1997. Experimental reproduction of iodine deficiency in cattle. *Veterinary Record*, 141, 544-547.
- McDowell, L, R, 1996a. Feeding minerals to cattle on pasture. *Animal Feed Science Technology*, 60, 247-271.
- 1996b. Free-choice mineral supplements for grazing sheep in developing countries. In: Masters, D.G. and White, C.L., ed., Detection and treatment of mineral nutrition problems in grazing sheep. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research, Monograph No. 37, 81-94.
- Morris, J.G. 1980. Assessment of sodium requirements of grazing beef cattle: a review. *Journal of Animal Science*, 50, 145-152.
- Peet, R.L., Hare, M., Masters, H. and Wallace, J. 1985. Experiments with limestone supplemented cereal grain fed sheep. *Australian Veterinary Journal*, 62, 138-139.
- Puls, R. 1994. Mineral levels in animal health: diagnostic data, 2nd ed. Clearbrook, Canada, Sherpa International.
- Reid, R.L. and Horvath, D.J. 1980. Soil chemistry and mineral problems in farm livestock. A review. *Animal Feed Science and Technology*, 5, 95-167.
- Reuter, D.J. and Robinson, J.B. 1997. Plant analysis. An interpretation manual, 2nd ed. Melbourne, Australia, CSIRO Publishing.

## 中国西藏自治区家畜矿物质营养状况调查

- SCA (Standing Committee on Agriculture) 1990. Feeding standards for Australian livestock. Ruminants. Melbourne, Australia, CSIRO Publishing.
- Shen, X.-Y., Du, D.-Z. and Li, H. 2005. Studies of a naturally occurring molybdenum-induced copper deficiency in the yak. *The Veterinary Journal*, n press.
- Smith, B.S.W. and Wright, H. 1975. Effect of dietary Mo on Cu metabolism. Evidence for the involvement of Mo in abnormal binding of Cu to plasma proteins. *Clinica Chimica Acta*, 62, 55-63.
- Suttle, N.F. 1991. The interactions between copper, molybdenum and sulphur in ruminant nutrition. *Annual Reviews in Nutrition*, 11, 121-140.
- Tashi, N. 2003. Pastoral systems, change and the future of the rangelands of Tibet. Lhasa, Tibet Academy of Agricultural and Animal Sciences, internal report.
- Underwood, E.J. and Suttle, N.F. 2001. *The mineral nutrition of livestock*, 3rd ed. Wallingford, Oxon, UK, CABI Publishing.
- Watkinson, J.H. 1979. Semi-automated fluorimetric determination of selenium in biological materials. *Analytica Chimica Acta*, 105, 319-325.
- Whelan, B.R. Barrow, N.J. and Peter, D.W. 1994. Selenium fertilizers for pastures grazed by sheep. II Wool and liveweight responses to selenium. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45, 877-887.
- White, C.L. 1996. Understanding the mineral requirements of sheep. In: Masters, D.G. and White, C.L., ed., *Detection and treatment of mineral nutrition problems in grazing sheep*. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research, Monograph No. 37, 15-29.
- Whitehead, D.C. 2000. *Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships*. Wallingford, Oxon, UK, CABI Publishing.
- Yu, S. 1996. Review of mineral research in grazing sheep in China. In: Masters, D.G., Yu, S., Lu, D.-X., and White, C.L., ed., *Mineral problems in sheep in northern China and other regions of Asia*. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research, Proceedings No. 73, 13-17.
- Yu, S.X., Masters, D.G., Purser, D.B., Wang, Z.S., Yabg, R.Z., Liu, N., Lu, D.X., Wu, L.H., Ren, J.K. and Li, G.H. 1995. Description of the trace element status of sheep in three areas of northern China. In: Anderson, N., Peter, D.W., Masters, D.G. and Petch, D.A., ed., *Production of fine wool in northern China: effect of nutrition and helminth infections*. Canberra, Australian Centre for International Agriculture Research, Technical Report No. 32, 35-39.



Part of Australia's development  
assistance program

[www.aciar.gov.au](http://www.aciar.gov.au)