

# 云南省主要地质背景区钴、铁和硒在岩石—土壤—饲料中的分布与转移规律研究\*

席冬梅<sup>1</sup> 邓卫东<sup>1</sup> 毛华明<sup>1</sup> 高宏光<sup>2</sup>

(1 云南农业大学动物科技学院, 昆明 650201)

(2 云南省地质科学研究所, 昆明 650011)

**摘要** 对云南省反刍家畜主要生产基地所属的 6 个地质背景区的土壤、岩石和饲料样品的钴、铁和硒元素进行测定分析。结果表明: 土壤和饲料钴、铁和硒元素含量在玄武岩(V)和碳酸岩盐红壤区(I)较丰富; 碳酸岩盐、碎屑岩和玄武岩混合型黄红壤区(II)居中; 而由碎屑岩(III)和变质岩(VI)发育的土壤区土壤和饲料钴、铁和硒元素最低。饲料中钴、铁和硒的含量受地质背景值, 特别是土壤中元素的丰度的影响较大。

**关键词** 地质背景区; 岩石; 土壤; 饲料; 钴; 铁; 硒

中图分类号 S153 文献标识码 A

地质背景因素影响矿物质元素在岩石—土壤—植物系统中的丰度及迁移, 也是影响区域饲料作物矿质元素含量的主要原因。在成土过程中矿质元素的富集受母岩矿质元素含量的影响。如玄武岩红壤母质矿物成分较复杂, 比较容易进行化学风化作用, 带进土壤中的各种矿质元素比较全面、丰富, 而且土壤的质地结构也较好, 有利于矿质元素更好地向植物体内转移; 而碎屑岩类(砂岩、粉砂岩)风化后易淋洗, 矿质营养元素缺乏, 使之形成的土壤贫瘠, 土壤结构也不好<sup>[1]</sup>。充分了解不同地质区下岩石—土壤—植物系统中矿质元素的丰度和转移规律, 可以按照调盈补缺的原则<sup>[2]</sup>科学合理的制作反刍家畜矿物质元素添加剂以及科学、合理、持续地利用当地饲料发展畜牧业。

钴(Co)、铁(Fe)和硒(Se)这 3 种元素均为反刍家畜必需微量元素(即这些元素必须通过饲料或日粮提供)。其中钴和铁主要参与造血过程而发挥功能, 钴还能增强反刍动物瘤胃消化功能; 硒通过形成谷胱甘肽过氧化物酶和脱碘酶<sup>[3]</sup>分别参与抗氧化作用和调节甲状腺机能<sup>[4-8]</sup>。世界范围内广泛存在反刍动物缺硒症(白肌病)和贫血<sup>[7]</sup>。矿物质营养失调(包括缺乏、中毒和不平衡)已经成为公认的限制家畜(特别是反刍家畜)生产的主要因素之一, 它严重影响家畜的生长, 并导致比传染病更为严重的后

果<sup>[9]</sup>。

本研究在云南省反刍家畜主要生产基地<sup>[10,11]</sup>所属的 6 个地质背景区共采集了 149 个土壤、50 个岩石和 370 个饲料样品, 通过对样品中钴、铁和硒进行分析测定和统计分析。初步确定了不同地质背景区钴、铁和硒元素的丰度及地质背景对饲料钴、铁和硒元素含量的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验点的确定及地质背景区的划分

本试验根据云南省牛羊饲养基地的分布, 选择巍山(WS)、洱源(EY)、丽江(LJ)、永胜(YS)、元江(YJ)、通海(TH)、陆良(LL)、宜良(YL)和昭通(ZT)9 个县(市)展开研究。根据土壤类型、成土母岩岩性、时代和地形地貌特征等因素确定不同的试验点, 并将所有试验点分为 6 个地质背景区, 分别为: I 碳酸盐岩红壤区; II 碳酸盐岩和碎屑岩、玄武岩混合型黄红壤区; III 中生代碎屑岩紫色土区; IV 碎屑岩黄红壤区; V 晚古生代玄武岩红壤区; VI 前寒武变质岩赤红壤区。

### 1.2 样品采集

采集具有代表性岩石样品 50 个, 耕作层土壤样品 149 个(土壤和岩石样品为一一对应关系, 即在同

\* 云南省计划委员会项目(云计科技[98]253号)“云南省家畜饲料高效利用技术及饲料资源优化利用研究”资助

作者简介: 席冬梅(1971~), 女, 蒙古族, 内蒙古通辽市人, 讲师, 硕士, 主要从事反刍动物营养研究。E-mail: dongmeixi@yahoo.com.cn

收稿日期: 2004-08-30; 收到修改稿日期: 2005-03-15

一母岩上至少采集 2 个土壤样品)。土壤样品于阴凉通风处自然风干、过筛。饲料样品直接在农户家里采集, 尽量采集当地反刍家畜饲养中的所有饲料。茎、叶、块根块茎类等鲜样尽快送到云南省动物营养与饲料重点实验室后立即进行风干、烘干及粉碎处理, 实际采集饲料样品 586 个, 考虑到可比较性等因素, 实际进入本次分析的有 370 个饲料样品。

### 1.3 分析测定

土壤和岩石样品送云南省地矿局制样室粉碎制样。土壤和岩石消化参照文献[12]进行, 饲料消化参照文献[13]进行。

微量元素测定时所用标准物质为甘蓝、小麦粉、桃叶、饲料粉、灌木枝叶(GSV-1, GBW07602)、杨树叶(GSV-3, GBW07604)、茶叶(GSV-4, GBW07605)、土壤(GBW07401-GBW07408)、岩石(GSR-3, GBW07105; GSR-6, GBW07108), 均购自北京标准物质中心, 并在有效期内使用。

各元素均采用相应的光谱纯物质(购自北京标准物质中心)配制成  $1\text{mg ml}^{-1}$  的单元素标准储备液, 根据测定样品中各元素可能的含量、光谱干扰及实际测定的情况将待测元素配为一组, 同时用 HCl 做介质和控制酸度, 实际酸度为  $1.37\text{ molL}^{-1}$ , 具体分组参照文献[14]进行, 硒采用氢化法单独测定。

采用美国 TJA 公司生产的 THERMO-IRIS/AP 型

全谱直读等离子体光谱仪, 钴、铁和硒元素的检测限分别为 3、1 和  $7\text{ }\mu\text{g L}^{-1}$ 。水平炬管, 中阶梯光栅, 电荷注射检测器(CID), 波长范围 170~900nm, Digital486 计算机配 Thermo SPEC<sup>TM</sup>/CID 分析软件。工作条件为: 发射功率 1.15 kW, 辅助气流量  $0.5\text{ L min}^{-1}$ , 雾化器压力 28.06 PSI, 泵速  $130\text{ r min}^{-1}$ , 高波长曝光 5s, 低波长曝光 30s, 样品清洗时间 30s。

仪器经过预热 4h 稳定后, 建立分析方法, 进行标准化, 扣除空白后即可开始样品的分析测定, 具体使用参照使用说明书进行。

### 1.4 统计分析

所有数据用社会统计学软件(SPSS, 10.0 版)进行分析统计<sup>[15]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 各地质背景区钴、铁和硒在土壤—岩石中的丰度

通过对云南省 6 个地质背景区采集的 149 个土壤和 50 个岩石样品中的钴、铁和硒进行测定, 结果见表 1。可以发现, 对于不同地质背景区的岩石和土壤, 各元素的丰度有很大的差异, 甚至有显著差异( $p < 0.05$ )。将 6 个背景区 3 种元素在土壤、岩石中的丰度进行排序, 结果如表 2。

表 1 各背景区岩石和土壤矿质元素丰度平均值

Table 1 Mean values of the abundances of mineral elements in the rock and soil in six zones different in geological background

| 立体剖面<br>Profile | 背景区号<br>Zone | 样品数(个)<br>Samples (entries) | Co( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Fe( $\text{g kg}^{-1}$ ) | Se( $\text{mg kg}^{-1}$ ) |
|-----------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 土壤<br>Soil      | I            | 38                          | 12.59 ab                  | 71.0 b                   | 0.31 b                    |
|                 | II           | 41                          | 11.49 ab                  | 63.7 c                   | 0.25 c                    |
|                 | III          | 28                          | 12.67 ab                  | 43.4 a                   | 0.18 a                    |
|                 | IV           | 20                          | 10.94 a                   | 49.1 a                   | 0.19 a                    |
|                 | V            | 10                          | 17.82 c                   | 89.3 d                   | 0.37 b                    |
|                 | VI           | 12                          | 12.16 ab                  | 40.6 a                   | 0.14 a                    |
| 岩石<br>Rock      | I            | 17                          | 4.94 a                    | 15.3 a                   | 0.05 a                    |
|                 | II           | 13                          | 10.29 ab                  | 32.3 ab                  | 0.12 ab                   |
|                 | III          | 6                           | 17.86 b                   | 55.0 b                   | 0.20 b                    |
|                 | IV           | 6                           | 10.90 ab                  | 40.3 b                   | 0.15 ab                   |
|                 | V            | 5                           | 49.48 c                   | 110.7 c                  | 0.50 c                    |
|                 | VI           | 3                           | 7.98 ab                   | 31.6 ab                  | 0.13 ab                   |

注: 同一剖面同列具有完全不同肩标者为差异显著( $p < 0.05$ ), 最小值标为 a Note: within columns in same profile not sharing a common superscripts are significantly different( $p < 0.05$ )

表2 各地质背景区土壤和岩石矿质元素丰度排序

Table 2 Sequence of the zones in abundance of mineral elements in the rock and soil

| 元素<br>Elements | 岩石<br>Rock                 | 土壤<br>Soil                 |
|----------------|----------------------------|----------------------------|
| Co             | V > III > IV > II > VI > I | V > I > III > VI > II > IV |
| Fe             | V > III > IV > II > VI > I | V > I > II > IV > III > VI |
| Se             | V > III > IV > VI > II > I | V > I > II > IV > III > VI |

碳酸岩盐红壤区( I )岩性组合均为灰岩、白云岩等纯碳酸岩盐,仅少数研究点夹有极少量非碳酸盐岩类。经对 17 件碳酸盐岩石样品进行分析,结果见表 1。所测元素与其他背景区相比含量最低,均排列第 6 位。本区的土壤为碳酸盐岩红壤,三种矿质元素的含量与母岩相反,含量都较高,均排列第 2。

混合型黄红壤区( II )的成土母岩极复杂,岩性组合变化较大,矿物成分复杂。该区岩石中硒和铁的含量在 6 个背景区中分别排列第 5 位和第 4 位,处于较低的水平。土壤为多源性黄红壤,三种元素的含量排序与成土母岩的排序基本一致。土壤中钴的含量较低,列第 5 位。

中生代碎屑岩紫色土区( III )分布面积较集中,该区的成土母岩极具特色,以中生代紫色、紫红色砂岩、页岩、泥岩等颜色近紫红的杂色沉积碎屑岩为特征,岩石中三种元素含量都较高,均列第 2 位。土壤为紫色土,土壤中鉄和硒含量较低,列第 5 位,钴含量居中等水平,列第 3 位。虽然该区土壤中三种元素并不丰富,但它的原始贮备库—岩石中的矿质养分比较丰富,对土壤养分的供应潜力较大。

碎屑岩黄红壤区( IV )的成土母岩以砂岩、砾岩、泥岩等非中生代紫色砂页岩类的碎屑岩为主,部分夹杂钙质页岩,粘土矿物主要是蒙脱石和伊利石。土壤以碎屑岩黄红壤为主,由于母岩成分较单纯,土壤肥力低,因此土壤和岩石各矿质元素含量都处于中下等水平,土壤中的钴含量最低,列第 6 位。

晚古生代玄武岩红壤区( V )分布的范围较零散,分布于昭通、洱源、永胜、丽江四县。岩性均为风化强烈的黄绿色玄武岩,矿物成分极复杂,三种元素在岩石和土壤中含最高,均列第 1 位。

前寒武变质岩赤红壤区( VI )仅分布于元江县,该区气候极为特殊,为热区气候,形成的土壤为变质岩红壤。成土母岩岩性主要为前寒武变麻岩、混合岩、变粒岩等变质岩类,矿物成分复杂。三种元素在岩石和土壤中的含量都不是很高,钴列第 4 位,鉄和

硒均列第 6 位。

由玄武岩和碳酸岩盐发育的红壤( V 和 I 区,分别列第 1 位和第 2 位)矿质养分较丰富,这是由于在碳酸岩盐发育的红壤中碱性元素(钾、镁和钙)都是较强淋溶的,而酸性元素(铝、鉄和硅)则相反,在土壤中强烈富集;同时母质玄武岩的矿物成分复杂,比较容易进行化学风化作用,带进土壤中的各种矿质营养元素比较全面、丰富,如鉄、锰等。此外红壤的形成是富铝化和生物富集化两个过程长期作用的结果,其实质就是矿物强烈分解,鉄、铝、锰等氧化物明显聚积及次生粘土矿物不断形成,带进土壤中的各种矿质营养元素比较全面、丰富。如由玄武岩发育的砖红壤和赤红壤中铜含量要比花岗岩、变质岩和砂岩发育的要高 4~8 倍<sup>[16]</sup>。另外从理化性质看,玄武岩红壤( V )质地较粘重, pH 值较低,有机质含量和阳离子交换量最高, I 区土壤的有机质含量和阳离子交换量也较高<sup>[2]</sup>,这些理化特征都有利于土壤中的生物活动,对红壤成土过程中矿质成分的富集有推动作用;相对来说碎屑岩和变质岩区( III、IV 和 VI 区)发育的土壤多数矿质元素都较低,除了因为其母岩(碎屑岩和变质岩)中该元素原始储量较少以外,还由于由碎屑岩和变质岩发育的土壤风化不完全、结构差等,并且土壤理化条件也比较差,土壤有机物含量和阳离子交换量在 6 个背景区中最低<sup>[2]</sup>。碳酸岩盐和碎屑岩、玄武岩混合型黄红壤区( II )土壤各矿质元素含量介于上述背景区土壤之间,这是由于它的母岩成分复杂,包含有上述两大类背景区的所有母岩。

## 2.2 各地质背景区饲料中矿物质元素的丰度分布特征

成土母质的组成及矿物质元素的分布特征对植物(饲料)矿物质丰度的影响是间接进行的,它们是通过影响土壤来完成,可以说它是植物最大的地质背景因素。将 6 个地质背景区 8 种饲料的钴、鉄和硒元素的平均含量进行统计和多重比较,结果见表 3。

表 3 不同地质背景区主要饲料钴、铁和硒平均含量

Table 3 Average concentrations of cobalt, iron, and selenium in major forages in the six zones (mg kg<sup>-1</sup>)

| 样品名称<br>Sample name                         | 背景区号<br>Zone | 样品数(个)<br>Samples (entries) | 钴<br>Co | 铁<br>Fe | 硒<br>Se |
|---|--------------|-----------------------------|---------|---------|---------|
| 稻草<br>Rice straw                            | I            | 10                          | 1.16    | 5629    | 0.11    |
|   | II           | 18                          | 0.92    | 682     | 0.08    |
|   | III          | 12                          | 1.01    | 694     | 0.11    |
|   | IV           | 6                           | 0.90    | 653     | 0.10    |
|   | V            | 4                           | 1.18    | 741     | 0.09    |
|   | VI           | 6                           | 0.64    | 385     | 0.06    |
| 玉米秆<br>Corn stem                            | I            | 14                          | 0.91 a  | 589 a   | 0.07 a  |
|   | II           | 15                          | 1.53 ab | 1042 ab | 0.17 ab |
|   | III          | 7                           | 0.75 a  | 511 a   | 0.05 a  |
|   | IV           | 8                           | 0.78 a  | 679 a   | 0.09 a  |
|   | V            | 3                           | 2.98 b  | 1948 b  | 0.32 b  |
| 玉米包衣<br>Corn hull                           | I            | 8                           | 0.50 a  | 414 a   | 0.06 ab |
|   | II           | 13                          | 0.45 a  | 361 a   | 0.04 a  |
|   | III          | 3                           | 0.55 ab | 402 ab  | 0.05 ab |
|   | IV           | 5                           | 0.43 a  | 451 ab  | 0.08 ab |
|   | V            | 3                           | 0.98 b  | 768 b   | 0.11 b  |
| 蚕豆秆<br>Stalks and<br>leaves of<br>horsebean | I            | 14                          | 2.88    | 1919    | 0.27    |
| 叶糠  | II           | 13                          | 3.99    | 2853    | 0.04    |
| 玉米<br>Corn                                  | III          | 12                          | 2.47    | 2165    | 0.20    |
|   | IV           | 4                           | 1.21    | 962     | 0.13    |
|   | V            | 4                           | 3.94    | 2249    | 0.14    |
|   | I            | 19                          | 0.20 ab | 108     | 0.01    |
|   | II           | 14                          | 0.27b   | 104     | 0.01    |
|   | III          | 10                          | 0.11a   | 67      | —       |
| 稻谷<br>Rice                                  | IV           | 10                          | 0.17ab  | 73      | —       |
|   | V            | 4                           | 0.28b   | 114     | —       |
|   | VI           | 5                           | 0.15 ab | 54      | 0.02    |
|   | I            | 9                           | 1.34b   | 1001    | 0.08 ab |
|   | II           | 13                          | 0.74 ab | 837     | 0.10 b  |
|   | III          | 10                          | 0.47a   | 389     | 0.04 a  |
| 小麦<br>Wheat                                 | IV           | 4                           | 0.75ab  | 560     | 0.08 ab |
|   | V            | 3                           | 0.87ab  | 506     | 0.08 ab |
|   | VI           | 5                           | 1.10 ab | 845     | 0.12 b  |
|   | I            | 15                          | 0.39    | 208     | 0.04 ab |
|   | II           | 9                           | 1.03    | 899     | 0.06 ab |
|   | III          | 3                           | 0.12    | 99      | 0.01 a  |
| 蚕豆<br>Horsebean                             | IV           | 2                           | 1.09    | 820     | 0.12 b  |
|   | V            | 3                           | 0.81    | 539     | 0.08 ab |
|   | I            | 11                          | 0.39a   | 138 bc  | 0.01    |
|   | II           | 12                          | 0.37a   | 98 ab   | —       |
|   | III          | 9                           | 0.39a   | 83 a    | —       |
| 蚕豆<br>Horsebean                             | IV           | 5                           | 0.18a   | 93 ab   | —       |
|   | V            | 3                           | 0.90b   | 179 c   | —       |

注: 同一种饲料作物同列具有完全不同肩标者为差异显著 ( $p < 0.05$ ), 没有肩标表示差异不显著 ( $p > 0.05$ ), 最小值标为 a。Note: within columns in same profile not sharing a common superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ )

上述8种饲料,其中稻草、玉米秆、玉米包衣和蚕豆秆叶糠是云南省反刍家畜的主要粗饲料,玉米是主要的能量类饲料,蚕豆是主要的蛋白质饲料,而稻谷和小麦主要是人的粮食,但在云南南部热区(如元江)也用作反刍家畜饲料<sup>[17]</sup>。研究不同地质背景区反刍家畜主要饲料矿质元素含量及其与地质背景因素的关系可以在宏观上了解反刍家畜矿质元素营养状况,进而对区域性反刍家畜生产具有非常重大的指导意义<sup>[2]</sup>。

从表3可以看出,6个地质背景区饲料中的三种矿物质元素含量变化规律相对复杂。晚古生代玄武岩红壤区(V)的玉米秆、玉米包衣中钴、铁、硒,蚕豆的铁和钴及玉米中的钴含量最高;稻谷中的钴在I区、V区含量较高,III区含量最低;玉米秆的三种元素在I、IV、III区的含量较低;I、II、IV区玉米包衣的钴和I、II区的铁及II区的硒含量较低;II区蚕豆中的铁和IV、I、III、II区钴含量较低;II区玉米的钴含量较低,并且以上差异均显著( $p < 0.05$ )。各区其他种类饲料的钴、铁和硒含量差异不显著( $P > 0.05$ )。但V区和I区饲料中该三种元素含量都较高。

只有小麦硒含量在IV区最高,但是V、I区含量也居中等水平。由表1分析可知V区土壤中该三种元素含量也都最高,II、III、IV、VI区最低,并且差异均显著( $p < 0.05$ )。

综上所述,大多数饲料中三种元素(钴、铁和硒)的含量与土壤在不同地质背景区的丰度变化趋势比较接近,即受地质背景值,特别是土壤中元素的丰度影响较大。在6个地质背景区中以玄武岩红壤区(V)饲料矿质元素状况最好,多数饲料的钴、铁和硒含量较高。中生代碎屑岩紫色土区(III)、碎屑岩黄红壤区(IV)和前寒武变质岩赤红壤区(VI)饲料矿质元素状况最差,三种元素含量较低。

### 3 结论

岩石、土壤、饲料和家畜特别是反刍家畜构成了一个大的生态系统,营养物质(包括微量元素)在这之间的传递成为目前研究的热点。从岩石、土壤到饲料的微量元素迁徙规律可以让动物营养学家从较高水平考虑当地饲料为主要日粮的反刍动物补充料微量元素添加水平。目前土壤学微量元素研究基本没有考虑以当地饲料为主要日粮的传统饲养方式下反刍动物的营养需求,而动物营养学研究主要集中在

饲料营养价值评价,对微量元素的研究很少考虑饲料中微量元素来源的真正的大背景库—岩石和土壤。本研究将岩石、土壤到饲料三者结合,将云南省主要反刍家畜生产基地所属的6个地质背景区按照钴、硒和铁的丰度分为3类:第1类是玄武岩和碳酸岩盐红壤区(V和I区),土壤理化条件最好,土壤和饲料钴、铁和硒元素含量较丰富;第2类为碳酸岩盐、碎屑岩和玄武岩混合型黄红壤区(II区);第3类为由碎屑岩和变质岩发育的土壤区(III、IV和VI区)。土壤和饲料钴、铁和硒元素含量最低。饲料中钴、铁和硒的含量受地质背景值,特别是土壤中元素的丰度的影响较大。因此,在V和I区,反刍动物微量元素钴、铁和硒添加可酌量减少,而III、IV和VI区,则必须重点考虑实际添加量。

### 参考文献

- [1] 曾群望,杨双兰. 云烟生产的土壤地质背景. 昆明: 云南科技出版社, 1993. Zeng Q W, Yang S L. The Background of Soil and Rock of Yunnan Tobacco Production (In Chinese). Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 1993
- [2] 邓卫东,席冬梅,毛华明,等. 云南省反刍家畜饲料矿物质地质背景研究及饲料营养价值评价. 昆明: 云南科技出版社, 2004. Deng W D, Xi D M, Mao H M, et al. The Studies on Geological Background of Mineral Elements and Evaluation Nutritional Value of Ruminant Feed in Yunnan Province (In Chinese). Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2004
- [3] Berry J, Banu L, Larsen R P. Type I Iodothyronine Deiodinase is a Selenocysteine containing Enzyme. *Nature*, 1991, 349(31): 438~440
- [4] National Research Council. Nutrient Requirement of Dairy Cattle. 7th Ed. Washington D C: National Academy Press, 2001
- [5] National Research Council. Nutrition Requirements of Beef Cattle. 7th Ed. Washington D C: National Academy Press, 1996
- [6] Georgievskii V I, Annenkov B N, Samokhin V T. Mineral Nutrition of Animals. London: Butterworths, 1982
- [7] 杨文正,章世元,林在光,等. 动物矿物质营养. 北京: 中国农业出版社, 1996. Yang W Z, Zhang S Y, Lin Z G, et al. Animal Mineral Nutrition (In Chinese). Beijing: China Agricultural Press, 1996
- [8] McDonald P, Edwards R A, Greenhalgh J F D, et al. Animal Nutrition. 5th Ed. Malaysia: Prentice Hall, 1995
- [9] 邵凯. 放牧反刍动物矿物质营养状况的分析与评价. 内蒙古畜牧科学, 1997, 1: 26~31. Shao K. The analysising and evaluation on mineral nutritional status of grazing ruminants (In Chinese). Inner Mongolia Journal of Animal Science, 1997, 1: 26~31
- [10] 胡汉傑. 云南省奶业发展的思考. 云南畜牧兽医, 2002, (B06): 8~10. Hu H L. The Ponder of the development of dairy cattle in Yunnan Province (In Chinese). Yunnan Animal Science and Veterinary Medicine, 2002, (B06): 8~10
- [11] 杨志民. 云南奶业现状及发展对策. 云南畜牧兽医, 2002,

- (B06): 4~ 7. Yang Z H. The Status and development strategy of dairy cattle industry in Yunnan Province (In Chinese). Yunnan Animal Science and Veterinary Medicine, 2002, (B06): 4~ 7
- [12] 田晓娅, 陈超子. 应用 ICP AES 法同时测定土壤中 27 种元素的方法研究. 土壤通报. 1993, 24: 188~ 190. Tian X Y, Chen C Z. The research of simultaneous deteming 27 microelements in soil by using ICP AES (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1993, 24: 188~ 190
- [13] 杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术. 北京: 中国农业大学出版社. 1993. 16~ 63. Yang S. Feed Analysis and Quality Examination Technology (In Chinese). Beijing: China Agricultural University Press, 1993. 16~ 63
- [14] 辛仁轩. 电感耦合等离子体光谱—原理、装置和应用. 北京: 光谱实验室编辑部, 1984. Xin R X. Inductive Coupled Plasma Absorption Emission Spectrum—Theory, Equipment and Application (In Chinese). Beijing: Newroom of Labortaory of Spednum, 1984
- [15] 三味工作室著. SPSSV10. 0 for Windows 使用基础教程. 北京: 北京希望电子出版社, 2001. Studio of Sanwei. The Basic Text book of SPSSV10. 0 for Windows (In Chinese). Beijing: Beijing Hope Electric Press, 2001
- [16] 刘铮, 唐丽华, 朱其清. 红壤地区土壤微量元素. 见: 李庆逵主编. 中国红壤. 北京: 科学出版社, 1983. 171. Liu Z, Tang L H, Zhu Q Q. Microelements in Red Soil (In Chinese). In: Li Q K ed. The Red Soil in China. Beijing: Science Press, 1983. 171
- [17] 云南省饲料资源及营养评价编辑委员会. 云南省饲料资源及营养评价. 昆明: 云南科技出版社, 1994. The Compile Council of Animal Feed Resources and Nutritional Evaluation in Yunnan Province. Animal Feed Resources and Nutritional Evaluation in Yunnan Province (In Chinese). Kunming: Yunnan Press of Science and Technology, 1994

## DISTRIBUTION AND TRANSPORTATION OF COBALT, IRON, AND SELENIUM FROM ROCK TO SOIL TO FORAGE IN MAIN GEOLOGICAL BACKGROUND ZONES IN YUNNAN PROVINCE

Xi Dongmei<sup>1</sup> Deng Weidong<sup>1</sup> Mao Huaming<sup>1</sup> Gao Hongguang<sup>2</sup>

(1 College of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(2 The Research Institute of Soil Science of Yunnan Province, Kunming 650011, China)

**Abstract** Cobalt, iron, and selenium in rocks, soils, and forage plants, of six background zones different in geology in the major ruminant production base of Yunnan were determined and analyzed. Results show that in terms of abundance of cobalt, iron, and selenium in soil and forage, the Paleozoic Basalt Zone ( V ) and Carbonate Red Earth Zone ( I ), are at the top, the Yellow-Red Earth Zone of mixed of Carbonate, Clastic Rock and Basalt ( II ) in the middle and the Purple Earth Zone of Mesozoic Clastic Rock ( III ), the Yellow-Red Earth Zone of Clastic Rock ( IV ), and the Dark Red Earth Zone of Precambrian Metamorphic Rock ( VI ), at the bottom. The concentrations of cobalt, iron, and selenium in forages are affected by the geological background values, especially abundances of these microelements in the soil.

**Key words** Geological background zones; Rock; Soil; Forage; Cobalt; Iron; Selenium