

土壤理化性质对土壤—饲用植物系统钴、铁和硒含量的影响

席冬梅¹, 邓卫东¹, 毛华明¹, 高宏光²

(1. 云南农业大学动物科技学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南省地质科学研究所, 云南 昆明 650011)

摘要: 对云南省巍山、洱源等 9 个县(市)的土壤 pH、阳离子交换量(CEC)及土壤和饲料样品的钴、铁和硒元素含量进行测定。结果表明: 在中性至酸性范围内, 土壤中钴、铁和硒元素含量随酸性增强和土壤保肥力的提高而升高; 在土壤 pH 5~6 范围内, 饲料样品中钴和铁的含量最高, 饲用植物在该 pH 值范围内对钴和铁元素的吸收能力最强, 而饲料样品中硒含量随着土壤 pH 值升高而逐渐增加。

关键词: 土壤; pH; 阳离子交换量; 饲用植物; 钴; 铁; 硒

中图分类号: S154.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004—3268(2005)05—0053—04

Effect of Soil Physicochemical Characteristics on the Contents of Co, Fe and Se in System of Soil and Forage Plant

XI Dong-mei¹, DENG Wei-dong¹, MAO Hua-ming¹, GAO Hong-guang²

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

2. Institute of Geological Science of Yunnan Province, Kunming 650011, China)

Abstract: Determination on pH and cation exchange content (CEC) of soil and Co, Fe and Se content in soil and forage samples from 9 countries in Yunnan province showed that the contents of Co, Fe and Se in soil increased as the increasing of acidity and keeping fertility in the range of neutral to acid. The contents of Co and Fe in forage samples were highest in the range of pH from 5 to 6. The absorbing ability of forage plant to Co and Fe was highest under the condition of acid, whereas the content of Se in forage samples increased as the increasing of pH in soil.

Key words: Soil; pH; Cation exchange capacity (CEC); Forage plant; Co; Fe; Se

土壤 pH 值、有机质(OM)和阳离子交换量(CEC)等是土壤理化性质的重要指标, 它们与其他土壤理化性质一起共同影响着土壤中各种矿质元素的丰度及有效性, 因此, 对植物吸收矿质元素的能力, 即植物中各矿物质元素的含量有一定的影响。充分了解土壤理化性质与土壤—饲用植物系统中矿质元素的关系, 对于区域性饲用植物矿物质营养的研究具有重要的意义。

1 材料和方法

1.1 样品的采集及处理

本试验根据云南省牛羊饲养基地的分布, 选择

巍山、洱源、丽江、永胜、元江、通海、陆良、宜良和昭通 9 个县(市)展开研究。

1999 年 5~6 月采集具有代表性的土壤样品 149 个, 饲料样品 812 个。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, 随后进行分析。

1.2 土壤 pH 值、有机质和 CEC 的测定

土壤 pH 用 pH 计直接测定^[1]、有机质采用重铬酸钾容量法^[2]测定、阳离子交换量采用氯化钡缓冲液法^[3]测定。

收稿日期: 2004—11—05

基金项目: 云南省计划委员会资助项目(云计科技[98]253号)

作者简介: 席冬梅(1971—), 女(蒙古族), 内蒙古通辽人, 讲师, 硕士, 主要从事反刍动物营养研究。

E-mail: Dongmeixi@yahoo.com.cn

1.3 土壤及饲料中钴、铁和硒的测定 (ICP—AES 法)

1.3.1 样品的预处理 称取过 100 目筛的土壤样品 0.25g 于聚四氟乙烯坩埚中,用超纯水数滴湿润土壤,加入 7 ml 氢氟酸(HF)和 1 ml 浓硝酸(HNO₃),在电热板上消化至干。取下冷却后,沿壁再加入 5 ml HF,继续消化至干。再加 2 ml 高氯酸(HClO₄)消煮到白烟将尽取下。加入 1 ml 浓 HNO₃ 及 1 ml 的超纯水,加热溶解残渣,待溶液清后,转移到 50 ml 容量瓶中,定容摇匀,立即过滤转移到聚乙烯瓶中^[4]。

准确称取风干饲料样品 0.5 g,置于三角瓶中,加入 10 ml HNO₃,放置过夜后在电热板上消化至棕色烟赶尽,溶液呈清亮,冷却后再加入 1ml HClO₄。加热将高氯酸白烟赶尽,加入少量 5% 盐酸(HCl),加热溶解残渣。待溶液清后,用 5% 的 HCl 清洗转移到 50 ml 容量瓶中,定容摇匀,溶液酸度为 5%^[5]。

1.3.2 测定方法

1.3.2.1 标准物质和试剂 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),均购自北京标准物质中心,并在有效期内使用。HCl、HNO₃ 和 HClO₄ (G. R)为四川德阳试剂厂生产。

试验用水为 MILLIPORE 纯水系统生产的超纯水($>10\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$, 20℃)。试验所用玻璃器具均用 2 mol/L 的 HNO₃ 浸泡 48 h,再分别用蒸馏水和超纯水清洗 6 遍,烘干备用。

1.3.2.2 标准溶液的制备 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 mg/ml 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 5%,具体分组参照文献[6]进行;硒采用氢化法单独用 ICP 测定。

1.3.2.3 仪器及工作条件 采用美国 TJA 公司生产的 IRIS/AP 型全谱直读光谱仪,水平炬管,中阶梯光栅,电荷注射检测器(CID),波长范围 170~900 nm, Digital486 计算机配 Thermo SPECTM/CID 分析软件。分析测试时由 DIGITAL 微机控制主机并收集和处理分析数据,用 EPSON 打印机直接打印出分析结果。其工作条件如下:发射功率 1.15kW,辅助气流量 0.5 L/min,雾化器压力 28.06PSI,泵速

130 r/min,高波长曝光 5 s,低波长曝光 30 s,样品清洗时间 30 s。

1.3.2.4 上机测试 ICP 经过预热 4h 稳定后,建立分析方法,进行标准化,扣除空白后即可使用。具体使用参照 ICP 使用说明书进行。

2 结果与分析

2.1 土壤理化性质对土壤中钴、铁和硒元素含量的影响

对研究区 149 个土壤样品的 pH 值、有机质和 CEC 与土壤的钴、铁和硒元素含量进行了相关分析,结果发现:3 个元素含量与 pH 值均呈负相关;与 CEC 呈正相关;硒与土壤有机质呈正相关,并且相关系数很小。由于全部土样包括的情况十分复杂,各土壤的种类、耕作管理情况等不同,因此,相关系数普遍不高。其中,有机质的相关结果最差,这可能是由于所采集的土样有相当一部分属于耕作土、菜园土,这些土壤在农村传统的管理中长期以施有机肥为主,造成土壤有机质含量的差异。因此,在本研究中,不宜利用土壤有机质评价土壤矿质元素营养。但是土壤有机质含有植物所需的各种营养元素,其中,腐殖质的胶体特性有很高的代换吸收养分的能力,并促进土壤团粒结构的形成,对土壤中矿质元素的富集、转移和释放影响非常大。将 149 个土壤样品 pH 值和 CEC 值与各矿质元素含量的测定结果列于表 1,从中发现了与相关分析大致对应的规律。

从表 1 可以看出,土壤钴、铁和硒元素含量在中性至酸性范围内,随酸性增强而升高。这是由于在酸性环境中,大多数土壤矿物可强烈溶解和破坏,释放出各种化学元素,从而有利于土壤中矿质元素的富集。同时大多数化学元素在酸性环境中也易形成

表 1 不同 pH 值和 CEC 的土壤钴、铁和硒元素的平均含量

理化性质	范围	样品数(个)	Co (mg/kg)	Fe (%)	Se (mg/kg)
pH	4~5	26	14.21	6.85	0.30
	5~6	29	12.71	6.33	0.26
	6~7	34	11.47	5.49	0.23
	>7	60	12.22	5.67	0.22
CEC	<10	27	12.15	4.65	0.16
	10~20	78	11.91	5.79	0.24
	>20	44	13.73	7.08	0.30

注:CEC 的单位为 cmol(+) / kg; 表 2 同

可溶性化合物,有利于植物的吸收和利用。土壤 pH 值影响土壤矿物质的风化强度、土壤生物的活动及有机质的转化,同时还影响着溶液中化合物的溶解和沉淀,以及离子的吸附和代换,因此,土壤 pH 值深刻地影响着土壤中化学元素的含量、迁移和转化。

一般认为,CEC 在 20 cmol(+) /kg 以上为保肥力强的土壤,10 ~20 cmol(+) /kg 为保肥力中等,小于 10 cmol(+) /kg 为保肥力弱的土壤^[7]。将研究区 149 个土样的阳离子交换量按上述标准分为 3 个等级,分别统计了各等级土壤矿质元素的平均含量(表 1)。随土壤保肥力的增强(CEC 值的增大),含量升高的元素有铁和硒,虽然钴的含量在中等肥力土壤中最低,但在总体趋势上与上述元素相同。土壤阳离子交换量反映其保持矿质养分的能力,即土壤吸附保持化学元素中阳离子部分的能力,而绝大部分元素的阳离子是植物必需的有效态养分。

2.2 土壤 pH 值和 CEC 对饲料中钴、铁和硒元素含量的影响

土壤的 pH 值、CEC 对土壤矿质营养元素的可给性影响较大。将 812 个饲料样品中的钴、铁和硒元素含量的测定结果列于表 2。

表 2 不同土壤 pH 值和 CEC 对饲料样品中钴、铁和硒元素含量的影响

理化性质	范围	样品数 (个)	Co (mg/ kg)	Fe (mg/ kg)	Se (mg/ kg)
pH	4~5	99	0.75	546	0.074
	5~6	148	1.34	928	0.075
	6~7	201	0.72	485	0.094
	>7	365	1.04	852	0.145
CEC	<15	295	0.76	526	0.069
	15~20	289	1.04	910	0.099
	>20	228	1.19	792	0.122

pH 值影响土壤中某些矿质元素的有效态含量,从而影响植物对矿质元素的吸收。由表 2 可以看出,在土壤 pH 5~6 范围内,饲料样品中钴和铁的含量比其他 pH 范围的都高,说明饲用植物在该 pH 范围内对钴和铁元素的吸收能力最强。土壤酸碱反应影响着植物对钴和铁元素的吸收,并且都是在一定的酸性条件下,植物的吸收能力较强,这与以前的研究结果相一致。有研究发现:当土壤中施用石灰使 pH 值由 5.4 上升到 6.4 时,三叶草中的铜、锌、钴和锰的含量约减少一半^[8]。早在 1930 年,人们就已经明确在酸性土壤中碘的可给性较大,供给植物的碘

也较多,通过燕麦和黑麦草得到了证实^[9]。

土壤 pH 值对植物中硒含量的影响与其他 2 个元素相反。随着土壤 pH 值升高,饲料样品中硒含量逐渐增加。这是由于土壤硒的溶解度随 pH 值升高而增强。其他试验也证实,苜蓿、大麦和燕麦中的硒含量随 pH 值升高而增加^[10],在黑麦草上也得到相同的结果^[11]。

土壤 CEC 对饲料样品中矿质元素含量的影响以钴和硒较为显著,它们在饲料中的含量均随着 CEC 的升高而升高。除表 2 中所列元素外,钙和磷也有同样的趋势。其中的作用原理是 CEC 影响土壤矿质元素含量及有效性。

3 结论

土壤是农业生产的基础,是人类最基本的生产资料和宝贵的自然资源。土壤中微量元素含量的高低或多或少决定了饲用植物矿质元素的含量,从而间接影响了以饲用植物为主要日粮的反刍动物(特别是放牧反刍动物)的微量元素营养状况。通过研究土壤理化性质,为评价家畜微量元素营养状况提供了基础知识。即可能通过相对简单的分析方法和指标(pH 等)来估测反刍家畜微量元素营养状况。本次研究发现:土壤钴、铁和硒元素含量在中性至酸性范围内,随酸性增强和土壤保肥力的增强(CEC 值的增大)而升高;而当土壤 pH 5~6 时,饲料样品中钴和铁的含量最高,饲用植物在该 pH 值范围内对钴和铁元素的吸收能力最强;饲料样品中硒含量随着土壤 pH 值升高而逐渐增加。随着土壤 CEC 增加,土壤和饲用植物钴、铁和硒元素含量也逐渐增加。

参考文献:

[1] 孙鸿烈,刘光崧.土壤理化分析与剖面描述[M].北京:中国标准出版社,1996.

[2] 南京农业大学.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,1990.

[3] 王虹,崔桂霞.用氯化钡缓冲液法测定土壤阳离子交换量[J].土壤,1989,21(1):49—51.

[4] 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[J].土壤通报,1993,24(4):188—190.

[5] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,1993.16—63.

[6] 辛仁轩.电感耦合等离子体光谱—原理、装置和应用[M].光谱实验室编辑部,1984.158—159. (下转第 66 页)

各处理的总产量。

2 结果与分析

2.1 土壤基施硅肥对黄瓜抗白粉病的影响

土壤施硅处理对黄瓜抗白粉病的影响见表 1。

表 1 土壤不同硅肥施用量对黄瓜抗白粉病的影响

处理	病情指数 (%)	显著性测验		相对免疫效果 (%)
		0. 05	0. 01	
I	71. 16	b	B	27. 57
II	52. 71	c	B	46. 34
III	59. 67	bc	B	39. 26
ck	98. 24	a	A	—

注: 病情指数为 3 次重复平均值, 表 2 同

通过对表中数据进行方差分析, 并进行新复极差法测验, 可以看出, 与对照相比, 土壤施用硅肥各处理对黄瓜抗白粉病的影响均达极显著水平。不同施用量处理相比, 以 60 kg/hm² 处理平均病情指数最低, 为 52. 71%, 比对照降低 46. 34%, 显著优于处理 I 和对照, 而与处理 III 差异不显著。

2.2 叶面喷施水溶性多效硅肥对黄瓜抗白粉病的影响

叶面喷施水溶性多效硅肥对黄瓜抗白粉病的影响见表 2。

表 2 叶面喷施水溶性多效硅肥对黄瓜抗白粉病的影响

处理	病情指数 (%)	显著性测验		相对免疫效果 (%)
		0. 05	0. 01	
I	8. 29	b	B	78. 32
II	3. 92	c	B	89. 77
III	6. 77	b	B	82. 30
ck	38. 24	a	A	—

由表 2 可以看出, 叶面喷施硅肥后, 黄瓜白粉病病指明显降低, 不同用量处理和对照间均存在着极显著的差异, 即叶面喷施 3 种浓度硅肥都能有效降低白粉病的发生程序。其中, 以处理 II (2 kg/hm²)

效果最好, 平均病情指数仅为 3. 92%。

2.3 叶面喷施水溶性多效硅肥对黄瓜的增产效果

由产量结果可知, 处理 II 比对照平均增产 19. 4%, 增产最多; 处理 III 和处理 I 平均增产率分别为 16. 7%和 15. 5%(表 3)。

表 3 叶面喷施水溶性多效硅肥对黄瓜的增产作用

处理	平均产量 (kg/ hm ²)	增产率 (%)
I	79 882	15. 5
II	83 746	19. 4
III	81 032	16. 7
ck	67 500	—

3 小结

试验结果表明, 在大棚黄瓜栽培中, 基施中性硅酸钠可明显提高黄瓜对白粉病的抗性, 以 60 kg/hm²效果最好, 平均病情指数最低, 为 52. 71%, 比对照降低 46. 34%。在黄瓜生长期, 叶面喷施水溶性多效硅肥也可明显提高黄瓜植株对白粉病的抗性, 以 2 kg/hm² 效果最好, 平均病情指数最低, 为 3. 92%, 比对照降低 89. 77%。另外, 叶面喷施水溶性多效硅肥还可以提高黄瓜的产量, 增产率为 15. 5%~19. 4%。

参考文献:

[1] 方中达. 植病研究方法[M] . 北京: 农业出版社, 1982.
[2] 曹如槐. 农作物抗病鉴定方法. 北京: 农业出版社, 1992.
[3] 董金皋. 农业植物病理学(北方本)[M] . 北京: 中国农业出版社, 2001.
[4] 梁永超, 孙万春. 硅和诱导接种对黄瓜疽病抗性的研究[J] . 中国农业科学, 2002, 35(3): 267—271.
[5] 杨艳芳, 梁永超, 娄运生. 硅对小麦过氧化物酶、超氧化物歧化酶和木质素的影响及与抗白粉病的关系[J] . 中国农业科学, 2003, 36(7): 813—817.

(上接第 55 页)

[7] 陆欣, 马国瑞, 李晓林, 等. 土壤肥料学[M] . 北京: 中国农业大学出版社, 2002. 482.
[8] Mitchel R L. Trace elements in soil and factors that affecting their availability[J] . Bull Geol Soc Am, 1972, 83: 1069.
[9] Whitehead D C. The influence of oraginc matter , chalk and sesquioxides on availability iodide, elementary iodine

and iodate inoubated with siol[J] . J Soil Sci, 1974, 25: 461.
[10] Cary E E, W H Allaway. Selenium contents of field crops grown on selsnite treated soils[J] . Agron J , 1973, 65: 922.
[11] Levesque M. Selenium distribution in Canadian soils and forages[J] . Can J Soil Sci , 1974 54: 68.