

青海省科学技术学术著作出版资金
青海省自然科学基金项目 (2013-Z-917)
国家科技支撑计划项目 (2007BAC30B04)
—— 共同资助

草地矿物元素

CAODI KUANGWU YUANSU

李天才 著



化学工业出版社

青海省科学技术学术著作出版资金
青海省自然科学基金项目 (2013-Z-917)
国家科技支撑计划项目 (2007BAC30B04)
—— 共同资助

草地矿物元素

CAODI KUANGWU YUANSU

李天才 著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在总结草地矿物元素分布格局及蓄积分异行为的基础上,提出生物矿物元素“饥饿效应”理论,阐释了草地矿物元素蓄积分异行为的内外动力学机制,给出了草地演替进程中矿物元素蓄积分异行为的数学模型,并介绍了草地矿物元素在可持续利用方面的实践指导成果。

本书可供矿物应用化学、天然药物化学研究与应用技术人员;草业科学、生态、畜牧业从业人员;农业矿物元素肥料、矿物元素与人体健康、汉藏药材研究人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

草地矿物元素/李天才著. —北京:化学工业出版社, 2014. 9

ISBN 978-7-122-21212-2

I. ①草… II. ①李… III. ①草地-矿物-微量元素-研究 IV. ①S812

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 146962 号

责任编辑:王湘民

装帧设计:韩 飞

责任校对:蒋 宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张9½ 字数173千字 2014年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:68.00 元

版权所有 违者必究



草地矿物元素是草地生态系统物质流的重要组成部分之一，伴随着与环境之间能量和物质的交换，矿物元素也将随生态系统的演替而变化。草地矿物元素既是草地植物生长发育的必需营养，也是草地生态系统演替的重要响应因子，而且通过生物地球化学循环和食物链传递，草地矿物元素对于草业生产、草地畜牧业发展及草地生态系统的安全与健康也发挥着重要的功能作用。草地生态系统中矿物元素的分布格局和蓄积分异行为研究，不仅具有对草业可持续发展的管理和生产实践的指导作用，更加重要的是通过草地矿物元素蓄积分异行为对于草地生态系统演替进程响应的研究，可揭示草地矿物元素在草地生态系统中的功能与作用及草地矿物元素蓄积分异行为的动力学机制。因此，深入研究草地矿物元素并拓展其理论体系势在必行。

青海湖流域生态系统是我国西部乃至全球生态安全的战略要地，是阻止西部荒漠化向东蔓延的天然屏障，不仅影响着青藏高原生态系统的安全，也是全球气候变化的敏感地区。青海湖北岸草地是青海湖流域草地资源的精华，也是青海省重要的草地畜牧业生产基地之一。作者以青海湖北岸草地生态系统为对象，通过对不同类型草地中矿物元素的系统研究与分析，全面总结了青海湖北岸草地矿物元素的“四个特征和两个格局”；发现生物矿物元素“饥饿效应”现象，提出生物矿物元素“饥饿效应”理论，阐释了草地矿物元素蓄积分异的内外动力学机制，建立了草地在退化和封育演替进程中矿物元素响应的数学模型，并通过作物种植和盆栽试验，有效地检验了青海湖北岸草地中矿物元素特征、空间分布格局、蓄积分异行为以及“饥饿效应”理论；发现高原植物的富铁营养具有抗高原低氧的新功能，丰富了草地生态化学理论，具有重要的理论探索意义与生产实践价值。在本书付梓之际，乐为作序，相信通过作者

辛勤的付出，使得草地矿物元素理论在草地生态系统保护、退化草地恢复与重建及草地生态系统安全与健康等研究中显示出强大的生命力，并为我国草业生产、草地畜牧业发展和草地生态系统安全与健康做出贡献！



(张德罡)

2014年8月



拙作付梓之际，心情还是忐忑不安。从事生物矿物元素研究多年，对于矿物元素在生物与环境之间的耦合作用及生物地球化学循环的动力学机制，生物体内矿物元素蓄积分异行为发生的机制等诸多科学问题，还是疑虑重重。对于生物矿物元素“饥饿效应”现象，虽然提出生物矿物元素“饥饿效应”理论予以阐释，但是生命科学的复杂、多样，仍然需要更多科学家们认真细致地探索发现，以臻完美，并造福于我们人类生活和生命安全与健康！

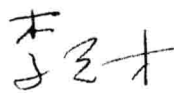
生物矿物元素“饥饿效应”理论的提出，得到了甘肃农业大学草业学院副院长博士生导师张德罡教授、中国科学院西北高原生物研究所副所长博士生导师魏立新研究员等的热情帮助与鼓励，感谢他们激起我在科学探索艰险道路上的勇气和毅力！本书以青海湖北岸草地生态系统中矿物元素为研究对象，通过草地中矿物元素分布格局、矿物元素蓄积分异行为及其动力学机制等研究，在青海大坂山、日月山和西宁等地作物种植试验检验的基础上，提出了生物矿物元素“饥饿效应”理论。其实在作物育种试验，特色汉藏药材种植试验，矿物类汉藏药的动物药理学试验，儿童、中老年微量元素与健康研究，以及大量汉藏药用资源的矿物元素分析与研究的文献资料中，生物矿物元素“饥饿效应”现象也很常见，故以生物矿物元素“饥饿效应”命名之，更具普遍性。

拙作在博士毕业论文“青海湖北岸草地矿物元素分布格局与蓄积分异行为研究”基础上整理而成，感谢国家科技支撑计划项目(2007BAC30B04)，青海省自然科学基金项目(2013-Z-917)，青海省科学出版基金(2014-C-917)的共同资助与支持！

中国科学院西北高原生物研究所原副所长、博士生导师陈桂琛研究员生前予以植物样品鉴定，周国英研究员，徐文华、孙菁副研究员，

刘德梅博士，尚洪磊硕士，宋文珠、张庆云工程师等在野外植被数据调查和植物样品采集工作中给予了很多帮助；曹广民研究员，林丽副研究员，李以康博士，张发伟硕士等在土壤样品采集工作中给予了很多帮助；党敏灵高级工程师，张唐伟、柳青海硕士等在大坂山、日月山和西宁等地作物种植试验，植物、土壤样品室内分析测试工作中给予了很多帮助与支持。对于这些专家艰辛的劳动付出和无私的科学奉献精神，在此一并表示最诚挚的感谢！

生物矿物元素“饥饿效应”理论和草地矿物元素理论的学术思想正在形成之中，其中许多观点和论述，不当之处难免，真诚希望有关专家和学者不吝赐教，恳请各位读者批评指正！



2014 年 8 月



引言

1

1 青海湖北岸草地资源与生态概况

3

- 1.1 青海湖北岸草地是重要的畜牧业基地 3
 - 1.1.1 青海湖地理位置与草地资源 3
 - 1.1.2 青海湖北岸草地畜牧业生产与发展现状 4
- 1.2 青海湖流域草地生态系统的重要性 6
 - 1.2.1 青海湖流域生态环境现状 6
 - 1.2.2 青海湖流域退化草地恢复与修复 8
- 1.3 草地生态系统中矿物元素营养与循环 9
 - 1.3.1 矿物元素是植物生长发育所必需的营养 9
 - 1.3.2 草地矿物元素的生物地球化学循环 9
 - 1.3.3 矿物元素是草地畜牧业食物链中重要的营养成分 10
 - 1.3.4 矿物元素贯穿于草地生态系统演替的全过程 10
- 1.4 科学问题 11
- 1.5 研究目的与意义 11
 - 1.5.1 研究目的 11
 - 1.5.2 研究意义 11

2 草地矿物元素国内外研究现状

13

- 2.1 青海湖流域草地生态系统研究现状 13
 - 2.1.1 青海湖流域草地植被与植物资源研究 13
 - 2.1.2 青海湖流域草地生态系统演替研究 15
 - 2.1.3 青海湖流域草地生境恶化与退化草地修复研究 16
- 2.2 植物矿物元素营养研究现状 18
- 2.3 矿物元素铁的营养与药用基础研究 19
- 2.4 矿物元素锌营养的生理与药理作用研究 20

2.5 青海湖地区草地植物矿物元素研究	21
---------------------------	----

3 研究内容与方法

23

3.1 自然概况	23
3.2 研究内容与方法	26
3.2.1 研究内容	26
3.2.2 研究方法	27
3.3 研究目标	30
3.4 拟解决的关键问题	30
3.5 技术路线	30

4 草地矿物元素特征

32

4.1 问题的提出	32
4.2 材料与方法	32
4.2.1 样地选择	32
4.2.2 样品采集	34
4.2.3 元素分析	34
4.2.4 数据处理	35
4.3 结果与讨论	35
4.3.1 天然草地植物中矿物元素特征	35
4.3.2 退化与封育草地中矿物元素特征	40
4.4 结论	46

5 草地矿物元素分布格局

48

5.1 问题的提出	48
5.2 材料与方法	48
5.3 结果与讨论	48
5.3.1 空间分布格局	48
5.3.2 时间分布格局	57
5.4 结论	59

6 草地矿物元素蓄积分异行为

60

6.1 问题的提出	60
-----------------	----

6.2	材料与方法	60
6.3	结果与讨论	61
6.3.1	植被中矿物元素蓄积分异行为	61
6.3.2	土壤中矿物元素蓄积分异行为	62
6.3.3	同种植物中矿物元素蓄积分异行为	63
6.3.4	同科植物中矿物元素蓄积分异行为	65
6.4	结论	67

7 封育草地中重金属元素蓄积分异行为 68

7.1	问题的提出	68
7.2	材料与方法	68
7.3	结果与讨论	68
7.3.1	植被中重金属元素的蓄积分异行为	68
7.3.2	同种植物中重金属元素蓄积分异行为	69
7.3.3	同科植物中重金属元素蓄积分异行为	71
7.3.4	土壤中重金属元素蓄积分异行为	72
7.4	结论	76

8 草地矿物元素蓄积分异行为的内动力 77

8.1	问题提出	77
8.2	草地矿物元素“饥饿效应”假说	77
8.3	矿物元素蓄积分异行为的内动力——“饥饿效应”	79
8.4	对草地中矿物元素特征的解释	81
8.4.1	对矿物元素与株高负相关的解释	81
8.4.2	对空间分布格局的解释	81
8.4.3	对草地演替进程中矿物元素响应的解释	82
8.5	结论	83

9 草地矿物元素蓄积分异行为的外动力 84

9.1	问题提出	84
9.2	全球气候变化下草地矿物元素的蓄积分异行为	84
9.3	人类活动干扰下草地矿物元素的蓄积分异行为	85
9.4	结论	88

10 矿物元素蓄积分异行为的数学模型

89

- 10.1 问题提出 89
- 10.2 含有 LC 等储能元件的过渡过程 89
- 10.3 退化演替进程中矿物元素蓄积分异行为的数学模型 91
- 10.4 封育演替进程中矿物元素蓄积分异行为的数学模型 92
- 10.5 结论 92

11 作物种植试验

93

- 11.1 问题提出 93
- 11.2 材料与方法 94
 - 11.2.1 样地选择 94
 - 11.2.2 试验材料 95
 - 11.2.3 种植试验与样品采集 95
 - 11.2.4 元素分析与数据处理 95
- 11.3 结果与讨论 95
 - 11.3.1 大坂山地区作物种植试验 95
 - 11.3.2 拉脊山地区作物种植试验 99
 - 11.3.3 不同地区土壤作物盆栽试验 103
 - 11.3.4 种植作物中矿物元素铁的分布特征 107
 - 11.3.5 种植作物中矿物元素锌的分布特征 112
- 11.4 结论 115

12 人工草地中矿物元素特征

117

- 12.1 问题提出 117
- 12.2 材料与方法 117
- 12.3 结果与讨论 117
 - 12.3.1 矿物元素的特征谱 117
 - 12.3.2 矿物元素的空间分布格局 118
 - 12.3.3 与天然草地中矿物元素比较 118
- 12.4 结论 120

13 草地矿物元素生物地球化学循环

121

- 13.1 问题提出 121

13.2	草-地界面间矿物元素的传递与生物地球化学循环	121
13.3	草-畜之间矿物元素的传递与生物地球化学循环	123
13.4	结论	125

14 在草地畜牧业生产实践中指导作用 126

14.1	问题提出	126
14.2	在草业科学中的指导作用	126
14.3	在草地畜牧业生产与发展中的指导作用	127
14.4	在草地生态系统保护中的指导作用	128
14.5	结论	129

15 结论与展望 130

15.1	主要结论	130
15.1.1	草地植物中矿物元素的“四个特征，两个格局”	130
15.1.2	草地植物中矿物元素的蓄积分异行为及其内外动力学 机制	130
15.1.3	生物矿物元素“饥饿效应”假说理论	131
15.1.4	草地生态系统演替进程中矿物元素的数学模型	131
15.1.5	草地植物中矿物元素铁抗缺氧功能作用的新发现	131
15.1.6	人工草地中矿物元素特征	131
15.1.7	草地矿物元素的生物地球化学循环	132
15.1.8	草地矿物元素理论在草地畜牧业生产实践中的指导 作用	132
15.2	研究展望	132

参考文献 135

引言

青海湖是我国最大的内陆湖，对于区域生态稳定发挥着巨大的自然调解功能。青海湖流域生态系统的演替变化严重影响着青藏高原生态系统的安全，也是我国西部生态安全的战略要地，是控制西部荒漠化向东蔓延的天然屏障，还是全球气候变化的敏感地区。随着环湖地区人口的迅速增加，各种人类活动和全球气候变化的综合影响，湖区生态环境呈现明显恶化的趋势，尤其是草地超载过牧，使原本脆弱的生态环境更加脆弱，草地退化极为严重，草地畜牧业生产效益低下。近年来，随着国家“西部大开发”和青海省“生态立省”战略的实施，环湖流域开展了较大规模的草原围栏建设，退耕还林还草、天然草原植被恢复与修复和牧草良种繁育基地建设等工程，并取得了较好的效果。

矿物元素是草地植物生长所必需的营养成分，也是草地畜牧业生产所必需的营养成分。牛羊通过啃食草地植物获取矿物元素营养，同时草地畜牧业产品通过食物链传递又将矿物元素营养提供给我们人类，成为我们人体健康和新陈代谢等所必需的营养。草地矿物元素始终贯穿于草地生态系统动态演替的全过程，对于草地生态系统的演替极为敏感，随着草地生态系统的演替变化而变化，是对草地生态系统动态演替最为敏感的反应因子之一。可见，草地矿物元素在草业生产、草地畜牧业可持续发展中具有举足轻重的作用，而且与我们人类的饮食安全与身体健康、草地生态系统安全与健康等息息相关。因此，草地矿物元素的分布、迁移，蓄积分异行为及其动力学机制，草地生态系统演替进程中矿物元素蓄积分异行为特征，矿物元素在草地植物生长发育和草地生态系统演替进程中的功能与作用，在草地畜牧业生产中的指导作用等一系列亟待解决的科学问题迫在眉睫，建立有关草地矿物元素的理论显得十分必要而尤为迫切，在草地矿物元素广泛研究的各类成果基础上，形成一个系统而完整的草地矿物元素理论，既是对草业生产、草地畜牧业可持续发展实践的高度概括和理论总结，也是对草业科学、草地

农业生态学等传统学科的进一步补充与完善。

青海湖北岸草地是青海湖流域草地的精华，也是青海省重要的草地畜牧业生产基地之一。青海湖北岸草地有温性干草原、高寒山地干草原和高寒草甸等多种草地类型，各类型草地内有退化草地、围栏封育草地、人工草地及三角城种羊场、铁卜加草原改良试验站等科研资源的优势。大量的工作积累，丰富多样的草地类型，有利的试验与研究资源，使青海湖北岸草地矿物元素的“四个特征，两个格局”，生物矿物元素的“饥饿效应”现象与假说理论及高原植物中富铁营养具有抗高原低氧的新功能，高原植物中富锌营养具有促进高原植物早熟的新功能作用等研究结论具有典型性、代表性和示范性。青海大坂山、拉脊山等地作物种植和西宁盆栽试验，不仅对青海湖北岸草地中矿物元素特征、空间分布格局、蓄积分异行为和“饥饿效应”理论、高原富铁营养抗高原低氧功能作用等研究结论进行了试验检验，而且使研究结果与结论更具普遍性，在草业生产实践中予以推广，并可以适当地扩大应用范围，即青海湖北岸草地中矿物元素理论同样适用于青藏高原其他地区的草地植物与植被以及草地生态系统，草地矿物元素的理论雏形正在酝酿孕育之中，小荷才露尖尖角，一个紧密结合草业生产、草地畜牧业发展的实际需要，以及草地生态系统安全与健康的草地矿物元素理论，春风拂煦，但愿秋实累累！

1

青海湖北岸草地 资源与生态概况

1.1 青海湖北岸草地是重要的畜牧业基地

1.1.1 青海湖地理位置与草地资源

青海湖位于青藏高原东北部，北纬 $36^{\circ}32'$ ~ $37^{\circ}15'$ ，东经 $99^{\circ}36'$ ~ $100^{\circ}47'$ 。湖面东西最长 106km，南北最宽 63km，周长约 325km。湖水面积 4264km^2 ，湖水容积 $743\times 108\text{m}^3$ ，湖面海拔 3194m，最大水深 29.7m，平均水深 17.7m，形状似梨，是我国面积最大的咸水湖，也是我国最大的内陆湖泊^[1,2]。

青海湖流域整体呈椭圆形，呈北西西-南东东走向，地形自西北向东南倾斜，是一个封闭的内陆盆地，四周山峦起伏，河流纵横。北面是巍峨挺拔的大通山，东面是雄伟壮丽的日月山，南面是逶迤绵延的青海南山，西面是峥嵘嵯峨的天峻山，四周高大的山峰多在海拔 4000m 以上。界定青海湖流域面积为 29661km^2 ，其中陆地面积 25397km^2 ，包括 60 个完整行政村（其中海晏县 2 个，刚察县 5 个，天峻县 43 个，共和县 10 个）；跨流域行政村 70 个（其中海晏县 13 个，刚察县 26 个，天峻县 14 个，共和县 17 个）。此外，还包括青海省三角城种羊场、黄玉农场、青海湖农场、铁卜加草原改良试验站和湖东种羊场 5 个农牧场^[2]。

青海湖为封闭的内陆湖泊，水源主要是降水、地表水和地下水三部分补给，排泄量是湖面的大量蒸发损失。据 1959~2001 年资料，多年平均入湖总水量为 $36.96\times 10^8\text{m}^3$ ，每年的湖面蒸发量为 $40.5\times 10^8\text{m}^3$ ，平均每年水量减少 $3.54\times 10^8\text{m}^3$ 。由于入湖水量入不敷出，导致湖面水位逐年下降，其中在 1959~2001 年的 42 年间，湖水下降 3.60m，平均每年下降 8.6cm，湖水面积缩小 313.3km^2 ，平均每年缩小 7.5km^2 。青海湖内陆水系主要源自于四周山地的 50 多条河流。因受地形影响，水系发育明显不对称，西、北面河流分布多，流程

长、河水量大,入湖水量占全流域入湖总水量的80%;东、南面地域狭窄,河流短小、水量少、水量贫乏,多为时令河。其中流域面积大于300km²的干支流有16条,主要有:布哈河、沙柳河、哈尔盖河、倒淌河、甘子河、黑马河等。径流以降水补给为主,其次是冰雪融水和地下水补给。布哈河是青海湖内陆水系中最大的一条河流,发源于祁连山支脉疏勒南山曼滩日更峰北麓,海拔4513m,大致呈东南流向,在刚察县泉吉乡注入青海湖,河流全长286km,下游河道宽约22m,流域面积16750km²,多年平均流量25.9m³/s,年总径流量10.64×10⁸m³,占入湖总径流量的67%,并且在湖盆西部冲积成一个伸入湖中达13km长的布哈河三角洲,河水补给主要以天然降水和冰雪融水为主^[3~7]。

青海湖水的理化性质非常复杂。水色透明度1.5~9.5m,水色以青蓝色为主,兼有蓝、青、绿色。pH值为9.1~9.5,属碱性微咸水。湖水中含有10多种化学元素,主要有Na⁺、Mg⁺、K⁺、Ca²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、CO₃²⁻等,平均矿化度为15.5g/L。水中含氧量极低,浮游生物十分稀少。湖内鱼类品种单一,以鲤科青海湖裸鲤(湟鱼)为主,还有条鳅。在湖西北部的鸟岛上,栖息有斑头雁、鱼鸥、鸬鹚等10万余候鸟,为我国大型鸟类自然保护区之一,1975年青海省建立了鸟岛自然保护区,1992年被列入“国际重要湿地手册”,1997年在原自然保护区基础上建立了青海湖国家自然保护区^[2,8]。

青海湖流域有天然草地面积213.65×10⁴hm²,占青海湖流域总面积的72.03%,是青海省主要的畜牧业生产基地之一。青海湖地区在中国植物区系分区上属泛北极植物区系的青藏高原植物亚区的唐古特地区。其植被与青藏高原植被有很大的相似性,由于自身独特的地理位置,形成了以青海湖为中心的环带状分布特征,是祁连山地区植被一个相对独立的组成部分^[9]。青海湖流域的自然植被有寒温性针叶林、河谷灌丛、高寒灌丛、沙生灌丛、温性草原、高寒草原、高寒草甸、沼泽草甸、高寒流石坡植被等。其中温性草原类有芨芨草原和西北针茅、短花针茅草原,分布于青海湖湖盆区的冲洪积平原、山地坡麓及湖中岛屿,主要优势种为芨芨草、西北针茅、短花针茅、冰草和高山苔草等;高寒草原以紫花针茅为优势种集中分布于湖北岸及西北部海拔3300~3800m的山地阳坡,次优势种为高山苔草、冰草等。高寒草甸以高山嵩草、矮嵩草等为优势种,圆穗蓼、珠芽蓼等植物常成为高寒植被的主要植物,分布于海拔3300~4100m的高海拔滩地,具毡状草皮层,还有马尿泡、青藏苔草等青藏高原特有植物^[10~12]。

青海湖流域内土壤类型主要有高山寒漠土、高山草甸土、亚高山草甸土、高山草原土、灰褐土、沼泽土等^[13]。

1.1.2 青海湖北岸草地畜牧业生产与发展现状

青海湖环湖草地是我国北方重点牧业生产区之一,草地面积广阔,牧草种类

繁多, 营养价值丰富^[14]。位于青海湖北岸的刚察县, 自然条件相对优越, 地形平坦, 土地辽阔, 土壤肥沃, 光照充足, 雨热同季, 由于草场面积大, 产草量高, 牧草因具有高脂、高蛋白、高无氮浸出物、粗纤维低等特点而营养价值高, 草质佳、适口性好, 耐牧性较强, 是优良的自然放牧草场, 也是青海湖北岸的草地精华所在^[15]。草地畜牧业养殖的优势品种主要有藏羊、牦牛, 其肉质鲜美细嫩而深受消费者欢迎, 是纯天然有机畜产品。刚察县作为青海湖流域的重点牧业区之一, 草地畜牧业一系列科研新成果、新技术、新方法得到重点示范与推广, 草地配套建设、飞播牧草、建立人工草地、草地灭鼠治虫以及畜种改良、畜疫防治等最新科研成果得到广泛普及和推广, 使刚察县草地畜牧业生产走上了健康发展的新路子, 并为高效生态畜牧业可持续发展奠定了良好基础^[15,16]。近年来通过退耕还林还草, 天然草原恢复与建设, 草地围栏建设, 生态环境建设等项目的实施, 有力地促进了青海湖北岸刚察县草地畜牧业生产的快速发展。设施畜牧业、羔羊经济已成为刚察县畜牧业生产发展的又一重点。

青海湖北岸刚察县草地总面积 $69.47 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占青海湖流域草地总面积的 32.5%。可利用草地面积 $62.78 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 其中冬春草地面积 $31.66 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 夏秋草地面积 $31.12 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。2008 年全县天然草场总盖度 30%~95%, 平均盖度高于 81.4%, 平均产鲜草 3215 kg/hm^2 , 其中可食牧草鲜草产量 2718 kg/hm^2 , 占总产量的 84.55%, 不可食产草量为 497.3 kg/hm^2 , 占 15.45%。青海湖北岸草地主要分为温性草原类、高寒草原类和高寒草甸类^[16,17]。其中温性草原类草场可利用面积为 $3.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全县可利用草场的 5.73%, 产鲜草 3561.8 kg/hm^2 , 其中可食鲜草为 3201.6 kg/hm^2 , 占总鲜草量的 89.89%, 可载畜 6.52×10^4 头羊单位; 高寒草原类草场可利用总面积为 $12.42 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全县可利用草场的 19.79%, 产鲜草 3485.1 kg/hm^2 , 其中可食鲜草为 3308.4 kg/hm^2 , 占总鲜草量的 91.01%, 可载畜 23.26×10^4 头羊单位; 高山草甸亚类草场可利用总面积为 $46.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 其中: 冬春草场可利用面积为 $15.57 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全县可利用草场的 24.8%, 产鲜草 3266.9 kg/hm^2 , 其中可食鲜草为 2523.2 kg/hm^2 , 占总鲜草量的 77.23%, 可载畜 22.24×10^4 头羊单位。夏秋草场可利用面积为 $31.12 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全县可利用草场的 50%, 产鲜草 2981.7 kg/hm^2 , 其中可食鲜草为 2065.2 kg/hm^2 , 占总鲜草量的 69.26%, 可载畜 79.02×10^4 头羊单位; 沼泽化草甸亚类草场可利用面积为 $0.06 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全县可利用草场的 0.09%, 产鲜草 2615.6 kg/hm^2 , 其中可食鲜草为 2225.7 kg/hm^2 , 占总鲜草量的 85.09%, 可载畜 0.07×10^4 头羊单位^[14,16,19]。

刚察县作为青海湖地区重要的草地畜牧业生产基地之一, 饲草种植业也有一定发展规模。2008 年末, 全县有各类草食畜 102×10^4 头 (只), 折合 147.17×10^4 个羊单位, 其中牛 18.35×10^4 头, 羊 82.16×10^4 头, 马 1.49×10^4 匹; 能繁