



同德县气候变化特征与草原生态环境效应

丁生祥<sup>1</sup>,郭连云<sup>2</sup>,张富翔<sup>1</sup>,金元锋<sup>1</sup>  
(1. 青海省同德县气象局,同德 813200;  
2. 青海省海南州气象局,共和 813000)

**摘要:**通过分析青海省同德县气候变化特征及其对草原生态环境的影响,发现同德地区气候变化的显著特征是:一年四季的平均气温都呈现升高趋势,但变化的幅度却不相同,年平均气温呈增高趋势,平均每 10 年增高 0.37℃,冬季气温呈明显上升趋势,平均每 10 年气温升高 0.50~0.88℃,是气候变暖最突出的时段;1987 年以来同德县相继出现 14 个暖冬,是近 45 年来最暖的时期。年降水量以每 10 年 10.5 mm 的趋势减小,90 年代降水量最少。并由此引起无霜期延长,积雪、冰雹、霜暴、大风、沙尘暴日数的减少,气候变化一方面使同德地区草原的生态环境有所好转,另一方面也是近几年蝗虫泛滥的主要原因之一。当前存在的草原退化现象主要应归咎于不合理的人为活动。  
**关键词:**气候倾向率;暖冬;草原;生态环境

气候变化已经并且将继续给自然生态环境及社会经济发展带来深远的影响。同德县地处黄河上游,是青海环湖牧区与青南高寒牧区的过渡地带,属于青海“三江源”自然保护区的范围,全县面积 5 011 km<sup>2</sup>,海拔最高处 4 671 m,最低处 2 650 m。黄河自东南向西转北绕县境半周,流经本域 206 km,流域面积 5 000 km<sup>2</sup>。全县共有草原面积 47.2 万 hm<sup>2</sup>,耕地面积 15.8 万 hm<sup>2</sup>,林区总面积是 20.01 万 hm<sup>2</sup>。境内以旱灾、霜冻、雹灾、风灾、鼠虫害等为主的自然灾害非常频繁,生态环境相当脆弱。本文对同德县气候变化特点进行分析,为该地区生态环境建设提供基础资料。

1 资料来源与处理方法

选用设在同德县巴滩草原,海拔 3 300 m 的同德县气象站 1961—2005 年的气象资料,春、夏、秋、冬季分别为 3—5 月、6—8 月、9—10 月、11 月—翌年 2 月。

在计算气温、降水等气象要素的变化倾向率  $a$  时,采用线形方法,即:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$$

式中, $t$  为时间, $y$  为气候要素值, $i$  为时间序号, $n$  为样本时段(单位为年),此文中  $n=45$ (年), $\bar{t}$  与  $\bar{y}$  表示平均,变化趋势  $a$  的单位为℃/a、mm/a。

2 结果与分析

2.1 气温变化倾向率分析

气温是重要的气象要素之一,与农业生产关系密切,作物种植和生长发育在很大程度上取决于当地的热量条件。气温影响植物的光合作用从而对农作物产量和生物量均产生重要影响。气温是气候变化的一个重要因子,根据 IPCC 2001 的评估报告,近百年以来地球气候正经历着一次以变暖为主要特征的显著变

化。1860 年以来,全球平均气温升高了 0.6℃±0.2℃,与之相应,气候系统的大气圈、水圈、冰雪圈、岩石圈和生物圈都发生了显著变化<sup>[1]</sup>。丁一汇等(1994)对百年气温变化趋势做过深入研究,从宏观角度分析了增温趋势及时空变化特征,有关气候变暖的论著已有很多,其研究角度也各不相同,在全球变暖的大环境下,研究分析该地区的气温变化趋势,结合当地生产实际,揭示气候趋暖对生态环境的影响具有较积极的意义。

分别计算同德近 45 年 1—12 月份气温变化倾向率,其结果见表 1。

表 1 各月气温倾向率													℃/10 年
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
倾向率	0.50	0.62	0.35	0.18	0.11	0.33	0.11	0.10	0.23	0.23	0.77	0.88	0.37

从表 1 可以看出,近 45 年同德县年内各季节气温变化趋势有所不同,一年四季的平均气温都呈现升高趋势,但变化的幅度却不相同,冬季气温呈明显上升趋势,平均每 10 年气温升高 0.50~0.88℃,是气候变暖最突出的时段;其次是春季各月气温也呈升高趋势,平均每 10 年升高为 0.11~0.35℃,再次是 6—8 月份气温也呈略升趋势,平均每 10 年升高 0.10~0.33℃,秋季平均每 10 年气温升高 0.23℃。全年各月都呈升高趋势,年平均气温呈增高趋势,平均每 10 年增高 0.37℃。就四季气温而言,冬季升温最明显,秋季气温升高次之,再次是春季,夏季升温趋势最平缓,年平均气温和各季节的这种增暖趋势与东北、华北和西北基本一致<sup>[2-4]</sup>。由此可见,所谓的气候变暖,主要是冬、秋季气温升高所致。

2.2 气温离散度分析

变异系数是衡量一个气象要素时间序列离散程度的指标,分析各时段气温变异情况时,采用变异系数 30 年滑动平均方法,变异系数计算式为

$$C_v = \frac{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 / (k-1)}}{\sum X_i / k} \times 100\%$$

式中, $C_v$  变异系数, $X_i$  为样本, $\bar{X}$  为每步长内平均值, $k$  为滑动步长(取  $k=30$ )。表 2 是 1961 年以来,同德春季、夏季、秋

收稿日期:2007-12-14  
作者简介:丁生祥(1972-),男,助理工程师。  
通讯作者:郭连云(1969-),男,工程师,本科。  
文章编号:1007-9726(2008)06-0043-04(中图分类号:S812.1)

季、冬季与全年气温的 30 年滑动变异系数。

从表 2 可以看出,各季节气温的变异系数以全年最大,其次是春季,再次是秋季,冬季气温的变异系数最小,这说明同德春季的平均气温年际间波动幅大,也说明春季气温多变化,不稳定。冬季平均气温年际间波动幅小,气温较为稳定。就四季和全年平均气温变异系数的变化而言,除全年和冬季的变异系数呈减小趋势外,夏季的变异系数呈两头高中间低的趋势,秋季的变异系数呈增加趋势,这说明气温的年际波动幅度有加大趋势。

表 2 同德气温变异系数 %

年份	春季	夏季	秋季	冬季	全年
1961—1990	36.58	7.15	20.82	-8.49	162.88
1962—1991	35.42	7.00	20.72	-8.26	155.12
1963—1992	33.62	7.14	20.42	-8.26	156.61
1964—1993	33.48	7.17	20.99	-7.87	146.59
1965—1994	33.28	7.16	20.43	-8.17	141.95
1966—1995	31.64	6.97	23.81	-8.32	123.76
1967—1996	31.73	6.90	22.52	-8.36	121.04
1968—1997	31.23	6.90	22.99	-8.06	113.33
1969—1998	32.05	6.97	23.70	-9.93	118.77
1970—1999	31.58	6.75	23.71	-10.21	117.36
1971—2000	29.86	6.97	23.72	-10.20	109.61
1972—2001	30.05	7.11	25.03	-11.31	110.41
1973—2002	31.24	7.06	24.51	-12.09	112.40
1974—2003	33.35	7.17	24.78	-13.18	112.90
1975—2004	33.65	7.15	24.54	-13.51	107.66
1976—2005	33.29	7.25	24.46	-14.09	104.98

2.3 暖冬分析

暖冬在已往的气象学上没有定义,是随着近些年气候变暖而产生的气象名词。目前各地对暖冬的划定尚无统一标准,我国气候专家通常把某一区域整个冬季平均气温高于气候平均值时,称该年该区域为暖冬<sup>[3]</sup>。不同时期的气候值各不相同,划出的年份也不同,本文采用 1971—2000 年 30 年同德冬季的气温平均值-10.1℃ 作为划分当地暖冬的气候标准,若某年冬季平均气温高于-10.1℃ 即为暖冬。以此标准划分,1961—2005 年 45 年中共出现 16 个暖冬,其中 1986 年以来相继出现 14 个暖冬年份,是近 45 年来最暖的时期。

2.4 降水量的变化

根据图 1,降水也出现了较大的变化,年降水量以每 10 年 10.5 mm 的趋势减小,60 年代年平均降水量为 438.4 mm,70 年代为 436.0 mm,80 年代为 461.1 mm,90 年代为 379.2 mm,2000 年至 2005 年为 409.7 mm,90 年代开始降水量呈现由少转多的变化。整个 60、70 年代年降水量以偏多为主,20 世纪 80 年代年降水量最多,进入 90 年代后降水又明显偏少,自 2001 年降水量又逐年增加。1989 年年降水量最大,为 598.7 mm,2000 年最小,为 267.4 mm。同德地区降水量的季节特点是:夏季多,冬季少;秋季降水多于春季降水。春季降水占全年降水的 19%,夏季占全年降水的 61%,秋季占全年降水的 20%,冬季只占全年降水的 2%。以上事实说明,同德地区的气候在变暖的同时,也在变干。显然在本地区最近 30 年的气温上升中,降水的变化落后于气温的变化。

气候变化给同德地区带来的负面影响可从黄河上游水量出现“亏损”中可以看出。据计算,1961—2002 年 42 年间,黄河上游出现了 5 次丰枯水循环,流量以每 10 年 45.3 m<sup>3</sup>/s 的速率减

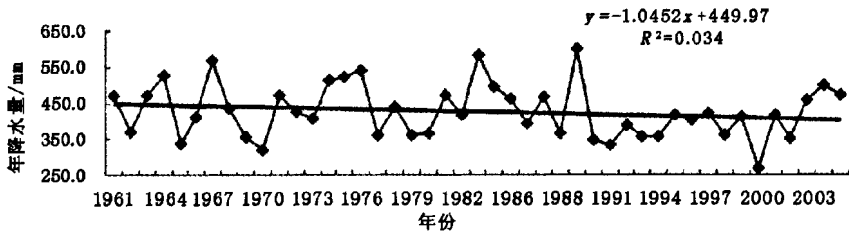


图 1 同德县 45 年年降水量变化曲线图

少,累计减少径流达到 60 亿 t,占黄河上游多年平均径流量的 29%。2002 年平均流量为 375 m<sup>3</sup>/s,只有多年平均流量的 58% (姜辰蓉,2004)。虽然,气温升高有助于高山冰雪融水补给河流水流量,但是,蒸发量的增大和气候的干旱化不仅减少了地表水资源的供给,也加大了水资源的消耗。这对以雨水为主要补给的黄河上游来说,逐渐干涸化是必然的趋势。

2.5 其他气候要素变化

随着气温的升高,同德地区的其他气候要素也发生了明显的变化。主要表现在无霜期延长,积雪、雷暴、冰雹、大风、沙尘暴日数减少,表 3 给出了 1961—1990 年及 1976—2005 年两个时段同德地区的部分天气及气候状况平均值。可以看出,同德地区后 30 年比前 30 年无霜期延长 19.4 d,冰雹日数减少了 1.8 d,雷暴日数减少 0.5 d,大风日数减少了 5.8 d,沙尘暴日数减少了 2.6 d。

表 3 同德地区 1961—1990 年(时段 1)和 1976—2005 年(时段 2)的气候变化

无霜期		积雪日		雷暴日		冰雹日		大风日		沙尘暴日	
时段 1	时段 2	时段 1	时段 2	时段 1	时段 2	时段 1	时段 2	时段 1	时段 2	时段 1	时段 2
22.8	40.2	36.6	36.7	47.5	47.0	10.4	8.6	36.1	30.3	7.6	5.0

## 2.6 草地干燥指数

利用牧草生长季(5—9月)期间的 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温(用 $\Sigma T_{5-9}$ 表示,单位: $^{\circ}\text{C}$ )和同期降水量(用 $R$ 表示,单位:mm)为特征值,两者之比称草地干燥指数(用 $G$ 表示)。即

$$G = \Sigma T_{5-9} / R \quad (1)$$

根据(1)式,计算了塔拉滩历年牧草生长季草地干燥指数,草地干燥指数数值越大,说明该地区越趋于干旱化,否则,说明该地区趋于湿润化。图2是草地干燥指数年际变化图。从图2中看出,自20世纪80年代初至80年代末经历了相对湿润期之后,进入90年代明显趋于干旱化,干燥程度明显呈逐年上升趋势,说明该地区气候日趋干旱,对草地资源产生十分不利的影响,促进了草地退化。

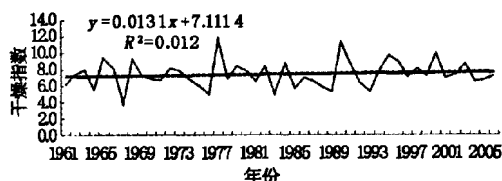


图2 干燥度指数变化曲线

从图2可以看出,45年来同德草原干燥度指数呈上升趋势,尤其是90年代末上升趋势较为明显,说明该地区的气候确实有干旱化的变化倾向。

## 3 同德县的草地生态环境

同德县草地总面积47.16万 $\text{hm}^2$ ,占全县土地总面积的94%,其中可利用草地面积43万 $\text{hm}^2$ ,占草地面积的91.2%。全县草地分为高寒草甸、高寒草原、高寒干草原、山地草原4大类,植物以针茅、固沙草、禾草为主,牧草生长期短,植株低矮,产量低,每公顷平均产草量为1950kg,每公顷草地载畜能力为1.36个羊单位。

全县中度以上退化草地面积21.5万 $\text{hm}^2$ ,占草地总面积的44.5%,其中黑土滩型退化面积1.32万 $\text{hm}^2$ ,毒草型退化草地面积11.67万 $\text{hm}^2$ ,因毒草危害造成可食牧草减少887.1万kg。由于草地退化、风化,每年损失可食鲜草1.52亿kg,减少家畜饲养量10.12万个羊单位,年经济损失高达1519万元。全县水土流失面积达500 $\text{hm}^2$ ,占总面积的16%,占黄河在同德县境内流域面积的16%,每年输入黄河泥沙量约395万t。水土流失严重的地区主要有巴河流域、黄河流经境内的下游谷地。全县每年新增水土流失面积15 $\text{hm}^2$ ,土壤侵蚀强度、危害程度加剧。

草地鼠虫害主要表现在啃食优良牧草,并助长了毒杂草的蔓延。害鼠栖息地下,挖掘破坏生草层,加剧了草地的风蚀、水蚀,使次生裸地不断扩大,造成草地沙化,严重地区形成寸草不生的“黑土滩”。同时草地退化给鼠虫创造了良好的栖息环境,如此反复导致了草地生态环境恶性循环。据调查,鼠害面积达20.2万 $\text{hm}^2$ ,因鼠虫采食,每年约损失牧草22.5亿kg,相当于153万个羊单位<sup>[6-7]</sup>。

## 4 气候变化对同德地区生态环境的影响

### 4.1 气候变化使同德县生态环境得到改善

气候条件是草原类型分布和草原初级净生产力形成的决定

因素<sup>[8]</sup>。随着气候变暖和降水的微量增加,同德县草原的水热条件有所改善。夏季是同德地区农作物和牧草生长的旺盛时期,温度高,需水量大,占全年61%的降水量对草地生态具有十分重要的作用。6月份是天然牧草产量形成需水临界期,各种天然牧草高度快速生长期主要集中在6—7月份,同期 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温占全年的60%,这种水热同季的气候环境,既能保证植物有机体细胞生理活动的正常运行,又可提高水分在植物合成耐水化合物的过程中进行各种营养物质和矿物元素传输效率,有利于农作物和牧草的生长发育,提高水分的利用效率。虽然气候变暖对草原类型及区域分布尚未造成影响,但草原生产力已有所增加,承载力有所提高。从图3的同德地区牲畜总量变化曲线可以看到,同德县草食家畜总头数从1949年的20.6579万头只持续增长到1957年的60.9504万头(只),此后又降到1961年的34.0644万头(只),后又继续增长到1968年的68.8572万头(只),从1967年开始,牲畜总头数基本稳定在60万~70万头(只)之间,似乎70万头(只)已是同德草原牲畜承载力的上限。然后2000年以后,牲畜总头数很快就从2000年的56.6064万头(只)迅速增长到2004年的87.5155万头(只)。当然,这种增长也蕴含着部分超载过牧的数量,应加强草原管理的力度,注意顺应自然的发展规律。

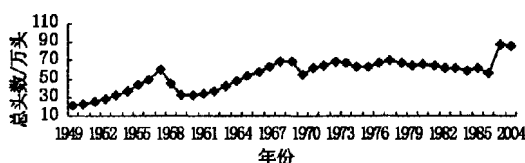


图3 同德地区历年牲畜总头数的变化过程

气候变暖所引起的有利变化是雪灾减轻。雪灾是同德畜牧业的主要灾害之一。据统计,在过去45年里,同德地区共发生过10次雪灾,其中重灾2次,轻灾8次,草原因雪灾而死亡的牲畜累计超过10万头(只)。雪灾的灾情主要是由积雪量、积雪持续时间、牧草丰欠及牲畜体况决定的<sup>[9]</sup>。积雪量越大、积雪持续时间越长,则雪灾的灾情越重。积雪量的大小又是降雪量及融雪量决定的,而且融雪量完全是温度的函数,随着温度的上升,积雪消融量呈指数增大。因此在相同的降雪条件下,气温越高,积雪量越小,积雪持续时间也越短。观测表明,90年代同德地区草原上的积雪日数已比80年代缩短了2.7d,1985年以前发生雪灾8次,1991年以后只有2次。

同德草原生态环境向好发展的另一个表现是沙尘暴日数的减少。大风是起尘的动力条件,干燥裸露的土壤是起尘的环境条件,两者缺一不可。如果仅有大风,而没有起尘的下垫面的环境,是不能形成沙尘暴天气的。所以沙尘暴的高频区都是沙化程度高的地区。在草原植被提高之后,沙尘暴的发生率必然会随之下降。由表4可以看到,同德沙尘暴日数和大风日数是同时减少的。这有力反映了同德草原90年代以来生态环境改善的事实。

### 4.2 气候变暖是草原蝗虫泛滥的关键因素

气候变化对同德地区草原生态环境造成的负面影响是病虫害的增加。近几年草原蝗灾明显加重,历史上同德地区1978年

至 1980 年是蝗虫害高峰期,面积达 8 万  $\text{hm}^2$ ,每平方米虫口密度最高达 361 只。2003 成灾面积达 4.6 万  $\text{hm}^2$ ,最高虫口密度 517 头/ $\text{m}^2$ ,平均虫口密度 236 头/ $\text{m}^2$ ;2004 年达 2.666 万  $\text{hm}^2$ ,2005 年达 3 万  $\text{hm}^2$ ,严重影响了畜牧业和生态环境,其中气候变暖起到了关键作用。

冬季增温有利于虫卵越冬,同德地区冬季增温幅度远远高于其他季节,而冬季增温的过程中,最高气温增幅不大,对越冬虫卵有致命影响的最低气温却大幅攀升,造成越冬虫源、菌源基数增加,加重病虫害对畜牧业生产的危害程度。另外,农药的大量施用和人为的滥捕使草原蝗虫的天敌(飞鸟等)数量急剧减少,甚至濒临灭绝,也是草原虫口密度不断增大的因素。

## 5 草原退化是人类本身造成的

草地生态系统的退化受损是气候变化和人类活动共同胁迫的结果。人类活动,特别是长期不合理的畜牧业生产及管理方式,是导致草地生态系统劣变的主要因素,而气候变化加剧了系统劣变的程度(郝玉路等,2006)。草原气候是大陆性半干旱与干旱气候,在年际间与季节间气候条件差异悬殊,典型草原地带的丰水年降水量可达 400 mm,干旱年只有 200 mm,冬夏的热量差异也很大。草原生物在长期选择过程中形成了高度适应草原气候环境的自组织功能,气候不利的年份生物种群间相互补偿,实现其最高生产能力。人类对草原的利用就必须限制在生态系统生产效率的低限之内。多年来,满负荷、超负荷的草原利用不仅突破了草原生态系统自组织功能和水、土、生物循环再生机制的低限,甚至超越了丰年的高限,所以经营利用和草原管理的对策不足与不当,是草原生态环境恶化与草地退化的根源,不应简单地归结为自然气候原因。

## 6 结论

6.1 近 45 年来同德的年平均气温变化趋势是升温,月平均气温均为升高,升温最明显的月份是 12 月、11 月、2 月、1 月、3 月

和 6 月,气候变化具有冬暖夏凉特征,积温的有效性增加。

6.2 季、年平均气温的波动幅度有增大趋势,气温变化的不确定性增加,1986 年以来同德相继出现了 14 个暖冬,近 10 年是同德 45 年来最暖的 10 年。

6.3 年降水量以每 10 年 10.5mm 的趋势减小,90 年代降水量最少。

6.4 气候变暖的事实主要表现在无霜期延长,积雪、雷暴、冰雹、大风、沙尘暴日数减少,雪灾明显减少,农牧业生产中的热量条件更加充足,农作物及天然牧草生长季延长,有利于农作物和牧草产量的提高。

## 参考文献

- [1]IPCC. Climate change 2001: The science basic, contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernment panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [2]秦大河. 中国西部环境演变评估, 中国西部环境特征及其演变[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 54-67.
- [3]唐红玉, 李锡福. 青海高原近 40 年来最高和最低温度变化趋势的初步分析[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 230-236.
- [4]蔡英, 李栋梁, 汤懋苍, 等. 青藏高原近 50 年来气温的年代际变化[J]. 高原气象, 2003, 22(5): 464-470.
- [5]张强. 何谓暖冬[J]. 气象知识, 2005(1), 63.
- [6]也林德. 同德县草地生态环境现状及治理[J]. 草业与畜牧, 2006(9): 39-40.
- [7]贾凤森. 同德县草地生态环境现状及治理对策[J]. 青海草业, 2003, 12(2): 24-26.
- [8]Monteith J L. Climatic variation and the growth of crop[J]. Quart J Royoy Meteorol soc, 1981, 107: 749-751.
- [9]宫德吉, 郝慕玲. 雪灾成灾综合指数的研究[J]. 应用气象学报, 1998, 9(1): 119-123.

# 高寒草地畜牧业现状及对策

石生光

(甘肃省合作市兽医局, 合作 747000)

## 1 高寒草地的基本概况

分布于青藏高原海拔 3 000 m 以上的高寒草地可利用草场面积达 1.059 亿  $\text{hm}^2$ , 其中: 西藏 0.57 亿  $\text{hm}^2$ , 青海 0.38 亿  $\text{hm}^2$ , 川西北 0.073 亿  $\text{hm}^2$ , 甘南 0.036 亿  $\text{hm}^2$ , 占全国北方草原区(2.2 亿  $\text{hm}^2$ )可利用草地面积的 48.20%。高寒草地具有高原大陆性气候的特点: 寒冷干燥, 长冬无夏, 仅有冷暖季之分, 绝大多数地区年均气温在  $0^{\circ}\text{C}$  以下, 古有“五月解冻, 八月草黄”之说。由于受气温垂直递减率的影响, 气温比同纬度的东部地区低  $10\sim 18^{\circ}\text{C}$ , 绝大部分地区 7 月平均气温低于  $10^{\circ}\text{C}$ , 大于  $0^{\circ}\text{C}$  的

年积温小于  $2\ 000^{\circ}\text{C}$ , 大于  $10^{\circ}\text{C}$  的积温多在  $500^{\circ}\text{C}$  以下, 持续期不多于 2 个月。太阳辐射强, 日照时间长, 昼夜温差大。

高寒草地水源充沛, 降水不均。大河纵横, 湖泊遍布, 年均径流总量 6 500 亿  $\text{m}^3$ , 占全国河川径流总量的 23%, 全区降水不均, 年降水量 100~1 000 mm, 但就牧区而言, 降水偏少。

高寒草原区土壤发育年轻, 植被稀疏。由于高原气候干寒, 土体中微生物活动程度低弱, 有机质分解缓慢。畜牧业集中区的土壤类型即大陆性荒漠土——草原土、草甸土系统普遍表现质地粗松, 土层浅薄, 砾砂化严重。生长在各类高寒草原上的植被均受到气候条件的抑制, 植株大多矮小, 干物质产量低, 植被覆盖度差, 有机质积累明显减少。高山草甸植被覆盖度较高, 但腐殖化程度低, 形成明显的草根层。未开发的河滩阶地、堆积扇风蚀沙化严重。

收稿日期: 2008-07-21

作者简介: 石生光(1963-), 男, 畜牧师。

文章编号: 1007-9726(2008)06-0046-04(中图分类号: S812.95)