

【水资源】

石羊河下游民勤绿洲农业结构动态研究

王枫叶¹, 刘普幸¹, 徐左军²

(1 西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070; 2 西北师范大学 财务处, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:运用因子分析法研究了民勤绿洲农业结构近 57 年来的变化情况, 结果表明: 粮食作物总产量变化最大; 绿洲耕地面积呈增加趋势, 从各因子间的相关系数来看, 人口快速增加是主要原因; 粮食作物总产量与粮食作物单产呈正相关, 与播种面积呈负相关。提出了农业发展对策: 调整农业结构, 限制高耗水型作物播种面积, 发展以舍饲圈养为主的草畜产业; 加强水资源管理, 以水定地, 封井退耕, 努力提高农业生产力和水资源利用效率; 控制人口数量。

关 键 词: 因子分析; 农业结构; 民勤绿洲

中图分类号: F307; TV213.4 **文献标识码:** A **doi** 10.3969/j.issn.1000-1379.2009.11.030

民勤绿洲位于甘肃省石羊河下游, 年平均降水量仅 110 mm, 干旱缺水、生态脆弱、风大沙多, 是我国典型的荒漠绿洲之一; 日照充足, 年均日照 3 028 h, 年均气温 7.7℃, 有利于发展农业; 8 级以上大风年均达 27.8 d, 沙尘暴年均 37.3 d 是全国乃至全世界最干旱、荒漠化危害最严重的地区之一。在严酷的荒漠气候条件下, 绿洲存在的前提是水。随着社会经济的发展, 各种农业环境问题日益突出^[1], 引起了学术界的广泛关注。为合理调整民勤绿洲农业结构, 笔者从农业的可持续发展等方面入手, 运用因子分析法, 对民勤绿洲农业结构近 57 年来的动态变化情况进行了研究。

1 因子分析法

因子分析法的基本思想是对变量进行分类, 把相关性较强的分在同一类, 而不同类变量之间的相关性则较弱, 每一类变量实际上代表了一个基本结构 (即公共因子), 对于所研究的问题, 试图用最少数目的不可测的所谓公共因子的线性函数与特殊因子之和来描述原来观测的每一分量。

1.1 模型 (R 型)

设 $X = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ 为观察到的随机向量、 $F = (f_1, f_2, \dots, f_m)$ 为不可观测的向量, 则有:

$$x_i = a_{i1} f_1 + \dots + a_{im} f_m + \epsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, p)$$

其中: $m \leq p$, ϵ_i 称为误差或特殊因子。

1.2 因子载荷和变量共同度的统计意义

(1) 因子载荷的统计意义。设 $x_i = a_{i1} f_1 + \dots + a_{im} f_m + \epsilon_i$, 则 $E(x_i f_j) = a_{ij}$, 由于 f_k 与 f_j 不相关, 且 $r_{f_k f_j} = 1$ 即 $a_{ij} = r_{x_i f_j}$, 因此因子载荷 a_{ij} 是第 i 个变量与第 j 个公共因子的相关系数。

(2) 变量共同度的统计意义。把 $h_i^2 = \sum_{j=1}^m a_{ij}^2$ ($i = 1, \dots, p$) 称为变量 x_i 的共同度, 共同度越大, 公共因子包含 x_i 的信息就越多。

1.3 因子旋转

建立因子分析数学模型的目的不仅是为了找出公共因子, 更重要的是要知道每个公共因子的意义, 以便对实际问题进行分析。设因子载荷矩阵为 $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ \vdots & \vdots \\ a_{p1} & a_{p2} \end{bmatrix}$, 正交矩阵为 $\Gamma = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix}$, 则 $B = A\Gamma = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ \vdots & \vdots \\ b_{p1} & b_{p2} \end{bmatrix}$, 这实际上是希望

将变量 $x_1 \sim x_p$ 分成两部分, 一部分主要与第一因子有关, 另一部分主要与第二因子有关, 即要求这两组数据的方差尽可能大^[2]。

将变量 $x_1 \sim x_p$ 分成两部分, 一部分主要与第一因子有关, 另一部分主要与第二因子有关, 即要求这两组数据的方差尽可能大^[2]。

2 反映民勤绿洲农业结构的因子及其计算

为了准确地应用因子分析法对民勤绿洲农业结构状况进行评价, 共选择 12 个因子 (见表 1), 根据 57 年统计数据计算各因子均数及标准差, 按主成分分析法把因子分为两类, 各因子的联系系数见表 2, 各因子两两之间的相关系数见表 3。

经正交旋转后的因子负荷矩阵见表 4, 因子转换矩阵为 $\begin{bmatrix} 1.00 & 0.03 \\ -0.03 & 1.00 \end{bmatrix}$ 。正交旋转的目的是使复杂的矩阵变得简洁, 即用第一因子替代 $X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}$ 的作用, 用第二因子替代 X_1, X_2, X_{12} 的作用。通过正交旋转后的因子转换矩阵, 可以看出两类因子的重要性。

收稿日期: 2008-10-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40961035); 甘肃省自然科学基金资助项目 (0803RJZA094); 甘肃省教育厅导师项目 (0801-11)。

作者简介: 王枫叶 (1984-), 女, 河南开封人, 硕士研究生, 研究方向为干旱区域环境与绿洲建设。

E-mail wangfengye_2005@163.com

表 1 民勤绿洲农业结构各因子均数与标准差

因子	均数	标准差
总播种面积 X_1 万 hm^2	4.9	0.7
耕地面积 X_2 万 hm^2	6.3	0.2
总人口 X_3 万	24.2	3.7
农业人口 X_4 万	22.8	2.9
粮食作物播种面积 X_5 万 hm^2	3.8	1.0
粮食作物总产量 X_6 万 kg	9 600	4 400
粮食作物单产 X_7 / (kg · hm^{-2})	3 100	2 100
农林牧副业总产值 X_8 万元	24 000	37 000
农业总产值 X_9 万元	20 000	30 000
林业总产值 X_{10} 万元	437	423
牧业总产值 X_{11} 万元	3 600	6 100
副业总产值 X_{12} 万元	140	111

表 2 各因子联系系数

因子	联系系数	
	第一因子	第二因子
X_1	-0.212	0.846
X_2	0.082	0.881
X_3	0.943	0.068
X_4	0.891	0.029
X_5	-0.837	0.388
X_6	0.928	-0.209
X_7	0.979	-0.116
X_8	0.922	0.243
X_9	0.922	0.239
X_{10}	0.743	0.068
X_{11}	0.908	0.250
X_{12}	-0.165	-0.520

表 3 各因子间的相关系数

因子	相关系数												
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	
X_1	1.00												
X_2	0.62	1.00											
X_3	-0.13	0.21	1.00										
X_4	-0.12	0.19	0.99	1.00									
X_5	0.60	0.24	-0.70	-0.65	1.00								
X_6	-0.31	-0.07	0.93	0.93	-0.80	1.00							
X_7	-0.31	-0.003	0.92	0.88	-0.89	0.96	1.00						
X_8	0.036	0.20	0.82	0.74	-0.68	0.76	0.85	1.00					
X_9	0.03	0.21	0.82	0.74	-0.68	0.76	0.85	1.00	1.00				
X_{10}	-0.08	0.10	0.64	0.57	-0.57	0.60	0.68	0.68	0.67	1.00			
X_{11}	0.05	0.19	0.79	0.71	-0.67	0.73	0.84	0.98	0.97	0.70	1.00		
X_{12}	-0.12	-0.44	-0.11	-0.04	0.15	0.05	-0.14	-0.25	-0.25	-0.08	-0.28	1.00	

表 4 正交旋转后的因子负荷矩阵

因子	负荷		共同度
	第一因子	第二因子	
X_1	-0.187	0.852	0.761
X_2	0.108	0.878	0.782
X_3	0.944	0.039	0.893
X_4	0.892	0.002	0.795
X_5	-0.825	0.413	0.851
X_6	0.922	-0.237	0.906
X_7	0.975	0.145	0.973
X_8	0.929	0.215	0.909
X_9	0.928	0.211	0.906
X_{10}	0.745	0.046	0.557
X_{11}	0.915	0.222	0.886
X_{12}	-0.180	-0.515	0.298

3 农业结构评价与分析

3.1 均数与标准差

从表 1 可看出:民勤绿洲粮食作物总产量 (X_6) 的标准差最大 (4 400 万 kg),说明粮食作物总产量 57 年来变化最大。从汉代以来长期“屯垦戍边”,到新中国在河西地区建设“商品粮基地”,石羊河流域经济长期维持典型的“绿洲农业依赖性”^[3]。绿洲不断增长的人口数量导致对耕地与粮食的需求不断增大,

人口增速较快的地区是坝区与泉山区,这也是坝区与泉山区耕地拼块面积不断增加的原因之一。

3.2 主成分分析

从表 2 可以看出:第一因子与 X_3 、 X_4 、 X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{11} 有较强的正相关性,与 X_5 呈明显负相关;第二因子与 X_1 、 X_2 呈较强的正相关,与 X_{12} 呈负相关;粮食作物单产对第一因子的贡献率为 0.979,而农林牧副业总产值中农业对第一因子的贡献最大,所以民勤绿洲是以农业为基础的。

3.3 相关系数

从表 3 可以看出:粮食作物总产量与粮食作物单产的相关系数为 0.96,与播种面积的相关系数为 -0.31;人口与耕地面积的相关系数为 0.21,人口增加是耕地面积不断扩大的最主要因素。绿洲耕地面积不断扩大和用水量持续增加,造成了下游民勤绿洲生态环境的急剧恶化。在沙漠与绿洲交汇地带大面积种植饲草,与乔木、灌木一起,构筑起乔灌草三位一体的生态防护体系,可有效抵御绿洲外围风沙侵害^[4]。

3.4 其他结果分析

从表 4 可以看出: X_7 的共同度最大 (为 0.973),说明粮食作物单产包含的原有因子信息量最多;农林牧副业总产值中农业总产值包含的原有因子信息量最多,说明农业最易受其他几个变量的影响。(下转第 67 页)

表 3 无草区样点沉积物中不同深度 TP 含量

深度 / cm	各样点 TP 含量 / (mg · kg ⁻¹)				
	B1	B2	B3	B4	B5
0~3	0.139	0.391	0.267	0.338	0.381
3~6	0.128	0.304	0.225	0.361	0.152
6~11	0.101	0.178	0.219	0.180	0.153
11~16			0.356	0.484	0.104

2.4 有草区与无草区差异性分析

大型水生植物生长对沉积物中磷元素有很大需求,水生植物又被鱼吞食或人工刈害,部分磷元素被带出湖泊生态系统。不同深度沉积物中平均 TP 含量见表 4,可以看出无草区各层沉积物的 TP 含量都高于有草区,与王琦等对太湖北部的研究结果一致^[5]。

3 结 论

(1)大型水生植物的生长可以影响湖泊上覆水中的 TP 含量,一般情况下,有草区水中 TP 含量低于无草区。

(2)TP 含量在沉积物表层为高峰随沉积物深度增加而减少。

表 4 不同深度沉积物平均 TP 含量

深 度 / cm	TP 含量 / (mg · kg ⁻¹)	
	有草区	无草区
0~3	0.173	0.303
3~6	0.156	0.234
6~11	0.121	0.166

(3)有草区沉积物 TP 在不同深度的含量均小于无草区。

参考文献:

- [1] De J V N, Bakker J F, Van SM R. Possible change in the contribution of the river Rhine and the North Sea to the eutrophic status of the western Dutch Wadden Sea [J]. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 1996, 30: 27-39.
- [2] Jaynes M L, Carpenter S R. Effects of vascular and nonvascular macrophytes on sediment redox and solute dynamics [J]. *Ecology*, 1986, 67: 875-882.
- [3] Melzer A. Aquatic macrophytes as tools for lake management [J]. *Hydrobiologia*, 1999, 395/396: 181-190.
- [4] 杨士建. 南水北调东线工程骆马湖生态建设 [J]. *环境科学与技术*, 2006, 29(1): 92-93.
- [5] 王琦, 姜霞, 金相灿, 等. 太湖不同营养水平湖区沉积物磷形态与生物可利用磷的分布及相互关系 [J]. *湖泊科学*, 2006, 18(2): 120-126.

【责任编辑 刘 祺】

(上接第 65 页)

表 4 表明替代了 X_1 、 X_2 、 X_4 、 X_7 的第一因子对第一产业的影响约占 70%, 替代了 X_3 、 X_5 、 X_6 的第二因子的影响约占 30%。在民勤绿洲粮经(第一产业)二元结构中,副业的分量较小,所以应该调整第一产业的构成,由粮经为主向林草为主转变,由农业为主向牧业为主转变,走可持续发展之路。

4 农业发展对策

4.1 调整农业结构

限制灌溉农业面积,特别是限制高耗水型作物的播种面积,推广农业先进技术,扩大高效节水作物播种面积;加快发展以舍饲圈养为主的草畜产业,种植耐盐牧草,畜粪还田,以畜养地、培肥地力^[5-6];退耕地适度发展以甘草种植为主的药材产业。

4.2 加强水资源管理

民勤绿洲水资源严重不足,生态环境已变得相当脆弱,因此加强水资源管理,以水定地,封井退耕,最大限度压缩耕地面积,努力提高农业生产力和水资源利用效率,理顺水资源管理体制,根据水资源统一管理的原则,逐步改变多头管水、多头建设的局面,坚决制止水资源无序开采和盲目打井开荒,合理安排工农业开发布局,根据当地水资源的承受能力确定开发项目^[7-8]。

4.3 控制人口数量

必须控制人口数量,减少人口压力,减轻人口对资源、环境的超载压力。同时,应更新观念,培养农业专业技术人才,走科技兴水、科技兴农的道路,提高民勤生态农业的综合效益。

参考文献:

- [1] 袁生禄. 石羊河流域水资源大规模开发对生态环境的影响 [J]. *干旱区资源与环境*, 1991, 5(3): 44-52.
- [2] 余家林. 农业多元试验统计 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- [3] 颀耀文, 陈发虎, 王乃昂. 近 2000 年来甘肃民勤盆地绿洲的空间变化 [J]. *地理学报*, 2004, 59(5): 662-670.
- [4] 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究: 寻求新的综合途径 [J]. *地理研究*, 2001, 20(6): 645-652.
- [5] 高志海, 魏怀东, 丁峰, 等. 民勤绿洲的荒漠化过程及其驱动模式 [J]. *中国沙漠*, 2004, 24(增刊): 20-24.
- [6] 徐先英, 丁国栋, 高志海, 等. 近 50 年民勤绿洲生态环境演变及综合治理对策 [J]. *中国水土保持科学*, 2006, 4(1): 40-48.
- [7] 李小玉, 肖笃宁, 何兴元, 等. 内陆河流域中、下游绿洲耕地变化及其驱动因素——以石羊河流域中游凉州区和下游民勤绿洲为例 [J]. *生态学报*, 2006, 26(3): 671-680.
- [8] 刘普幸, 孙小舟. 干旱区生态农业与天人关系协调——以酒泉地区为例 [J]. *干旱区资源与环境*, 2004, 18(1): 7-10.

【责任编辑 张智民】