第22卷 第2期 中 国 岩 溶 Vol. 22 No. 2
2003年6月 CARSOLOGICA SINICA Jun. 2003

文章编号:1001-4810(2003)02-0144-06

广西中部喀斯特干旱农业区的干旱程度及干旱成因分析①

周游游[1], 蒋忠诚[2], 韦珍莲[1]
(1. 广西师范学院,广西 南宁 530001; 2. 中国地质科学院岩溶地质研究所,广西 桂林 541004)

摘 要:作为广西的重要粮食基地的喀斯特平原区,是气候干旱和喀斯特干旱迭加的地区,干旱问题已成为该区经济发展的障碍。本文主要通过以往的研究资料的分析、计算,从造成干旱的气候、喀斯特地质背景及人类活动3个方面的主要因素,分析干旱形成原因和量化干旱程度。研究结果表明,气候因素是产生干旱的基本原因;可溶岩地质基础是干旱形成的重要原因;人类不合理活动则加重了旱灾的程度。其干旱程度,在峰丛谷地农业区最为严重,峰林谷地农业区和峰林平原区中等,孤峰平原区最轻。

关键词:广西中部;喀斯特干旱农业区;喀斯特干旱;干旱成因
中图分类号:S162.3 **文献标识码**:A

1 研究区概况

1.1 分布

广西中部喀斯特干旱农业区(孤峰平原、峰林平原及谷地)指以广西盆地中间弧形山脉环绕的喀斯特构造盆地为中心,即以柳州为中心的广西中部区域,主要包括河池地区东部、南宁地区东北部、桂林的永福县和柳州地区的峰林谷地和峰林平原[2](图1)。这些地区干旱灾害严重,受旱耕地面积占耕地总面积的12%。

1.2 气候条件

广西喀斯特干旱农业区为亚热带季风气候,主要气候特征为:1)夏热冬暖。年平均气温在20~21℃,比同纬度的东部地区稍高。7月气温最高,月均气温27.5~29.0℃,天气炎热;1月最冷,月均气温一般在10.0~12.0℃;日最低气温≤0℃的天数平均在0.3~2.8天之间,冬季较温和。2)降水丰沛,但季节分配不均。年平均降水量在1300~1500 mm之间,年际变化明显,多雨年为1600~2000 mm,少雨年只有800~1200 mm。研究区的东部降水量年际变化更大,多雨年为少雨年的2倍以上,如武宣县的为2.3倍。雨量季节分配不均,春、夏季较多,分别占年总量的26%~34%和43%~53%;秋、冬季较少,分别占年总量的14%~16%和7%~10%。3)年太阳辐射总量3990~4572MJ/m^2,年日照时数多在1450~1750h,居广西中等水平,但明显高于邻近的峰丛洼地地区,尤其是西部的高峰丛洼地地区。其中,夏季辐射量最大,占年总量的33%~35%,秋季次之,为27%~28%,春季为21%~23%,冬季最少,仅占15%~17%[2]。

1.3 水文

该区位于柳江水系和红水河水系汇流区,地表水系发达、切割较深,河网密集,地表径流量大。地表水和地下水资源均很丰富。但由于地表河流切割深,地表水主要集中在河道中,造成其它地带严重的地表干旱。主要河流有柳江、红水河和黔江干流及其支流龙江、融江、洛清江、刁江和清水河等。

1.4 地质地貌

研究区主要由广西盆地中间弧形山脉环绕的喀斯特构造盆地组成,是以柳州为中心的广西中部弧形山脉内缘区域[3]。地层从泥盆系到三叠系都较发育,其中以石炭系和三叠系分布最广,以灰岩为主,砂页

① 基金项目:广西科技厅项目:"桂中旱片综合治理对策研究",项目编号:桂科软01430
作者简介:周游游(1961—),男,副教授,博士,主要从事喀斯特自然地理和人文地理以及资源与环境问题研究工作。
收稿日期:2002-12-13

万方数据

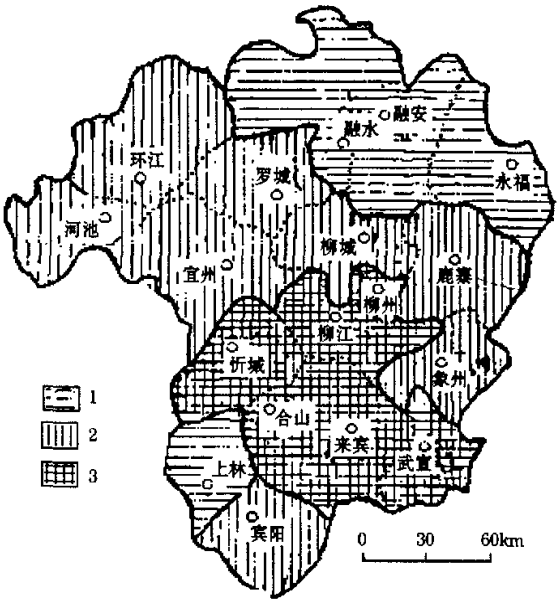

图 1　广西喀斯特干旱农业区分布及干旱程度划分示意图

Fig. 1　Sketch map showing the draught grade and distribution of the karst arid agricultural area in Guangxi

1. 轻干旱区;2. 中干旱区;3. 重干旱区

岩次之。其中东部、南部和北部的边缘地带以岩性不纯、组合类型复杂的碳酸盐岩和非碳酸盐岩地层为主[4]。

该区地貌特征是喀斯特发育强烈,喀斯特地貌连片分布,其间穿插有碎屑岩丘陵,东部、南部、北部的边缘地带是非喀斯特与喀斯特的过渡带。地势西北高,东南低,西部峰丛谷地海拔 700～1000m,东部峰林谷地 200～500m。由于水文、地形、地质的差异,又可细分为喀斯特干旱峰丛谷地农业区、喀斯特干旱峰林谷地农业区、喀斯特干旱峰林平原农业区和喀斯特干旱孤峰平原区。前三者位于河池地区东部与柳州地区西北的峰丛、峰林谷地、峰林平原区,范围波及河池市、环江县、罗城县、宜州市、忻城县、融水县、融安县、永福县。干旱孤峰平原区则主要分布在柳江县、柳城县、来宾县、武宣县、鹿寨县、象州县、上林县和宾阳县等县市[4]。

1.5　社会经济状况

广西喀斯特干旱农业区农业人口众多,占总人口 75.12%,各县农业人口、耕地及其结构如表 1 所示。由表可见,除柳州市外,其余各县市的农业人口比例都超过 50%,且大部分高达 80%,说明该区仍以农业为主。广西喀斯特干旱农业区耕地面积为 902.43 万亩,占总面积 13.89%,其中水田 487.52 万亩,旱地 424.90 万亩,旱地占耕地面积的 46.57%。对于以农

表 1　广西喀斯特干旱农业区各县农业人口、耕地及其结构表

Tab. 1　Agricultural population, farmland and structure of the farmland in Guangxi drought karst plain

地名	农业人口		耕地(万亩)		耕地结构	
	人口数(万人)	占总人口(%)	面积	占总面积(%)	水田(万亩)	旱地(万亩)
环江	30.42	81.77	32.8	4.8	25	7.8
罗城	30.94	86.42	32.0	8.1	21.0	11.0
融水	40.98	88.13	45.8	6.6	24.0	21.8
融安	26.5	82.30	42.4	9.8	25.3	17.1
永福	23.48	87.29	33.00	7.84	25.47	7.53
河池	19.7	63.75	23.8	6.8	15.1	8.7
宜州	50.5	82.65	69.5	13.6	35.1	34.4
忻城	36.98	91.99	45.8	12.0	12.3	33.5
柳州	5.38	5.91	15.8	16.2	4.2	11.6
柳江	44.99	86.85	66.2	20.3	24.1	42.1
柳城	34.53	84.22	56.5	17.7	30.5	26.0
来宾	70.69	77.10	135.6	20.7	57.3	78.3
武宣	35.56	88.02	51.6	19.8	22.1	29.5
合山	8.15	58.21	8.6	16.4	4.9	3.7
鹿寨	38.3	81.32	68.7	13.6	36.3	32.4
象州	31.2	89.40	49.1	17.3	31.6	17.5
上林	40.96	90.82	42.5	15.0	27.2	15.3
宾阳	83.66	86.78	85.9	23.9	54.1	28.8

据《广西年鉴 2001》、广西各县县志整理

万方数据

业耕作为主、农业人口众多的广西喀斯特干旱农业区而言，干旱是制约农业和社会经济发展的最为重大的问题之一。

2 旱情及其干旱程度分析

按发生季节，研究区的干旱可分为春旱、夏旱、秋旱和冬旱，发生时段依次为3～5月、6～8月、8～9月和11～次年2月[5]。其旱情和干旱性质及季节出现频率如表2。整个广西喀斯特干旱农业区均出现干旱现象，其全年出现干旱现象的平均综合频率为45.7%。根据干旱平均发生的频率，以≤36.5%、36.6%～47.5%、>47.6%为干旱类型的划分阈值，依次可划分为轻型干旱、中型干旱和重型干旱(见图1)。其中，中型和重型干旱偏多。这说明干旱普遍而且严重。从时间和空间两个角度分析，其旱情分布具一定规律。

表2 广西中部喀斯特干旱农业区各县旱灾性质、干旱程度和季节分配统计表

Tab.2 The property and degree of drought disaster and the seasonal distribution of each county in central Guangxi karst drought agricultural area

地名	频率(%)				干旱程度	地名	频率(%)				干旱程度
	春旱	夏旱	秋旱	旱情综合平均(%)			春旱	夏旱	秋旱	旱情综合平均(%)	
环江	65	15	55	45	中旱	柳江	50	45	70	55.0	重旱
罗城	40	30	63	44.3	中旱	柳城	40	40	60	46.7	中旱
融水	20	39	45	34.7	轻旱	来宾	65	43	60	56.0	重旱
融安	20	39	45	34.7	轻旱	武宣	60	43	50	51.0	重旱
永福	10	35	40	28.3	轻旱	合山	60	38	45	47.7	重旱
河池	70	10	55	45.0	中旱	鹿寨	30	40	60	43.3	中旱
宜州	65	30	65	53.3	重旱	象州	30	39	70	46.3	中旱
忻城	65	30	50	48.3	重旱	上林	49	30	30	36.3	轻旱
柳州	40	45	78	54.3	重旱	宾阳	62	35	40	45.7	中旱

(据广西气象局资料室，广西壮族自治区500年气候历史资料)

2.1 时间分布规律

从干旱的季节分布频率看，冬旱对农业生产影响甚小，而忽略不计。对农业生产影响最大的为秋、春两季干旱。春旱平均发生频率为47.78%，夏旱的为34.78%，秋旱的为54.5%。秋旱频率最高，10年中有6～7年发生[5]。

2.2 空间分布规律

结合表2的数据，从区域位置和地貌类型上看，东部的峰林平原和孤峰平原区，秋旱的频率大于春旱；而西部的峰丛谷地、峰林谷地区，春旱的频率高于秋旱。

3 干旱成因分析

3.1 气候因素

研究区位于北回归线及南北两侧，受副热带高压控制。与形成干旱的有关气候特征因子主要有年内降水、日照分配不均，年蒸发量大于降水量。该区年蒸发量多在1500～1900mm，平均降水量在1300～1500mm之间。尤其是东部的孤峰平原区，蒸发量明显大于降水量，如武宣县的蒸发量是降水量的1.5倍，而西部相差较小(表3)。但局部也有降水量大于蒸发量的情况，尤其是北部，如永福、融安等地。

由表3中降水量与蒸发量的差值看，整个广西喀斯特干旱农业区的水汽总体上处于亏损状态，易形成干旱气候。由空间分布看，东部秋雨不足年总量的16%，而此时日照强，蒸发量大，降水量仅为蒸发量的38%～50%，所以秋旱经常发生，且十分严重；西部地区春雨少而且迟，不足年总量的26%，常有春旱发生。由此形成秋旱重于春旱，东部秋旱多于春旱，西部春旱多于秋旱的旱情。

3.2 水文地质、地貌因素

广西喀斯特干旱农业区特殊的喀斯特水文地质、地貌因素是造成干旱的主导原因。由于地下形成众多的溶洞、溶沟、溶隙、漏斗、地下河和落水洞，加上喀斯特区一般土层较薄，大部分岩石裸露，故大气降水迅速通过溶隙、漏斗、落水洞等汇集于地下河；而形成于浅薄的土壤覆盖层中的土壤水也迅速被蒸发掉；且埋藏很浅的碳酸盐岩地层又阻止了地下水通过毛细管作用对上层土壤的水分补充，故地表干旱严重。因此，

万方数据

正是这一特殊地理地质条件，使得广西喀斯特干旱农业区尽管地表径流量很丰富，但引灌地表水利工程效益却不高，工程漏水以及农田耗水量大，干旱问题难以解决。例如 20 世纪 50 年代末至 60 年代初修建的中小型蓄水工程有 50%严重漏水或者蓄水甚少，后经多次防渗处理，多数仍达不到预期的效益[6]。此外，红水河等地表河河床深切也是造成地表水下渗强烈，地表干旱的另一重要因素。

表 3　广西喀斯特干旱农业区各县市降水量与蒸发量的对比表

Tab. 3　Comparison of precipitation and evaporation in Guangxi drought karst plain

地名	降水量(mm)	蒸发量(mm)	差值	地名	降水量(mm)	蒸发量(mm)	差值
环江	1389.1	1570.7	−181.6	柳江	1476.3	1601.3	−125
罗城	1558.2	1464.3	93.9	柳城	1369.4	1453.7	−84.3
融水	1832.4	1483.9	280	来宾	1353.7	1712.1	−358.4
融安	1904.4	1365.9	540.9	武宣	1280.8	1891.9	−618.3
永福	2001.1	1937.3	354.3	合山	1160.4	1698.1	−537.7
河池	1470	1514.6	−44.6	鹿寨	1502	1690	−188
宜州	1350.4	1534.0	−183.6	象州	1313.3	1713.1	−406.3
忻城	1437.7	1640.5	−204.8	上林	1621.3	1669.3	−48
柳州	1424.7	1609.3	−184.6	宾阳	1495.9	1625.8	−129.9

（据广西气象局资料室；广西壮族自治区 500 年气候历史资料整理）

总之，广西喀斯特干旱农业区地表覆盖层薄且极不均匀，特殊的水文地质条件使地表蓄水、保水能力非常弱，是造成了降雨量丰沛的广西喀斯特平原地表干旱，以及水库、渠道渗漏和农田耗水量大的问题。综合降水与蒸发因素、地质地貌条件及水利措施、效益等因素分析，认为气候因素是发生干旱的基本原因，而独特的喀斯特地质则是干旱形成的重要因素。

3.3　人类活动影响

按所处地理位置和气候—景观特征，广西喀斯特干旱农业区的原始植被以常绿阔叶林为主。但长期以来，对林木乱砍滥伐的现象有增无减，毁林多而造林少，原始植被破坏殆尽，次生阔叶林除少数村落后背石山稍有分布外，绝大多数乡村已难以见到。随着人口的增长，日常生活中所需的薪柴不断增加，因此森林覆盖率持续降低。由此而使大气湿度降低，地面蒸发量增大，进一步加重旱情。另一方面，由于水利设施年久失修，地表水渗漏严重；地下水丰富但未充分利用，农业结构又不合理，致使区内人畜饮水困难，生态环境恶化。

4　旱灾脆弱性评价

旱灾脆弱性是指农业生产易于遭受干旱威胁和损失的性质与状态，它受到一个区域的自然系统、社会系统及其组合关系的影响，包括气候的降水和蒸发，土壤蓄水保水能力和森林调节气候、涵养水源、增加降水等功能以及人口密度、人均总收入等因素[7]。

根据上述对旱灾脆弱性影响因素的分析，同时考虑到资料的可取性和详尽程度，选出 8 项指标参与计算评价（表 4）。

首先对表 4 中的原始数据采用公式（1）进行处理：

$$X_j = \frac{X_j^*}{X_{j\max}^*} \quad [7] \tag{1}$$

式（1）中，X_j^* 表示各指标序列中的每一项，其中 $j=1、2、3、4、5、6、7、8$，并依次分别代表水田密度、蒸发量、人口密度、峰林石山比率、人均收入、水库水塘密度、降水量和森林覆盖率。$X_{j\max}^*$ 表示该指标中的最大值，如最大的森林覆盖率是融安县，为 66%。

利用公式（1）对表 4 进行处理，其处理结果见表 5。

在上述指标体系基础上，根据表 4 数据和下面的构造模型（2）计算广西喀斯特干旱农业区各县的旱灾脆弱度，其结果见表 5。

$$V_i = \sum_{j=1}^{4} \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} W_j + \sum_{j=5}^{8} \left[1 - \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}}\right] W_j \quad [7] \tag{2}$$

式（2）中，V_i 为旱灾脆弱度，X_{ij} 为第 i 个县第 j 项指标的初始化值，$X_{j\max}$ 是指第 j 项指标初始化值的最大值，$X_{j\min}$ 为第 j 项指标初始化值的最小值。W_j 为第 j 项指标的权重。根据以往研究经验和对干旱的的影响程度，对其中的权重取值如下：水田密度、蒸发量、人口密度、峰林石山比率取 0.1，人均收入、水库水塘密度、降水量和森林覆盖率取 0.15。

万方数据

表4 广西喀斯特干旱农业区旱灾脆弱性评价指标数据表

Tab. 4 Appraisal index for the liability to drought in Guangxi drought karst plain

地名	水田密度 (hm^2/km^2)	蒸发量 (mm)	人口密度 (人/km^2)	峰林石山比率 (%)	人均收入 (元)	水库水塘密度 ($10^4 m^3/km^2$)	降水量 (mm)	森林覆盖率 (%)
环江	3.65	1570.7	81	38.1	1341	0.93	1389.1	54.0
罗城	5.29	1464.3	135	39.6	1240	1.44	1558.2	41.5
融水	3.44	1483.9	100	1.6	1085	1.46	1832.4	60.0
融安	5.82	1365.9	111	21.6	1047	1.44	1904.4	66.0
永福	6.05	1937.3	96	14.1	1612	1.27	2001.1	65.2
河池	4.30	1514.6	132	60.9	1459	0.68	1470	32.3
宜州	6.88	1534.0	157	56.0	2068	1.45	1350.4	33.6
忻城	3.22	1640.5	158	72.4	1107	1.00	1437.7	5.5
柳州	4.32	1609.3	347	8.6	1969	5.58	1424.7	16.3
柳江	9.07	1601.3	207	50.4	1853	1.83	1476.3	26.5
柳城	9.59	1453.7	193	28.4	2027	2.59	1369.4	19.5
来宾	8.76	1712.1	221	29.5	1658	2.57	1353.7	14.0
武宣	8.46	1891.9	232	9.4	1458	3.31	1280.8	31.8
合山	9.46	1698.1	401	30.5	1284	1.87	1160.4	10.2
鹿寨	7.17	1690	139	8.8	1780	2.23	1502	20.6
象州	11.08	1713.1	184	26.3	1488	3.51	1313.3	19.7
上林	9.60	1669.3	240	34.5	1433	3.05	1621.3	20.1
宾阳	16.17	1625.8	416	1.7	1654	3.60	1495.9	30.3

（综合各县县志、2001年广西年鉴）

表5 广西喀斯特干旱农业区区旱灾脆弱性评价指标处理结果

Tab. 5 Calculating results of the appraisal index for the liability to drought in Guangxi drought karst plain

地名	水田密度	蒸发量	人口密度	峰林石山比率	人均收入	水库水塘密度	降水量	森林覆盖率	旱灾脆弱度	旱灾脆弱等级
环江	0.226	0.811	0.195	0.526	0.648	0.167	0.694	0.818	0.42	轻度
罗城	0.327	0.756	0.325	0.547	0.600	0.258	0.779	0.629	0.43	中度
融水	0.213	0.766	0.240	0.022	0.525	0.262	0.916	0.909	0.33	轻度
融安	0.360	0.705	0.267	0.298	0.680	0.258	0.952	1.000	0.25	轻度
永福	0.374	1.000	0.231	0.195	0.779	0.228	1.000	0.988	0.33	轻度
河池	0.266	0.782	0.317	0.842	0.706	0.122	0.735	0.489	0.46	中度
宜州	0.425	0.792	0.377	0.774	1.000	0.260	0.675	0.509	0.39	轻度
忻城	0.199	0.847	0.380	1.000	0.535	0.179	0.718	0.084	0.60	重度
柳州	0.267	0.831	0.834	0.119	0.952	1.000	0.712	0.247	0.36	轻度
柳江	0.561	0.827	0.498	0.696	0.896	0.328	0.738	0.402	0.45	中度
柳城	0.593	0.750	0.464	0.393	0.980	0.464	0.684	0.295	0.41	轻度
来宾	0.542	0.884	0.531	0.408	0.802	0.461	0.676	0.212	0.54	重度
武宣	0.523	0.977	0.558	0.129	0.705	0.593	0.640	0.482	0.55	重度
合山	0.585	0.877	0.964	0.421	0.621	0.335	0.580	0.155	0.72	重度
鹿寨	0.443	0.872	0.334	0.121	0.861	0.400	0.751	0.312	0.44	中度
象州	0.685	0.884	0.442	0.363	0.720	0.629	0.656	0.298	0.53	中度
上林	0.594	0.862	0.577	0.477	0.693	0.547	0.810	0.304	0.50	中度
宾阳	1.000	0.839	1.000	0.023	0.800	0.645	0.748	0.459	0.54	重度

万方数据

由所得的结果(表5)可知，广西喀斯特干旱农业区喀斯特区旱灾脆弱性存在着明显的地域差异。以0.25～0.42(轻度)、0.43～0.53(中度)、0.54～0.72(重度)为旱灾脆弱度等级的阈值范围来划分，其中，喀斯特干旱农业区喀斯特谷地、平原旱灾脆弱度大，两侧山地旱灾脆弱度相对较小。南部旱灾脆弱度大，而北部旱灾脆弱度相对较小。

5 结 论

综上所述，造成广西喀斯特干旱农业区干旱的原因包括降水、日照时空分布不均匀，蒸发量明显高于降水量，形成气候干旱；碳酸盐岩广泛分布，喀斯特发育强烈，地表水渗漏严重，且地形切割深，山高水深，造成地质干旱；人类的不合理生产活动使生态环境破坏严重，降低了小气候调节能力，加重了旱情，且水利设施建设、管理不善，旱情尚未解决。综合气候、喀斯特地质、人类不合理活动因素分析以及旱灾脆弱性评价，总结广西喀斯特干旱农业区干旱主要成因如下：(1)气候是产生干旱的基本原因；(2)可溶岩地质基础是干旱形成的重要原因；(3)人类不合理活动则加重了旱灾的程度。

致　谢：本文得到了胡宝清同志的大力支持和指导。

参考文献

[1] 肖永孜主编. 中国西部概览—广西[M]. 民族出版社，2000.
[2] 欧薇薇等. 广西通志自然地理志[M]. 广西人民出版社，1994.
[3] 《广西农业地理》编写组. 广西农业地理[M]. 广西人民出版社，1980.
[4] 罗在明，陈开礼，等. 广西喀斯特地下水资源开发利用潜力研究报告[R]. 广西壮族自治区地质矿产勘察开发局，2000.
[5] 庞庭颐，杨有章，等. 广西农业气候资源分析与利用[M]. 气象出版社，1988.
[6] 郝祥英. 广西喀斯特贫困区喀斯特水有效开发规划建议报告书[R]. 广西地质环境监测总站，1997.
[7] 刘兰芳. 衡阳盆地农业旱灾脆弱性研究[J]. 热带地理，2002，22(1)：19－23.

RATIONAL STUDY ON THE DROUGHT AND THE CAUSE OF DROUGHT IN CENTRAL GUANGXI KARST AGRICULTURAL AREA

ZHOU You-you[1], JIANG Zhong-cheng[2], WEI Zhen-lian[1]
(1. *Guangxi Teachers College, Nanning, Guangxi* 530001, *China*;
2. *Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin, Guangxi* 541004, *China*)

Abstract: As an important agricultural production base, it is an area suffers drought not only being lead by climate but also by karst geologic factors there in central Guangxi karst drought agricultural area. Drought has become serious impediment to regional development. In order to promote agricultural development, status quo and the reason of drought are studied rationally in view of the major factors including climate, geology, and the impact of human action, especially the liability to drought. The result of the study proves that the basic reason for the drought is the climate, and the karst hydrogeological background is very important for the drought, the impact of unreasonable human action enforced the degree of the drought. About the degree of the drought, the karst cluster-valley is the most serious area, the stone peak valley and the stone peak plain is moderate, and the slightest area is isolated stone peak plain.

Key words: Central Guangxi, Karst drought agricultural area, Karst drought, Causes of drought

更 正

《中国岩溶》2003年第1期刘金荣文章之图2、图3中的"漓"字应为"离"字，特此更正。

《中国岩溶》编辑部

万方数据