

我国南方季节性干旱研究

王明珠 (中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

提要 分析了南方季节性干旱的特征、成因和抗旱体系。其特征是干旱出现的频率与强度加大, 表土干旱和干热同步。成因是降水量、蒸发量年分布在时间序列上不同步; 红壤调控供水力弱、有效水少和生物耗水多、供需矛盾突出。关键对策是建立开源节流为主体、降耗增效为两翼的抗旱技术体系。

关键词 干旱 研究 南方

Study on Seasonal Drought in Southern China · Wang Mingzhu (Institute of Soil Science, Academia Sinica, NANJING 210008); *Rural Eco-Environment*, 1997, 13(2): 6-10

Abstract The characteristics, causes of seasonal drought in Southern China and the combating countermeasures are discussed in the paper. The results of the study show that the characteristics of the seasonal drought are: the frequency and intensity of drought have been increasing and the surface soil drought occurs simultaneously with dry and hot season; the main causes of seasonal drought are: the time difference of distribution of rainfall and evaporation, the limited space of red soil for water storage, the shortage of available water and the high water demand of crops; the key combating countermeasure is: to establish a drought combating technical system which takes the water resource exploitation and water saving as principal measures and takes the reducing of water consumption and the increasing of water utilization ratio as supporting measures.

Key words drought, study, Southern China

我国南方干旱包括各地出现的春旱、伏旱、秋旱、伏秋连旱和冬旱等类型, 其中分布最广、威胁最大的是伏秋旱。由于季节性干旱(下称干旱)正值作物、果木出苗发芽或抽穗开花时期, 直接影响作物的合理配置和高产稳产。因此, 探讨其干旱特征、成因与对策, 对南方红黄壤地区的进一步开发和农业持续发展有重要意义。

1 我国南方季节性干旱的特征

1.1 干旱的频率高强度大

对江西省余江县 1956~1995 年气象资料分析得出, 每 2.3 年有一次伏旱或秋旱, 每 6 年有一次伏秋连旱。80 年代以后, 几乎每 2 年有一次伏旱或秋旱, 林草植被也出现逆向演替, 向旱生、阳性方向发展。

1.2 深层土壤贮水稳定

干旱多出现在表土 0~20 cm 处, 表层土壤水吸力高达 70~80 kPa, 接近于土壤凋萎含水量, 且晴雨间变幅大而频繁。100 cm 处吸力正好相反, 多在 0~40 kPa 范围内, 变幅相对小而比较稳定。60 cm 处则介于两者之间。1~2 m 和 2~3 m 土层内水分更为丰富, 即使在旱季, 有效含水量也分别高达 114.6 和 162.5 mm, 比 0~1 m 土层含水量相应高出 0.5 和 2.2 倍。

由于土壤水的垂直分布差异, 植物对其利用率也不相同。林果根系分布深, 可吸收心底土水分, 70~90 cm 土层处吸力常升高至 40~70 kPa, 有效水利用率达 31.9%~36.3%。旱作根系浅, 主要是利用表层水, 而且旱季表层强烈蒸发使红壤心土层很快形成“自然幕”, 抑制深层水向上运行, 以致表土干至凋萎含水量

1996-08-09 收稿, 1996-12-09 修回

时,50~100 cm 处的土壤容积水含量仍要高出林果地相应土层 10~20 mm,有效水利用率仅 28.0%。

1.3 干热同步、蒸散力大

这主要是指伏秋旱,7~9 月份蒸发量是同期降水量的 1.4~1.9 倍,到达干旱时的过渡期短(5~7 d);土壤水也由于缓冲力差,迅即进入高吸力低持水阶段,吸力由雨季的 10 kPa 左右升高至 20~80 kPa 之间,并且林、果、作物的吸力时间变化趋势基本一致,只是土壤干旱要滞后于天气干旱 10~33 d。

2 伏秋旱成因分析

伏秋旱指伏旱、秋旱和伏秋连旱,其成因有气候、土壤、生物 3 因素。

2.1 降水量和蒸发量年内分布不同步

余江县年均降水量达 1675.4 mm,只是时空分布不均,干旱明显。它与蒸发量年内分配(图 1)及其互谱分析(表 1)表明:降水量的季节变化超前于潜在蒸发量变化 2.16~2.67 月^[1]。一旦春夏雨季结束,随即进入伏秋高温和蒸发高峰期,蒸发量明显高于降水量。

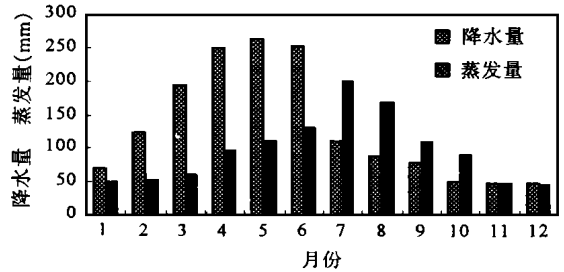


图 1 余江县降水量和蒸发量年内分配
Fig 1 Annual distribution of rainfall and evaporation in Yujiang County

表 1 余江站月降水量(x)和月蒸发量(y)交互谱计算

Table 1 Computation of reciprocal spectrum of monthly rainfall and evaporation in Yujiang county

$t(1)$ 波数	$P_{xx}(1)$ 自谱	$P_{yy}(1)$ 自谱	$P_{xy}(1)$ 协谱 密度函数	$Q_{xy}(1)$ 正交谱 密度函数	互谱的 振幅谱	互谱的 位相谱	$R_{12}^2(1)$ 凝聚函数	$T(1)$ 月周期	$L(1)$ 落后 长度谱
1	0.58	0.75	0.08	0.14	0.16	59.12	0.06	200	32.84
2	1.39	0.87	-0.04	-0.20	0.20	-100.37	0.03	100	-27.88
3	0.93	-0.22	-0.38	-0.16	0.41	-157.40	-0.82	66.6	-29.15
4	1.29	0.56	-0.10	0.23	0.25	112.89	0.08	50	15.67
5	0.99	-0.29	-0.28	0.15	0.32	151.23	-0.39	40	16.81
6	1.57	0.67	-0.19	0.29	0.35	123.43	0.11	33.3	11.43
7	1.16	-0.23	0.60	0.01	0.60	178.98	-1.34	28.5	14.20
8	0.99	0.67	-0.06	0.22	0.23	105.03	0.08	2.5	7.29
9	0.36	-0.38	-0.27	-0.15	0.31	-150.95	-0.73	22.2	-9.32
10	1.45	0.77	-0.06	0.31	0.32	100.33	0.09	20.0	5.57
11	1.04	-0.37	0.41	-0.15	0.44	-60.27	-0.50	18.18	-8.09
12	1.34	0.88	0.09	0.21	0.23	65.91	0.04	16.6	3.05
13	1.31	-0.38	-0.17	-0.18	0.25	-134.54	-0.11	15.3	-5.75
14	1.91	0.69	-0.11	0.39	0.40	105.08	0.14	14.28	4.17
15	7.72	12.40	2.85	8.84	9.29	72.15	0.90	13.3	2.67
16	38.00	71.00	20.13	47.25	51.36	66.92	0.98	12.5	2.32
17	37.30	71.70	20.59	46.95	51.27	66.32	0.98	11.76	2.16
18	6.95	13.50	3.79	8.33	9.15	65.56	0.89	11.11	2.02
19	1.01	0.88	0.22	0.61	0.65	70.09	0.48	10.50	2.04
20	0.89	0.143	-0.14	-0.01	0.14	-174.70	0.16	10.00	-4.85

2.2 红壤调蓄供水力弱

监测表明:每年仅有 507.4~785.4 mm 的

降水被土壤接纳(表 2),约占年降水 42.6%。在入渗的土壤水中,由于通透库容、无效水库容

较高,有效水库容仅占贮水库容的 $1/3$ (表 3)。而且有效水的释放主要在低吸力段,有效水中难效水的比例较大,可被作物利用的易效水不足贮水库容的 $1/5$ 。土壤本身不具有较强抗旱能力。

表 2 赣东北低丘红壤区水资源的季节平衡^[2]

Table 2 Seasonal balance of water resources in low-hill red soil area of northeast Jiangxi

项目	降水量(mm)	入渗量(mm)	径流量(mm)
1~3月	240.0~315.0	119.6~168.8	120.4~146.2
4~6月	630.0~795.0	174.2~279.0	455.8~516.0
7~9月	270.0~405.0	115.2~215.8	154.8~139.2
10~12月	150.0~225.0	98.4~121.8	51.6~103.2
全年	1299~1740	507.4~785.4	782.6~954.6

表 3 红壤和黑土、潮土的通透库容、有效水库容与无效水库容比较^[3]

Table 3 Comparison of the permeable, available and unavailable water-storage capacity in red soil, black soil and aquic soil

土壤名称	土层深度(cm)	库容(mm)			
		贮水库容	无效水库容	有效水库容	通透库容
红壤	0~20	59.9	38.4	21.5	41.0
	0~50	159.2	111.1	48.1	86.0
	0~100	334.5	230.3	104.2	148.3
黑土	0~20	86.0	36.0	50.0	34.0
	0~50	210.0	98.0	112.0	68.4
	0~100	425.0	215.0	210.0	86.6
潮土	0~20	68.5	32.5	36.0	39.5
	0~50	184.9	90.2	94.7	68.1
	0~100	392.7	184.9	207.8	110.3

注:江西省余江县刘家中国科学院红壤生态站测试红壤有关数据,与有关资料比较。

2.3 作物蒸腾和土壤蒸发耗水多

伏秋季节正是旱作、果木抽穗开花、结荚壮果期,蒸发蒸腾、生理需水量增多,缺水加剧了伏秋旱的威胁。如 7~8 月中旬花生进入饱果期,需水量约占全生育期田间总耗水的 $1/4 \sim 1/3$ 。严重干旱可使花生空壳绝产。一般干旱,浇、喷灌 1~2 次可增产 44.7%~91.0%。柑桔正处于果实膨大期,尽管能吸收心土层水分,延

缓干旱 5~7 d,但长期缺水仍会使果皮呈兔唇状开裂。

3 抗旱技术体系

抗旱措施必须因地因财力而宜、多途径综合配套,才能显著提高整体抗旱能力。由此应建立“开源节流为主体,降耗、增效为两翼”的综合抗旱技术体系。其内涵是以水利设施开发水源、积水配水;节水技术增加受益面、提高利用率;合理耕作、生物措施来改善小环境、促进降耗增效(图 2)。

3.1 水利设施

3.1.1 积蓄降水和汇集地表径流

目前各类蓄水工程总贮水量仅占本区河川径流量的 10%左右。因此,以小流域为单元,利用有利地形修建山塘水库,生物、工程多样拦蓄,就能蓄丰补欠,缓解紧连雨季的干旱。

3.1.2 挖井开发浅层地下水

入渗土壤水中,5%~15%积聚在孔隙丰富的砂砾层,形成非永久性浅层地下水。此层出现深度不一,一般距地面 10~20 m。每 hm^2 挖 3 眼井,早期提水浇灌,每眼井可供水 120~170 t。

3.1.3 等高沟截流或挖坑蓄水

开挖等高沟截留径流可使 60 cm 土层内含水量增加 3%以上。挖坑垫膜,截贮坡面径流,一坑可蓄水 1~1.2 m^3 ,提高 0~60 cm 土壤含水量 3%~5%,柑桔可增产 10%以上。

3.1.4 渠道防渗

根据使用材料可分为刚性材料(混凝土、石料)、塑料薄膜、土料(土、三合土)和沥青护面。其中混凝土衬砌使用最广,平均造价为 20~30 元/ m^2 ,防渗效果好,使用寿命长;土料就地取材、施工简便;薄膜重量轻、运输方便、抗蚀力强;沥青护面是用沥青与其他材料如薄膜、砂石料、玻璃纤维等混合防渗,价高效佳。

3.2 节水技术

3.2.1 地面覆盖

地面覆盖可减少土壤蒸发和利于降水入

渗,一般 40 cm 土层可增加含水量 1.25%~1.85%,年节水 3000~6000 t/hm²。覆盖物中以死覆盖效果最佳,节水效益高出活覆盖、薄膜覆盖 0.6~1 倍。活覆盖会与间套作物争水争肥。薄膜覆盖前期虽可防渍保温,但中后期隔水与追肥不便,效果相对较差。

3.2.2 改进灌溉方式

水田提倡湿润间歇灌溉法,改淹灌为沟、浇灌。旱地逐步采用喷灌、微喷与滴灌。近地面

微喷和滴灌,虽然一次性投资 1.5~4.5 万元/hm²,但节水增产效益显著,柑桔果重增加 16.8%,可食率增加 64 g/kg。

3.2.3 吸水剂保墒

以红薯淀粉为原料,接枝丙烯腈制成的高分子吸水树脂,具有超过自身重量 400 倍以上的吸水力,按 0.3% 比例与土壤混合后,可使土壤含水量增加 4.4%,其所吸收的水分大部分为有效水,可延缓旱情 4~7 d。

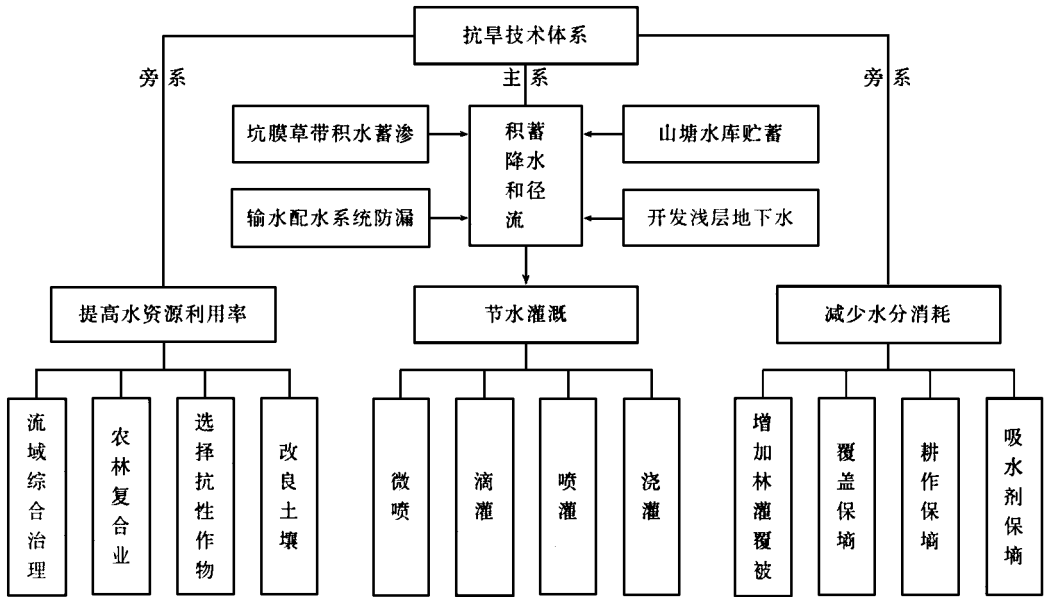


图2 低丘红壤抗旱技术体系

Fig 2 Technical system of combat drought in low-hill red soil

3.3 合理耕作

3.3.1 耕作保墒

“冬深耕、夏浅耕”有利土壤蓄水保墒。旱季雨后或灌后浅锄表土(2~3 cm),使表层很快失水呈“风干”状态,从而阻断毛管水上升至地表,降低蒸发速率,1 m 土体可减少 18.5~25.0 mm 的水分损失。

3.3.2 改良土壤结构

红壤土质粘重,萎蔫含水量高达 13%~16%。通过种植绿肥,增施有机肥可改良土质结构、胶体性能,削减表土蒸发和加快底土水向上运行,降低无效水。据测定,有机质含量 20

g/kg 的旱地,萎蔫含水量只有 6%~10%,提高有效水量 5%~6%。

3.4 生物措施

这主要影响上层土壤,可增加有效水库容变异系数 13%~20%。

3.4.1 立体大农业布局

小流域是一个相对独立的生态自然系统。坡顶土层相对薄、旱、瘦,应以种植抗逆性强、保水土的林草为主,包括用材林、薪炭林、水保林和灌草;坡麓土层厚、肥、润,宜种水肥条件要求高的水稻、蔬菜;腰部主要发展多年生、高效益又能吸收心土层水肥的果、茶、桑园;实现“顶

林、腰果、谷农、塘鱼”的立体大农业布局。再加之牧业(猪、家禽等)为纽带,种养结合,多层利用,形成链式良性循环。

3.4.2 农林复合促进深层水利用

伏秋旱主要出现在表层。推行农林复合,林果间套农作,有利于深层水的利用。从复合4年后的水分动态变化中可见,早期土壤水吸力以 $5\sim 10\text{ kPa/d}$ 的速度递增,但距树木远近及土层上下吸力均有差异。离树干 0.5 m 处,各层吸力小而差异不大,仅 $1.0\sim 1.5\text{ kPa/cm}$,离树 1 m 处,由于林木根系集中,吸力增强, $80\sim 100\text{ cm}$ 处最大值达 100 kPa ,吸力差 $2.0\sim 2.5\text{ kPa/cm}$ 。可见 $3\sim 5$ 年以后,林木蒸散主要吸收深层土壤水分,与利用表层水的旱作矛盾较小。

3.4.3 增加林灌覆被稳定水分环境

灌草不仅能防风、固土、净化环境,而且有良好的蓄水功能,其凋落物吸水,一般为自身重量的 $2\sim 4$ 倍,红壤上顶极群落凋落物可达 7.27 t/hm^2 ,相应蓄水 $14.5\sim 29\text{ t/hm}^2$,约占年降水的 3% 。同时,林内和森林上空的相对湿度比无林地高 $10\%\sim 20\%$,有利于降低林网内土壤、植物和大气间的水势梯度,减少蒸发。因此,林灌覆被率不应低于 30% 。

4 问题与研究方向

随着世界人口增长和可耕地面积减少,未来粮食生产的重点在人口增长较快的热带、亚热带地区。但不足的是这些地区缺水或季节干旱,限制生产潜力的进一步发挥,今后应着重探讨以下3个问题。

4.1 干旱时空变化规律和预测预报

开展干旱发生类型、频率和强度,干旱时空变化规律以及与大气候、小环境的关系的研究,建立干旱预测预报和旱灾评价系统^[4],为农业生产和宏观决策提供科学依据。

4.2 干旱指标定量化

这至今还是一个薄弱环节,包括干旱发生的时空特征;植物出现旱象时,大气、土壤、植物等水分胁迫指标;不同生境、土壤的干旱分异;干旱时对各种供水方式的最低最适需要量;供水的最适最佳时期等。

4.3 供水节水技术改进和新技术应用

南方水资源总量并不短缺,只因蓄水设施跟不上,供水工程不配套,灌溉水利用率仅 40% ,约为发达国家的 $1/2$ 。今后在解决工程设施的同时,应改进供水、节水技术,形成从水源管理、输水、配水到作物利用的整个供水给水体系。当前,尤其要改进常规技术,如轮作模式、旱季营养钵育苗、地面水的涌流灌等。有条件的地方试引新技术,如低压管道输水等。

参考文献

- 1 王明珠,张佳宝,赵春生,等. 低丘红壤区水资源的时空变异及综合开发利用. 见:王明珠,张桃林,何园球. 红壤生态系统研究(第三集). 北京:中国农业科技出版社,1995. 243-282
- 2 贺湘逸. 红壤坡地利用中的水分问题. 见:杨炎生,等. 中国红黄壤地区农业综合发展与对策. 北京:中国农业科技出版社,1995. 107-111
- 3 姚贤良. 我国红壤物理性质的研究近况及展望. 见:中国科学院南京土壤研究所编. 李庆远与我国土壤科学的发展. 南京:江苏科学技术出版社,1992. 57-64
- 4 刘洪顺,王继新,梁红,等. 江南红黄壤丘陵区土壤湿度模拟和土壤季节性干旱的研究. 见:杨炎生,等. 中国红黄壤地区农业综合发展与对策. 北京:中国农业科技出版社,1995. 148-152