

三江平原低湿地旱田生态系统 土壤水分动态研究*

刘振乾¹, 杨 青², 王毅勇²

(1. 华南农业大学, 广东 广州 510642; 2. 长春地理研究所)

摘 要: 中子法与烘干法相结合定期定位观测发现, 三江平原低湿地旱田土壤的水分分布具有明显的垂直差异性, 呈“S”型分布, 大约在 40~70 cm 土层存在一个明显的少水层, 80~100 cm 以上土壤含水率的垂直梯度较大, 再往深层土壤含水率缓慢下降, 差异微弱. 土壤含水率水平空间异质性与地块的海拔高度、相对地势、耕种类型等因素有密切关系. 地块内微地貌差异对土壤水分含量影响显著. 定位动态观测结果显示浅层土壤水分散失较快, 散失量随深度增加而减小的短期动态变化特点, 土壤水分含量的波动幅度随土层的加深而减小. 农田生态系统土壤的水分条件对气候的依赖性十分严重, 其动态变化与降水和蒸发具有高度相关性.

关键词: 三江平原; 旱田; 土壤含水率; 中子法; 动态变化

中图分类号: S 152.7 **文献标识码:** A

1 区域概况

三江平原位于黑龙江省的东北部, 土地总面积 $10.89 \times 10^4 \text{ km}^2$, 主要由黑龙江、松花江和乌苏里江汇流冲积形成的低湿平原组成, 是我国最大的湿地集中分布区. 随外来人口的增多, 大面积湿地被排干后开垦成耕地, 1995 年耕地面积已达 $366.67 \times 10^4 \text{ km}^2$, 成为我国重要的商品粮基地. 旱地是三江平原传统耕作的主要方式, 其主要作物是大豆 (*Glycine max*) 和春小麦 (*Trisetum aestivum*), 20 世纪 80 年代初期开始大面积“旱改水”, 到 1999 年, 本区水田面积占到总土地面积的 70%, 旱田仅占不到 1/3. 但是, 本区的旱耕作物在全国的粮食生产构成中占有非常重要的地位, 具有其不可替代的意义.

本区属于温带湿润和半湿润季风气候, 年降水量多为 500~650 mm, 降水变率一般为 15%~20%, 主要集中于 7、8 月份. 水面蒸发年总量多为 750~800 mm, 属于湿润、半湿润地区. 旱涝灾害发生频率较高. 土壤主要有 5 种类型: 棕壤、黑土、白浆土、草甸土和沼泽土^[1]. 平原以白浆土、草甸土和沼泽土面积最大. 地表普遍为晚更新世晚期别拉洪河组棕黄色粘土、亚粘土层覆盖, 除局部岛状古冲积沙体覆盖较薄外, 一般厚 3~17 m. 此盖层渗透性差, 渗透系数 $0.0013 \sim 0.635 \text{ cm/d}$, 隔水性能强, 成为区域性微承压含水层的隔水顶板, 基本上阻隔了地表水与地下水的水力联系, 形成“干时硬梆梆, 湿时水汪汪”

* 基金项目: 国家自然科学基金重大资助项目 (49890330)、中科院资源与生态环境研究重大资助项目 (KZ951-B1-201-02)

收稿日期: 2000-09-18; 作者简介: 刘振乾 (1965~), 男, 博士后; 研究方向: 农业生态环境.

的土壤水分特性. 由于地多人少, 农业机械化程度高, 经营粗放, 为典型雨养农业, 作物生长对气候条件的依赖性较强, 易受旱涝灾害影响, 产量也不稳定. 大豆 (*Glycine max*) 亩产一般年份低于 150 kg, 水分条件对作物产量制约明显.

2 研究方法

2.1 观测方法

在进行土壤水分动态研究中, 采用中子法为主, 结合烘干法进行综合测定. 研究中 40 cm 以上的土层依据烘干法结果, 40 cm 以下依据中子法结果, 通过实践, 证明效果良好. 烘干法为常规烘干法, 即把土样放在烘箱中, 并保持温度在 105 ~ 110 °C 情况下烘至恒质量, 由失水质量和干土质量求出土壤含水率 (土壤水分质量/干土质量). 中子法的测试仪器为中子水分仪, 其原理是利用快中子来测定土壤中氢的含量. 中子法测定土壤水分含量, 具有方便快速和精度可靠的优点, 在国内外农田土壤水分研究中, 都取得了成功的经验^[3~5]. 中子法特别适宜测定较深层土壤, 而在对表层土壤水分测定时, 因辐射散失会使测试结果产生一定误差, 如果不加特殊屏蔽设施, 其结果可靠性受到影响.

用中子法测定土壤水分, 土壤含水率曲线的标定是影响土壤水分含量计算准确度的关键因素. 由于受到一些环境因素的干扰, 每次观测前在同一固定环境中所标定的标准记数 R_{STD} 都会出现微小的漂移, 为了弥补这种漂移所带来的误差, 我们采用的定标曲线为:

$$Q = AR/R_{STD} - B$$

式中 Q 为土壤含水率, R 为土壤中的读数, R_{STD} 为每次观测前标定的标准记数, A 和 B 为标定曲线的经验系数, 通过田间标定得出. 标定完全按照标准规程来进行. 以烘干法测定含水率为标准, 采 6 个剖面土样取均值. 农田 40 cm 以下定标结果为: $Q = 0.695\ 004\ 5R/R_{STD} - 0.256\ 828\ 4$.

2.2 观测安排

实验区选在中国科学院三江实验站, 共埋放 6 根铝制测管, 管高 250 cm, 地表出露 35 cm, 测深步长为 10 cm, 间隔期平均为 10 d, 如遇降雨等特殊天气, 观测时间临时调整, 大雨后观测另行加密, 分别在雨后第 2 天、第 3 天和第 5 天进行观测, 分析雨后水分散失规律. 2000 年夏季雨水极少, 故于 7 月 9 日进行人工灌水实验并进行加密的土壤水分观测. 同步采样进行烘干法测定.

3 结果分析

3.1 土壤含水率竖直空间异质性

根据 1999 年的观测数据, 绘制出 4 个不同时间土壤含水率垂直分布曲线 (如图 1), 从这 4 条曲线可以看出, 三江平原低湿地旱田土壤的水分分布具有明显的垂直差异性, 大约在 40 ~ 70 cm 土层存在一个明显的少水层, 80 ~ 100 cm 以上土壤含水率的垂直梯度较大, 再往深层土壤含水率缓慢下降, 差异

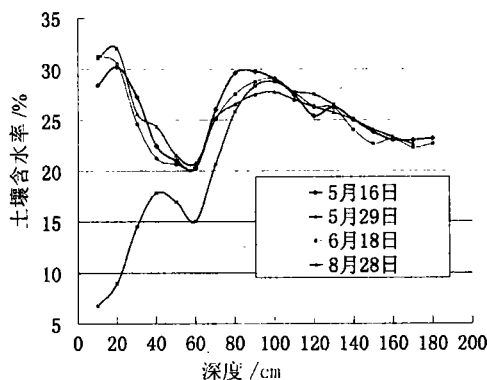


图1 三江站大豆 (*Glycine max*)
实验田土壤含水率垂直分布

微弱。形成这种垂直分异的原因与当地的土壤结构有关，据洪河农场土壤粒度分析结果显示，本区 62~74 cm 土层出现一薄粉质粘土层，其它深度为不同程度的粘土层。粉质粘土层因质地紧密而导致含水率较低。

3.2 土壤含水率水平空间异质性

3.2.1 不同地块土壤含水率差异 不同地块的土壤含水率大小与该地块的海拔高度、相对地势、耕种类型等因素有密切关系（如表 1）。

表 1 不同类型土地的土壤含水率 %

深度/cm	5 月 16 日			8 月 27 日或 28 日		
	0~15	15~30	30~45	0~15	15~30	30~45
多年豆田	28.45	30.72	22.45	6.75	11.23	17.86
3 年水田	38.96	46.57	40.12	47.68	49.54	40.98
多年麦田	37.09	38.55	24.66	14.31	23.45	18.65
弃耕 3 年小叶樟地	59.76	37.45	26.87	49.44	34.90	24.36

从地表到 45 cm 深度土壤含水率的分布规律一般是：水田 > 弃耕地 > 多年麦田 > 多年大豆（*Glycine max*）田。表层 0~15 cm 土层弃耕地土壤含水率高于水田是因为弃耕地有一质地疏松、有机质含量高的草根层之缘故。

3.2.2 小环型洼地不同部位土壤水分含量的差异 因受原始微地貌制约，同一地块中往往存在一些小的环型洼地，这些微小的地貌差异也影响到土壤的水分状况。表 2 为 6 月 19 日三江站大豆（*Glycine max*）试验田内不同微地貌处土壤含水率。数据显示，同一地块中的土壤湿度分布为：低洼处 > 洼地边缘 > 高岗处，表现了微地貌对土壤含水率水平空间异质性的影响。

表 2 三江站大豆（*Glycine max*）试验田内不同微地貌处土壤含水率 %

样点位置	洼地边缘			洼地边缘			高岗处		
土层深度/cm	0~10	10~20	20~30	0~10	10~20	20~30	0~10	10~20	20~30
土壤含水率/%	35.00	35.67	30.92	34.24	25.18	21.30	16.85	32.73	29.1

3.3 生长期内土壤含水率的动态特征

3.3.1 表层土壤水分的短期动态变化规律 通过对三江站试验田内土壤含水率的短期跟踪观测得出了三江平原低湿地旱田浅层土壤含水率的短期变化规律（见表 3）。

表 3 三江站试验田内浅层土壤含水率的短期变化 %

样地	深度/cm	6 月 18 日	6 月 19 日	6 月 20 日	6 月 21 日	19 日~18 日 之差	21 日~19 日 之差
实验小区	0~10	30.41	28.94	—	26.56	1.47	2.38
	10~20	32.01	31.40	—	29.85	0.61	1.55
	20~30	25.61	26.55	—	24.75	-0.94	1.50
大块豆田	0~10	34.26	32.22	—	29.37	2.04	2.89
	10~20	30.43	31.57	—	29.77	-1.14	1.80
	20~30	26.11	25.43	—	23.70	0.68	1.73
日蒸散量/mm		3.8	6.30	0.3	3.1		
天气状况	多云转晴	阴转晴	阴	晴	晴		

此表显示了浅层土壤水分散失较快,散失量随深度增加而减小的短期动态变化特点.土壤水分的散失速率随时间推延而减慢.

3.3.2 深层土壤生长期内的水分动态 三江平原大豆(*Glycine max*)旱田生长期内深层土壤含水率的动态变化如图2所示.从图中可以看出,土壤水分含量的波动幅度随土层的加深而减小,在80~100 cm深度基本保持稳定.这是因为本区土壤质地粘重,水分交换主要发生于土壤与大气、土壤与植物的交界面上,而深处土层水分的垂直和水平运动比较微弱.1999年实验区10月份以前降水量仅为296.8 cm,生长期极为干旱,土壤水分的循环方式相对简单,动态变化较为单调.

4 讨 论

4.1 土壤水分对大豆(*Glycine max*)产量的影响

土壤水分条件对农作物的生长起着非常重要的影响.土壤作为作物生长所需养分和水分的补给库,其水分状况一方面制约着农作物的水分补给,同时又通过影响土壤的通气条件和热量平衡而间接影响作物的生长,甚至关系到作物的生死.因此,土壤水分条件对作物产量影响甚大.不同质地的土壤具有不同的田间持水量和凋萎湿度,据研究^[6],轻粘土和中粘土的田间持水量分别为22%~28%和25%~35%(土壤含水率)之间,凋萎湿度分别为15%和12%~17%(土壤含水率),三江平原旱田的土壤基本为轻粘土和中粘土.根据实际观测,三江站试验田的高岗处1999年从7月下旬开始出现耕作层土壤含水率小于12%的现象,大豆(*Glycine max*)也过早黄枯落叶,产量下降.相反,雨水较多年份易遭涝灾而减产甚至绝收的低洼地块,99年产量偏高,证明适宜的水分条件是三江平原粮食高产丰收的重要保证.

4.2 建 议

目前,三江平原旱田生产基本上靠天吃饭,粗放经营,而当地气候条件又很不稳定,旱涝灾害频繁,一般年份洪涝害灾严重,低洼旱田歉收或绝收,但遇到旱年,情况则相反.所以农业产量很不稳定,这大大影响了耕种者的积极性,弃耕现象比较严重.首先大面积开荒使得原有湿地面积大为减少,野生动植物生境条件受到破坏,同时丧失了湿地对环境的缓冲和调节作用,甚至威胁到当地及其周围区域的生态平衡,已引起科研和决策部门的高度关注;另一方面,弃耕后的土地很难恢复其原有生态景观面貌,又不能另作它用,造成严重的土地资源浪费.因此建议:

(1) 合理开发湿地资源,科学确立区域农业开发阈值和产业结构,对于开发困难、环境功能强大的地段要根据不同的开发程度进行湿地保护、湿地恢复或重建;

(2) 加强农田管理,平整土地,精耕细作,保障地块内土壤水分的均一,便于水分调节;

(3) 改善水利条件,低洼地块以排水防涝为主,高岗地块建立适当的灌溉体系,通过人工管理弥补自然条件的不足,改善土壤水分,提高产量.

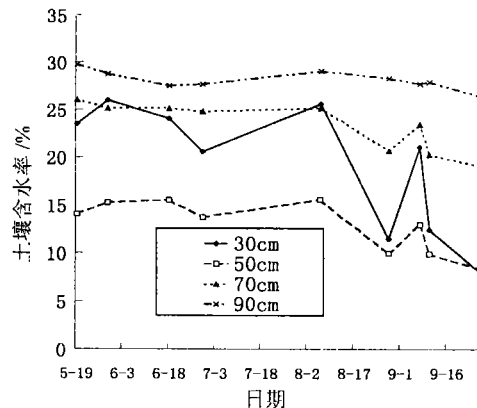


图2 三江平原大豆地不同深度土壤含水率的动态变化

参考文献:

- [1] 长春地理所沼泽室. 三江平原沼泽. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 刘兴土. 三江平原湿地及其合理利用与保护. 中国湿地研究. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995. 108 ~ 117.
- [3] 土壤水分测定方法编写组. 土壤水分测定方法. 水利电力出版社, 1986.
- [4] [日]土壤物理性测定委员会编. 翁德衡译. 土壤物理性测定法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1979.
- [5] 谢贤群, 左大康, 等. 农田蒸发—测定与计算. 北京: 气象出版社, 1991.
- [6] 武吉华. 自然资源评价基础. 北京: 北京师范大学出版社, 1998.

Study on Dynamic State of Soil Moisture Content of Dry Farmland Ecosystem in Sanjiang Low Wetland Area

LIU Zhen-qian^{*}, YANG Qing, WANG Yi-yong

Abstract: The study demonstrate that “Neutron Method” is an objective, accurate and convenient way to measure soil moisture content below 40cm. Unless special screen is equipped, the result of the measurement above 40cm in soil is unreliable. Comprehensive measurement on soil moisture percentage with the methods of “Neutron Method” and “Drying over Heat Method” shows that the vertical distribution curve of soil moisture percentage is a “s” -shaped curve. There is an obviously drier layer of soil between 40cm and 70 cm. The vertical gradient of soil moisture percentage between 80cm and 100cm is relatively high and, in deeper layers, the soil moisture content declines slowly along with the increase of depth. The horizontal distribution of soil moisture percentage is highly related with topographical situations and farming types. At the same time, the topographical situation plays an important role in affecting the soil moisture percentage within a farmland. Measurement at fixed positions shows that the fluctuating range and speed of surface layers soil moisture is bigger and higher than deeper layers. In addition, the dynamic state of the soil moisture percentage is closely related to rainfall and evapotranspiration. In Conclusion, the situation of soil moisture content is an important factor to the productivity of crops in Sanjiang Plain dry farmlands which almost completely depends on the weather.

Keywords: Sanjiang Plain; dry farmland; soil moisture percentage; Neutron Method; dynamic state

^{*} South China Agriculture University, Guangzhou 510642, China