

# 江汉平原农田渍害机理研究\*

喻 光 明

(华中师范大学地理系)

王朝南 陈 平

(咸宁师范专科学校地理系)

**提 要:** 本文提出了江汉平原的渍害标准,并从地表水动态、地下水动态、微地貌及垦殖与耕作等主导因子分析入手,探讨了江汉平原渍害的形成原因和形成过程,为渍害的诊断改造和利用提供了理论依据。

**主题词:** 江汉平原 渍害 渍害标准

## 1 渍害危害及其表现

渍害是指地表长期滞水或地下水位长期偏高的区域,由于土壤长时间处于水分过饱和状态而引起土壤中水、热、气及养分状况失调,致使土壤肥力下降,从而影响作物生长,甚至危及作物存活的一种灾害现象。它是我国南方平原、湖滨产稻区具有普遍性的一种灾害现象,据统计,江苏、浙江、福建、江西及上海市共约有渍害低产田6000多万亩,占全部耕地面积的30%以上;在江汉平原范围内有渍害低产田440万亩(其中仅荆州地区就有360万亩,占81.8%);渍害中产田200万亩(荆州地区140万亩,占70%)。渍害对水稻和棉花的产量影响很大,根据我们对江汉平原典型渍害区的研究<sup>[1]</sup>,在不足110 km<sup>2</sup>的区域内,每年由于渍害而引起的水稻减产可达7600多吨。

由于各地的自然条件、耕作制度及作物品种有很大的差异,在同一标准下的受灾程度也有明显的差异。因此,渍害的标准各地不同。根据枯水期地下水位埋深对江汉平原农田生态系统的综合效应,我们从江汉平原的大量统计资料分析中得出其稻田的渍害标准。1)无渍,露田期地下水埋深保持在地面以下0.6m,土壤通气透水性能良好,热量和养分能正常循环;2)偏渍,地下水埋深保持在地面以下0.3—0.5m,土壤下部质地粘重,影响作物根系发育;3)轻渍,地下水埋深保持在地面以下0.2—0.3m,土壤的通气透水性能差,出

本文1991年9月5日收到,1992年11月23日收到修改稿。

\*国家自然科学基金资助项目部分成果(项目编号:48970053)

1) 1(市)亩=1/15ha。

现较明显的渍害特征；4) 中渍，地下水埋深保持在地面以下0.1—0.2m，土壤的潜育化特征明显，有一定有害物质聚积，水稻株矮根短产量低；5) 重渍，地下水埋深保持在地面以下0.1m以内，土壤沼泽化特征较明显，通气透水性能极差，有毒物质聚积过多，热量和养分无法正常循环，作物严重减产；6) 地表滞水，露田期地表积水与地下水相通，具有明显的泥炭层，作物产量极低。

根据我们对江汉平原渍害田生态特征的研究<sup>[2]</sup>，现将渍害表现的统计特征归纳如下：

1) 渍害田地下水位埋深浅，枯水期地下水埋深一般小于60cm，埋深越浅，渍害程度就越严重；2) 渍害田在淹水期间的透水性差，渗漏量一般为1mm/d左右，有的甚至不渗；当渗漏量增加时，渍害程度逐渐减小，一般把渗漏量达到了5mm/d作为较理想状态；3) 渍害田质地粘重，一般情况下耕层或犁底层 $<0.001\text{mm}$ 的粘粒含量大于30%，且 $<0.01\text{mm}$ 的物理性粘粒含量大于70%；4) 渍害田的土壤有机质含量较高，一般超过3%，但分解缓慢，速效养分含量很低；5) 作物生长发育不良，黑根占11—30%，叶面积指数小于8，株高不超过75cm，空壳率在14%以上；6) 作物产量低，中稻亩产量不超过300kg，晚稻亩产不超过225kg，严重渍害区产量极低。

## 2 渍害主导因子分析

### 2.1 地表水动态

江汉平原雨量充沛，多年平均雨量在1200mm左右，除一部分以地表径流形式流出本区外，还有相当一部分以湖泊的形式贮存在区内。江汉平原现有湖泊570个，共计面积约2750km<sup>2</sup>，正常容积达45.8亿m<sup>3</sup>，相应的调蓄容量约为40.7亿m<sup>3</sup>，全湖群理论可供水量为22—24亿m<sup>3</sup>。众多的湖泊是洪水调蓄的理想场所和农田灌溉的保障，然而湖滨地区地下水中的“湖水倒灌”，特别是围湖垦殖区域，农田尚未彻底脱离湖沼生态系统的模式，湖泊水位仍然明显控制其地下水位的升降，因而，湖泊是形成湖区渍害的重要水源之一。

江汉平原河网密布，除本区产流外，巨大的过境径流是造成本区历史上多次重大洪涝灾害的主要原因，同时也是形成本区严重渍害的主要水源。从江汉平原以外地区流经本区的河流众多，荆州自西向东横贯江汉平原，上游来水平均年径流量为 $4788 \times 10^9 \text{m}^3$ ；汉水从西北到东南流经本区（平均年径流量为 $539.3 \times 10^9 \text{m}^3$ ）；湘、资、沅、澧四水汇入洞庭湖后，从江汉平原南部的城陵矶流入长江（平均年径流量约为 $1661.5 \times 10^9 \text{m}^3$ ）；清江流入本区的平均年径流量为 $128.5 \times 10^9 \text{m}^3$ 。从长江口流出与以上河流流入江汉平原的平均年径流量之差为 $567.8 \times 10^9 \text{m}^3$ ，说明江汉平原的过境客水占全区总径流量的92.3%，这使得本区的产流受滞，或成为湖泊蓄水，或补给地下水，或补充土壤水，三者均有触发渍害机制的可能。而本区的许多河渠均采用高堤拦水，因此许多地方河水水位常常高出地面，特别是在汛期，长江水位常常高出坝内地面6—13m，这是形成本区渍害的主要原因。

上述两种地表水形态在渍害形成过程中的作用是通过补给地上水，在地下水埋深超过一定极限时出现渍害灾变。然而，另一种地表水形式—沼泽却是渍害田的先驱，它具有严重渍害田的一切农田生态特征，如果不加改造地围垦造田，则肯定会出现严重渍害。

## 2.2 地下水动态

地下水位的升降是形成渍害的直接原因。调查资料表明,若稻田在非灌溉季节的地下水位埋深平均在50cm以上,则土壤理化性状会发生改变,很有可能成为渍害田;地下水位埋深平均在70cm以下,则一般不是渍害田。故前述将渍害标准定在非灌溉季节平均地下水位埋深为60cm,它与主体还原层或潜育层出现的部位相吻合。根据四湖地区土壤普查资料统计,不同类型水稻土在冬季或夏季的地下水位埋深如表1所示。

江汉平原地下水位的升降明显地随降水量而变化,降雨后田间地下水位常常会迅速上升到耕作层,这是形成季节性作物渍害的直接触发机制。降雨量(P)与其补给地下水量( $P_r$ )之比为降雨入渗补给系数 $\alpha$ ,即

$$\alpha = \frac{P_r}{P} \quad (1)$$

$$\text{而} \quad R_r = \mu \Delta z \quad (2)$$

式中, $\mu$ 为给水度,荆州地区水文分站值取为0.03; $\Delta z$ 为降雨后地下水位的上涨值(mm)。选择受外界干扰影响较小的地下水动态观测资料,我们求得 $P_r$ 与P的关系为(图1):

$$P_r = 0.43P - 12.5 \quad (3)$$

由此得到

$$\Delta z = \frac{P_r}{\mu} = 14.33P - 416.67 \quad (4)$$

由此式可以算出,雨量小于40mm的降水过程对地下水位的升降无明显影响。

地下水位的升降还直接受区域水文地质条件的限制。江汉平原特定的水文地质条件从三个方面影响地下水位:首先是局部承压地下水越流补给地表潜水;其次是地下水潜流溢出;第三是下部粘土隔层的影响。区域水文地质条件的这些影响既为渍害提供了水源,也为灾变创造了条件。

如前所述,地下水位的变化是多种因素共同作用的结果,表2给出了试验区的地下水水量平衡状况。

## 2.3 微地貌与渍害

渍害往往发生在特定的微地貌区,负地貌

表1 不同类型稻田的地下水位埋深

The buried depth of groundwater level  
in varieties of paddy fields

土壤类型 \ 地下水位	样本数	地下水位 (cm)	变异范围 (cm)	Cv (%)
淹育型	21	74.7	40—100以下	22.19
潜育型	30	67.1	30—100以下	29.41
侧渗型	3	57.0	50—60	4.60
潜育型	24	45.0	19—67	30.04
沼泽型	0	35.3	1.2—51.6	44.91

\* 本表根据四湖地区1981年土壤普查资料统计。

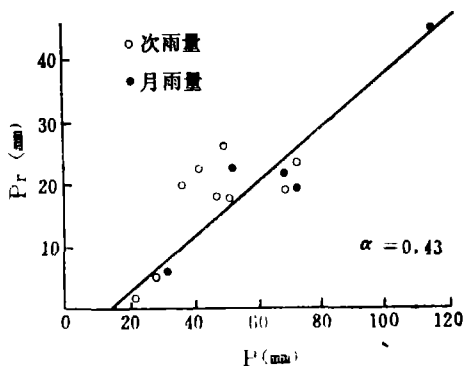


图1  $P_r$ — $P$ 相关图

The relationship between  $P_r$  and  $P$

表 2 江汉平原试验区地下水水量平衡表

The water equilibrium of groundwater in the test region  
of Jianghan plain

月  份	地下水补给项 (mm)				地下水消耗项 (mm)				水量平衡 (mm)		地下水位变化 (m)		
	降水	外江	灌水	合计	潜水蒸发	补给内河	排入农沟	合计	+	-	升	降	埋深 0.53
1	0	0.7		0.7	11.5	0.2	1.1	12.8		12.1		0.40	0.93
2	21.0	0.7		21.7	17.9	0.3	1.4	19.6	2.1		0.07		0.86
3	22.5	0.7		23.2	32.9	0.3	3.0	36.2		13.0		0.43	1.29
4	33.9	0.7	45.0	79.6		0.1		0.1	79.5		2.65		0
5	22.5	0.9	45.0	68.4		0.1		0.1	68.6				0
6	17.1	1.1	22.0	40.2		0		0	63.2				0
7	21.0	1.1	45.0	67.1		0		0	44.1				0
8	10.5	2.0	30.0	42.5		0		0	57.5				0
9	7.8	1.3		9.1		0.1		0.1	39.4				0
10	44.1	2.6		46.7	59.1	0.1	0.7	59.9		13.2		0.44	0.44
11	5.4	1.1		6.5	29.6	0.3	0.9	30.8		27.3		0.81	1.25
12	18.3	1.0		19.3	19.6	0.3	1.4	21.3		2.0		0.06	1.31

是渍害产生的前提。根据江汉平原渍害稻田形成的地貌条件及水文地质特征，可将渍害稻田划分为三种类型：1) 湖积型渍害田。这类渍害田呈环状分布在湖泊的周围，原为湖泊、沼泽低地，60至70年代进行围湖造田而成为耕地。由于长期淹水和地下水位较高，湿生植物死亡后腐烂较慢，又因为地势低洼，大气降水及高处地表水汇集于此，使土壤水分大部分时间处于饱和状态，土烂泥深而成为渍害田。 2) 浅层微承压水型渍害田。由于历代长江泛滥的影响，长江一级阶地前缘地区（沿江）地势略高，并以万分之一的坡降垂直于长江向阶地后缓慢下降，但在一级阶地中部和后缘地区，往往仍存在地势相对低洼的部分，由于粘土隔层较薄，或含水层板理埋深较浅，浅层承压水水头可达到地表附近而形成渍害（图2）。3) 潜水型渍害稻田。历史上，长江多次缺口，在相邻缺口的扇形区之间往往形成渍水洼地，洼地中心要较周围

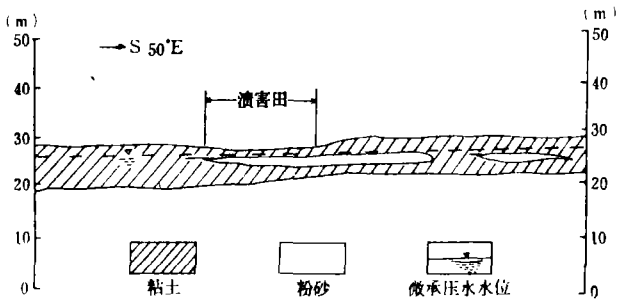


图 2 浅层微承压水型渍害田水文地质剖面示意图  
(据湖北水文地质大队，1977)

The hydrogeologic section of waterlogging field with  
shallow micro-loaded water

低1.5—5 m, 因此, 其潜水水位埋深过浅而形成渍害田(图3)。潜水位受长江水位控制, 水位埋深为0.1—0.2m, 汛期与地表水连成一体; 秋冬季节长江水位下降时, 潜水水位也随之下降。

江汉平原的微地貌景观是由蜂窝状的碟形洼地组成的垆堤结构景观。由于各个垆堤单元间具有很大的相似性, 我们曾根据典型垆堤结构的曲线拟合推求微地形区内的高程-面积关系, 再根据实地调查了解各地的生产垆高程, 由此求得渍害区的面积, 然后根据地下水位埋深与水稻产量的关系估算出江汉平原的渍害损失, 并对此作了详细讨论〔3〕。

#### 2.4 垦殖与耕作

渍害是因为它发生在一定的农业区, 并对作物产生影响, 即与垦殖和耕作制度密切相关。围湖造田而又没有及时地进行土壤改良, 这是江汉平原形成大面积渍害的一个重要原因。据不完全统计, 1965年前, 荆州地区原有湖泊439处, 湖面358 km<sup>2</sup>, 占全区面积的10.3%。由于围湖造田, 至1976年止, 尚存湖泊178处, 湖面1267 km<sup>2</sup> (其中主要湖泊仅73处, 湖面仅1104 km<sup>2</sup>), 减少了64.6%。这些新垦殖的低地极易涝渍, 是江汉平原主要的重渍区。1955年至1977年间, 江汉湖群垦殖了近4000 km<sup>2</sup>的水面, 大大减少了调蓄容量, 严重削弱了平原湖区防洪排涝能力, 抬高了江河水位, 增大了农田排水压力。经测算〔4〕, 如果湖泊平均水深以2 m计, 调蓄水深为1 m, 则全区因围垦而减少的湖泊容积为 $80 \times 10^9 \text{ m}^3$ , 其中调蓄容积在 $40 \times 10^9 \text{ m}^3$ 左右。因此, 湖区一旦普降暴雨, 农田积水就无法及时下泄, 只能沿沟渠逆上, 河渠水位逐级抬升, 高处农田也得受渍。围湖垦殖不仅是使湖泊的调蓄水量发生变化, 引起的微地貌变化也改变了沉积环境, 使河床和湖底发生不同程度的淤塞, 排水困难。

耕作制度和耕作方法不当是造成江汉平原渍害的另一重要的人为因素。长年采用肥稻或肥稻稻的耕作制度, 长期水浸水泡, 无炕土机会; 单一的泡田翻耕与整田, 或采用深水旋耕的耕作方法, 破坏了土体结构, 使粘粒下移, 其通气透水性能极差, 逐渐发展成密实的潜育层。如东西湖区辛安渡农场长湖村地处湖区, 土壤普查资料表明: 该村有青泥田1462.5亩, 占耕地总面积的14.3%; 青隔湖泥田4761.6亩, 占47.1%。尽管施肥水平逐年成倍增长, 但产量仍然徘徊不前。邻区荷包湖农场则由于逐年减少肥稻稻制面积, 将麦稻或油稻轮作扩大到3450亩, 占水田面积的49.2%, 并将80%的麦秆、50%的稻秆还田。5年后实测土壤容重由原 $1.3 \text{ g/cm}^3$ 降至 $1.1—1.2 \text{ g/cm}^3$ 左右; 土壤有机质从1.0—1.5%增加至2.8—3.0%。速效钾由80 ppm增至152—156 ppm; 粮食产量由亩产279 kg增加到468 kg。正确的耕作制度和耕作方法还是减轻渍害的重要措施, 即, 一是通过调整作物布局、利用作物的适应性差异来减轻渍害, 二是通过种植方法, 如茭稻沟鱼、水旱轮作等以改善土壤水文环境和理化性状, 从而减少渍害。

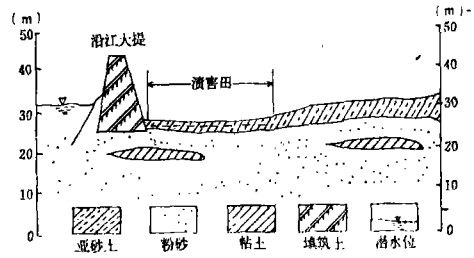


图3 潜水型渍害田水文地质剖面示意图

(据湖北省水文地质大队, 1977)

The hydrogeologic section of waterlogging field with phreatic water

灌排方法的不合理及设施的不配套是形成渍害的第三个人为因素。平原湖区靠近大江大河,水源充足,灌水时间长达半年之久,不少地方因贪水而大引大灌。长期串灌,漫灌,或“重灌轻排”,或只排涝水不降渍水;排水工程不配套或淤积失修,使耕作层滞水消退极为缓慢,加上连年湿种或浅耕,粘粒下移堵塞土壤孔隙,加重了耕作层的滞留,发生次生潜育化而形成大面积的次生型渍害田。

### 3 渍害机理

自然灾害是自然环境中的活跃因素在演变过程中发生灾害性耦合的表现,是自然环境结构特征的本质反映。江汉平原的渍涝灾害是江汉平原生态系统中人类活动和气候、植被、土壤、地形、水文等自然因素在一定条件下促使地表水动态和地下水动态发生灾害性耦合的结果<sup>[6]</sup>。从成因上看,涝灾与渍害有着密切的联系:江汉平原洪涝灾害的触发机制表现为一次大的降水过程,或河流改道,或人为的分洪等<sup>[6]</sup>;洪水期后,涝去渍存,在低洼的地方形成渍害。然而,涝灾并不是形成渍害的唯一途径。综合前一节的论述可知,渍害的形成是地表水动态、地下水动态、微地貌特征及垦殖方式与耕作制度等主导因子相互作用发生灾害性耦合,并通过农田生态效应,从而影响作物的生长发育,妨碍农业生产的一系列链锁反应过程。

在自然状态下,地表水补给地下水并在与微地貌有关的水文地质单元内促使地下水位抬升,如果在该区垦殖与耕作制度不当,则造成了引起渍害的主导因子间的灾害性耦合。灾害性耦合的结果是促使土壤理化性状的变化:土壤水、热、气的通透性降低;有机质含量和有毒物质含量增大;物理性粘粒和粘粒含量增加,容重减小;速效养分含量减小,土壤呈还原状态;土壤剖面出现明显的潜育层和泥炭层;农田生态环境受到严重破坏。这一过程可以称为农田生态效应。这种状况可以用下述特征量表述:水稻作物黑根增多,株高变矮,每穗粒数和千粒重显著下降,空秕率上升,产量下降,光能利用率降低,形成了对农业生产的严重危害,即渍害。这就是江汉平原的渍害机理。

根据江汉平原的渍害机理,采用相应的工程措施和生物技术措施,我们可以控制地表水动态和地下水水位,在特定的微地貌地区配合与之相适应的垦殖与耕作制度,使土壤理化性状得到改变,农田生态效应趋于良性循环,从而形成有利作物生长发育的环境,提高作物产量。关于调控状态的机理,本文不作详细讨论。

本文在野外调查和大量统计数据分析的基础上指出:

(1) 露田期地下水位埋深小于0.6m则有可能发生渍害,根据地下水位埋深可把江汉平原的渍害分为六级;

(2) 渍害的触发机制是渍害成因中的主导因子,即地表水动态、地下水动态、微地貌特征及垦殖方式与耕作制度;

(3) 在自然状态下,环境活跃因素(包括人类活动)发生灾害性耦合会促使土壤理化性状的变化,从而影响作物的生长发育,导致作物减产,这就是江汉平原的渍害机理。

## 参 考 文 献

- 〔1〕 Yu Guangming. The studies on waterlogging damage in Jiangnan Plain using DEM, Chinese Geographical Science, 1992, 2 (1) : 87-93.
- 〔2〕 喻光明. 江汉平原渍害田生态特征的研究, 生态学报, 1992 (待发).
- 〔3〕 喻光明、邹尚辉、方毅. 江汉平原渍害损失研究中 DEM 的用应, 国土资源遥感, 1992, (2): 37-43.
- 〔4〕 金伯欣. 试论江汉湖群资源优势与发展战略, 华中师范大学学报, 1987. 专辑 (2) : 53-63
- 〔5〕 Yu Guangming. The researches on flood and waterlogging damage using remote sensing in Jiangnan plain: Foundational studies. Technical Papers of FIG PC'91 Meeting and International Symposium, 1991. Vol. 2 : 604-613.
- 〔6〕 喻光明. 江汉平原渍涝灾害的初步研究. 资源、环境与农业发展, 中国科学技术出版社, 1992 : 205—210.

# MECHANISM OF WATERLOGGING DAMAGE IN JIANGHAN PLAIN

Yu Guangming

(Department of Geography, Central China Normal University)

Wang Chaonan      Chen Ping

(Department of Geography, Xianning Teachers' College)

**Subject terms:** Jianghan Plain, waterlogging, mechanism, leading factors, the standard of waterlogging damage

## Abstract

waterlogging damage is the main obstacle factor of agriculture in plain and lake region. In this paper, the standard of waterlogging damage is suggested based on the definition of waterlogging, with a lot of observational data in Jianghan Plain, and the cause and process of waterlogging formation are discussed. The conclusions are as follows:

1. The waterlogging damage is taken place if the buried depth of groundwater in dry season is less than 0.6m, and the standard of waterlogging damage can be divided into six degrees: (1) Non waterlogging, the buried depth of groundwater is more than 0.6m; (2) Marginal waterlogging, the groundwater level is 0.3-0.6m; (3) Slight waterlogging, the groundwater level is 0.2-0.3m; (4) Mid waterlogging, the groundwater level is 0.1-0.3m; (5) Hard waterlogging, the groundwater level is within 0.1m; (6) Very hard waterlogging, the still water is on the ground surface.

2. the trigger mechanism of waterlogging damage is the coupling of leading factors such as the surface water dynamic, the groundwater dynamic, the micro-landforms, the reclamation and cultivation of the wetland, and the cropping system.

3. The mechanism of waterlogging damage can be presented as follows: In natural situation, the living factors of environment (including human activities) are disastrously coupled to change the physicochemical properties of soil, and then to influence the growth of crops. At last, it results in decrease of the crop product.