

252-260

8904(8)
http://www.cqvip.com
Vol. 13, No. 3
Sep., 1993

第13卷 第3期
1993年9月

生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICA

江汉平原渍害田生态特征的研究

喻光明

5154.4

(华中师范大学地理系, 武汉, 430070)

摘要 本文根据大量统计资料建立了江汉平原渍害田生态模式, 分析了江汉平原地下水位埋深变化和田间渗漏量大小对农田生态系统的综合效应, 采用渍害田与非渍害田对照的方式, 给出了渍害灾变后的农田生态特征, 并根据大量观测资料的分析结果, 提出了识别渍害田的判据。

关键词: 渍害, 特征, 生态效应, 判据, 地下水位埋深, 渗漏量, 江汉平原, 生态特征

渍害是指在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的土壤中水、热、气及养分状况失调, 致使土壤理化特征灾变、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。渍害和涝灾都是大江沿岸低洼的负地形区中, 常见的灾害现象, 由于涝灾具有突发性, 并直接威胁人类生命财产安全, 因而引起了人们的极大关注; 渍害则是一种慢性灾害现象, 且传统观念认为它仅影响作物的生长, 因而研究较少。然而, 随着生产力水平的提高, 渍害研究也逐步引起了人们的重视; 彭拉姆帕鲁马曾论述过渍水土壤的化学特性与水稻生长的关系^[1]; Watanabe 和 Roger 对淹水稻田生态系统的一些生物学概念和研究成果进行了综述^[2]; 近几年来, 人们对淹水条件下土壤性质的变化^[3]、各种营养物质的动态^[4]、以及各种肥料的效果^[5, 6]等作了一系列研究; 李恩羊则运用灰色系统理论, 对渍害低产田进行了聚类分析^[7]; 渍害田生态特征的综合研究仍然是一个薄弱环节。笔者对江汉平原的渍害机理的研究明确提出了江汉平原的渍害标准, 并从主导因子分析入手, 探讨了江汉平原渍害的形成原因和形成过程。本文将在此基础上进一步探讨江汉平原渍害农田的生态特征。

近年来, 渍害研究主要集中于 3 个方面: 渍害条件下土壤性状的变化^[2-6, 8]; 渍害对作物生长发育的影响^[9-12]; 渍害田的改造利用技术^[13-16]。渍害农田的生态特征是地表水动态、地下水动态、微地貌及垦殖与耕作等渍害主导因素发生灾害性耦合而引起的农田综合效应的结果^[15]。根据主导因素分析, 认为, 在大多数情况下地下水位埋深变化是渍害的直接触发机制。地下水位的变化对土壤性状的影响首先表现在对土壤渗漏量的影响, 而土壤渗漏量又是影响土壤其他理化性状的直接因素, 因此, 地下水位埋深和土壤渗漏量是渍害田演变的重要特征变量。本文从地下水位埋深变化和土壤渗漏量大小对土壤理化性状和其他农田生态特征及作物生长状况的影响等方面来探讨渍害田的生态特征, 导出渍害田生态模式, 提出渍害田的判据。

1 自然条件

江汉平原地处湖北省中南部, 位于 29°26'—31°37'N 和 111°14'—114°36'E 之间, 兼跨北亚热带和中亚热带, 是长江和汉江合力冲积而形成的冲积平原。本区属于亚热带大陆性季风气

· 国家自然科学基金资助项目。

本文于 1991 年 6 月 3 日收到, 修改稿于 1992 年 2 月 10 日收到。

候,年平均气温为 16℃左右,最热月平均温度为 28—29℃,最冷月平均温度为 3—4℃;≥10℃的活动积温在 5100—5350℃之间;日照时数为 1970—2100h;年平均降水量为 1100—1350mm。除南部边缘为中亚热带常绿阔叶林红壤地带外,本区绝大部分为北亚热带常绿阔叶落叶混交林黄壤地带。本区中南部为海拔 40m 以下坦荡的冲积平原;外侧为海拔 40—80m 及 80—120m 的两级台地;再外侧为海拔 120m 以上的低山丘陵。江河两岸高地由于地势较高,组成物质较粗,透水性良好,形成了结构和耕性皆优的土壤,以灰潮土为主;河间洼地和碟形堤垸由于地势低洼,地下水位高,且由于长期接受湖相沉积的缘故,形成了质地粘重、耕性较差的土壤,以湖泥土为主,这种土壤是该区典型的渍害田土壤,是沼泽型水稻土向潜育型水稻土过渡的土壤类型。

2. 材料与方 法

本研究的资料来源于 4 个方面:1982—1986 年的土壤渗漏试验;1983 年的土壤普查资料;1984—1987 年的暗降工程土壤改良试验;1985—1986 年的地下水动态观测资料。

2.1 地下水动态与田间渗漏量观测

地下水动态 采用井测法。用直径为 130mm 的螺旋钻打孔,打孔时作土壤剖面 and 地下水埋深记载。观测井用直径 80mm 波纹管做成,长 2m,底端打花眼 1.5m,用双层聚乙烯塑料纱布包扎花眼管,井底用 1cm 粒径的碎石铺 20cm 厚作滤料,把井管花眼端朝下轻放于井底,使管壁不与井壁接触,在井管与井孔之间填充 1cm 的碎石,直到离地面 0.3m 处。上端空隙用砂浆填筑,以防田面水直接渗入井内,在井口周围筑砌高出地面 0.3m 的井台。在江汉平原共选 48 个井位,每天 8:00、14:00、20:00 观测 3 次,持续 1 a 后,多数井毁坏,仅少数可继续使用。

田间渗漏量 采用测坑法和小区试验法。测坑的长、宽、高均为 2m,按土壤剖面层次分层埋设测压管、取液管,并在底部埋设裹以滤布的渗水注射针头控制渗水管的出流;小区试验则采用 Φ30cm 的无底测渗筒,在测渗筒中插入稻株,用 1/10mm 精度的测针每日定时观测耗水量和作物蒸发量,计算实测垂直渗漏量;在测渗筒周围布置 3m×2m 的试验小区,各小区采用同一品种的水稻和相同栽培技术,定期观测水稻生理形态与作物长势。

2.2 土壤理化性状观测与分析

土壤理化性状的观测与分析采用常规方法进行^[6],观测与分析项目包括土壤水分、机械组成、容重、比重、有机质含量、代换量、pH 值、Eh 值、全氮、全磷、碱解氮、速效磷、速效钾、还原物质含量、H₂S 含量、土壤温度、土壤热容量^[7]等的测定及孔隙度的计算,即

$$\text{土壤孔隙度}(\%) = \left[1 - \frac{\text{土壤容重}(\text{g}/\text{cm}^3)}{\text{土壤比重}(\text{g}/\text{cm}^3)} \right] \times 100$$

2.3 作物的生理特征观测

叶面积测定 采用直接测量法。在田间直接测定每穴(或每株)每张叶片的长与宽,则每张绿叶的面积=叶片的长×宽×*k*,一般秧苗期取 *k*=0.67,本田期取 *k*=0.75。按下式计算叶面积指数:叶面积指数=单株叶面积×每 666.7m² 内株数/666.7m²。

伤流量测定 根据所测定植株茎秆的粗细,将塑料薄膜做成管状,并将少量脱脂棉放进塑料管内,称其重量记为 *W*₁(g);在离茎基部 3cm 处用刀将茎切断,迅速将塑料管套上扎紧,经过一定时间 *t*(h)后,取下称其重量,记为 *W*₂(g),测量伤口面积 *S*(cm²),按下式计算伤流量。

$$\text{伤流量} = (W_2 - W_1) / t \times s$$

鲜重、干重、叶色、株型测定 采用常规方法,按 5 穴(株)平均值计。

每穴穗数、每株总粒数、每穗实粒数、千粒重测定 采用常规方法,前 3 者按 50 穴均值计,后者按 3 次称重均值计。

2.4 理论产量计算

$$\text{理论产量} = \frac{\text{每 } 666.7\text{m}^2 \text{ 内有效穗数} \times \text{每穗实粒数} \times \text{千粒重(g)}}{1000 \times 1000}$$

3 地下水位变化的综合效应

地下水的农田生态效应是指地下水对土壤水、热、气、养分、pH 值、Eh 值、土壤剖面构造及其他理化性状的影响,并最终影响作物的生长状况,影响结果构成了渍害田的农田生态特征。

根据土壤水分变动状况,结合土壤剖面形态特征,可将水稻土分为:淹育型、潜育型、侧渗型(堤边与缓坡地因洪水期侧渗而引起地下水位上升)、潜育型和沼泽型等 5 类。根据江汉平原的观测,淹育型水稻土地下水位埋深平均为 74.7cm,变异范围为 40—100cm,变差系数 $C_v=22.19$;潜育型水稻土地下水位埋深平均为 67.1cm,变异范围 30—100cm, $C_v=29.41$;侧渗型水稻土地下水位埋深平均为 57.0cm,变异范围为 55—60cm, $C_v=4.60$;潜育型水稻土地下水位埋深平均为 45.0cm,变异范围为 19—67cm, $C_v=30.04$;沼泽型水稻土地下水位埋深平均为 25.3cm,变异范围为 1.2—51.6cm, $C_v=44.91$ 。这 5 种水稻土的剖面构造和理化性状如表 1 所示。从表 1 中可以看出,与非渍害稻田(淹育型、潜育型)相比,渍害稻田(潜育型、沼泽型)土壤中物理性粘粒($<0.01\text{mm}$)与粘粒($<0.005\text{mm}$)及极细粒级($<0.001\text{mm}$)含量较高,因而质地粘重,通气透水性能差。在同一土壤层次中,渍害田的粘粒含量大于非渍害田的原因,一是受发育母质的矿物成分影响,二是土体长期渍水,土壤团聚体遭受破坏,增强了土壤粘化作用,导致粘粒在渍水土层中增多。从统计结果看,当耕作层或犁底层 $<0.001\text{mm}$ 的粘粒含量大于 30%,且 $<0.01\text{mm}$ 的物理性粘粒含量大于 70%时,则易于形成渍害稻田;反之,不易形成渍害稻田。表中的结果还表明,由于渍害稻田土质粘重,土体长期渍水,因而容重比非渍害稻田要小 $0.145\text{—}0.263\text{g/cm}^3$;总孔隙度虽然比非渍害田要大 6.52%—13.74%,但是,实测结果表明,渍害田的实际通气孔隙度——即非毛管孔隙度比非渍害田小。

渍害稻田土壤渍水,因而渗漏性能差,在土壤温度上表现为比非渍害稻田低。表 2 给出了不同地下水位测定的土温值,由于土块和水的热容量不同,白天气温上升时渍害田的土温稍低于非渍害田,而黎明前气温下降到最低值时的情况刚好相反。在 14:00 二者的温差可达 $1.0\text{—}1.5^\circ\text{C}$ 。土温的季节变化也存在这种滞后效应。据江陵县李埠试验区渍害田和非渍害田土壤水温测定的结果,春末至夏初,虽然气温已回升到 20°C 以上,但是土壤水的温度仍为 $15\text{—}17^\circ\text{C}$,渍害田的土壤水温因受低地下水的影响回升缓慢,一般比非渍害田低 $1\text{—}3^\circ\text{C}$ 。

地下水位高低造成土壤环境差异对土壤有机质含量有较大的影响,地下水位高时,土壤通气性能差,土壤温度低,好气性微生物活动弱而嫌气性微生物活动旺盛,土壤养分的腐殖化作用大于矿质化作用,有机质分解释放缓慢,故有机质含量高,但速效养分明显减少(表 3),土壤肥力下降。反过来,有机质含量太多也是形成渍害稻田的主要原因之一。还原物质的积累与有机质含量关系密切;当土壤有机质含量降低到一定程度时,虽然土壤长期渍水,但还原过程仍会严重受阻。统计资料表明,土壤有机质含量的这一临界极限值约为 3%。

表 1 不同类型水稻土的物理性状

Table 1 The physical characters in varieties of rice soil

土壤类型 Soil type	发生层 Horizon	粒级含量(%) Particle conten								容量 Bulk density (g/cm ³)		总孔隙度 Total porosity	
		<0.05(mm)		<0.01(mm)		<0.001(mm)		<0.005(mm)		X	Cv(%)	X	Cv(%)
		X	Cv(%)	X	Cv(%)	X	Cv(%)	X	Cv(%)				
淹育型 Submergic	A	93.059	7.8	62.309	22.1	21.406	38.8	47.226	27.5	1.06	18.0	60.485	22.2
	P	94.108	6.8	62.811	25.4	22.767	35.7	47.361	26.1	1.33	5.9	50.085	1.7
	C	93.674	10.4	64.139	34.6	25.818	38.5	47.758	40.2	1.37	7.5		
淤育型 Puddled	A	95.042	4.7	63.216	14.8	26.306	23.7	48.018	20.2	1.10	22.1	70.570	19.7
	P	94.341	5.5	63.118	15.2	29.238	29.3	47.452	17.9	1.37	9.9		
	W	96.294	3.9	65.984	24.6	34.158	38.3	50.817	27.8	1.39	4.9		
	B	91.758	8.1	61.202	25.6	33.604	39.0	46.704	31.6	1.38	3.7		
潜育型 Gleyed	A	91.827	8.0	68.802	14.6	29.207	47.8	53.653	28.7	0.92	14.7	67.005	6.7
	P	94.299	5.9	72.745	19.2	31.375	31.2	58.728	21.0	1.14	9.5		
	G	93.913	9.3	74.413	18.5	35.826	44.6	59.802	25.0	1.18	14.9		
沼泽型 Swamp	A	95.652	2.6	77.194	11.5	35.480	19.7	61.086	14.3	0.84	32.1	74.225	1.8
	G	97.180	4.9	74.910	16.8	34.732	26.5	61.560	20.9	1.45			

表 2 地下水位对土温的影响*

Table 2 The soil temperatures in varieties of groundwater levels

观测时间 Observation time	类 型 Region type	5月19日--6月3日均值(°C) Average of May19 to Jun.3			7月27日--8月11日均值(°C) Average of July27 to Aug.11		
		5cm	10cm	20cm	5cm	10cm	20cm
		8:00	渍害区 Waterlogging	20.0	20.9	20.9	27.3
	非渍区 Non-waterlogging	20.3	20.4	20.5	28.2	28.3	29.2
14:00	渍害区 Waterlogging	25.0	23.2	21.2	30.9	29.3	29.2
	非渍区 Non-waterlogging	26.1	24.5	21.3	31.9	30.5	29.2
20:00	渍害区 Waterlogging	24.7	24.2	21.7	31.2	29.5	29.6
	非渍区 Non-waterlogging	24.8	24.4	21.9	32.2	31.4	30.4

* 渍害区土壤为沼泽型水稻土;地点:形斗湖。Waterlogging soil;swamp paddy soil;Location;Xingdou Lake.

表 3 地下水埋深对速效养分含量的影响*(mg/L)

Table 3 The conten of quick-acting nutrients in varieties of buried depth of groundwater levels

观测日期 Observation time (年·月·日)	地下水位 Groundwater levels (cm)	速效钾 Available K	速效磷 Available P	铵态氮 Ammoniac N
1986.5.13	26-35	40-75	1.2-1.5	9-18
	36-46	90-120	1.5	21-33
1986.6.15	22-35		1.5-3.0	6-8
	36-53		4.5-12	9-18
1986.7.27	16-20	40	1.5-3.0	3-4.5
	21-31	40-50	4.5-15	6-15
1987.4.13	70	65	2.9	5.2
1987.6.20	50	69	2.3	6.3
1987.7.23	30	62	2.4	6.0
1987.7.31	0	63	2.2	6.3

* 土壤:潜育型水稻土;地点:黄家口。Soil;submergic paddy soil;Location;Huangjakou.

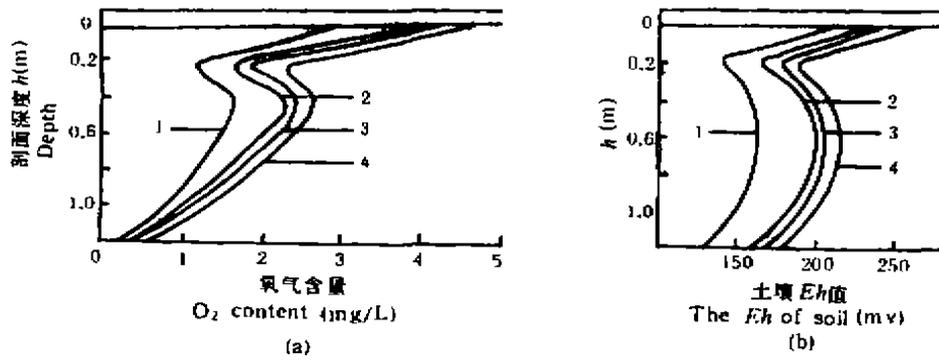


图1 江汉平原土壤剖面中氧化还原状况随渗漏量的变化

图中数字1,2,3和4分别代表渗漏量为0, 2—4, 8—10和18—20mm/d。(a). 溶解氧;(b). Eh值。(土壤:潜育型水稻土,地点:洪湖大堤)

Fig. 1 The condition of oxidation and reduction changed with the seepage of soil section in Jianghan plain Number 1, 2, 3 and 4 in this figure present 0, 2—4, 8—10 and 18—20mm/d of the seepage respectively. (a) the dissolved oxygen; (b) the electric potential of oxidation and reduction. (Soil: submergic paddy soil Location: Dayuan, Honghu)

4 渗漏量效应

渍害田在淹水期间的透水性差,一般为1mm/d左右,有的甚至不渗;而非渍害田的透水性一般都大于5mm/d。与地下水位埋深一样,渗漏量变化对农田生态特征也有深刻的影响。

首先,渗漏量能改变土壤的氧化还原状况,进而影响土壤剖面的含氧量、Eh值及耕作层有毒还原物质 H_2S 、 CO_2 等的含量。图1表明,土壤剖面的含氧量、Eh值随着渗漏量的增加而相应增大。图2表明,由于坑测稻田渗漏量的增加,排泄水耗氧量也相应增加,当渗漏量达到5mm/d时,排泄水耗氧量为10mg/ml;这种情况说明,加大渗漏量会加强对土壤中的还原性物质的淋溶作用,从而减少了它们在耕作层中的含量;同样,排泄水体中的 H_2S 含量也随着渗漏量的增加而增加,耕作层 H_2S 浓度随着稻田渗漏量的增大而减少。实验表明,渍水坑 H_2S 含量为0.8mg/l,渗漏量为2mm/d时,排水坑 H_2S 浓度为0.6mg/l;渗漏量为6mm/d时, H_2S 浓度为0.3mg/l;由于 CO_2 是有机质在渍水嫌气条件下分解的产物,随着稻田渗漏量的增加,土壤还原状况可得到改善, CO_2 含量也逐渐减少。实验表明,渍水测坑 CO_2 含量为1.68mg/l时,当渗漏量达到6mm/d, CO_2 含量为0.94mg/l。

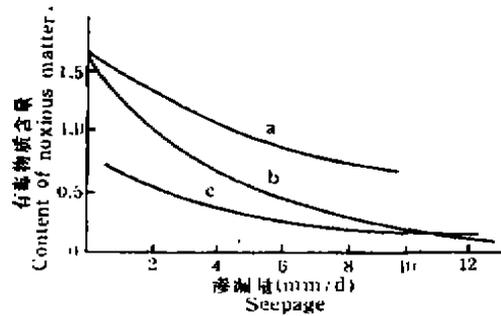


图2 渗漏量与耕作层有毒物质含量的关系

图中a— CO_2 含量变化(mg/l);b—活性还原物质含量变化(mg/100g);c— H_2S 含量变化。(土壤:潜育型水稻土,地点:大沙)

Fig. 2 The relationships between the seepage and the content of noxious materials in cultivated layer In this figure, a presents the content of CO_2 (mg/l); b presents content of the active — reduction material (mg/100g); c presents the content of H_2S in the soil (mg/l). (Soil: submergic paddy soil; Location: Dasha)

其次,渗漏量能改变土壤的养分状况。渍害稻田在排水条件下土壤渗漏量增加,提高了土

壤水含氧量,有利于有机质的分解。表4给出了有机质和碱解氮随渗漏量的变化,它表明有机质和碱解氮含量均有随渗漏量增加的趋势。与此同时,土壤中的养分流失量也随渗漏量 ϵ 的增加而相应增大。 $\epsilon=2-4\text{mm/d}$ 时, NH_4^+ 的流失量约为 $0.33-1.0\text{mg/l}$; $\epsilon=8-10\text{mm/d}$ 时, NH_4^+ 流失量约为 0.75mg/l ,增加了近1倍;硝态氮在 $\epsilon=2-4\text{mm/d}$ 时,流失量为 0.065mg/l , $\epsilon=8-10\text{mm/d}$ 约为 0.069mg/l ;按水稻全生育期大田淹灌85d计算,折合纯氮流失量为 $101.4-1435\text{g}$ 。

表4 渗漏量与有机质、碱解氮含量的关系

Table 4 The relationships between the seepage and the content of organic matter and alkalinized nitrogen

渗漏强度 Seepage(mm/d)	0		2-4		8-10		18-20	
	有机质 O.M.	碱解氮 O.N.						
营养物质 Nortore($\times 10^{-4}$)								
插秧前 Before transplant	3.16	133.7	3.55	154.4	3.42	146.0	4.06	147.4
收获(排水)后 After harvest	2.82	135.45	2.99	179.55	2.76	185.15	3.04	192.5
改变量 Difference	-0.34	+1.75	-0.56	+25.15	-0.66	+39.15	-1.02	+45.1

土壤:潜育型水稻土;地点:洪湖新堤。

Soil: submergic paddy soil; Location: Xindi, Honghu.

5 作物生长状况

作物的生长状况是渍害成灾程度的综合反映,它们可以用根系色泽、株高、叶面指数、根长、株重等作物生理特征量来描述,这些特征量将直接影响作物的穗粒数、千粒重、空壳率、理论产量和实际产量等经济特征量,而且与渍害的两个重要特征变量——地下水位埋深和田间渗漏量显著相关。

表5 试验区晚稻抽穗期生长形态调查表

Table 5 Pattern characters of the late rice in heading stage in the test region

区域类型 Region type	渗漏强度 Seepage (mm/d)	伤流量 Cut flow (mg/h·cm ²)	株高 Rice height (cm)	稻根数(条) Roots				根长 Root length (cm)	100苗重(g) 100-rice-weight	
				小计 Total	白根 White	黄根 Yellow	黑根 Black		鲜重 Fresh	干重 Dry
非渍区 Non-waterlogging	5.2	5.6	86	36	4	32		25	905	250
	2.6	4.5	82	43	4	39		25	870	235
	2.1	4.1	81	36		36		21	719	225
渍害区 Waterlogging	0	3.5	71	37		29	8	19	615	160

*土壤:沼泽型水稻土;地点:洪湖大同。

Soil: swamp paddy soil; Location: Datong, Honghu.

表6 不同地下水位埋深对水稻植株发育的影响

Table 6 Pattern characters of the rice in varieties of buried depth of groundwater levels

试验区 Test region	地下水埋深 Groundwater level (m)	株高 Rice height (cm)	根长 Root length (cm)	株重(g) Rice weight		叶梢速效磷 A. P. in leaf (mg/l)
				鲜重 Fresh	干重 Dry	
1	0.34	35	20	38	18	80
	0.63	45	20	64	34	100
2	0.39	50	15	61	19	40
	0.64	60	16	97	23	80

*土壤:潜育型水稻土;地点:大沙。

Soil: submergic paddy soil; Location: Dasha.

调查资料表明,一般渍害田由于 H_2S 的侵害,黑根占总根数的 29%,而非渍害田仅约为 5.8%;反映根系活动的白根在渍害田中占 26.3%,非渍害田为 42.3%,后者比前者多 16%;黄根在渍害田和非渍害田稻根中分别占 44.7%和 51.9%。稻株伤流量是反映根系活力和发育状况的生理指标,渍害田作物与非渍害田作物有明显的区别。表 5 表明,上述指标随着渗漏强度的增大而有明显的变化;稻株伤流量、株高、根长、鲜重和干重等明显增加;色泽的变化也很明显,当 $\epsilon=5.2\text{mm/d}$ 时,白根占 11%,黄根占 89%;渍害田 $\epsilon=0$,黄根占 79.4%,黑根占 21.6%,黑根比例已达到稻根中度中毒的水平(黑根占 10%—30%)。上述指标也与地下水位埋深有显著相关(表 6);随着地下水埋深的增大,株高增高,根长增长,根密度增大,株重增加。

水稻的经济性状也明显受着田间渗漏量的影响,渍害田由于渗漏量小,水稻的经济性状明显较差。观测资料表明,与 $\epsilon=5\text{mm/d}$ 的区域相比,每亩有效穗数、每穗实粒数、千粒重、理论产量和实际产量分别减少 2%,5%,1%,16.59%和 20.2%,空壳率则增加 7.05%。从地下水位埋深的角度来看,也有类似的规律,非渍害田水稻经济产量的构成要素明显优于渍害田;非渍害田每亩穗数平均多 2.2 万穗,每穗粒数平均多 5.74 粒,千粒重平均增重 0.68g,空壳率平均低 4.39%。渍害田平均亩产比非渍害田减少 98.8—130kg,减产幅度为 24.2%—31%。

6 渍害田生态模式

渍害田微生态环境与非渍害田有明显的差异。在渍害田中,由于地下水位高而使得田间渗漏受阻,二者结合降低了土壤中水、热、气的通透性,从而影响土壤的氧化还原过程,致使土壤的理化性状发生灾害性变化;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;作物生长的适宜性差。灾变的结果是影响作物的生长发育,用作物的形态特征量和经济特征量来表述则是:水稻作物黑根增多,株高变矮,每穗粒数和千粒重显著下降,空壳率上升,产量下降,光能利用率降低。根据机理分析和大量试验数据的统计分析,得到了上述关系的定量表述模式,如图 3 所示。图 3 中的箭头表示作用方向,各符号的含义见表 7 中的说明。

综合上述并结合图 3 中的数据,可以把渍害农田的生态特征用统计方式归纳如下:(1)渍害田地下水位埋深浅,枯水期地下水位埋深一般小于 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,一般为 1mm/d 左右,有的甚至不渗;当渗漏量增加时,渍害程度逐渐减少;一般把渗漏量为 5mm/d 作为较理想状态;(3)渍害田质地粘重,一般情况下耕作层或犁底层 $<0.001\text{mm}$ 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,速效养分含量低;(5)作物生长发育不良,黑根占 10%—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,中稻亩产不超过 300kg,晚稻不超过 225kg,严重渍害区产量极低。

渍害田的上述生态特征可以当作渍害田诊断的依据,其中第 1 个特征是渍害发生的充分条件,第 2 个特征是渍害发生的必要条件,第 3、第 4 和第 5 特征是渍害田的基本症状,第 6 特征是渍害的必然结果。第 1、第 2 特征可以作为独立判据,它们与第 3、第 4、第 5 特征中任一特征结合则均可构成渍害判断;第 3、第 4、第 5 特征为辅助判据,它们必须与独立判据结合才能构成渍害判断;第 6 特征为检验判据,由独立判据和辅助判据结合作出的渍害判断必须经过检验判据检验后才被认为是最终正确的判断。

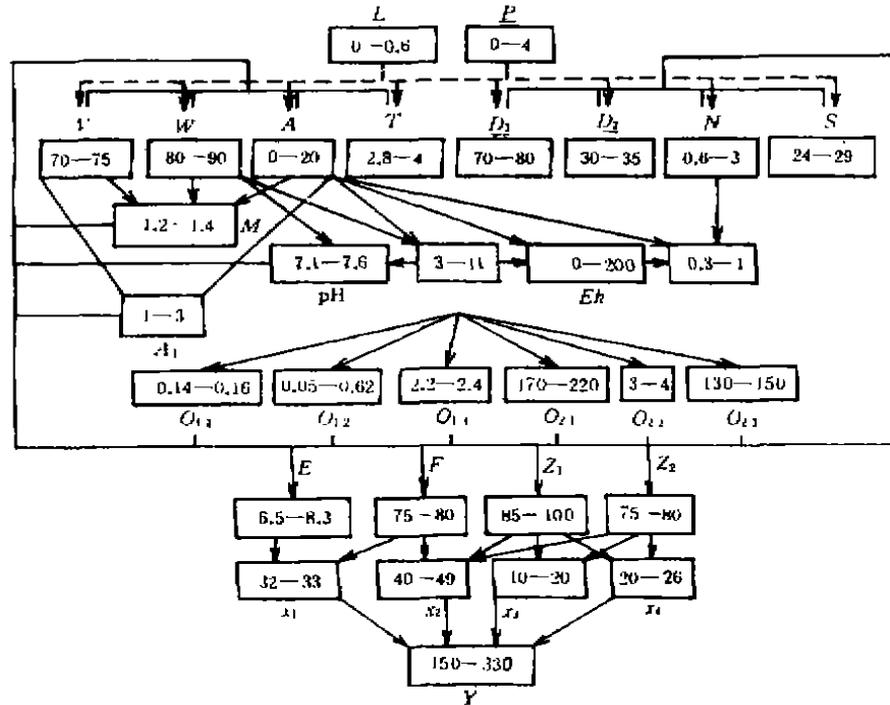


图3 江汉平原渍害田生态模式
Fig 3 The ecological model of waterlogging field in Jiangnan Plain

- L—地下水水位 Groundwater level cm,
- P—渗漏量 Seepage mm/d,
- W—土壤水 Soil water %,
- T—土壤热容量 Thermal capacity J/cm³·C,
- A—土壤空气 Soil atmosphere %,
- O—土壤有机质 Organic matter %,
- pH—土壤pH值 pH in the soil ‰,
- Eh—土壤Eh值 Eh in the soil mv,
- N—还原物质含量 Reducing matter mg/100g,
- N₁—H₂S含量 H₂S content × 10⁵mg/ml,
- M—土壤容重 Bulk density m/cm³,
- V—孔隙度 Soil porosity %,
- S—代换量 Exchange capacity me/100g,
- A₁—氧气含量 O₂ content mg/l,
- D₁—物理性粘粒 Physical clay %,
- D₂—粘粒 Clay %,
- O₁₁—全氮 Total N %,
- O₁₂—全磷 Total P %,
- O₁₃—全钾 Total K %,
- O₂₁—碱解氮 Alkazed N mg/l,
- O₂₂—速效磷 Available P mg/l,
- O₂₃—速效钾 Available K mg/l,
- E—叶面积指数 Index of leaf area,
- F—色泽指数 Index of colour,
- Z₁—株高(中稻) Height of middle rice cm,
- Z₂—株高(晚稻) Height of late rice cm,
- X₁—666.7m²内穗数 Rice in 666.7m² 10⁴rices,
- X₂—穗粒数 Grains in a rice %,
- X₃—空壳度 Ratio of empty grain %,
- X₄—千粒重 10³grain-weight g,
- Y—理论产量 Theoretic product kg/666.7m².

7 结论

本文在野外调查和大量实验数据分析的基础上探讨了渍害田的生态特征,并由此导出了江汉平原渍害田的生态模式,提出了渍害田的判据。结论如下:渍害田中土壤水、热、气及其他理化特性与有机质含量均随地下水位埋深和田间渗漏量呈有规律变化;渍害田中作物的生长发育状况与非渍害田有明显差异,这种差异与地下水位埋深和田间渗漏量变化也显著相关;根

据江汉平原渍害田生态模式,得出了渍害田的6个统计特征指标量,这些特征指标量可以作为渍害田诊断的判据。

参 考 文 献

- (1)彭拉姆帕鲁马 F.N. 渍水土壤的化学与水稻生长的关系. 刘志光等译. 北京:科学出版社,1959,1—85
- (2)Watanabe I and Roger P.A. 淹水稻田生态学. 董元华摘译. 土壤学进展,1988,16(2): 24—28
- (3)范业宽. 对几种淹水土壤性质变化的研究. 土壤通报,1988,19(2): 58—59
- (4)潘乐华,俞劲炎. 淹水土壤中 NO_3^- 动态的系统建模. 土壤通报,1998,19(3): 100—103
- (5)孟赐福,袁嗣良. 淹水条件下施加石灰和有机质对酸性土壤性质和磷吸附的影响. 土壤学报,1988,25(2): 146—155
- (6)徐俊祥,董文瑞. 永久性乃长期渍水的水稻土中铜的供给情况及铜肥的效果. 土壤学报,1989,26(2): 149—158
- (7)李恩羊. 渍害低产田的灰色聚类分析. 水利学报,1989,(8): 48—54
- (8)Aiputhanathan C.S.,Gunnawardena E.R. and Rushton K.R. Soilwater dynamics related to waterlogging in a sloping catchment. *J. Hydro.*, 1991,123(3—4): 279—295
- (9)Sallam A. and Scott H.D. Effects of prolong floodin on soybeans during early vegetative growth. *Soil Sci.*, 1987,144(1): 61—66
- (10)Jackson M.B.,Drew M.C. and Giffard S.C. Effects of applyg ethylene to the root system of zea mays on growth and nutrient concentration, in relation to flooding tolerance. *Physiol. plant*, 1981,52(1): 23—28
- (11)Wenkert W.,Fauzey N.R. and Watters H.D. Flooding responses in zea mays L. *Plant Soil*, 1981,62: 351—366
- (12)Yu T.P.,Stolzy L.H. and Letey J. Survival of plants under prolonged flooded conditions. *Agron. J.*, 1969,61: 844—847
- (13)余安仁. 南方地区排渍暗管间距的确定. 农田水利与小水电,1988,(12): 9—13

STUDY ON THE ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WATERLOGGING FIELD IN JIANGHAN PLAIN

Yu Guang-Ming

(Department of Geography, Central China Normal University, Wuhan, 430070)

Based on a lot of statistical data, the ecological model of waterlogging field in Jianghan plain is developed in this paper, and the comprehensive effects of the buried depth of ground-water table and the seepage on the cropland ecosystem in Jianghan plain are analysed, and the ecological characteristics of waterlogging field are shown in comparison with non-waterlogging field, and the criteria of waterlogging field are suggested with the analysis on a lot of observations.

Key words: waterlogging, characteristics, ecological effect, criterion, buried depth of ground-water, seepage, Jianghan plain.