

# 嘉兴平原水稻土的持水特征

张林康 张益农

(嘉兴农校)

陆建贤 王国锋 黄锦法 范俊方

(嘉兴市农科所)

(嘉兴市农林局)

## 摘 要

选用6种代表性水稻土,用水分能量观点,研究了持水特征和其影响因素。结果表明:持水性能与饱和容重、物理性粘粒、有机质及收缩率等呈高度相关,由此而探明了土壤遭受渍害的内因。

嘉兴平原是我国粮油高产地区之一。农业实行以大麦(或油菜)、双季稻为主的三熟制。其水网平原地势低平,土壤质地匀细偏粘<sup>[1]</sup>,春、夏、秋三季多雨易涝,土壤水分经常处于饱和状态,影响了作物正常生长和土壤潜在肥力的发挥。土壤粘闭、滞水,渍害已成为制约农田土壤肥力的主导因素。

本文从水分能量观点出发,研究了嘉兴平原水稻土的持水特征,以探索影响土壤持水的内因,为进一步剖析渍害的成因,寻找调节土壤水气矛盾的措施,提供了理论依据。

## 一、材 料 与 方 法

### (一)供试土样

选择嘉兴平原不同区域分布的主要水稻土6种,其母质类型和耕层质地见表1。

### (二)试验方法

#### 1. 土壤水吸力与对应含水量的测定

用100cm<sup>3</sup>环刀,分别采集田间耕层原状土,将环刀连土样浸水一昼夜,饱和后取出,削平环刀两端泥土,立即称重,以计算饱和含水量。随即在环刀中埋入负压计,再浸水一昼夜,平衡后取出,记载负压计汞柱的刻度(此时,土壤水饱和状态,水吸力为零)。一并称取土样、环刀、负压计附件等总重量。然后置室内,让土壤自行蒸发失水,每天定时记载负压计汞柱刻度的变动值,同时一并称重,求得对应的蒸发失水量,直至土壤水吸力达70kPa止。取出负压计,烘干环刀内土样并称重,计算出耕层原状土低吸力阶段(0—70kPa)脱水过程中水吸力与对应重量含水量变化数值。

#### 2. 饱和含水量及饱和容重的测定

利用上述环刀内土样,经烘干后称重计算而得。

#### 3. 土体收缩率的测定(水饱和至烘干)

表1 嘉兴平原主要水稻土概况<sup>[1]</sup>

耕层土样	主要分布区域	土壤母质	质 地
青紫泥田	东北低洼区	河、湖沼相	轻粘
黄斑田	中部平田区	河 相	重壤—轻粘
小粉田	西部平田区	河、海相	重壤
黄砂壤田	南部平田区	江、河相	中壤—重壤
井松田	西高高平田区	河、海相	中壤
黄松田	东南沿江高地区	近海相	中壤

土样连同环刀一起浸水一昼夜，使之饱和后取出，削平两端泥土，烘干后用卡尺量算土样收缩后的体积，由下列计算式求得土体收缩率。

$$\text{土体收缩率}(\%) = \left(1 - \frac{\text{同质量土体烘干后体积}}{\text{同质量土体水饱和体积}}\right) \times 100\%$$

4. 土壤颗粒组成测定用比重计法，有机质测定用重铬酸钾法。

## 二、结果与讨论

### (一)不同土壤的持水曲线及影响土壤持水量的主要因素

测定结果表明，土壤水吸力与土壤含水量呈负相关，拟合 $\theta = a - b \lg s$ 曲线方程，式中： $\theta$ ：土壤重量含水量(%)； $a$ ：回归系数，正值； $b$ ：回归系数 正值； $s$ ：土壤水吸力，以 kPa 为单位。

6种土壤持水曲线方程分别是：

A 组	青紫泥田①	$\theta = 73.3138 - 7.9980 \lg s$	$r = -0.8175^{**}$
	黄斑田 ②	$\theta = 67.5744 - 7.0579 \lg s$	$r = -0.9425^{**}$
B 组	小粉田 ③	$\theta = 52.3375 - 6.0827 \lg s$	$r = -0.9811^{**}$
	黄砂埭田④	$\theta = 53.0322 - 5.3876 \lg s$	$r = -0.9739^{**}$
C 组	并松田 ⑤	$\theta = 39.5167 - 4.7151 \lg s$	$r = -0.8758^{**}$
	黄松田 ⑥	$\theta = 37.5387 - 4.7319 \lg s$	$r = -0.9548^{**}$

根据以上曲线方程，绘制出低吸力阶段脱水过程中土壤持水曲线，见图。

以上方程中， $a$ 值是当水吸力为 1 kPa 时的土壤含水量，其数值愈高，往往持水量愈大。在图中，该土持水曲线愈位于上方。所以  $a$  值的高低，基本上决定了该土持水量的大小。而  $b$  值的物理意义为增加一个  $\lg s$  值时，土壤所释出的水量。从上述方程及图可见，6 种水稻土

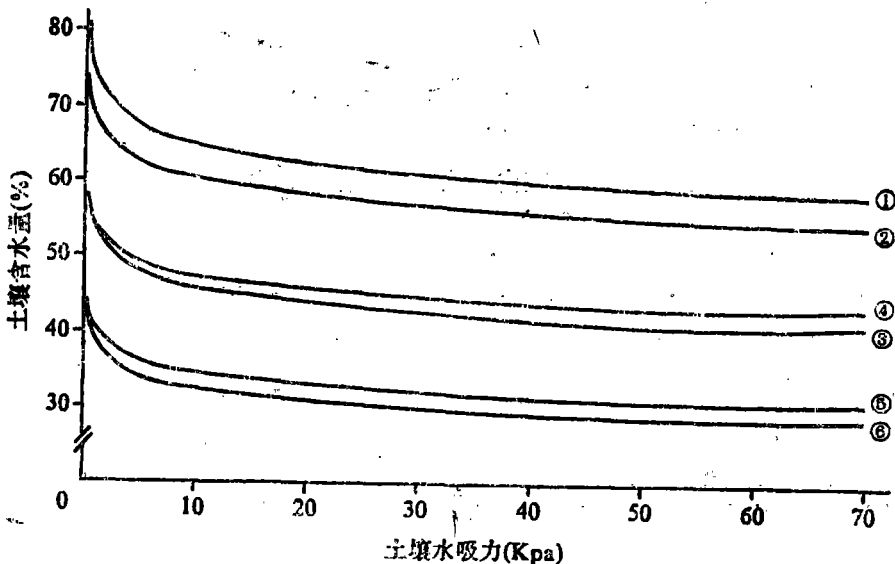


图 1 6种水稻土的持水曲线

的持水状况大致可划分为3组(A、B、C),其中以A组的青紫泥田和黄斑田土壤持水量最大, B组的小粉田和黄砂埔田次之, C组的并松田和黄松田最小。

值得注意的是, A组土壤(面积约占嘉兴平原农田土壤55%<sup>[1]</sup>)的饱和持水量高达70%以上, 且持水曲线坡度在10kPa以上相当平缓, 这一持水特征, 极易使各种因耕翻而带来不良后果。因为农田本身颗粒粘细, 在高含水量下进行耕翻, 由于土粒外包围有一层较厚的水膜, 在耕作机具挤压下, 土粒相互滑动嵌填, 形成粘闭土块, 脱水后即为僵块, 影响全苗、壮苗。因而土壤持水曲线揭示了大部分嘉兴平原土壤各种耕翻质量的先天不足, 为改变传统的翻耕麦为免耕板田麦, 提供了理论依据。

影响土壤持水量的因素, 经测定数据统计, 主要有:

1. 饱和容重 水饱和时的土壤容重称为饱和容重, 它与土壤持水量呈极显著负相关(以 $a$ 值的高低, 代表该土持水量的大小趋势,  $r = -0.9948^{**}$ )。因为饱和容重越小, 土壤孔隙度越大, 土体内能够容纳水分的“空间”就越大。图中, 饱和容重越小的土壤持水曲线越是位于上方, 而饱和容重相近的土壤, 持水曲线亦相接近。由于土体水分不饱和时的容重与饱和容重呈正相关, 故而也可描述为土体容重与土壤持水量呈极显著负相关。

2. 土壤颗粒 土壤物理性粘粒( $<0.01\text{mm}$ )含量、粘粒( $<0.001\text{mm}$ )含量与土壤持水量呈极显著正相关(同上,  $r = 0.9367^{**}$ 和 $r = 0.9244^{**}$ ), 因为土壤细小颗粒越多, 比表面越大, 表面能越大, 吸持的水分就越多。

3. 土壤有机质 土壤有机质含量与土壤持水量呈极显著正相关(同上,  $r = 0.9894^{**}$ ), 说明土壤有机质越丰富, 土壤中有机胶体越多, 则土壤对水分的吸持量越大。

4. 土体收缩率 土体收缩率与土壤持水量呈极显著正相关(同上,  $r = 0.9905^{**}$ )。其原因同1。

一般而言, 土壤质地与以上四个因素都有密切关系。土壤质地很大程度上制约着土壤的持水特性, 越粘重的土壤, 持水量越高, 反之亦然。如青紫泥田等粘质水稻土, 土体持水力强, 最易发生渍害, 而质地轻松的黄松田则相反, 这一趋势和实测结果完全吻合。

## (二)不同土壤的释水性

水分能量观点认为, 判别土壤水分的有效性, 不宜用土壤水分的重量指标, 而应以强度指标来度量。土壤水分的强度指标一般由土壤比水容量(又称比水容或水容量)来表示, 它标志为当土壤吸力发生变化时, 土壤释出或吸入的水量:

$$\frac{d\theta}{ds} = \frac{\text{重量含水量之差}(\%)}{\text{土壤水吸力值之差}(\text{kPa})}$$

各土壤不同吸力下比水容量数值见表2。

表2 6种水稻土的比水容量

组别	土样	土壤水吸力(kPa)					
		3	6	10	20	30	60
A组	青紫泥田	$6.14 \times 10^{-1}$	$3.07 \times 10^{-1}$	$1.84 \times 10^{-1}$	$9.21 \times 10^{-2}$	$6.14 \times 10^{-2}$	$3.07 \times 10^{-2}$
	黄斑田	$5.42 \times 10^{-1}$	$2.71 \times 10^{-1}$	$1.63 \times 10^{-1}$	$8.13 \times 10^{-2}$	$5.42 \times 10^{-2}$	$2.71 \times 10^{-2}$
B组	小粉田	$4.67 \times 10^{-1}$	$2.33 \times 10^{-1}$	$1.40 \times 10^{-1}$	$7.00 \times 10^{-2}$	$4.67 \times 10^{-2}$	$2.33 \times 10^{-2}$
	黄砂埔田	$4.14 \times 10^{-1}$	$2.07 \times 10^{-1}$	$1.24 \times 10^{-1}$	$6.20 \times 10^{-2}$	$4.14 \times 10^{-2}$	$2.07 \times 10^{-2}$
C组	并松田	$3.62 \times 10^{-1}$	$1.81 \times 10^{-1}$	$1.09 \times 10^{-1}$	$5.43 \times 10^{-2}$	$3.62 \times 10^{-2}$	$1.81 \times 10^{-2}$
	黄松田	$3.63 \times 10^{-1}$	$1.82 \times 10^{-1}$	$1.09 \times 10^{-1}$	$5.45 \times 10^{-2}$	$3.63 \times 10^{-2}$	$1.82 \times 10^{-2}$

从表 3 可以看出:

1. 由于土壤持水曲线  $\theta = a - bIgs$  是非线性的, 所以同一土壤各吸力的比水容量并不相等, 显示了土壤对作物供水的非等效性, 土壤可供作物利用的水分随吸力的变大而递减。
2. 持水曲线方程中,  $b$  值决定了比水容量的大小, 土壤质地越粘重, 持水量越大,  $b$  值亦越大, 而释水量越多。

浙北嘉兴水网平原农田, 以 A 组的青紫泥田, 黄斑田为主, 土壤粘闭、滞水、地下水位高, 一般在植稻期间和冬作期间, 分别可达 30 和 60 厘米, 在雨季则更高。土体水力梯度小, 内排水困难。尽管  $b$  值较大, 释水量较多, 但是, 释放出来的水分却难以排出土体, 而滞留于作物根系活动层。这是造成“渍害”的内因<sup>[2]</sup>。按照水稻水浆管理的原则, 在中期应进行排水, 以利搁田或烤田。A 组土因持水量大, 比水容量亦大, 却很难及时达到“搁”、“烤”的要求。而在冬种期间, 由于深秋多雨而造成烂冬年份的机率甚多, A 组土同样因持水量大, 比水容量亦大, 给田间作业带来困难, 极不利于耕翻, 也不利于碎土薄片均匀覆盖畦面, 造成露籽与烂籽, 影响播种质量。由此可见, A 组土持水量大, 比水容量亦大的特征, 严重影响其水旱两宜土性的发挥。反之, C 组土(并松田和黄松田)的渍害状况不甚明显, B 组土(小粉田、黄砂埭田)的情况介于 A、C 两组土壤之间, 这与它们的持水量及比水容变小有明显的相关。

3. 根据土壤水分对作物利用的有效程度, 可将土壤有效水划分为易效水和难效水两段, 其分界线相当于比水容量出现  $10^{-2}$  级, 低于此值时, 植物所能吸取的水量就显著减少, 表示土壤水分已开始处于难效阶段<sup>[3]</sup>。嘉兴平原主要 6 种水稻土比水容量达到  $10^{-2}$  级以下的吸力值都在 20kpa 左右出现, 这可能是旱作期间, 土壤不耐干旱的内因之一。

### (三) 土壤孔隙性

由于研究土壤水分运动时, 无法按土壤真实孔径来描述, 一般采用茹林公式  $D = -\frac{3}{T}$  进行计算, 表示与一定水吸力相当的孔径, 即当量孔径来度量, 现把 6 种土壤当量孔径计算结果汇总列于表 3。

表 3 6 种 水 稻 土 当 量 孔 径 分 配 (%)

组 别	土 样	当 量 孔 径				总孔隙度	>0.005mm有效 孔隙度占总孔隙度
		>0.10mm	>0.05mm	>0.03mm	>0.005mm		
A 组 {	青紫泥田	3.9	4.7	5.4	7.7	68.3	11.3
	黄斑田	4.9	5.9	6.8	9.6	63.2	15.2
B 组 {	小粉田	6.0	7.2	8.1	11.5	60.8	18.9
	黄砂埭田	5.6	6.7	7.5	10.6	60.8	17.4
C 组 {	并松田	7.4	8.9	10.0	14.0	54.0	25.9
	黄松田	7.7	9.3	10.5	14.8	52.8	28.0

说明: ① 各当量孔径孔隙度(%)的计算考虑了因土体本身收缩而变化的因素。

② 总孔隙度(%)仅以饱和容重进行推算。

从表 3 可以看出:

1. 尽管孔隙“量”是 A 组土为大, 但 >0.005mm 的有效孔隙所占的比重, 不论在绝对数量上, 还是相对数量上, 都是 C 组土 > B 组土 > A 组土, 故而从孔隙“质”来讲, 以 A 组土为

(下转第 102 页)

工程已经建成,能引能排,建议扩大引嫩工程引水量,完善排水体系,提高排水工程标准,适当增加环境冲洗泡沼盐碱用水量,改善泡沼水质,改良盐碱化土壤,大力植树造林,改良草原,推广稻田养鱼,减少农药和化肥用量以及广辟有机肥源,进行污水处理。达标后才能排入水体,使本区生态环境达到良性循环。

**(四)改善管理确保工程正常进行** 进行渠首河道整治工程,稳定河槽和进行渠道清淤,尽量恢复到设计引水水平。加固红旗泡水库主坝护坡及防浪工程措施,确保水库安全,尽快建成明青截流沟,解决总干渠76—114公里区段排水不畅的问题。科学安排引水和分水调度,增大引水量,缓解当前的供需矛盾,进一步研究引、蓄、排的统一调度和统一管理的问题。

**(五)加强科学试验研究工作** 建议将本区存在的问题列入省的科研计划,组织有关学科进行研究。主要包括:(1)农田灌溉技术的研究。进一步研究水稻旱灌的发展比例,盐碱土种稻的高产节水措施和灌排工程的优化设计。(2)土壤盐碱化的防治措施。研究水利措施和农林措施相结合的防治技术,水田冲洗和旱田冲洗的技术措施。(3)生态农业模式的研究。研究农、林、牧、副、渔各业的优化组合,稻、苇、渔区和林、草区等的生态模式。(4)地下水资源的调查研究。分析地下水资源分布和可采量,指导灌区的合理开发。(5)土壤水盐动态的观测研究和(6)完善水资源环境监测网络等。

(上接第86页)

最差。

A组土在植稻期间,垂直渗漏量甚低(烤田前仅1mm/24小时左右),对根系环境的更新极为不利。而旱作期间,遇上久晴无雨,下层水分输导缓慢而不能及时补充至耕层。C组土因有效孔隙含量大,导水性强,具有“夜潮”现象而相应提高了作物的耐旱能力<sup>[1]</sup>。B组土则介于两者之间。

2. 以浙北平原判别土壤通气与否的指标:稻季30cm水吸力( $>0.1\text{mm}$ 孔径),冬作60cm水吸力( $>0.05\text{mm}$ 孔径),通气孔隙8%来衡量<sup>[2]</sup>,只有C组土基本合格,而A组土差距甚大。即使以pF2( $>0.03\text{mm}$ 孔径)作为标准来衡量,A组土的通气孔隙含量仍不合格,水多气少矛盾十分突出,这亦是土壤持水特征的表现体现。

#### 参 考 文 献

[1] 嘉兴土壤(浙江土壤系列丛书之四),浙江科技出版社,1991。

[2] 王国栋、张益农等,浙北嘉湖平原三熟制农田渍害的研究,土壤通报,22(1):16—19,1991。

[3] 庄季屏、王伟,土壤低吸力段持水性能及其与早期干旱的关系研究,土壤学报,23(4):306—312,1986。