

# 浙北嘉兴平原几种稻田土壤肥力的评估\*

方兆登 张益农

(浙江省嘉兴农业学校)

## 摘 要

本文是针对浙北嘉兴平原地区特点,筛选出适宜该地区土壤的12个可测指标,通过相关矩阵统计、主组元分析和聚类分析,并加以综合归类,把该地区几种土壤划分为高肥力型、稳肥力型、低肥力型三种。并相应提出高肥力型土壤要重视投入和产出的平衡,以保持土壤肥力。稳肥力型土壤要重视土壤物理性状的调节,以充分发挥土壤潜在肥力。低肥力型土壤要针对存在的障碍因子,采取水利、农业等综合措施,重点改善土壤物理性状以提高土壤肥力。

浙北平原是我国著名的稻米产区,水稻土占耕地面积86%。近几年来,地区肥料协作试验的结果表明,该地区土壤农化性状较好,但土壤生产力不高。几种代表性土壤的农化性状列于表1。经过肥料试验的多元回归分析表明: $Y_{\text{土壤生产力}} = 552.8 + 228.3x_1(\text{全氮}) - 2070x_2(\text{全磷}) + 0.0283x_3(\text{水解氮}) - 3.20x_4(\text{速效磷}) + 1.45x_5(\text{全钾}) + 0.1038x_6(\text{缓效钾})$ , F值不显著<sup>①</sup>( $n=10$ ,  $F=0.418$ )。可见,土壤生产力与上述诸因素不存在显著相关关系。这说明作物生长还与土壤物理环境有密切关系。生产中亦发现,不少粘质水稻土上作物前期长势甚好,但后期却生长不良。耕层土壤的鳃血块减少,青泥条纹却增多;表现湿时糊化粘闭,干时土块僵硬,对化肥反应迟钝。因此,仅用农化性状(土壤养分)难以完整地表达土壤肥力。本文将浙北地区水稻土诸肥力因素加以筛选,通过相关矩阵,主组元分析及聚类分析,试图探索平原水稻土恰当的肥力指标,为利用改良提供科学依据。

表1 土壤的农化性状和生产力

土 壤	有机质(%)	全 氮(%)	全 磷(P%)	水解氮(ppm)	阳离子代换量 (me/100g±)	土壤生产力 (kg)/亩
青紫泥田	4.83	0.218	0.0806	166	22.3	448.2
黄斑田	3.08	0.187	0.0597	143	20.4	539.9
青夹黄斑田	3.35	0.205	0.0898	162	22.5	426.6
小粉田	3.03	0.172	0.0733	152	13.8	644.7
粉泥田	2.17	0.136	0.0649	120	12.6	651.2

注:表内为1982年晚稻时采土样分析的数据;土壤生产力为1982年3季对照区产量。

## 一、土壤肥力指标的选用

各地区间的土壤肥力有其共性,也有其特殊性。如旱地土壤可能是以土壤水分,养分等

\*原湖州市土办(现浙农大硕士研究生)唐根年同志作主组元分析和聚类分析的数据处理,特此致谢。

①嘉兴市土壤志编委会,嘉兴市土壤,1987。缓效钾用1N硝酸溶液提取,火焰光度法测定。

指标居首；平原稻区土壤则可能是土壤通气状况，土壤质地，水分等因素左右肥力。因此，恰当地选用一系列指标是全面反映土壤肥力的关键。

我们将嘉兴平原5种代表性土壤，24个土壤样品进行理化分析，通过数理统计，并结合平原稻区土壤实际状况对肥力指标进行筛选。

(一)选用具有代表性和特征性的指标 试验资料和土壤理化性状的测定结果表明，单有土壤养分指标还不足以反映当地土壤肥力水平和生产水平。但一些土壤物理性状的指标，如土壤的通气孔隙，抗破碎强度，土壤粘粒含量等却具有相当意义。仅土壤容重经方差分析检验，在本地区似不能作为判断肥力优劣的指标<sup>①</sup>，故未选入。

(二)土壤结构性是土壤肥力的重要指标之一 除土壤通气孔隙，抗破碎强度可以反映外，又选用土壤铁晶胶率和有机质易氧化率来反映土壤结构性和化学性。

通过对众多肥力指标的多次筛选，选出12个指标(表2)。其中通气孔隙选用pF1.78(60cm水柱吸力)是根据本地区地下水位实际状况确定的<sup>[1]</sup>。

表2 嘉兴平原水稻土肥力指标

土 壤	青紫泥田	黄 斑 田	青夹黄斑田	小 粉 田	粉 泥 田	平均值
样 品 数	6	6	3	4	5	
粘 粒(<0.001mm,%)	31.0	22.7	29.2	18.8	15.6	23.5
抗压强度(kg/cm <sup>2</sup> )	10.9	8.6	9.9	7.5	4.1	8.2
土壤收缩率(%)	24.7	23.0	23.2	17.2	7.9	19.3
总孔隙度(%)	57.6	55.7	58.4	53.9	47.3	54.5
pF1.78通气孔隙(%)	5.47	6.67	3.22	7.99	11.4	7.15
浸水容重(g/cm <sup>3</sup> )	0.53	0.57	0.52	0.63	0.69	0.59
有机质(%)	2.98	2.89	3.42	2.66	2.14	2.78
有机质易氧化率(%)	44.0	48.6	40.7	51.7	53.8	48.1
铁晶胶率(%)	0.97	1.57	1.16	1.85	1.86	1.48
阳离子代换量(me/100±)	22.9	20.4	22.3	15.2	13.5	18.9
速效磷(P,ppm)	9.83	7.22	11.0	5.65	7.08	8.05
速效钾(K,ppm)	63.2	35.0	85.3	91.3	71.0	77.7

注：(1) 平均值为加权平均值。

(2) 速效磷用0.5MNaHCO<sub>3</sub>提取，钼锑抗比色法测定；速效钾用1N中性醋酸铵提取，火焰光度法测定。

## 二、土壤肥力指标的相关矩阵和主组元分析

(一)肥力指标相关矩阵的启示 24个土样，12个肥力指标的相关矩阵列于表3。从表3可知：1. 土壤粘粒含量和土壤阳离子代换量、土壤总孔隙度、有机质成极显著正相关；与有机质易氧化率成极显著负相关；2. 土壤粘粒含量与抗压强度、土壤收缩率成极显著正相关；与通气孔隙、浸水容重、铁晶胶率成极显著负相关；3. 土壤速效磷、钾与其它肥力指标的相关系数很少达到显著水平。

从上述可看出：(1)嘉兴平原稻田土壤，较稳定的基础肥力指标是土壤粘粒含量，阳离子代换量，总孔隙度和有机质含量等。由于麦(油菜)稻、稻3熟制连年种植，土壤淹水时间

①嘉兴市土壤志编委会，嘉兴市土壤，1987。

过长, 以及轮作、耕作管理不善, 一些土壤出现粘闭、僵板, 通气性差等不良物理现象, 这与通气孔隙, 铁晶胶率, 抗压强度, 土壤收缩率等物理指标有关。嘉兴平原水稻土有机质多数在 3% 以上, 阳离子代换量高, 保肥性能好, 潜在肥力较高。因而改善土壤物理性状, 特别是增加土壤通气孔隙度十分重要。(2) 土壤速效磷、钾养分需要外界补充, 否则, 缺磷、缺钾状况将会日益严重。

(二) 土壤肥力的主组元分析 根据相关矩阵(表 3)应用主组元分析, 求得土壤肥力主组元的特征值和累计贡献率, 以及相应的特征向量列于表 4。

表3

肥力指标相关矩阵

(n=24)

指标	粘粒	抗压强度	土壤收缩率	总孔隙度	pF1.78 通气孔隙	浸水容重	有机质	有机质 易氧化率	铁晶胶率	阳离子 代换量	速效磷	速效钾
编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1											
2	0.832**	1										
3	0.727**	0.917**	1									
4	0.819**	0.928**	0.850**	1								
5	-0.853**	-0.844**	-0.809**	0.920**	1							
6	-0.764**	-0.752**	-0.857**	-0.806**	0.831**	1						
7	0.708**	0.633**	0.624**	0.765**	-0.833**	-0.747**	1					
8	-0.740**	-0.709**	-0.509*	-0.745**	0.804**	0.640**	-0.669**	1				
9	-0.691**	-0.541**	-0.412*	-0.575**	0.521**	0.461*	-0.452*	0.459**	1			
10	0.919**	0.848**	0.764**	0.839**	-0.839**	-0.736**	0.673**	-0.730**	-0.621**	1		
11	0.249	0.132	-0.018	0.199	-0.239	-0.185	0.373	-0.469*	-0.154	0.239	1	
12	-0.098	-0.164	0.111	-0.057	0.011	-0.051	0.101	0.073	0.188	0.159	0.088	1

\*p<0.05; \*\*p<0.01

表4

主组元的特征向量, 特征值, 贡献率

主组元	1	2	3	4
特征值	7.687	1.239	1.160	0.589
累计贡献率(%)	64.1	74.4	84.0	89.0
	特 征 向 量			
1. 粘粒含量	0.334	-0.072	0.072	-0.182
2. 抗压强度	0.328	-0.175	-0.062	0.153
3. 收缩率	0.304	-0.065	-0.417	0.083
4. 总孔隙度	0.343	-0.045	-0.088	0.10
5. 通气孔隙	-0.344	-0.048	0.066	-0.126
6. 浸水容重	-0.315	-0.061	0.214	-0.130
7. 有机质	0.297	0.263	-0.046	0.091
8. 有机质易氧化率	-0.297	-0.151	-0.29	-0.045
9. 铁晶胶率	-0.236	0.212	-0.28	0.815
10. 阳离子代换量	0.311	-0.117	0.0659	-0.0252
11. 速效磷	0.104	0.592	0.580	0.165
12. 速效钾	-0.021	0.671	-0.507	-0.437

表 4 中第 1 主组元是基础肥力的量度。总孔隙度、粘粒含量、阳离子代换量、抗压强度、收缩率、有机质含量对第 1 主组元都有较大的正向负荷, 即具有增强基础肥力的作用。通气

孔隙、浸水容重、有机质易氧化率则对第 1 主组元有较大的逆向负荷，即其具有减弱基础肥力的作用。

第 2 主组元是在基础肥力大体相同条件下磷、钾有效性程度的量度。速效磷、速效钾、有机质、铁晶胶率对第 2 主组元有较大的正向负荷。当反映基础肥力的第 1 主组元大体相同时，有机质和铁晶胶率的增加将会伴随速效磷和速效钾的增加。

第 3 主组元是在基础肥力和磷、钾有效性大体相同条件下的富磷钾作用的量度。速效磷、浸水容重对第 3 主组元有较大的正向负荷。速效钾、收缩率则对第 3 主组元有较大的逆向负荷。浸水容重增大和收缩率减少，将伴随着速效磷的富集和速效钾的淋失。

第 4 主组元的特征值  $< 1$ ，因而该主组元不具有重要意义。

从上述主组元的物理意义可以看出，养分因素与物理环境因素具有密切关系，不可偏废。

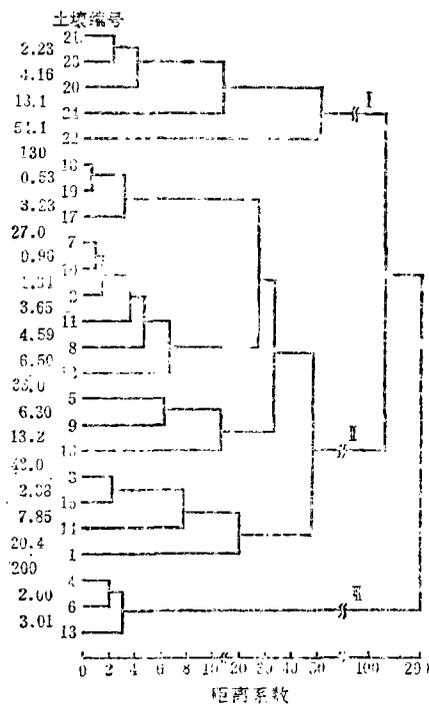
(三)土壤各项肥力指标的分辨 如取表 4 中第 1、2 特征向量的对应分量值在 X、Y 为横、纵座标的二维平面上点图<sup>[2]</sup>，即可知粘粒含量、总孔隙度、阳离子代换量、土壤收缩率和抗压强度的点比较接近，可划为同一类指标。土壤通气孔隙、浸水容重、有机质易氧化率的点比较接近，则可划作土壤通气性指标，同时又显示出土壤结构性指标的意义。土壤通气孔隙等 3 个指标与粘粒含量等 5 个指标在二维平面上所处位置是对称的，但方向不同。此外，土壤速效磷、钾，有机质，铁晶胶率，则可视为不同类型的肥力指标。

### 三、水稻土肥力类型的聚类

将 4 个主组元作为指标，把 5 种土壤，24 个典型田块进行聚类分析，用样品间距离(欧氏距离)和类间距离(类平均值)作图 1。聚类结果划为 3 种肥力类型。

(一)高肥力型 以粉泥田为代表，土壤编号 20—24 号，分布于平原沿高地内侧。母质为海相、河相沉积物，质地中壤，土壤各项基本理化性状较好，适宜水稻、棉、麻、瓜类等多种作物种植。抗压强度(4.03kg/cm<sup>2</sup>)小，收缩率  $< 8\%$ ，表现出较好的土壤结构性和通气性。土壤肥力因素之间也较协调，作物年 3 熟产量可达 1000—1200kg/亩。该土产出大，养分消耗多，要注意产投的平衡。

(二)稳肥力型 以青紫泥田、黄斑田为代表。土壤编号除 4、6、13 号以外的各土壤，母质为湖沼相，河相沉积物。土壤肥性好，潜在养分高，基础肥力稳定。但土壤质地粘重，持水性强，通气性差，易粘闭、僵板，抗压强度和收缩率都高，养分释放缓慢，故作物前期表现养分不足，后期则有过剩现



I -高肥力型; II -稳肥力型; III -低肥力型

图 1 土壤肥力指标聚类分析

象。年3熟产量在900—1000kg/亩左右。

对这些土壤应强调排降地下水，使冬季地下水保持在70cm上下，植稻期间保持在30cm左右。并积极提倡水旱轮作(包括两旱一水)和干、少、浅耕作措施，使土壤有一个间歇性的回旱过程，以利于土壤结构性和通气性的改善，提高土壤养分矿化速度，充分发挥潜在肥力的效益。

(三)低肥力型 以青夹黄斑田，白夹青紫泥田等为代表(土号4、6、13)。该类型土壤所处环境条件较差，一般分布于低洼地段及微地形起伏处。通常有一种或两种障碍因素存在。如地下水位过高，有青夹层(青泥层)，白夹层和质地粘重的不透水层等。土壤通气性差，还原性强， $Fe^{2+}$ 含量高达80mg/100g土，土壤分散强度很大。因此，植稻期间土壤粘糊，冬作期间土壤干裂，对作物生长十分不利。故年3熟产量在700—800kg/亩左右。大大低于上述高肥、稳肥型土壤。对这类土壤首先要针对土壤障碍因子，改善土壤物理性状以提高土壤肥力。

### 参 考 文 献

[1]方兆登等，杭嘉湖平原水稻土物理性状的探讨。土壤，第5期，253~258页，1987。

[2]刘多森，主组元分析在分辨土壤类型及风化-成土过程上的应用。土壤学报，第2期，172~182页，1979。

(上接第6页)

用、作物长势、农田规划、超低空喷洒作业等提供新的实用手段，为农业生产管理现代化服务。

(五)“农业科技园”区的建设与开发 我国农村领域的经济改革，虽已取得举世瞩目的成就，但现在农业面临的形势是复杂而艰巨的。人口急剧增多，耕地逐年减少，水资源短缺，农村能源不足，构成了我国农业生产矛盾的基本格局。在我国农村，传统农业仍占主导地位，农业劳动生产率低，若不引入新技术，要使我国的农业实现党的“十三大”提出的奋斗目标和黄淮海平原农业开发的“五二三二”工程是有很大困难的。

为了解决上述问题，拟以“科技农业园”的形式，进行试验示范，总结经验，探索新型的科学技术与农业生产有效结合的科技投入机制、农业与科技的双向良性循环、以及相应的新型农村组织形式。

“科技农业园”是以现有国家试验区(例如河南封丘试区)为基地，以新技术和实用技术为先导，以知识和智力密集为依托，以规模性的集约经营为手段，按生态农业发展的要求，应用系统理论和方法，对农业园区进行先进的企业化管理，改造我国的传统农业，促进农、林、牧、副、渔、交通、运输与服务业协调发展。为此，必须以相应的优惠政策为外部保障，实施科技、资金和先进管理方法的集聚投入，形成一定规模的开发整体结构，以展示我国农村经济发展的超前模式，并使科学技术由潜在的生产力变成现实的社会生产力，探索在改革开放的环境条件下，我国农业发展的出路，促进农村产业整体协调地向现代化农业发展。