

江苏洞庭东山果园生态系统 分析与优化设计

沈 泽 昊

(中国科学院武汉植物研究所 武汉 430074)

提 要 通过对系统的结构和功能的分析，反映江苏省洞庭东山果园生态系统作为人工控制的生态系统对生态环境和目前市场经济环境的适应性特征。结果表明：东山果园生态系统的空间格局和群落结构比较符合生态学原则，但果树种类的面积比例对生态环境和市场环境均不适宜。最后文章从果园的种类面积构成、空间布局、群落结构和系统的外部联系等方面提出优化设计建议。

关键词 东山，果园，系统分析，优化

1 生态环境和生产现状

洞庭东山属江苏省吴县东山镇，位于太湖东北缘，北纬 $30^{\circ}59'10''$ — $31^{\circ}6'55''$ ，东经 $120^{\circ}15'30''$ — $120^{\circ}27'50''$ ，是太湖最大的半岛，面积 63.24 km^2 。东山气候属中亚热带向北亚热带过渡类型，具有明显的湖滨小气候特色。年均气温 15.93°C ，降水量 153.24 mm 。7月均温 28.35°C ，1月均温 3.43°C ，极端低温 -8.7°C （1956年）。东山地貌分丘陵和湖滨平原两部分，分别占总面积的36%和64%。自然土壤有山地黄棕壤和沼泽土两类，另有两类熟化的耕作土壤：水稻土和园田土，肥力较高。人工植被占东山植被的大部分，从湖滨到半岛中部山顶呈环带状分化，依次为芦苇群落，农作物群落（水稻、小麦、油菜等），果树群落和果园以上次生的马尾松、白栎群落⁽¹⁾。

东山人多地少，果业是其农业的传统特色和支柱产业之一。1991年东山果园面积占农用土地面积的41.3%。1978、1979两年果业平均产值占农业总产值平均值的39.7%。但近年来果品生产的地位下降，1989、1990两年产值平均占两年农业总产值平均值的25.61%⁽²⁾。其原因一方面是农业中其它产业如水产业和第三产业的崛起，另一方面是因为当地果品市场变化导致东山果品生产的效益下降，而且果业对市场的不适应状况改变缓慢⁽²⁾。因此及时地适应环境的变迁，调整结构进一步挖掘潜力，促进生产的发展，是东山果业面临的任务。

本文于1993年1月6日收到，同年6月25日收到修改稿

1) 江苏吴县农业资源调查和农业区划办公室。江苏省吴县综合农业区划报告，1981（未出版）。

2) 东山镇统计站。吴县东山镇统计资料，1978—1988。

2 果园生态系统的结构

2.1 果树种类及其面积构成

由于东山气候的过渡性特征，多种温带果品如柿子、板栗、白果、梅子、枣子、石榴、李、杏、桃、苹果等和亚热带水果如柑桔、杨梅和枇杷都能在这里较好地生长，并一直以洞庭红桔、白沙枇杷和杨梅著称。在长期生产过程中由于消费需求，市场行情的变化，一些品种逐渐被淘汰。目前东山各种果品的种植面积见表1。亚热带水果，尤其柑桔是果业的支柱，远远超出其它种类。

2.2 水平分布和垂直分异

东山果园原主要在丘陵中下部。近十几年来，由于专业化生产集中，果园不断发展，逐渐侵入湖滨平原中地势稍高地段。由于半岛西北坡面临宽阔的西太湖，水体保温效应更佳，是柑桔的集中产区；东南面冬季冻害稍著，又临近集镇，土地利用精细而多样，各种果树都有；而在东北和西南两端，冬季风大，冻害较强，所以主要种植白果、板栗和枣等落叶果树。

东山三面环水和自四周向中心升高的地貌形势，使生境的水热条件出现一定的垂直分化（示意如图1）。人工布置的果树群落，适应这种生境条件的分化，逐渐形成比较

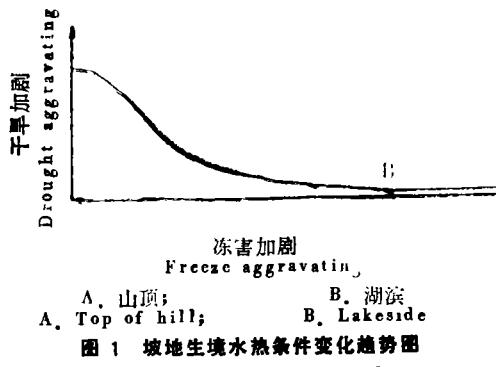


Fig.1 The change of water and temperature condition on the slope

不同的垂直分化格局：



不同果树的分布还受到其对管理要求的影响。由于居民点多集中在湖滨、山麓，对管理要求愈高愈精细的种就离居民点愈近，反之则种在较远的山坡上。另外，适应果品生产的小农经济形式和各种果树生态位的重叠，分布上的分化界线是不明确的，逐渐过渡，只有柑桔有大片的纯林。

2.3 果树群落的结构

由于土地资源的限制，东山果园经营属于“土地集约型”，长期经营中积累的经验使果农在布置各种果树时无意识地遵循了生态学的原则^[4]，采用多种果树混杂种植来提

表1 1991年东山果品种类面积构成

（单位：公顷）

Table 1 The areas of different kinds of fruit in dongshan in 1991
(Unit: ha)

种名 Species name	面积 Area	百分比 (%)
柑桔 <i>Citrus spp.</i>	679.93	64.2
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	59.93	5.66
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	107.27	10.13
梅子 <i>Pronus mume</i>	61.33	5.79
白果 <i>Ginkgo biloba</i>	36.47	3.44
栗子 <i>Castanea mollissima</i>	26.07	2.46
桃 <i>Prunus persica</i>	52.87	4.99
枣 <i>Ziziphus jinermis</i>	17.13	1.62
其它 Others	18	1.70
合计 Total	1059	100

高果树群落对土地和光热资源的利用率，提高果树生态系统功能的稳定性，根据实地调查，当地存在着以下几种群落结构模式：

(1) 果—草结构 如柑桔林下种植蔬菜或豆类，花生或豆科牧草以及其它经济作物，如金针菜。在成年果林下，这些植物多种在林冠下周缘间隙中。

(2) 果—茶结构 这是东山的传统特色。林下空气湿度高，漫射、散射光线比例高的优越生境产出东山名茶“洞庭碧螺春”。

(3) 多品种混植结构 最为普遍。通常是高大的落叶乔木如白果、板栗形成群落的第一层次，而矮化的柑桔、枇杷、梅子等形成群落的第二层；另一类是杨梅散布于马尾松、白栎次生林中与之混植。

(4) 置换结构 根据各种果树进入投产期的先后不同而长短配置，以短养长。如桃→柑桔群落或桃→白果群落，这样既提高了土地利用效率，减轻土壤侵蚀，又能保证前期经济效益。

以上这些模式，乔、灌、草结合，常绿与落叶树种搭配，充分利用土地和光热资源减抑病虫害的传播，从生态上比较合理；从经济上，多品种可以保障收入的稳定性，在生产力水平不高的情况下可以通过错开管理季节来保证对每种果树管理的用工时间和质量，提高劳动生产率，也是比较优越的。

2.4 果园生态系统的外部联系

作为东山农业生态系统的两个子系统，果业和畜牧业之间的关系比较密切，尽管两者在空间上是相互隔离的。作为传统习惯，果农几乎家家都饲养羊、兔、猪和家禽，有的还喂养蜜蜂。果园与家禽家畜之间存在着物质能量的循环和转化利用，这种关系可以表达如图2。

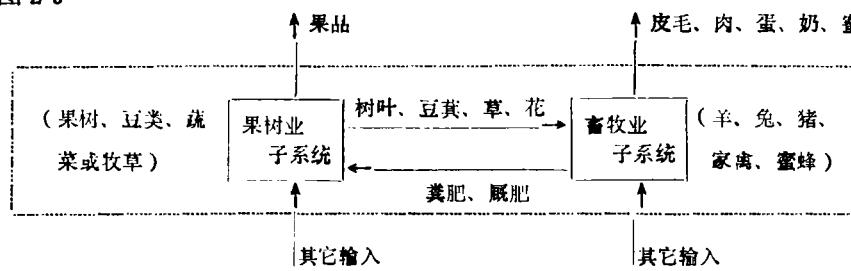


图2 东山果业与畜牧业之间的关系

Fig. 2 The Relation between fruit production and animal husbandry in Dongshan

根据东山30个村1991年农业经济统计资料分析，这里3种主要的土地利用形式（粮油、果业、水产）与畜牧业（包括猪、湖羊、兔、家禽4类）的相关关系，得到如下的相关系数矩阵 $[r_{ij}]_{3 \times 4}$ ：

	粮油	果业	水产业
牲猪	0.232	0.545	-0.184
湖羊	0.135	0.521	-0.140
家兔	-0.196	0.06	-0.207
家禽	0.188	0.208	-0.076

由此可以看出：

(1)果业与各种家畜家禽饲养均呈正相关，而水产业与饲养业呈负相关，粮油生产与饲养业也几乎呈正相关(除家兔外)。事实上饲养业与水产业在食物链上均属次级消费者，所以存在相互的竞争排挤。

(2)与果业关系密切程度由弱到强依次是家兔、家禽、湖羊、牲猪。具体来看，猪的产肥量大，而湖羊和家兔对果树的副产资源利用率较高，但家兔受市场影响，饲养量较小，且其营养生态位与羊近似，所以这里未能显示出它与果树之间的关系。

3 果园生态系统的功能及其变化

果园生态系统的功能主要表现为果品生产的产量水平，产值水平，生产效率和稳定性。它们取决于三方面的状况：①树势，即果树作为一个系统，当年的功能状况。这与前一年生产的消耗和当年的恢复状况有关；②环境适宜性。主要是当年的光、热、水、土条件及其间的协调性，其中关键是当年气候的影响；③人工辅助能源、养分、水分的投入和管理水平。目前东山8种主要果品多年平均占果园总面积的98.24%和果品总产量的98.25%。

3.1 单产 根据1978—1990年统计资料得表2。

3.2 生产效率

3.2.1 产投比 根据1987—1990年资料得表3。

表2 东山各种果品单产平均值

(单位：千克/公顷)

Table 2 The average production (per ha) of several kinds of fruit in Dongshan (unit: kg/ha)

种名 Species	单产 Product	排序 Rank
柑桔 <i>Citrus</i> spp.	15478.5	1
枣子 <i>Ziziphus jinermis</i>	10344.75	2
梅子 <i>Prunus mume</i>	7767.75	3
桃 <i>Prunus persica</i>	7669.5	4
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	7344	5
白果 <i>Ginkgo biloba</i>	5174.25	6
栗子 <i>Castanea mollissima</i>	3222	7
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	3.080.25	8

表3 东山各种果品生产的产投比

Table 3 The I/O ratio of fruit production in Dongshan

种名 Species	产投比 I/O ratio	排序 Rank
栗子 <i>Castanea mollissima</i>	15.9	1
梅子 <i>Prunus mume</i>	13.16	2
桃 <i>Prunus persica</i>	12.89	3
白果 <i>Ginkgo biloba</i>	12.05	4
枣 <i>Ziziphus jinermis</i>	11.74	5
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	6.60	6
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	6.30	7
柑桔 <i>Citrus</i> spp.	3.65	8

3.2.2 土地产出效率 根据1987—1990年资料得表4。

某种果品的发展前途由三方面的因素决定：果树本身的结果能力，生产各环节技术发展的深度和潜力以及市场销路和价格。

从上面几种指标数据的排列来看：

表 4 东山各种果品平均每公顷产值

及纯收入(单位:元/公顷)

Table 4 The average yield and pure income (per ha) of several kinds of fruit in Dongshan (unit: yuan/ha)

种类 Species	平均产值 Average yield	纯收入 Pure income	纯收入排序 Rank of pure income
白果 <i>Ginkgo biloba</i>	96027.75	87281.55	1
梅子 <i>Prunus mume</i>	17379.15	15647.4	2
栗子 <i>Castanea mollissima</i>	15827.7	14978.25	3
枣 <i>Ziziphus inermis</i>	12651.6	11362.5	4
柑桔 <i>Citrus spp.</i>	16933.5	10398.9	5
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	10941	9332.1	6
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	9239.1	7769.25	7
桃 <i>Prunus persica</i>	3815.55	3508.2	8

表 5 东山各种果品生产的波动性排序

Table 5 The rank of fluctuation

values of different kinds of
fruit production

种名 Species	W_1	W_1 排序 Rank of W_1	W_2	W_2 排序 Rank of W_2
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	0.707	1	2.452	1
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	0.529	2	1.750	2
桃 <i>Prunus persica</i>	0.470	3	1.699	3
柑桔 <i>Citrus spp.</i>	0.459	4	1.396	4
枣 <i>Ziziphus inermis</i>	0.365	5	1.350	5
白果 <i>Ginkgo biloba</i>	0.342	6	1.248	6
梅子 <i>Prunus mume</i>	0.210	7	0.617	8
栗子 <i>Castanea mollissima</i>	0.207	8	0.638	7

(1) 柑桔的丰产性是其占据东山果业首要地位的基础，而其产投比最低表明柑桔生产的技术比较成熟，高投入高产出，单位面积的产值和纯收入居于中等，所以技术上和价格上的潜力不大。

(2) 几种落叶果树的产投比都高于常绿果树。平均每公顷的产值和纯收入也较高，表明落叶果树的生产在经济上效益更佳，技术管理投入上仍有待加强，也很有潜力。目前阻碍其发展的正是单产水平。

(3) 杨梅和枇杷在单产和市价上都不占优势，而且产投比都低于落叶果树，加之果实成熟期均相对集中，果实不耐储存，搬运损失量大，而其优势本在于时令鲜食，所以目前这两种果品的发展潜力不大。

3.3 生产的波动性

这里采用均方差和极差两种指标来研究各种果树单产的年际波动。

(1) 均方差波动系数 $W_1 = \frac{S}{\bar{X}}$ (S : 单产值数列的标准差, \bar{X} : 单产平均值)。

(2) 极差波动系数 $W_2 = \frac{\max X - \min X}{\bar{X}}$ ($\max X$: 最高单产, $\min X$: 最低单产)。

根据1978—1991年东山各种果品的单产统计资料，计算结果列入表5。

由表5可以看出常绿果树生产的波动性均大于落果叶树。这是因为东山地处柑桔、枇杷和杨梅等的分布区的北缘，尽管受到太湖的保护，仍在一定程度上受到冻害影响。

1956—1990年间，据当地气象台站资料，年极端低温低于 -5°C 的年份占66.7%，低于 -7°C 的年份达19.65%。多年平均的年极端低温在 -5.63°C 。另外，近几年夏季的高温干旱对常绿果树尤其是杨梅和柑桔影响也较大。但总的来讲由于柑桔的管理较精细，所以生产的波动性较枇杷和杨梅小。

4 果园生态系统的优化设计

果园植物群落的结构，不仅要适应其生态环境，更必须适应生产的外部经济环境。这是这类人工控制的生态经济系统的共性^[1]。从这一点来看，东山果园生态系统的结构与其当前的功能目标之间仍不够协调，主要表现在：

- (1) 种类构成和布局上小农生产特征明显，过分分散和杂乱，不利于现代化的管理。
- (2) 现有各种果品的产量与当前市场需求不对路，导致经济效益上不去。
- (3) 优良的传统生产方式如施有机肥，和群落结构模式如果豆间作等在不同程度上被放弃，普及率降低。
- (4) 主产果品柑桔的更新不力，传统品种果形小、味酸的缺点严重影响其市场竞争力。

果园生态系统的种种缺陷的主要原因是系统人工辅助投入还不够。控制管理水平还不高，这也是国内许多同类生态系统的共同问题和急待提高的一个方面^[6]。从目前市场经济的发展趋势来看，象东山这种经济较发达地区的农业必然要进一步紧扣市场，集约经营，加强专业化生产的分化和集中，走向现代化的管理。所以，基于前面所作的分析，笔者对东山果园生态系统的优化设计提出以下建议：

4.1 调整发展目标和重点

综合果园这一控制系统的生态目标和经济目标，选择4个指标来分析目前这里各种果品的发展潜力或优势，以科学地指导这一调整过程。这4个因子分别是：

- X_1 : 产投比 反映某种果品在生产技术上和本身的丰产性上可以挖掘的潜力；
- X_2 : 土地产出率 即每公顷产值，反映果树目前的丰产性和市场效益；
- X_3 : 生产的稳定性 反映该种果品对当地生态环境的适应性和对环境波动的敏感性；
- X_4 : 投产年限 反映这一特性对经济效益进而对选择行为的影响。

现以东山全镇近5年(1986—1990)的统计资料制成表6。

其中 $x_1 = X_1$, $x_2 = X_2$, $x_3 = 1 - X_3$, $x_4 = 1/X_4$

计算步骤：

$$\text{①初值化: } x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\min x_i} \quad (\text{其中 } x'_{\min} = 1)$$

i 是因子序, j 是种类序。

②确定权数 η_i : 根据笔者在当地请有经验的果农、农技员和农业公司经理分别评分，求其平均值得到：

$$\eta_2 = 1.0, \eta_1 = 0.89, \eta_4 = 0.78, \eta_3 = 0.69$$

$$\text{③求优势度: } W_j = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 x'_{ij} \cdot \eta_i$$

计算结果列入表7。

表 6 各种果品优势因子分析表

Table 6 The factor-analysis of superiority of different kinds of fruit

种名 Species	X_1	X_2	X_3	X_4
梅子 <i>Prunus mume</i>	10.76	1042.52	0.801	0.250
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	6.49	615.94	0.708	0.125
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	6.48	729.46	0.411	0.200
桃 <i>Prunus persica</i>	12.48	255.59	0.488	0.333
栗子 <i>Castanea mollissima</i>	17.79	942.87	0.917	0.100
枣 <i>Ziziphus inermis</i>	9.88	843.44	0.829	0.067
杂果 Others	9.85	802.97	0.422	0.067
白果 <i>Ginkgo biloba</i>	10.51	5698.61	0.667	0.100
柑桔 <i>Citrus spp.</i>	2.67	1133.05	0.406	0.250

表 7 东山各种果品的优势排序

Table 7 The orderation of superiority of different kinds of fruit in Dongshan

种名 Species	W_j	排序 Rank
白果 <i>Ginkgo biloba</i>	28.10	1
栗子 <i>Castanea mollissima</i>	12.35	2
梅子 <i>Prunus mume</i>	11.95	3
桃 <i>Prunus persica</i>	9.89	4
柑桔 <i>Citrus spp.</i>	8.94	5
枣 <i>Ziziphus inermis</i>	8.78	6
杨梅 <i>Myrica rubra</i>	8.05	7
杂果 Others	7.92	8
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i>	7.24	9

表 7 表明, 落叶果树白果、板栗、梅子在东山最具发展潜力。其主要优势在于产投比低, 单价高, 这与近年来国际国内市场上白果、梅子和板栗以及它们的加工产品畅销是分不开的, 所以应优先扩大生产规模。桃子在实际生产中由于当地品种的质量问题以及市场竞争, 单价过低, 一时难以抬头。柑桔也存在类似问题, 这两种都应该集中力量引进新品种, 改善市场占有能力。如应积极引进推广适生优质的温州蜜柑品种。这两种在生产规模上不易进一步扩大。杨梅、枇杷都因下果期集中, 又不耐贮运, 加上生产不稳, 所以难以扩大需求, 价格偏低, 但是市场这一方面仍有潜力可挖。因此必须从贮藏、运输和加工方面开始找出路, 在目前市场占有能力和生产管理水平上不宜先扩大生产。枣子和其它杂果在东山本属小宗, 发展潜力不大。

4.2 群落结构的优化

首先根据地貌差异把东山的果园分成坡地果园和平原果园两类, 后者主要是山坡谷和湖滨平原上的果园。

4.2.1 坡地果园的优化

(1)平整梯地, 规则分布, 减少水土流失; 以自然村为单位发展机械化的统一管理, 尤其是灌溉设施, 以减轻主要由冬季的风冻和夏季干旱所造成的减产。这一点在地势愈高, 坡度愈大的地方愈重要。

(2)逐渐改变果树过分混杂的布局, 使果树分布的垂直分异清晰化。这样既满足不同种果树生态适应性的差异, 又不损害整个系统的稳定性, 而便于对群落结构进行统一的规划设计和实行机械化的统一管理。提高劳动生产率的同时也能保证土地资源的利用率。

(3) 坚持普及一些科学的传统群落结构模式。如果、茶间作，果、豆科植物间作（包括花生、豆类以及豆科牧草如紫云英、蓝花豌豆、印度豇豆等），果、蔬菜间作，以及与其它经济作物如金针菜、药材等间作；还有采用“置换结构”，以短养长，以粗养精。如在坡地外缘或新开荒的坡地上，用豆科灌木如胡枝子、紫穗槐等与果苗间作，成排布置，一年刈割几次，既保水土又养地。还可以收获其枝条树叶作为薪柴和饲料，可谓一举多得。在郁闭的果林下可以种植耐荫的药用植物，或利用林下空间生产食用菌。

4.2.2 平原果园需要注意的几点

(1) 建设好沟渠排灌体系，形成沟垄相间的微地形组合。这一地区地势低平，雨季太湖涨水容易抬升地下水位，造成对果树根系的渍害。

(2) 建造高质量的防风林体系。由于东山西北面临宽广的西太湖，东北方地势低平，冬季寒潮大风往往加剧冻害，防风林网的建设则可以大大减轻风冻之害。当地适宜的防风林树种有樟树、女贞、水杉、法国冬青等。

4.2.3 配合果业，大力发展草食性和杂食性的家畜家禽饲养业。花果业与畜牧业联系密切，而在东山人多地少，粮食生产不足，因此应大力发展草食性的羊、兔和杂食性的、饲料转化率高的家禽饲养，充分利用果园的副产资源，保证为果业提供更多的有机肥改善整个系统的物质能量转化利用效率，提高系统的还原功能，在部分外来饲料的帮助下，建立“果树—羊、禽、猪”的食物链结构。

参 考 文 献

- 1 陈述彭，左大康等。太湖东西洞庭山果区的自然条件。地理学资料，第二期。北京：科学出版社，1958：2—23
- 2 陆玉麒。吴县农业生产结构调整及其合理化过程。地理文集。中国科学院南京地理研究所，1984；11：35—43
- 3 周纪伦。城乡生态经济系统。北京：中国环境科学出版社，1989
- 4 过维钧，华允麻。农村生态经济理论与实践——太湖地区部分城乡发展类型的模式。北京：中国科学技术出版社，1990
- 5 马世骏，李松华。中国的农业生态工程。北京：科学出版社，1987

THE ANALYSIS OF DONGSHAN ORCHARD ECOSYSTEM AND OPTIMIZING DESIGN

Shen Zehao

(Wuhan Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074)

Abstract This article studied the adapting characters of Dongshan orchard ecosystem, as a human controlled ecosystem, to its ecological environment and economical environment through the analysis of the structure and function of the ecosystem. The results are: The design of the spatial pattern and community structure of Dongshan orchard ecosystem are quite coincided with the laws of ecology; But the area ratio of different species don't make enough use of the natural environment and fruit market. At last, suggestion are given on the optimizing of the area ratio of different species, spatial pattern, community structure and outer relationship of orchard ecosystem.

Key words Dongshan, Orchard, Ecosystem analysis, Optimize