

农业生态系统

资料选编

(第二辑)

华南农学院科技情报室编

918

一九八二年十月

目 录

研究动态

农田生态系统

广东省珠江三角洲水网地带农田生态系统的调查分析……………吴灼年等(1)

新会县礼乐公社礼东围综合整治改变农田生态条件的综合报告……刘树基等(7)

农业生态系统

珠江三角洲农业生态演替特点与农业资源生产潜力……………薛德榕(12)

高要县广利公社农业资源调查及改善其农业生态系统机能的意见…陈迭云等(21)

土壤生态系统

论土壤生态与土壤物质变化、形态构造及利用改良的关系……………陆发熹(30)

森林生态系统

森林生态系统在维护陆地生态平衡的作用——兼谈广东省生态平衡

失调问题……………曾天勳(47)

译 著

生态力能学：生态系统中的能流……………Benton等(56)

农作物生态系统的害虫治理模型……………Shoemaker(74)

印度农业生态系统的分析……………Mitchell(94)

银合欢——建议需要研究的课题……………NAS (132)

从生态学角度看畜牧业的个体与群体……………吉田重治 (137)

自动调节……………Remmert (141)

* 本辑简图由李心光绘制

广东省珠江三角洲水网地带农田

生态系统的调查分析

吴灼年 黄 湛 吴炎龙

“七山一水二分田”是广东的地理结构特点，山地占着较大比重，山地的生产潜力很大，这是需要重视的。但是对农业生产起关键作用的“一水二分田”，也还有很大潜力可挖，在珠江三角洲水网地带更应重视水资源的利用。生产的经验表明，采用农牧渔结合的系统结构是促进珠江三角洲水网地带农业生产的有效途径之一。广东过去在这方面的研究较少。为了适应农业生产发展需要，我们先后对广东省中山、斗门、顺德、三水、高要等县进行了调查分析。

一、基 本 情 况

珠江三角洲地处北回归线以南，南临南海，属亚热带海洋季风气候。太阳辐射111千卡/cm²·年，日照时数1927小时/年，年平均气温21.8℃，年雨量1685m.m.。气候条件的主要特点是热量资源丰富，水分充足，但分布不均匀，早春和晚秋有低温，仲夏有强风暴雨等自然灾害，近海受台风的侵袭尤甚。

这个地区属河流冲积平原，土层深厚，土质肥沃，河道纵横交错，经过多年水利建设，洪、咸两患已基本得到控制。但内涝和地下水位较高，仍是妨碍当地农业生产的重要因素。据调查，有部分地区的农田处于海平面30~60cm以下。其次，由于平原地区燃料缺乏，多数稿秆用作燃料，仅留少量回田作为肥料。还由于高温多雨，土壤中有机质分解快，流失多，积累少。

这个地区是广东省稻、蔗、菓蔬、塘鱼、蚕桑等的主要产区，是重要的商品粮基地，也是主要的农村产品出口基地，素享“鱼米之乡”的盛名，粮食产量约占广东粮食总产的三分之一，提供的商品粮几乎占全省的一半；蔗糖生产占全省的55%，占全国（台湾省除外）的25%；鱼塘的面积和总产，单就其中的佛山地区来说，就占全省的60%，几乎揽括了全省的塘鱼出口任务；蚕茧产量占全省的96%以上，蚕茧单产居全国首位。这里毗邻港澳，水陆交通方便，具有发展外贸的优越条件。但由于过去片面强调粮食生产，加之政策多变，于是农业生产出现比例失调，结构单一，生态平衡被破坏的不稳定局面。当前，在农业现代化建设中，如何建立合理的农业生态系统，合理地利用和保护自然资源，已成为当务之急。

二、珠江三角洲水网地带的两种农田生产结构形式

1. 基水区生产结构——桑基鱼塘

珠江三角洲的冲积平原,河网纵横,地势低洼,水域面积大。在此种自然条件下,当地群众早于400多年前就创造了桑基鱼塘的生产结构形式,即把低洼的地方挖深成塘,进行养鱼,挖出的泥土填高塘边土地,成为塘基,利用塘基种植各种经济作物,如:桑、蔗、菓菜等,基与塘所占面积比例,一般为6.4:3.6左右,蚕桑业是集约生产、需劳动力较多,经济收益大,适应人口密集的一种生产方式,蚕沙(蚕粪和养蚕残渣物总称)是鱼的优质饲料,用蚕沙养鱼,鱼长得快。经过鱼利用后的残余物质沉积于塘底,积聚在塘泥中,塘泥可就近肥地种桑、蔗、菓菜等,形成一个以桑鱼为中心的循环生产系统。顺德县是久负盛名的桑基鱼塘地区,该县在广东能成为一个作物高产稳产,群众经济效益较高的县份,跟桑基鱼塘农田生态系统的合理结构有极为密切的关系。但顺德县的桑基鱼塘毕竟是在特定的自然、社会条件下形成的一种生产结构形式,显然这种经验有一定局限性。但是这种生态系统的物质循环和能量转化的规律和原理,则有着更为广泛的应用意义和参考价值,很值得深入探讨。

2. 沙围田区生产结构——农牧渔结合

珠江三角洲占比例最大的是沙围田地区。目前广大沙围田区是以水稻为主的粮产区。据调查,水体面积占耕地面积77.93(围田区)~79.45%(沙田区),甘蔗面积占8.21(围田区)~10.58%(沙田区),蚕桑业生产甚少,鱼塘面积也远比基水区少,平均每100亩耕地中鱼塘所占面积,围田区为6.71亩,沙田区为2.27亩。沙田区的地势最低,但塘的面积最少,很多低洼地,由于长期积水或地下水位过高,作物生长不好,产量长期上不去,这是农田需要整治的存在问题之一。

近几年来,随着农业结构的调整,一些县如中山、斗门、三水、高要、番禺等,在水网地带运用基水区经验整治农田,对促进生产的效果很显著。如中山县小榄公社益隆七队,有耕地、鱼塘合计面积662亩,从1980年的生产结构来看(见表1),该队是以水稻为主的粮产区,水稻面积占农田总面积77.72%,鱼塘面积占21.92%,远比顺德县

表1 中山县小榄公社益隆七队农渔生产结构情况(1980年)

项 目	水稻	甘茨	甘蔗	果树	蔬菜	其他作物	鱼 塘
面 积(亩)	422	6	22	17	60	16	119
占农田总面积(%)	77.72	1.10	4.05	3.13	11.05	2.95	21.92

桑基鱼塘区少,该队也没有种桑养蚕,但在塘边建猪舍,大力发展畜牧业,全队共养猪484头,平均每亩鱼塘有猪4.0头,利用猪粪尿水养鱼,构成一个农牧渔相结合的农田生态系统。少粮促猪,以猪促鱼,塘泥肥田促稻。这种农牧渔结合的农田生态系统对于

提高经济收益的效果甚为显著。该队1980年每人平均收入达431.5元，以猪、鱼、稻的收入最大，三项合占总收入的86.17%（见表2）。在没有工付业基础、主要靠农牧渔生产的收入，平均每人收入达到431.5元的水平，就是一个应当重视的经验。

表2 中山县小榄公社益隆七队经济收入情况（1980年）

项 目	水稻	甘蔗	蔬菜	鱼	猪	其它	合计
收入数（万元）	8.02	2.71	4.02	12.94	9.00	2.64	3933
占总收入（%）	20.39	6.89	10.22	32.90	22.83	6.71	

斗门县不少粮产区近几年来亦采用农牧渔结合的系统结构，同样收到增产增收的显著效果。如六乡公社良潭大队有稻田1558亩，但地势低洼，不少田面低于珠江水位标高的0.3~0.6m。过去每年受淹失收的稻田面积占三分之一，1975年两季水稻亩产仅866.4斤，近几年来逐步把河涌和低洼积水地整治成鱼塘，至1980年鱼塘面积由原来52亩扩至130亩，又相应提高了田面，改变了农田生境，五年间生产发生巨大变化（见表3），人平均收入从101元增加到370.5元。

表3 斗门县六乡公社良潭大队整治田塘前后的生产变化情况

项 目	水稻产量 (斤/亩)	甘蔗产量 (吨/亩)	塘鱼产量 (斤/亩)	养 猪 数 (头)	电排成本 (元)	人 平 均 年 收入(元)
1975年	866.4	1.9	252	160	11,000	101
1980年	1274	7.2	538	585	3163	370.5
前后对比增减	+407.6	+5.3	+268	+425	-7837	+269.5

整治田塘虽然需要投资，因工程大小不同，每亩须付出成本100~800元。但由于整治带来粮蔗猪鱼的全面发展，减少了电动排灌的开支，仅两年的增收已抵偿了工程的投资。

三、农牧渔结合的农田生态系统的结构特点

农牧渔结合的农田生态系统在促进水网地带生产的效果，如前所述是十分显著的。这种系统的结构特点，可归纳如下：

1. 改善农田环境条件，提高农田生态系统的初级生产力

珠江三角洲水热资源丰富，土壤肥沃，自然条件十分优越。解放后，水利经过多年整治，建坝筑堤，架设电动排灌，洪咸两患已基本得到控制。但内涝和地下水位普遍偏高，仍是发挥生产潜力的重要限制因子。大部分农田的地下水位离地面不及30cm，或甚至高过田面。由于地下水位偏高，作物根系生长发育不良，产量上不去。经过农田整

治，挖塘并垫高田面以后，改善农田生境，提供水旱轮作的条件，就适宜于各种作物生长，特别是甘蔗、豆科等作物的生产，从而提高农田生态系统的初级生产力。因此，生态环境的改善，化水患为水利，是带动当地生产全面发展的关键一环。

2. 提高第一次生产的产品利用率

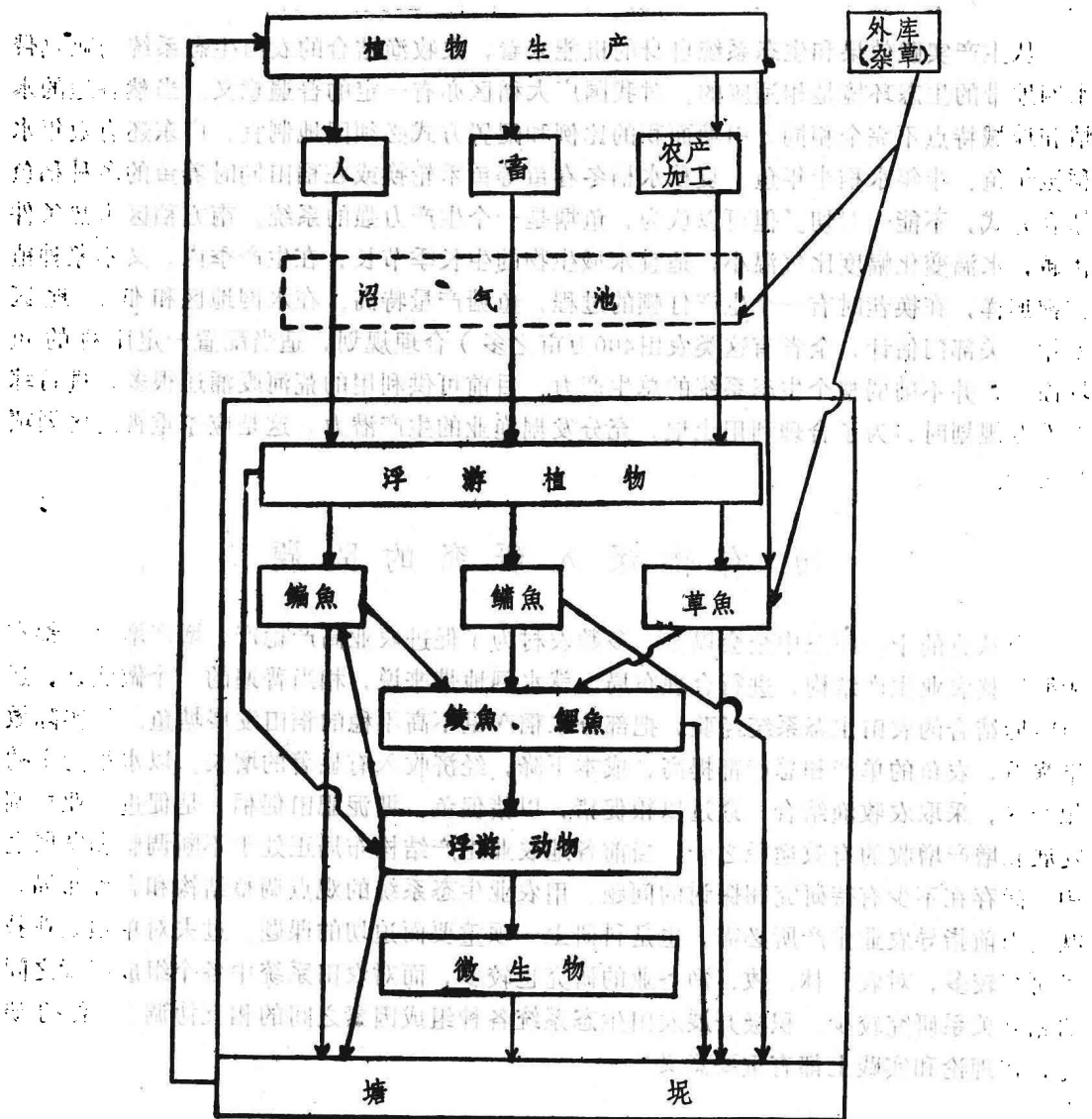
农作物的经济产量一般只占生物总产量的一半以下。就水稻来说，直接可供人畜食用的产品只占总生物产量的30—40%，绝大部分是人类不能直接食用的副产品。因此充分利用农副产品喂鱼和饲养家畜，就可以大大提高第一次生产的产品利用率。农牧渔结合的农田生态系统就是一种好的途径。因为能直接供人畜食用的农产品经过人畜利用之后，其排泄物可供鱼类再利用，人畜不能直接食用的农副产品如稻秆、蔗叶、作物的残枝落叶等也是鱼类的饲料，甚至田间的杂草亦是鱼类的良好饲料。农牧鱼结合起来，农产品就没有不可利用的废物了。另一方面，鱼塘又是一个很活跃的亚系统。鱼的饲料在塘中有多种利用途径，除了供鱼直接利用之外，还可培植塘中的浮游生物，而这些浮游生物又是鱼类的优质饲料。

农牧渔生态系统的物质循环，可用模式表示（见附图）。这种系统的农产品不仅有多种利用途径，而且营养级的层次多，食物链长，从农产品到人畜、浮游生物和多种鱼类，有四五个营养级，所以第一次生产形成的能量和物质得到充分转化利用。值得重视的是在鱼塘中还有浮游生物参与物质循环过程，它们既是生态系统能流和物流的一个链节，起着消费者的作用，而其中的藻类能直接利用光能生产有机物质，又是光合效率很高的生产者，而且蛋白质含量高，营养价值高，藻类的生命周期短，繁殖速度快，总的生产量也是高的。从质和量方面看，藻类属于一种生产力高的生产者。从能量的转化效率看，水体生物和鱼类是凉血动物，热血动物的呼吸，能量消耗率达75%以上，而凉血动物只消耗20~30%。由此可见，鱼塘是最节约能量的生态系统。若是把农副产品先喂牲畜，然后发酵沼气，再利用其废液残渣作鱼的饲料，这并不影响其利用价值，通常10斤干物质可生产1 m³沼气，其能量可足够五口之家一日煮三顿饭和照明之需，这是十分值得重视并认真利用的生物能源。

3. 增强生态系统的稳定性

结构复杂，营养级层次多，生物链长是生态系统稳定性强的基础。农产品具有人、畜、鱼多种利用途径，就能增强对自然灾害的缓冲能力。例如益隆七队是为鱼饲而生产小麦的，广东小麦成熟期多是阴雨天气，是产量不高不稳的大障碍，但发芽麦粒同样可作鱼饲，并不致引起灾害性损失。

田塘结合对地面迳流和抗旱能力有一定的调节作用。在亚热带高温暴雨多的地区，通过鱼塘集水集肥，还可以减少养分和有机质流失。其次塘泥是优质复合肥，有利于作物的高产稳产。作物生长较健壮，其抗逆力就增强。实践证明，相同的水稻品种，在这类地区抗白叶枯病的能力就增强。至于田塘结合对田间小气候的影响如何，有待研究和测定。但不论强风、暴雨和低温，都要通过水而后影响鱼的生产，鱼塘的生态环境较稳定，也是一种较易于人工控制的系统，则是无可置疑的。



农牧鱼结合的生态系统物质循环示意图

4. 加强生态系统的物质循环

鱼塘除了能较充分地利用第一次生产的物质之外，还可把农产品所含的矿质养分集中起来，然后通过塘泥归还给农田，供作物再利用，周而复始。纵使把全部农作物的经济产品输出系统之外，也保持相当多的物质元素返回到循环系统之中。农业生态系统是开放性的，但田塘结合的系统却具有相当程度的封闭。工农结合以及农产品综合利用是

农业现代化发展的必然趋势，鱼塘是利用和贮积农畜产品加工业残渣废液的有效途径之一。

从生产实践效果和生态系统自身的机能来看，农牧渔结合的农田生态系统与亚热带水网地带的生态环境是相适应的。对我国广大稻区亦有一定的普遍意义。当然各地的水情和地域特点不完全相同，田塘面积的比例和配置方式必须因地制宜，广东还有数年水稻数年鱼、半年水稻半年鱼、夏秋水稻冬春鱼等鱼禾轮换或在稻田同时养鱼的多种稻鱼结合方式，不能一刀切。但可以认为，鱼塘是一个生产力强的系统。南方稻区水热条件优越，水温变化幅度比气温小，适宜水域生物的生长季节长，在生产季内，又不象种植作物那样，在换茬时有一个生产停顿的过程，鱼塘产量特高。在水网地区和低产地区（据有关部门估计，全省有这类农田400万亩之多）合理规划，适当配置一定比例的水塘面积，并不削弱整个生态系统的总生产力。目前可供利用的荒河废涌还很多，进行综合农业规划时，为了合理利用土地，充分发掘渔业的生产潜力，这是应予重视的区划项目之一。

四、有待深入研究的問題

自从党的十一届三中全会以来，多数农村为了促进农业高产稳产，增产增收，都在相继调整农业生产结构，进行合理布局。就水网地带来说，相当普遍的一个做法是，运用田塘结合的农田生态系统经验，把部分水稻产量不高不稳的稻田发展塘鱼。从实际效果来看，农鱼的单产和总产都提高，成本下降，经济收入有显著的增长。以水稻为主的粮产区，采取农牧渔结合，通过以粮促猪，以猪促鱼，塘泥肥田促稻，是促进各业协调发展和增产增收的有效途径之一。当前各地农业生产结构布局正处于不断调整和发展之中，尚存在不少有待研究和探讨的问题。用农业生态系统的观点调整结构和合理布局，既是当前指导农业生产所必需，也是科研上一项重要而迫切的课题。过去对单项农业技术研究较多，对农、林、牧、渔各业的研究也较多，而对农田系统中各个组成因素之间的相互关系研究较少。积极开展农田生态系统各种组成因素之间的相互协调关系的研究，在理论和实践上都有重要意义。

新会县礼乐公社礼东围综合整治改变 农田生态条件的总结报告

新会县礼乐公社管理委员会

新会县科学技术委员会

刘树基 池鉅庆 何铭伟

礼东围是新会县礼乐公社东部、在江门市南面约六、七公里处，属珠江三角洲水网平原的沙围田地区，约有二万一千亩耕地。解放前水灾频繁，每当洪水或暴潮到来，加上台风袭击，洪水横流，汪洋一片。农田被浸，农业失收，人民生活非常困苦。

1949年解放后，经过修建外堤大围，防潮防洪，修筑小围，整治排灌系统，修筑道路，平整土地，改良土壤以及造林绿化等综合治理，使礼东围出现了新的农田生态状况，全围耕地方格化，田面平坦，排灌便利，农田林网化，交通运输方便，旱涝保收，特别在1975年以后，产量显著增加，如向荣大队的水稻1975年亩产1002斤，1980年则为1297斤；甘蔗1975年亩产8611斤，1980年为13000斤，人民生活大大改善。

为了研究珠江三角洲沙围田的综合整治，改善农田生态系统的有效措施，我们在省科委领导下，于1978年在礼东围向东大队建立了试验站，进行科学实验。为了进一步深入开展有关农田生态系统的研究，特于今年8月间总结了礼东围综合整治的经验，现将总结报告如下：

一、解放前礼东围的农田生态条件

（一）常有暴雨和台风袭击

礼东围约位于东经113度1分，北纬22度5分，属亚热带气候。

礼东围气候温暖，雨量充沛，年平均气温约21℃，一年中最高约36℃，最低时不到1℃；年平均降雨量约1800mm，最大约2800mm，最小约1100mm；年平均蒸发量约1300mm，最大约1500mm，最小约1100mm。礼东围地区雨量虽然丰富，但分配极不均匀，常有暴雨，多集中于汛期，一天24小时的降雨量可达200mm，以致洪水泛滥。由于礼东围靠近沿海，常受台风袭击，灾害频繁，农业生产极不稳定。

（二）地势低洼，内涝渍水

礼东围地势低洼，自东向西倾斜，高低相差一米，一般田面高程，在-0.4—+0.6之间，外河水位常高于田面，每当洪水暴潮到来，汪洋一片，淹没农田，当洪水退后，则因地势太低，渍水难排。

（三）田块高低不平，河涌道路、弯曲凌乱。

礼东围自从筑围成田以后，没有进行系统的整治，保存着原始状态，小围面积大小不当，田面高低不平，用作排灌的河涌，宽窄深浅不一，迂迴曲折，流速缓慢，排灌极不便利，道路弯曲，运输困难，因而障碍了土壤水分的迅速循环和物质转化，限制了农业生产的发展。

（四）土壤环境恶劣，生产力低下

礼东围的土壤是由珠江冲积物形成的，土层深厚，质地粘重，氮、磷、钾养分含量比较丰富，但因地下水位高，田面经常处于淹水状态，以致土壤中水多气少，热力条件差，土壤养分转化比较慢，土壤潜在肥力不能发挥作用，甚至因水分过多的限制，只能种植单季稻或插植挣蒿（即双季稻套作），作物单一化，常年亩产稻谷二、三百斤。

（五）农业生产没有保障，人民生活困难

礼东围的农户仅有四千多人，属人少田多地区，土壤资源比较丰富，但因农田生态条件恶劣，不但水稻生产不稳定，而且经济收入很少，生活非常困苦。

由此可见，解放前，礼东围的农田生态条件障碍农业生产发展的主要因素是水害。其次是农田高低不平，田块凌乱，缺乏排灌系统，渍水内涝。再次是经常有台风袭击，以致减产。因此，为了发展农业生产，必须改变旧有的农田生态条件，建立新的农田生态系统，加速土壤水分循环和物质转化，以利于农、林、牧、付、渔全面发展。

二、现在礼东围的农田生态条件

礼东围经过多年来连续的综合整治，农田生态条件起了根本变化，现将目前的状况略述如下：

（一）建立了牢固的堤围和合理的排灌系统，实现了速排速灌，旱涝保收。如1981年6月31日至7月1日连续两天暴雨达360mm，三天便排清，水稻、甘蔗等作物安全无恙，若在过去没有澈底整治的时候，最少浸渍15天，必然是水稻失收。

（二）田块平整，水陆交通方便，出现了园田化的景象。在整治排灌系统的基础上，平整田面，削高填低，河涌道路截弯取直，建成河直、沟直、路直、基直、田块方格化的园田景象。水陆交通便利，大大提高了劳动生产效率。

（三）降底地下水位，增施肥料，改良了土壤。由于改善了渍水状况，加强了土壤氧化过程，土壤条件大大改善，现在大多数土壤已脱离潜育化过程，转向潜育化（氧化—还原交替进行）过程发展。如向东大队和向荣大队，大部分的土壤潜育层出现在75厘米以下，适合水旱轮作，最主要的土壤类型有泥田和泥骨田，其次是泥肉田。土壤养分含量属中上水平。如土壤有机质含量多为2.17—3.57%；全氮量多为0.10—0.192%；全磷量多为0.135—0.167%；含钾量多为2.51—3.32%，耕层pH值多为7.0—7.5。

（四）农田林带青绿交织成网。在整治水利，修筑堤围的基础上，在围基、路旁、沟边、基边大力植树造林，现已林带青绿，交织成网，既能抗御台风和寒露风，又能增加

经济收入。1957年在外河围堤上种植的水松、蒲葵和荔枝等经济林木，至1965年就达到年收入“一步三元”的效果（即约一步长的围堤平均有三元收入）。1975年冬掀成的主干河堤6公里，从1976年开始造林绿化，间种大豆、番石榴、蒲葵、生羌、大蕉、番薯等，至1980年，光是番石榴、大蕉、生羌和蒲葵的全年收入便有18700元，平均每米长的河堤两边收入3.1元。台风过后，有防风林保护的水稻落粒少，甘蔗倒伏也少。

（五）水旱轮作，发展多种经营，改善人民生活。在综合整治、降低地下水位，改良土壤的基础上，合理利用土壤，调整作物布局，除水稻为主外，增加甘蔗、花生、豆类、柑桔等种植面积，全面实行水稻—甘蔗—花生轮作，培肥土壤，增加产量。如向荣大队，1975年花生只有40亩，种在较高的地方，亩产量200斤。1980年则有130亩，亩产310斤。豆类1975年没有种植，1980年有68亩。柑桔1975年没有种植，1976年种植38亩，1980年每亩柑桔收入便有4293斤，折价为2453元。由于经济作物的发展，社员经济收入不断提高。1975年社员平均每年每人收入为111.70元，1980年则为285元，增建了许多新房，人民生活大大改善，礼东围的人民骄傲地说：综合整治，改善农田生态条件，效果辉煌。

三、综合整治礼东围的主要经验

（一）全面规划，综合治理

根据礼东围农田生态条件的特点，抓住障碍农业生产的主要因子，进行全面规划，是实现综合整治的关键。礼东围整治能取得较大的效果，就是在整治之前摸清了情况，把联围筑闸，修筑大堤，抗御自然灾害。围内整治，开河挖渠，修筑排灌系统，改良土壤，河涌道路，交通运输，植树造林以及村庄建设等加以全面考虑，作出全面规划，分期分批地采取综合措施，从而避免了许多不必要的矛盾，如小围之间排灌系统的矛盾，河涌道路的矛盾，植树造林的矛盾以及村庄建设的矛盾等等都能得到协调的解决。

（二）彻底整治水害

礼东围能否得到整治，建立有利于发展生产的农田生态条件，首先的问题是彻底驯服水害。因此狠抓水利建设，在整治水利的过程中分先后二个时期。

第一个时期是从1950年至1974年，解决了防御洪潮威胁和严重涝渍的问题。主要措施是联围筑闸，修筑了牢固的礼东围外堤大围，达到了10级台风加暴潮不崩堤的标准。陆续兴建了总装机容量为1153瓩的30个电动排灌站，以及建成了4孔1.8米×1.8米，全长147米的倒虹吸管自流排涝，基本上能排除暴雨渍水，从而大大改善了农田生态条件，农业生产基本上有了保障，水稻年亩产量达900斤左右，建设了许多砖瓦房，居住条件大大改善，人民生活显著好转。

第二个时期从1975年至1977年，继续进行围内整治，降低地下水位，彻底清除水害。

前一时期的水利建设虽然取得了很大的成果，但仍然存在不少问题，主要是围内排水不畅，排渍系统布局不合理，旧河涌错综杂乱，弯曲迂迴，田块高低不平，小围面积大小不当。地下水位过高，围内经常渍水，无法速排速灌，因而进一步整治水利，在全面规划的指导下，彻底整治围内排灌系统，干、支、斗、毛四级渠道，采用“丰”字式布局。干、支两级是大“丰”字，是全围的骨架，斗、毛两级为小“丰”字，是一个小围内的渠道设置。根据礼东围东边高，西边低的特点，掀挖主干河，贯通南北，把东西两边分开，全长6公里，宽14米，深2.5米，是围内排灌系统的骨干。以主干河为中心，向东西两边展开的支河，每隔330米一条，总长48公里，在支河之间330M宽的田块内，每250至300亩间一个小围，每一个小围建一个固定的排灌两用的低扬程泵站，共分成68个小围，建成68个泵站。经过这样整治，增加了耕地面积，从原有1.93万亩，增至2.15万亩，即增加了10.4%。降低了地下水位，增加了排灌速度，一般情况下不受涝，生产有了根本的保障。同时还建成了长109.4米，宽7.0米的礼东大桥，沟通了礼东围和礼西围的陆路交通要道。

（三）整理围内田块，实现园田化

在整治水利的后期，同时整理围内田块，将礼东大围分为68个小围，小围内分若干田块，每块田的面积约8市亩，长约210米，宽为25米，比较适宜机耕和田间管理。排灌分渠，在排灌渠设置的基础上进行平整土地，削高填低，实现河直、沟直、路直、基直的田面平整方格化。因而，大大提高了排灌速度。过去利用潮灌，有些高田灌不上，退潮时则排水缓慢，现在全围基本上能够灌水，退潮时能迅速排清。

（四）造林绿化，改善田间小气候，增加经济效益。

在整治水利系统的基础上，充分利用堤围，植树造林，首先在45公里长的外河围堤开始造林，从1957年开始在围堤的水旁种上防风固堤的水松。堤面则种植收益快，经济价值高的蒲葵、荔枝等果木。种植初期还间种豆类，番薯等短期作物，以短养长增加收益。经过几年后，不但起到围堤防风的作用，而且经济效益非常显著，到1965年达到年收入“一步三元”的经济效果。

1975年主干河掀成后，进一步实行四旁绿化，分公社、大队和生产队三级种植和管理，主干河两边堤基除留三米作为交通公路外，河边路旁由公社统一规划，公社种植林木以水松、落羽杉为主，间种蒲葵、荔枝、番石榴、香蕉和大蕉等等。种树初期，间种蕉芋、黄羌、豆类、番薯等短期农作物，长短结合，高矮结合、阳阴结合，经济林和用材林相结合，种植短期作物和护林相结合，互相促进。由于堤基水肥充足，林木果树生长迅速，早已绿树成阴，果实累累。1980年仅大蕉收入便有15000元。1976年种植的落羽杉已高达11米，胸径15—20厘米，已有明显防风、保护农田的作用。

支河两边堤基统一规划由大队种植，在水边主要是种植竹子、荔枝、番石榴、大红柿等等。小围内的基路由生产队规划种植，主要种植番石榴、香蕉、大蕉以及间种短期农作物，如大豆、生羌、芋头、芝麻、黄麻、番薯、木瓜等等。围成小排灌沟边的利用方式多种多样，有的一边种黄麻、一边种大豆、沟内插水稻；有的则一边种蕉一边种甘蔗，

充分利用。据五四大队的经验，田基种植白荷花豆，生长好的，每一丈长便有几元收入。

由于充分利用围堤、田基、沟边的土壤，造林绿化，种植作物，不但直接增加经济效益，而且形成了林网化，对防御台风和寒露风有很大的作用，保证了作物稳产高产。如1979年新会县受到寒露风的袭击后，在有竹子林带保护的水稻千粒重为22克，而对照区的水稻千粒重仅为21.1克。

（五）降低地下水位，改良土壤，发展经济作物，修筑堤围，整理围内田块之后，合理排灌，加强排水作用，降低地下水位，使土壤脱离潜育化过程，转向良水型方向发展，大大加强土壤氧化过程。1979年在向东大队进行土壤调查时，挖了四十二个一米深的土坑，绝大部分田块的地下水位都在75厘米以下。1980年在向荣大队进行调查时，挖了几个土坑，地下水位均在75厘米以下。过去因土壤渍水，早造水稻遇上阴雨天，常多发赤现象，现在由于排水良好，土壤通气条件改善，发赤现象大大减少。土壤肥力显著提高，稻谷产量显著增加。由于改善了土壤排水状况，在种植水稻为主的前提下，扩种甘蔗、花生、豆类、柑橘等经济作物，全面实行水旱轮作。

（六）加强科学实验，促进农田生态条件的改善。为了继续研究降低地下水位和水稻高产栽培等的有效措施，省科委组织新会县科委与华南农学院土化系等单位协作，在向东大队设立试验站，从1978年开始进行降低地下水位、水稻高产栽培以及水旱轮作等试验研究。为了摸清土壤情况，于1979年由华南农学院土化系负责调查向东大队的土壤资源，测绘了土壤分布图，编写了土壤调查报告书，经过三年多的科学实验，结果表明：在目前情况下，8丈宽开一条排水沟，沟深60—70厘米是比较简易可行，水稻高产栽培试验取得年亩产2062斤的好收成，对改善珠江三角洲围田地区的农田生态条件，提高作物产量，有一定的参考价值。

珠江三角洲基塘结构生态演替特点 及其农业资源的生产潜力*

薛 德 榕

珠江三角洲地处我国南亚热带，气候温和，雨量充沛，是广东的主要粮食作物区和经济作物区。

珠江三角洲的地理范围有大三角和小三角之分，本文从大三角出发，其范围包括佛山市、江门市、南海、三水、顺德、中山、斗门、新会、高鹤、台山、开平、恩平、惠州市、东莞、博罗、惠阳、番禺、增城、花县、广州近郊、肇庆市、高要、四会、清远以及深圳市和珠海市，共有6市19县1郊区。

珠江三角洲大部分处于西江、北江和东江下游的冲积平原，土地面积约36700平方公里，耕地1540多万亩，其中水田1260多万亩，分别约占全省的32%和33%。本区人口约1620万人，其中农业人口约1230万人。

珠江三角洲的耕地面积虽然只占全省的32%，由于自然条件优越，农作物生长迅速，生产力高，生物量大，因而提供了全省50%左右的商品粮，60%的甘蔗，96%的蚕茧和80%的塘鱼，亚热带水果、外销蔬菜、黄麻均占全省重要地位。因此，珠江三角洲是广东农业经济最发达的地区，其农业的丰歉，同全省经济发展以及人民生活，息息相关。

一、珠江三角洲农业资源的主要特点

珠江三角洲是我国南亚热带的一块大平原，农业自然条件优越，除西部和北部有较多的丘陵山区以外，大部分地区均为冲积平原，地势较低，河网纵横，土壤肥沃（有机质含量约2—3%，全氮0.2%左右），耕地连片，雨量丰沛，日照充足，农作物四季常青。

南方地区，光能条件优越。三角洲一带，年日照时数介于1900—2200小时，年总辐射量为120—130千卡/厘米²。年平均气温介于21—23℃，最热月（七月）平均气温超过28℃，最冷月（一月）平均气温由本区北部的11℃向南部增至15℃。全区大部分无霜或轻霜，霜日不多，霜期甚短，一般只有3—5天。日平均气温超过10℃的连续积温介于7458—7989℃，持续期达310—360天。水稻安全生育期为220—250天，早稻安全播种始期一般为2月29日，寒露风影响始期为10月10日，但也有个别年份提早或推迟。甘蔗生育期为300—340天，榨期常达5个月，鱼塘几乎终年可以养鱼，蔬菜全年可收6—12熟，

* 本文蒙吴灼年教授指导和提出许多宝贵意见，谨此致谢。

热带亚热带水果如香蕉、木瓜、菠萝、荔枝、柑桔、枇杷等，周年有不同种类的果品相继供应。

— 珠江三角洲的年降雨量介于1600—2000毫米，通常自南向北，雨量逐渐增多，主要雨季多在4—9月，对农作物生长尤为有利。

珠江三角洲也有对农业生产造成重大危害的一些灾害性天气。例如，低温阴雨，常对早播早稻造成威胁，导致大面积烂秧，影响水稻生产。初冬寒潮，在强冷空气影响下，突然造成气温下降，常对热带经济作物、冬种作物以及塘鱼生产造成重大危害；1975年12月中旬的寒潮，使三角洲地区的冬种甘薯、香蕉和木瓜大部分冻死，塘鱼冻死也达70—80%。寒露风，是冷空气南下造成的一种秋季冷害；三角洲地区水稻抽穗扬花期多数品种多在10月中旬，这段期间恰好是寒露风的盛发期（三年二遇），因此晚稻生产不稳，最近每隔三年（1975，1978，1981）出现一次大减产，其主要原因是遇上寒露风。珠江三角洲地区暴雨（日雨量超过80毫米）次数多，强度大，在多暴雨区，暴雨量可达年降水量的30%以上。1965年9月27日至30日，恩平连续暴雨4天，总降水量917.6毫米，相当于该地9月份平均降水量的3.1倍，占当地年平均降水量的36%。暴雨往往造成洪涝灾害，特别是沿海低洼地区，对农业生产造成严重威胁。台风是夏秋期间影响三角洲地区最大的灾害性天气，伴随台风而来的狂风暴雨，以及巨浪暴潮对沿海低洼地区更是造成严重灾害。1951年至1980年影响三角洲地区的台风共有104次，平均每年3.5次。1964年共受6次台风袭击，其中3次伴有狂雨暴潮，致使三角洲地区崩堤决口492处，水稻受浸面积634万亩，受灾作物116万亩。秋季台风结合寒露风对晚稻抽穗、扬花、灌浆影响更严重。1975年10月上旬和中旬，曾连续出现两个强台风和一次寒露风，导致晚稻显著减产。

我们既要看到珠江三角洲农业自然资源的优越条件，同时，也必须看到终年不断的重大的灾害性天气，严重地威胁着三角洲地区的农业生产。沿海低洼涝渍地区的劳动人民，在与大自然的长期搏斗中，摸索出一套趋利避害、变害为利的农业生产结构——基塘结构的农田生态系统，从而大幅度地提高单位土地面积的生产效率，提高农业自然资源的生产潜力。

二、生态演替及其主要特点

珠江三角洲大片的冲积平原，是由上游的几条大河流长年累月带来的大量泥沙冲积而成的。来自广西（发源于云贵高原）的西江和来自粤北的北江，在三水附近汇合，流入三角洲平原；来自粤东的东江，流入虎门水域；来自西部的潭江则流入崖门水域。各条江河的河口彼此沟通，形成相互交织的三角洲水网。这样庞大的水网，每年承泄着西江、北江和东江三大河流的总水量约达3200亿立方米，超过黄河流域总水量的6倍。夹带的泥沙每年约达1亿吨，约为黄河的十六分之一。

公元十世纪的唐朝，珠江三角洲已形成大片的冲积平原。历代以来，三角洲不断向南伸延，面积逐年扩大，直至今日，珠江三角洲仍然继续向海面伸展。据东莞、台山、中山、斗门诸县的沿海观测，向海面伸展的滩涂，每年可达120—150米，滩面淤高8—10厘米。于是，在珠江三角洲沿海地区，形成广阔的滩涂资源。据初步调查，目前各河口的海涂资源超过400万亩，其中近期可围垦的滩涂面积大约87万亩。海滩连片而又集中的地方是：蕉门—横门海滩区约有27万亩；磨刀门海滩区将近12万亩；鸡啼门—崖门海滩区大约24万亩；台南沿海约11万亩；东莞—深圳沿海约有10万亩。这些冲积淤高形成的海滩，是珠江三角洲耕地面积进一步扩大的主要资源，也是进行大规模海产养殖的重要基地。此外，沿海一带还有30多万亩处于咸淡交界的地方，深浅适中，靠近河口，浮游生物丰富，适于发展鱼贝类等海水养殖业以及发展紫菜、石花菜、海带等海藻种植业。

珠江三角洲沿海滩涂发展成为农业耕地，是经历一段自然生态和农业生态的演替过程，即所谓鱼游、鹤立、草圃以至围垦等阶段的过程。这个过程既受自然因素的影响，更重要的是受着人类有意识地开发自然、改造自然的人为因素所支配。

1. 自然生态演替

珠江三角洲沿海河口滩涂每年向海伸展120至150米、淤高8—12厘米的冲积速度，使海滩资源面积逐年扩大。滩涂为冲积土，属潮水涨落所及的滨海区，土壤有机质含量丰富，其生态演替，大体可分为三个阶段：

(1) 水陆交替阶段

海滩一带，涨潮时，一片汪洋大海，鱼虾贝壳类、海藻、水草等随海水飘流而来；退潮时，一片海滩稀泥，深达1—2米不等。海生鱼虾能随潮水退走者则退走，不能退走者，则成为海鸟的饲料，或者连同大量的浮游生物，死于海涂之中。至于海藻、水草等耐盐性植物，在退潮后开始定居，初期极其稀疏，随着海潮的涨落周期，这些海生植物的定居，逐渐增多。生态结构简单，随潮水涨落呈周期性水陆交替。

(2) 盐生植物群落阶段

随着海滩泥沙的不断沉积，滩涂高出水面，盐生植物群落(主要为禾本科水生咸草)茂密生长，即使涨潮时受淹，因其生活力和繁殖力强，仍然繁茂生长，一片浓绿。随着滩涂的不断淤高，盐生植物群落生长更加浓密，在其高处也有矮生灌木和其他双子叶植物稀疏定居。但也有一些地段，由于土壤盐分含量高(超过0.7—0.8%)，甚至耐盐性的水草也不能生长。这个地段，潮水来到，一片稀泥，潮水退后，太阳一晒，土面板结，十分坚实，表面还偶有见到白色粉末(盐灰)，这时其含盐量相当高。

(3) 生物群落阶段

淤积的滩涂，不断升高，远离海滩，以至涨潮不被淹浸。这种发育比较成熟的滩涂，在靠海一侧，种植竹林以及其他阔叶树木。原来几乎全是单一的水草群落，已有芦苇和禾本科牧草混生，耐盐性的菟属、蓼属及其他双子叶杂草和矮生小灌木等，均相继生长。田鼠、蚱蜢、青蛙、蚯蚓以及鸟类和其他小动物，均在竹林和草丛中定居。这时，

生态结构比较复杂,开始呈现生物群落阶段。然而,这个阶段的土壤盐分,仍然相当高,有些地段,水草不能生长,或者生长不良。土壤质地粘实坚硬,雨后暴晒,即现龟裂。从滩涂开发利用来看,这个阶段,其发育基本成熟;若不开垦,将会变成“老熟”或“过熟”,反而对工程投资、水利管理以及土壤耕性有不利影响。

2. 农业生态演替

沿海滩涂发育到一定成熟程度之后,便要实行开垦利用。农民往往根据地表植被复盖、土层性质、盐分含量以及水文状况等自然因素,确定开垦利用的先后。围垦太迟,固然有不利影响;围垦太早,同样不利于农业生产及耕作管理。可是,最近二十多年来,沿海滩涂出现不少乱围乱垦、过早围垦的现象,致使围内排灌系统紊乱,串灌漫灌以至酸咸毒水积集,严重影响土壤熟化及其理化性质,对农业生产带来不良后果。通常在合理围垦开发情况下,滩涂资源的农业生态演替也经历三个阶段。

(1) 水草种群为主体阶段

开垦后,土壤理化性质不良,盐分太高(0.4%以上),农作物不能正常生长,于是,适于盐生的水草便成为开垦后的先锋植物。农民种植水草,要适当施肥和管理。一般是在割草后从附近河涌沟渠,喷入稀泥,一方面补充有机质,另一方面是改良盐土质地。水草每亩可收割1000—2000斤,晒干后,编织草席、席包、席袋以及其他用途。水草体内含有一定量盐分,经过若干年种植之后,农田含盐量逐步降低。茂密生长的盐生水草,草高1米左右,每米²200—300条以上。

(2) 农业植物结构阶段

成田的土壤结构及其理化性质得到改良,土壤盐分含量降至0.3%左右,农作物、果蔬、树木、竹林、桑树等均能正常生长。但是围内的农田,由于地下水位太高,一般低于珠江平均水位0.2—0.8米,常年渍涝,须不断电排,农作物方能生长。

四行甘蔗之间,要挖深1米、宽50—70厘米的排水沟,源源不断地排出外渗的地下水、铁锈水、咸酸水,一片蔗地(20—30亩不等)要挖一条支干沟,深1米以上,宽2—3米,流入总干沟,然后用电动抽水机,排于围田以外的江河。虽然排水沟对于降低地下水位和排除种种渍水起着一定的作用,可是在低洼沙田地区,甘蔗和水稻的生长仍然不太正常,产量甚低。长期以来,甘蔗亩产2吨左右,除了半吨蔗种再加上25%成本,纯收入很低。水稻产量也相当低,亩产300斤以下,若遇春旱及病虫害,早稻亩产100来斤,甚至大面积失收,同时,其成本又高,约达60%以上(包括排水电费、化肥、农药等)。低沙农田的甘蔗、水稻以及花生、番薯等作物之所以低产,其关键在于地下水位太高,致使土壤理化性质不良,常呈粘、烂、板、实等现象,通透性能差,酸咸毒类物质多量积集,农作物根群不发达,在滨海低沙地区,常可看到甘蔗根群向土表伸出生长。由于水、肥、气、热等肥力因素不能协调,这是导致农作物低产的主要原因。只有生长于高处的台湾相思、新银合欢、苦楝、竹子、矮灌木以及坚尼草、象草和野生豆科牧草及禾本科牧草等才旺盛生长。

当地农民从生产实践中摸索出一套有关农作物耐盐性程度的经验,认为从水草种群