

亚洲国家对可持续发展水稻灌溉的新认识

许志方,孔祥元

(武汉大学水利水电学院,湖北 武汉 430072)

摘要:对亚洲国家近些年来多次召开的国际水稻会议进行了述评,着重指出水稻灌溉系统的多功能作用,从社会和文化观点、水文循环观点,以及生态和生物观点等三个方面进行了讨论,强调水稻灌溉系统对改善生态和保护环境方面的经济和社会效益巨大,需要对其重新认识和评估,并对投资费用进行合理分摊,最后,对调整我国农业结构,提高稻米质量,加强稻米国际市场竞争力和保护环境等提出若干建议。

关键词:水稻;灌溉系统;多功能作用;亚洲国家

中图分类号:S511.071

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2004)02-0001-04

1 发展水稻灌溉的重要意义

最近几年,日本和韩国对可持续发展水稻灌溉给予很大的关注,从2000年起在日本和韩国连续召开了数次国际会议,包括2003年3月16日至23日在日本京都、滋贺、大阪等城市召开的全球水论坛,讨论的主题是通过发展水稻灌溉,持续发展农业和农村。

“灌溉水稻”主要生长在亚洲季风地区,包括印度、日本、韩国和中国南部,以及美国、澳大利亚和中国西北部建有灌溉系统的干旱地区;“雨养低洼地区的水稻”则利用降雨,生长在泰国、孟加拉等国的多雨地区;“洪水水稻”多生长在柬埔寨、缅甸、孟加拉等国的低洼地和入海口的三角洲;“旱稻”生长在巴西、非洲等地。

稻米是世界上的主要粮食,特别在亚洲起到重要作用,1999年全世界的水稻收获面积为1.57亿 hm^2 ,总产量达到历史最高水平的6.03亿t;亚洲的中国、印度、印度尼西亚、孟加拉、越南、泰国和缅甸是稻米的主要产区,1998~2000年,其总产量占全世界产量的90%,2000年,中国的稻米产量占世界总产量的32%,印度则占22.5%。

然而,近来水稻生产趋势急剧下降,1965~1975年亚洲水稻生产年增长率估计为3.2%,1975~1985年为2.8%,1985~1995年则为1.6%。中国和印度在20世纪80年代中期以后,水稻生产年增长率下降,而孟加拉、缅甸和越南则有较高的增长,日本在

1970年以后,韩国在1990年以后,因水稻种植面积的减少也导致水稻生产下降。

世界和亚洲的平均水稻单产从1961年的1.87 t/hm^2 和1.86 t/hm^2 分别提高到2000年的3.85 t/hm^2 和3.92 t/hm^2 ,几乎增加了1倍多,而在2000年世界小麦的平均产量为2.71 t/hm^2 ,大麦2.31 t/hm^2 ,这说明种植水稻的生产率是种植小麦和大麦生产率的1.4~1.7倍。

亚洲人口占世界人口的61%,而其农业土地仅占世界的36%,这说明亚洲的农业土地有很高的生产率,种植水稻的产量高,成为人们的主要粮食。

目前世界人口已达60亿,到2025年预计将达80亿,粮食生产安全已成为每个国家的紧迫任务。

水是保证农业生产不可缺少的条件,全世界70%的淡水量是用于农业,而在亚洲,水稻是主要的农作物,农业用水量达80%以上,其中90%是用于水稻灌溉,根据国际水资源管理研究所估计,1995~2025年,生活和工业用水量将分别增加至11%和22%,而农业用水将下降到67%。

因此,未来的水稻灌溉农业,特别是亚洲在粮食和水问题上将面临长期严峻的挑战。

亚洲季风地区的国家多次召开国际水稻会议,其目的就是讨论发展水稻灌溉的重要性,水稻生产不仅是为了满足人们对粮食的需求,而且具有多种功能,如促进文化、保护生态环境等,会议呼吁对发展水稻灌溉要更新认识,特别是当前水稻生产面临严峻挑战,要采取相应对策,尤其是决策者应采取扶

持政策,促进水稻灌溉的可持续发展。

2 水稻灌溉系统的多功能作用

2.1 社会发展与水、水稻生产有密切关系

日本 Mizutani M 认为社会发展与水、水稻生产的关系,从历史上来分析,可分为三种类型:①在农业社会,将水视作生存的需要,水稻生产是供本地消费;②在市场经济条件下的农村,将水视作维持生命、文化和环境的需要,而过剩的稻米进入市场;③在西方工业社会,水用于生产食品,而稻米是供市场需求。

在亚洲季风国家,主要是属于前两种类型,而第三种类型主要是美洲国家和澳大利亚,其特点是大规模的农业生产。亚洲季风国家以劳动密集型的小型家庭农业为主,规模化的生产只是少数例外。第三类情况近期在亚洲国家难以普及,也许是走一条与西方国家不同的具有特色的道路。

因此,在亚洲国家把灌溉水(水)视作为“维持生存”或“维持生命、文化和环境”的需要。那种把灌溉水市场化的政策或按全部成本确定灌溉水价的政策可能不适合亚洲季风国家的情况。

2.2 主张多功能作用的观点

如上所述,如果灌溉水不仅是为生产稻米和供市场需求,而且还为生存或生命、文化和环境的需要,则就很有必要正确理解和评价稻田灌溉系统的多功能作用。这种认识是基于以下三个观点:

a. 从社会和文化观点出发,其功能是满足人民居住的基本条件,保持传统的文化(包括本地的宗教)。日本人认为,水稻已经形成了其特有的水稻文化,水稻区人群的生活习惯、劳动工具、组织和技能,乃至社会结构、社会关系都与水稻生产有关,由此导致的一系列饮食结构、生活生产习性、文化蕴涵都受水稻影响。据日本考证,日本在 2500 年以前就引进种植水稻技术,至今,日本有 2000 万块稻田,遍布全国,用作灌溉排水的渠道总长 40 万 km,渠道的密度高达 1200 m/km²。此外,有 21 万口池塘或小水库,为约 56 万 hm² 稻田供水,包括居民饮用水、牲畜用水、水产养殖和消防用水等。日本农民长期在水稻灌区内定居,从事生产,发展文化。水稻灌区因其优美的环境已成为旅游和休闲的胜地。日本把灌溉水稻农业作为文化之源,至今,有许多节日都与水稻有关,如春季或秋季的收获节等。日本的小学经常组织学生到稻田参观、教学,认识昆虫,采集标本,并到农具陈列室了解历代农民的劳动历史。

印度尼西亚的巴厘岛有悠久的水稻灌溉历史,称之为 Subak 的灌水者协会已存在 1000 多年。它的特点是:①有共用的水源,供其会员灌溉水稻;②有

共用的稻田寺庙,供有肥沃女神;③具有解决内部事务的自主权和对外联系权。Subak 的管理原则认为人类社会的幸福只能是保持人和自然(环境)的和谐关系。因此,在印尼把 Subak 定义为社会-宗教农业,它是最早的水稻灌溉管理单位。

b. 从水文循环过程所产生的功能来看,水稻灌溉系统的水循环也是大自然水循环的一个组成部分。稻田从河中取水灌溉,或存蓄当地降雨径流,多余的水量从地表排泄,或从稻田土壤深层渗漏回灌地下水,最后返回河流。这一水文循环过程需要较长的时间,可以起到净化水质的作用。日本农村将集中处理后的生活污水灌溉水稻田,使稻田灌溉系统成为二次净化污水的设施,然后回灌地下水或排入河道,起到了保护河流和地下水资源的作用。日本京都有个琵琶湖,在琵琶湖的污染治理中,分散在水稻田田头的小水池,对农田面污染净化起到很大的作用。

从整个灌排系统的平面水文循环来看,如果地形允许,可利用渠道落差修建小型电站或水力加工站;在平原地区的渠道兼有通航、旅游之利。日本农村提倡在乡村集镇附近的渠道修建观水、戏水台阶或浅池,为民众娱乐提供活动场所;不少居民点将灌溉水流引入村庄,环绕住宅,水中饲养观赏鱼,沿渠栽种观赏花卉,住户窗台装饰各色盆景;渠水清澈见底,儿童戏水其间,恰似人间天堂。在丘陵山区的排水沟道沿等高线布置,保持其自然弯曲状态,并用块石干砌边坡,块石的隙缝为水生生物营造生存空间。

c. 从生态学和生物学观点出发,有改善环境、保持生物多样化和生态系统的作用。

①防洪和除涝作用。在湿润多雨地区,水稻田可以蓄水,起到防洪和除涝作用。根据韩国估算,韩国的稻田田埂高度一般为 26 cm,在水稻生长期蓄水灌溉的深度为 4.5 cm,稻田的平均渗透系数按 7.6 mm/d 计算,一次洪水的延续时间按 3 d 计算,则稻田的净蓄水深度可达 237.5 mm,即每公顷稻田可拦蓄水量 2378 m³。韩国的水稻种植面积为 116.3 万 hm²,则在洪水季节可滞蓄洪水的总量为 27.7 亿 m³。

②回灌地下水。亚洲多数国家水稻采用淹灌的方法,稻田的深层渗漏可以起到回灌地下水的作用。韩国专家认为,稻田的渗漏量中约有 55% 是通过排水沟和地下水流返回河流中,其余 45% 是回灌地下水。他们估算在饱和状态下的土壤水渗透率为 7.6 mm/d,水稻的淹水生长期为 137 d,则稻田的深层渗漏量为 468 mm,即每公顷稻田的深层渗漏量为 4685 m³。按全韩国水稻种植面积 116.3 万 hm² 计,回灌地下水总量达 54.5 亿 m³,相当于韩国最大水库松阳坝蓄水量的 2.9 倍。韩国有的地区也由于大量

抽取地下水而发生地面沉降,如 Paju-gun 县地面沉降达 30 cm.因此,通过发展水稻灌溉回灌地下水有重要意义.

③防止土壤侵蚀.亚洲山区的降雨多,地形陡,土壤冲蚀是一个严重问题.修筑梯田和种植水稻有利于水土保持.稻田有水层保护,土壤不会发生风蚀.据韩国资料,种植旱地作物的土壤流失每年达 22.4 t/hm²,全韩国旱地面积 76.1 万 hm²,年土壤流失量达 1705 万 t,大部分都流入河流.土壤流失也引起氮的流失,污染河流水质.据估算,全韩国通过土壤流失,氮的年流失量达 18 800 t.而种植水稻就可防止土壤和氮肥的流失.

④净化水质.水稻田有净化作用,通过作物吸收氮和磷,通过表土层可以脱氮.根据试验,稻田去除标准氮的速度为 0.1 ~ 0.2 g/(m²·d).这一作用就可以防止过多氮流入河流和地下水中.

稻田中的氮来自肥料、降雨、灌溉和空气中固化,氮的消耗则是通过作物吸收、脱氮、渗漏和地表径流的流失.根据日本的测定,稻田的进出氮量是平衡的,至少稻田不会因施肥而引起氮的污染.因为稻田土壤是在厌氧条件下,大部分氮肥呈铵状态保留在土壤中,土壤颗粒与铵之间有一种吸附力.而旱田土壤中呈氧化条件,大部分氮在土壤中呈硝酸盐状态,容易被水冲走而污染地下水.

⑤净化空气作用.植物的光合作用($6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$)具有双重净化空气的作用,吸收 CO₂ 和释放 O₂.根据韩国专家计算,每公顷水稻田释放的氧气为 8.84 t,则全韩国水稻田释放的氧气量达 1 028 万 t,其经济价值难以估算.稻田吸收 CO₂ 的数量与水稻的产量和稻谷中碳的含量有关.水稻的产量和含碳量都比其他作物高,所以稻田对净化空气、减少温室效应和吸收大气中的有害物质 CO₂ 有十分重要的作用.

⑥夏季降温.稻田地区的小区气候有明显改善,特别是在夏季,由于稻田水面蒸发和植株腾发从空气中吸取热量,使气温降低.据韩国专家研究,稻田的平均蒸发量为 3.35 mm/d,在炎热夏季的总蒸发量为 450 mm,每公顷水稻田的蒸发水量为 4 500 t,则全韩国稻田的总蒸发水量为 52.3 亿 t,如果用这些蒸发水量来计算其降温价值,估计达 11.54 亿美元^[1,2].

⑦促进生物多样性.稻田也可以认为是一种“湿地”,有许多动物生长在稻田里.稻田的水层浅,水温比池塘中的高.水中富有浮游生物、水生植物以及鱼、泥鳅、田螺、青蛙等,还有大量的水鸟栖居在稻田及其周围.根据日本农村环境咨询中心在南 Isawa 地区 700 hm² 稻田区的调查,生长着 306 种不同类型

的植物和 1 106 种动物和昆虫.因此,由稻田、渠道和水库组成的水的生态系统可以保护和稳定种类繁多的生物生态系统.

⑧其他效益.水稻对环境的损害比旱地少.稻田渗漏可以冲洗盐分,使土壤不发生盐碱化.水稻和旱作物交替种植可促使土壤中氧化和还原的循环,从而防止病原细菌伤害作物.

此外,水田中的杂草(特别是旱生草)数量比旱地的少得多,有些水生草在连续淹水深度达到 10 ~ 15 cm 时也不能繁殖.

3 对可持续发展我国水稻灌溉的思考

a. 我国水稻灌溉有数千年历史,浙江余姚河姆渡遗址的发现,又将水稻灌溉的历史推进到 7 000 多年以前.中国古老文化和文明的发展与水稻种植的历史有着密切的关系,亚洲其他国家对于发展水稻灌溉的重视也值得引起我们的注意.

我国近几年来随着农业结构的调整,水稻种植面积逐年减少,在 2000 年的前几年,我国的水稻种植面积曾维持在 3 000 万 hm² 左右,但从 2001 年开始急剧下降到 2 410 万 hm²,是 1949 年以来的最低水平.这主要是劣质早稻的种植面积大幅度削减和调整农业结构的缘故.例如,主要水稻种植区的浙江省,有些地区的水稻种植面积已从过去的 80% 减少至 50%;有的是经济作物和其他用地占 60%,水稻面积减少到 40%.劣质水稻种植面积大大减少,优质水稻面积相应增加.随着经济作物或水产养殖和水生作物面积的增加,农民收入大大提高,这是无可否认的事实.但随着水稻种植面积的减小,对人口不断增长的粮食安全有何影响;对环境的可持续发展有何影响;在农业结构调整中,水稻的合适种植面积应该是多少;东北和西北地区水资源短缺,但稻米的质量优等,甚至在南方水稻产区也有很大的市场,对这些地区的水稻种植今后如何规划;以及国家对于发展水稻灌溉是否应采取扶持政策等等,都值得大家来共同探讨研究.

b. 充分认识和发挥水稻灌溉系统的多功能作用,以保护生态环境为中心,改善稻田灌排系统管理,美化农村环境.

要呼吁政府有关部门、社会公众和灌区农民正确认识水稻灌溉农业活动不仅关系到生产,而且要认识其对环境的影响和社会的责任.水稻灌溉农业要力求维持农业生产率和保护自然资源之间的平衡.水稻灌溉系统的多功能作用带来了巨大的经济、社会效益.日本和韩国曾试图定量估算其经济价值.1998 年日本农业研究所采用成本替代法(SCM)对全国水稻灌溉

系统的多功能作用经济价值进行估算,总值 384 亿美元,其中包括粮食安全 240 亿美元.韩国农村经济所和农村发展部在 2001 年对全国水稻灌溉系统多功能作用的价值评估为 63 亿美元,其中粮食安全 11 亿美元.他们还估算了稻田系统对各种环境和社会的贡献约为水稻年总产值的 70%~150%^[2,3].虽然上述数字的准确度如何不得而知,但不管怎样,它告诉人们稻田灌溉系统对生态环境影响重大.

c. 加强对水稻灌溉系统的管理,充分发挥其多功能作用.

我国的水稻灌区原设有灌区管理局(所),主要是负责用水管理和工程管理;基层设有用水者协会,主要负责田间用水管理和水费征收.水为水稻生产服务观点是十分明确的,但水为维持生命、文化和保护生态环境的观点则不很明确,没有设立相应的管理机构或功能部门,或没有相应的政策.为此,应设立相应的管理机构,或扩大现有机构的功能.

日本的政策是鼓励农民成立协会,亦即成立土地改良区.其主要任务除修建、管理和维修灌排系统以外,随着城市化的发展,农村已是农民与非农民混合居住,修建道路、供水和污水处理系统、农村公园以及绿化土地和美化环境已成为重要任务.土地改良区实际上已成为农民自治并具有合法地位和政府功能的机构.

澳大利亚的灌区管理工作,有的已由私营公司经营,但其功能也不断扩大.不仅政府授权经营水管理工作(包括工程管理),而且要负责环境保护,由环保部门发给控制污染许可证,定期监控流出灌区范围的水质,包括盐碱度、养分、农药和混浊度等.如新南威尔士州境内的墨累灌溉公司与地方政府合作负责执行一项为期 30 年的水土管理计划,主要包括调整非持续性的农业结构、植树造林和作物多样化种植;改进灌水方法和施肥管理;减少渠道渗漏降低地下水位;提高农民水平的教育计划;监测和评估灌区内的水土资源和生态环境.其目标是实现墨累灌区可持续发展,墨累河将成为一条健康发展的河流.这一计划由政府提供一定资金,农民以增加水费的方式参与投入.

日本、澳大利亚与我国农村情况有很大差异,但从适应水稻灌区的多功能发展来看,改革灌区管理体制,调整管理机构的功能或制定相应的政策,其必要性是共同的.根据我国具体条件,也应进行这一方面的研究.

d. 合理分摊灌溉系统的投入和效益.为了使水稻灌溉农业可持续发展,灌溉系统的管理在经济上要达到良性循环或者说是经济上的可持续性,这就涉及

到灌溉系统的投资(成本)和效益分配问题.总的原则是,受益者和受益部门都应适当分担一部分成本.

一般来说,水稻灌溉农业的一部分成本和效益是带有市场性质的,如灌溉设施的修建,设备的维修和运行成本,管理成本以及水稻等农产品都与市场价格有密切关系.农民是直接受益者,农民在其力所能及的范围内应该负担一部分,提供劳力或资金.但水稻灌溉系统所发挥的多功能作用,如防洪、除涝,回灌地下水,防止土壤侵蚀和盐碱化,净化水质和空气,促进生物多样性,保护农村生态环境和为公众提供水上娱乐和休闲场所等,都是带有公益性质的,不能简单地用市场价格来衡量,也不能都由农民来负担,这也需要进一步研究.

4 关于调整我国农业结构,提高稻米质量,加强稻米国际市场竞争力和保护环境的建议

a. 在水稻灌区调整种植结构,减少劣质水稻面积,增加多样化经济作物的种植是一种必然趋势.但也不能把调整种植业结构片面地理解为水稻种得越少越好.在制定调整规划时应根据水源和地形条件以及灌排渠系的布置,集中连片种植水稻,以利于统一用水管理,实行规模化种植高产优质品种.劣质水稻种植面积减少了,但基本农田面积和总产量不减少,以保证粮食安全.

稻田也是一种“人工湿地”.减少了稻田面积,但为了不减少“湿地”所发挥的生态功能,可以将部分稻田改种茭白、菱角、慈菇、荸荠、莲藕、水芹等水生经济作物,以大幅度增加农民的收入.

同时,要鼓励农民修建小型塘堰,发展水产养殖业.使塘堰与灌排渠道相连通,恢复“长藤结瓜式”水利系统,既发挥其抗旱、除涝作用,又为提高农民收入和改善农村环境创造条件.

b. 建立设备先进的稻米加工厂,提高大米质量.我国是盛产大米的主要国家,1998 年和 1999 年的总产量曾超过 2.0 亿 t,占世界总产量的 33%~34%.但我国的大米出口情况不佳,主要是大米的质量在国际市场中缺乏竞争力,尤其是加入 WTO 以后,面临的形势更加严峻.例如,泰国的万吨轮船运载的泰国香米将沿长江直至武汉.而我国的大米商标杂而多,至今没有全国的品牌或是省一级的名牌.现在亚洲,泰国、越南和印度已成为出口大米的主要国家,1997~1999 年,其出口总量达 1 360 万 t,占世界出口总量的 50%.澳大利亚是缺水之国,也已成为大米出口国.笔者于 2003 年 2 月实地考察了澳大利亚墨累灌区的规模化水稻种植区及其附近的达尼里昆米厂——世界上最大的米厂之一,(下转第 15 页)

水区 2010 年城镇生活器具型节水量为 4.21 亿 m^3 , 2030 年为 7.75 亿 m^3 . 城镇生活节水器具投资基本上由城镇居民负担, 为了实现其节水效果, 国家也需要在城市供水管网改造及相应设施配套方面投入一定的资金. 预计到 2010 年需累计投资 60 亿元, 2030 年累计投资 120 亿元.

b. 节水效益. 可分为直接效益和间接效益两部分. 直接效益表现为: ①减少了用水量, 从而节省了供水工程的建设投资和运行费用. 受水区城镇生活节水量: 2010 年为 4.21 亿 m^3 , 2030 年为 12.96 亿 m^3 , 单方节水投资不到 10 元. 目前北方城市水源工程单方供水能力投资约 10 元, 自来水厂供水系统单方供水能力投资约 15 元. 显然, 城镇生活单方节水投资远小于供水系统投资, 节水的经济效果明显; ②减少了废污水的排放量, 从而减少了治理废污水的投资及其运行费用. 按照水资源保护及污染水资源处理费计算标准可以测算, 城镇生活每节水 1 m^3 可产生环境保护效益 5.5 ~ 6.5 元. 此外, 城镇生活节水尚具有社会和环境等间接效益. 如节水可以延缓总用水量的增长, 缓解水资源的供求矛盾; 减少污水的排放量, 可改善生态环境; 节水设备、节水工艺和节水技术的发展, 带动了一批相关产业的发展, 将成为经济发展的一个新的增长点.

6 结 语

受水区城市生活用水水平略低于全国平均水平, 节水水平高于全国平均水平.

节水潜力是与用水水平密切联系的, 与用水需求也是不可分割的. 受水区 2010 年和 2030 年城镇生活用水需求量将超过 70 亿 m^3 和 120 亿 m^3 , 其节水潜力约为 6 亿 m^3 和 12 亿 m^3 . 城镇生活节水率(节水量占需求量的比重)预计为 8% ~ 10%.

生活节水具有广泛的社会效益, 巨大的经济效益, 替代工程效益和环境效益. 同时, 节水也需要投资. 随着节水力度的加大, 节水的单位投资会迅速增加.

参考文献:

- [1] 国家统计局. 中国城市统计年鉴(2000)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001. 293 ~ 297.
- [2] 中华人民共和国水利部. 中国水资源公报(1996—1999)[Z].
- [3] 北京市统计局. 北京统计年鉴(1995)[M]. 北京: 中国统计出版社, 1996. 198.
- [4] 全国节约用水办公室. 全国节水规划纲要及其研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 2003. 21.
- [5] 中华人民共和国建设部. 中国城市节水 2010 年技术进步

发展规划[M]. 上海: 文汇出版社, 1998. 33.

- [6] 全国节约用水办公室. 全国节水规划纲要及其研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 2003. 158.

(收稿日期: 2003-05-23 编辑: 傅伟群)

(上接第 4 页)

其生产能力每小时 30 ~ 60 t, 2002 年总产 57.1 万 t. 生产设备先进, 全部生产过程自动化, 生产以“太阳”命名的优质大米, 绝对保证无污染或杂质, 畅销本国, 且出口日本、中东和巴布亚新几内亚等国家. 总之, 澳洲的大米是以“绿色”和优质而取胜, 进占国际市场.

因此, 我国的水稻灌区必须建立水稻良种基地, 实现优质化、规模化生产和产业化经营. 建立具有先进设备的米厂, 创造优质大米品牌, 才能重新占领国际市场.

c. 控制化肥和农药的使用, 提倡施用有机肥. 我国稻田施用化肥量数倍于其他国家, 特别是杀虫剂, 不仅污染水质, 而且影响稻米质量. 澳大利亚对水稻种子有极严格的检疫制度, 所以减少了水稻的病虫害, 同时提倡水旱轮作(与大豆、玉米、向日葵或牧草), 充分利用作物秸秆. 一般稻田的秸秆量为 10 t/hm², 鼓励农民在适宜的气候条件下进行高效的燃烧, 把对环境的影响减少到最低程度, 如避免浓烟停留在某种高程以下或吹向住宅和道路. 燃烧后大约有 2 t/hm² 残留的烧焦物或未烧尽物质, 并有 5 t/hm² 稻根留在土中, 作为肥料又可改善土壤结构. 燃烧的另一个目的是可以根除稻田中的病虫害反复出现. 因此, 澳大利亚一般在稻田中不施用杀虫剂和除草剂, 特别是在收割期前的 90 天内不施用杀虫剂. 我国农民有施用农家肥料的传统, 政府应该制定政策进行鼓励.

d. 建立小型生活污水处理厂, 利用处理后的污水灌溉水稻. 水稻田可起到二次净化的作用, 然后将余水排入地下或河道中, 达到保护环境和河流水质的目的.

参考文献:

- [1] Kwun Soon-Kuk, Chune Hae, Chung Sang-OK, et al. Rice culture in Asia[A]. Printed by Seorabul Data Co, KNCID, Korea, 2001.
- [2] Shigetaka Taniyama. Sustainable agricultural and rural development through paddy irrigation address global ghallenges[R]. Keynote Address, Seoul, Korea, 2001.
- [3] Xu Zhifang. Water saving irrigation for paddy rice in China[A]. Proceedings of Asian Regional Workshop on Sustainable Development of Irrigation and Drainage for Rice Paddy Fields[C]. Tokyo, Japan, 2000.

(收稿日期: 2002-11-16 编辑: 熊水斌)