

## 论中国各民族农业文化遗产对水资源温度差异的 调控成效与创新

邵晓飞<sup>1,2</sup>

(1.吉首大学 历史与文化学院,湖南 吉首 416000;2.吉首大学 师范学院,湖南 吉首 416000)

**【摘要】**毛泽东主席提出的农业“八字宪法”,对中国农业生产、农业科研工作的实践具有重要指导意义,并在一定程度上促进了中国农业文化遗产传承与发扬。但随着时代的变迁,对“八字宪法”的全面认识和利用,还需“升级换代”和“与时俱进”。此前对“八字宪法”中“水”的研究大多局限于水量,但对农业灌溉用水的“水温”疏于关照。而在所有的农业文化遗产中农业灌溉用水的“水温”调控技术不容忽视,各民族都有相应的技术体系对其加以支撑。因而,需将“水温”调控技术纳入今后农业文化遗产技术评价框架,并将其付诸实践,才有利于农业文化遗产的正确推广和运用,也更有利于实践创新。

**【关键词】**水温差异;中国农业文化遗产;调控;创新

**【中图分类号】**S-09;K207 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-4459(2020)04-0123-15

## On the Regulation Effectiveness of Water Temperature Difference of the Chinese Agricultural Cultural Heritages among Different Nationalities and Its Innovation

SHAO Xiao-fei<sup>1,2</sup>

(1.College of History and Culture, Jishou University, Jishou 416000; 2.Normal College, Jishou University, Jishou 416000)

**Abstract:** The “Eight-character Constitution of Agriculture” proposed by Chairman Mao is of great guiding significance to the practice of China’s agricultural production and scientific research, and also to a certain extent promotes the inheritance and development of Chinese agricultural cultural heritages. However, as time goes by, the comprehensive understanding and utilization of the constitution still needs “upgrading” and “keeping pace with the times”. Previous studies on “water” of the constitution were mostly limited to water quantity, but little attention was paid to “water temperature” of agricultural irrigation water. In all the agricultural cultural heritages, the “water temperature” control technology of agricultural irrigation water cannot be ignored, and there should be a corresponding technical system to support it. Therefore, it is necessary to bring “water temperature” control technology into the future evaluation framework of Agricultural Cultural Heritage, and put it into practice, which is conducive to the correct promotion and application of agricultural cultural heritage as well as practical innovation.

**Key Words:** water temperature difference; Chinese agricultural cultural heritage; regulation; innovation

[收稿日期] 2019-12-12

[基金项目] 国家社会科学基金重大项目“西南少数民族传统生态文化的文献采辑、研究与利用”(16ZDA157)

[作者简介] 邵晓飞(1975- ),男,吉首大学历史与文化学院博士研究生,吉首大学师范学院讲师,研究方向为生态民族学。

中国重要农业文化遗产是指人类在与其所处环境长期协同进化的过程中,创造并传承至今的独特的农业生产系统,这些系统具有丰富多样的农业生物、传统知识与技术体系,独特的生态与文化景观等,对我国农业文化遗产、农业可持续发展和农业功能拓展具有重要的科学价值和实践意义<sup>①</sup>。

此前对中国农业文化遗产评价指标体系的研究,大多关注水资源中的水量,也有学者关注水中无机肥分的含量、有害物质的含量、有机物的含量、水体的PH度、水资源蒸发的无效节制、水资源的“三态”转化及其在耕作层的区位等,但对水温的研究凤毛麟角。事实上,农耕文化体系中的水资源必然是由多种要素复合构成的整体,其中水温的调控是值得深究的技术难题,水温调控成效高低理当成为相关技术体系的必备内容。然而,相关评价指标体系忽视水温调控,出现的缺环和疏漏不足以体现整个农业文化遗产技术体系的全部价值内涵。这将影响农业文化遗产的申报和立项,影响农业文化遗产的传承和发扬,并对当下“三农”问题的解决也将带来负面效应。因此,当代中国农业文化遗产的评价体系亟待匡正,以健全中国农业文化遗产技术体系的价值认证规范。

本文以农业“八字宪法”的“水”为参照,拟就已获批的中国农业文化遗产的三项稻作系统,即新疆“坎儿井”、云南“元阳梯田”、湖南花垣“子腊贡米”为探讨对象,进而延伸涉及到一项可申报但却未申报的中国农业文化遗产,即洞庭湖“圩田”稻作系统,探讨水温调控技术体系,以期进一步完善当下农业文化遗产评价指标体系。

## 一、新疆“坎儿井”灌溉系统中提高水温的技术对策

新疆“坎儿井”灌溉系统是吐鲁番各族人民为了适应当地生产、生活发展需要,在文化与生态协同演进中,历经千年民族文化系统加工、改造、适应的产物,进而被固化为当地民族的一种生存方式,并创造出适合干旱地区绿洲农业灌溉的一种古老水利工程。2013年,新疆“坎儿井”农业系统作为大型地下农业水利灌溉工程,列入首批19家中国重要农业文化遗产名录,得到了有效的传承和保护。

新疆“坎儿井”系统主要适用于山麓冲积扇地带,用于截取地下潜水用于农田灌溉和居民用水<sup>②</sup>。新疆“坎儿井”作为中国农业文化遗产的重要组成部分,值得深入研究和探讨。而此前有关吐鲁番“坎儿井”的研究没有对“水温问题”引起足够重视。“坎儿井”由竖井、暗渠、明渠和涝坝四部分组成。“坎儿井”的暗渠分为集水段和输水段。前部为集水段,位于地下水位以下,起截引地下水的作用;后部分为输水段,在地下水位以上。“竖井”是开挖或清理“暗渠”时运送地下泥沙或淤泥的通道,也是送气通风口<sup>③</sup>。越靠近“母井”竖井越深,布置越稀疏,越靠近“终井”越浅,布置越密集。“坎儿井”的长度、断面形状、母井深度、竖井个数差别很大,这种格局的形成与地形、水文条件、劳动力、需水要求、地域文化相关<sup>④</sup>。前期研究主要探讨“坎儿井”的主要结构及其功能,而在论述其功能时,却很少有研究者去关注“坎儿井”的水温问题。然而,水温是影响新疆农牧业发展的关键要素。因此有必要对此进行深入探讨和阐释,以期弥补相关研究取向上的缺失。

众所周知,吐鲁番盆地地势北高南低,日照充足。当地气象局研究资料表明,吐鲁番盆地内太阳辐射强,年平均总辐射量为150.4千卡/厘米<sup>2</sup>,历年平均日照时数3026.3小时,最多接近3400小时,最少也高于2350小时。多年平均日照在122.7天。生长期较长,无霜期达270天<sup>⑤</sup>。由此可见,吐鲁番盆地光能资源丰富,农作物生长期较长,并有条件在该地区实行多种作物复合种植。因此上述日照条件是该地区

① 闵庆文、张碧天:《中国的重要农业文化遗产保护与发展研究进展》,《农学报》2018年第1期。

② 阿布都瓦依提·买买提:《从文化遗产管理角度保护吐鲁番水文化遗产——坎儿井》,《地下水》2014年第2期。

③ 张席儒、陈永东、董新光:《新疆坎儿井利用与改良的调查研究》,《新疆农业大学学报》1982年第4期。

④ Wamura S. Oases and Karez, *Japan Quarterly*, 5 (4) (1958), pp. 497-500.

⑤ 吐鲁番地区气象局区划办公室编:《新疆维吾尔自治区·吐鲁番县·农业气候手册》(内部资料),1984年,第39页。

的明显优势资源之一。

吐鲁番盆地温差极大,极端最低温度可达 $-29.9^{\circ}\text{C}$ ,极端最高气温可达 $49.6^{\circ}\text{C}$ ,沙丘表面实测最高温度达 $82.3^{\circ}\text{C}$ 。温差大对农作物生长极为不利,具有明显的副作用。该地区大气降水的时空分布极不均衡,降水量极少,历年平均总降水量仅16.6毫米,而蒸发量较大,历年蒸发量平均为2844.9毫米,将上述两项相比较,不难看出,蒸发量是降水量的171倍,是一个极度缺水的干旱地区<sup>①</sup>。吐鲁番盆地日照资源非常丰富,无霜期长,对农业的复合种植发展极为有利,因而成为该地区优势资源之一。但不足之处在于,吐鲁番盆地“降水量少”、“蒸发量大”的极端高温的水文特征,这是制约该地区农业发展的严重短板。不仅对人不利,而且对农业生产发展,都存在一定风险,都要做出相应有效的对策。“干级”即“极度缺水”的水资源现状正是当地自然结构难以弥补的缺环。鉴于该地区气候反差太大、自然地理结构存在缺环,如何补齐水资源的研究短板,填补其生态系统结构的缺环,以降低农业生产及生活风险,则是当地农业文化遗产技术体系需要重点关注的主要内容。

新疆水利学会、新疆水利厅坎儿井研究小组在遗产申报书中指出“新疆‘坎儿井’水利工程是人间奇迹。”<sup>②</sup>新疆“坎儿井”整套技术原理的核心价值在于通过“暗渠”引水来防止水分无效蒸发,确保水源的集中供给。但“坎儿井”出口处的水温偏低,如果直接用“暗渠”中温度极低的水去灌溉农田,必然会造成对农作物的伤害。因此才需配置“明渠”和“涝坝”以提高水温<sup>③</sup>。而这种提高水温的措施,正是讨论技术环节时不可或缺的关键内容。其间的得失和创新对于干旱地区同样具有参考价值。因此,以往研究虽然揭示新疆“坎儿井”的结构原理,但在其各个组成部分功能研究上亦存在一定的局限性,尤其是对新疆“坎儿井”的水温反差疏于关照。因此吉首大学研究团队开始对新疆“坎儿井”的水温反差开展研究,并获得认可。

有关“坎儿井”水温偏低的问题,吐鲁番盆地内各县(市)日常生活对策也能够为我们提供有力的旁证。2015年10月3日,吉首大学杨庭硕教授带领科研团队,前往新疆吐鲁番盆地考察。针对新疆“坎儿井”的储水水温反差问题,科研小组访问了当地居民。在交流过程中,该居民指着家里桶子里的水说:“这个桶子里的水没有阳气,阴气太重了,必须在桶里储存三天才能喝。”<sup>④</sup>从上述话语中,并不难理解所谓“水的阴气太重了”,是指经过“坎儿井”流出直接装进桶里的水,没有经过空气流动和阳光暴晒。由此可见,“坎儿井”的水温极低,在炎热的夏天,如果不经阳光暴晒,人畜不能直接饮,那么植物根系用这样的水直接去灌溉,必然会导致农作物根部受伤。此前有关新疆“坎儿井”水温偏低的说法,在这次调查中也得到印证。除此之外,此次赴新疆吐鲁番盆地调查获得了重大启示,即在农业文化遗产价值评价指标体系认证中,也需关注水温技术性调控,否则评估就会出现疏漏,以至于产生负面效应,不利农业文化遗产传承和保护。

“明渠”功能并不是此前所认证的,仅具有输水功能,同时该措施也具有提高水体温度的功能。有研究表明,“灌溉水温度是作物生长系统中的主要影响因素之一,水温偏低会降低水中溶解氧量,影响作物根系对土壤水分和营养元素的吸收。作物灌溉水温有一个适宜范围,旱作物一般 $15^{\circ}\text{C}$ 至 $25^{\circ}\text{C}$ ,最低应大于 $2^{\circ}\text{C}$ ;水稻灌溉水温不小于 $20^{\circ}\text{C}$ ,但无论哪种作物灌溉水的温度均不能大于 $35^{\circ}\text{C}$ ”。西北干旱区农作物最适宜水温在 $15^{\circ}\text{C}$ 以上。吐鲁番地区的温差极大,气温高达 $40^{\circ}\text{C}$ ,但是“坎儿井”流出的水温只有 $11^{\circ}\text{C}$ 至 $12^{\circ}\text{C}$ 。如果直接用这样的水灌溉,则极有可能杀伤植物根系。因而必须从技术上应对自然地理结构的缺环。由此看来,农业灌溉用水的水温调节必须成为农业文化遗产中不可或缺的构成部分。

① 吐鲁番地区气象局划办公室编:《新疆维吾尔自治区·吐鲁番县·农业气候手册》(内部资料),1984年,第39页。

② 吾甫尔·努尔丁·托仑布克:《吐鲁番绿洲农业:坎儿井浇灌出来的文化生态辉煌》,《原生态文化刊》2017年卷9。

③ 阿不都沙拉木·加拉力丁·热依汗·依不拉依木:《古代吐鲁番坎儿井水利工程技术方法探讨》,《安徽农业科学》2013年第3期。

④ 田野调查资料源自吉首大学科研团队成员。

⑤ 于江海、周和平:《农业灌溉水温研究》,《现代农业科技》2008年第8期。



综上所述,在关注农业灌溉的用水量的同时,还必须考虑农业灌溉用水的水温技术调控。因此,“明渠”具有提高地下水水温的作用,不容忽视。有研究表明,“气温在 28.5℃时,每延长 100 米渠道长度,水温可提高 1.2℃;气温在 31.7℃,每延长 100 米渠道长度,可提高水温 1.5℃。”<sup>①</sup>由此可见,加宽延长“明渠”宽度和长度能够提高水体的温度,但长期以来这种操作技术却并没有引起遗产价值评估者的足够关注,该文所列举的事实亟待关注。除此之外,从“暗渠”输送到“明渠”的地下水在太阳底下暴晒,同样也会起到加速水体升温的效果。

“坎儿井”明渠末端设置“涝坝”。此前研究只是简单提及“涝坝”的储水和调配水资源的功能,却鲜有人提及“涝坝”可实现的另一项重要功能,即提高水体温度。水温调控技术是农业文化遗产价值评价体系中的不可缺少要素。涝坝的功能除了冬季能够把水储存起来,以便来春使用之外,更为重要的作用在于“晒水”。通过“明渠”引过来的水,在“涝坝”中经过二次提高水体温度,达到满足灌溉旱作农田的目的。其实民间对“涝坝”还有另外一个称呼“晒水池”。由此,对“涝坝”提高水温的功能,民间早已认识,但却未引起学界较多关注。一般情况而言,“晒水池”的面积越大,水温提高越明显,也就越容易满足农作生长需要。因此不去探讨提高水温的技术对策,显然有所缺憾。到底“涝坝”中的水日照多长时间,温度能够上升到与大气的气温相似?至今无人问津。这些问题显然值得深入探讨。

据调查,新疆“坎儿井”修筑明渠和涝坝的目的正是确保提高水体温度这一技术应对需要。基于吐鲁番盆地内各县(市)降水量极低,其蒸发量也极大这样的水文特征,且在当时的历史背景下又受到技术和材料的限制,也只能做出如此应对。但是在提高水温的过程中,此项传统的技术对策对水资源浪费显然非常大。这自然成了当代需要做出创新式应对的重大难题。否则,对此项中国优秀农业文化遗产的传承和发扬光大会带来负面效应。

于是,有学者从渠道防渗角度展开研究,研究表明“渠道防渗工程才是诸多灌溉农业节水措施中最经济、最合理、最可行的措施。渠道防渗同样可使水的利用率提高 20%~40%,减少渗漏率 50%~88%”<sup>②</sup>但以上研究仅从渠道防渗这一技术层面来提高水资源利用率,难免有一定局限性。其中最为重要的是忽视了“明渠”和“涝坝”的无效蒸发,这必然美中不足。确实,就渠道本身而言是可以通过技术手段修复防渗的,但是如何防止渠道的水无效蒸发呢?这才成为当下亟待解决的关键性问题。无论是“明渠”的水还是“涝坝”的水,都会暴晒在阳光之下,如果按照每平方的蒸发量接近 3000 毫米来计算,那么每平方水面每年就会浪费 3 吨水。对新疆农田用水灌溉来说,这是一个浪费不起的数字。由此看来,“明渠”和“涝坝”浪费水量远比渠道要大。

## 二、云南“元阳梯田”中调控水温的技术对策

“元阳梯田”地处滇南低纬度、高海拔地区,属山地季风气候类型,具有潮湿多雨、雨热同季、冬无严寒、夏无酷暑、年温差大、日温差小及立体气候显著的气候特征,因地形、地貌及地理位置的不同,各地的气候条件又有极大的差异。相关研究证明,“元阳梯田”被喻为“天然水库”的森林系统,其森林、土壤和地被物具有极高的水源涵养能力<sup>③</sup>。进而也有学者从“元阳梯田”农耕系统中森林、水库池塘和梯田的涵养、蓄水、保水三项功能去展开分析、研究。如计算其水资源涵养总量。研究证明,“元阳梯田”一年四季能够起到维持恒定水量的保障作用<sup>④</sup>。毋庸置疑,“元阳梯田”水稻水量供给确实能够得到充分保证,但却忽略了一个关键性问题,梯田的水温差异同样是制约稻田正常耕作成效的关键性因素之一。

① 于江海、周和平:《农业灌溉水温研究》,《现代农业科技》2008 年第 8 期。

② 王红梅:《阿克苏河流域的农业灌溉与节水途径》,《水利科技与经济》2008 年第 11 期。

③ 白艳莹、闵庆文、李静:《哈尼梯田生态系统森林土壤水源涵养功能分析》,《水土保持研究》2016 年第 2 期。

④ 杨京彪:《基于民族生态学视角的哈尼梯田农业生态系统水资源管理》,《生态学报》2018 年第 9 期。

即使在整个元阳农耕系统中稻田呈阶梯式分布,其海拔高度各不相同,但绝大多数稻田能够高产、稳产。哈尼族、彝族等民族是如何应对不同海拔地区的稻田水温差异的,至今在学界鲜有研究者关注并开展研究。这就不足以体现“元阳梯田”作为一项世界性的农业文化遗产技术体系的全部价值和内涵。因此,中国农业文化遗产中技术体系的价值认证规范还有待进一步完善。

气候学研究表明,“海拔每上升100米,气温就要下降 $0.6^{\circ}\text{C}$ 至 $0.7^{\circ}\text{C}$ ,从而使水稻生长期间所需的积温也随海拔的升高而减少,而且在高海拔地区减少的幅度更大;海拔每上升100米,水稻安全生长日数将缩短7至9天。在海拔900米以上区域,一年内平均气温大于 $20^{\circ}\text{C}$ 的日数大多不足120天,大于 $15^{\circ}\text{C}$ 的日数一般在170天左右,而水稻生长的安全日期为130天。”<sup>①</sup>水稻等农作物一旦超出水稻温度阈值,就会导致水稻减产或者失收。比如,在水稻抽穗扬花期间,一般而言,水温条件高于或等于平均气温 $22^{\circ}\text{C}$ 左右才能结实。其中,粳型品种要求日平均气温高于或等于 $20^{\circ}\text{C}$ ,而籼型品种要求高于或等于 $22^{\circ}\text{C}$ 。如果日平均气温连续3天以上低于 $20^{\circ}\text{C}$ 至 $22^{\circ}\text{C}$ ,则会导致农作物因低温不结果实。由此可知,海拔高度影响着水热资源的再度分配,气温随海拔高度的增加而降低,积温也随着海拔的增加而减少。这对于高海拔区的水稻种植来说,将面临着巨大的挑战。因此,“元阳梯田”的“水温”调控技术体系同样是该项农业文化遗产不可或缺的价值认证指标。

### (一)高海拔区提高水温的技术对策

不言而喻,“元阳梯田”气候类型复杂。梯田也会因海拔高度不同,导致气温各异,地表径流的水温也会因之而偏低。依据元阳全境梯田山势大致可以分为高海拔区梯田、中海拔区梯田、低海拔区梯田三大类型。一般高海拔区梯田,处在1800米以上,年平均气温 $11.6^{\circ}\text{C}$ ,全年日照1000小时,高海拔地区烟笼雾锁,多阴雨<sup>②</sup>。在高海拔区因云雾萦绕,太阳光无法直射梯田,靠阳光提高梯田的水温效率极为有限,而当地供水的水资源又是以“泉水”的形式获取,在高海拔区泉水的水温通常只有 $12^{\circ}\text{C}$ 至 $14^{\circ}\text{C}$ 左右,如果不做出技术性应对肯定无法保障水稻正常生长、发育、成熟。因为每天的日照时间非常短,午后三个小时之后就见不到太阳,并且该地气候比较冷,通常年平均气温在 $10^{\circ}\text{C}$ 左右。对高海拔区梯田的水温提升而言,太阳光很难发挥效能。针对上述气候特征,哈尼、彝等民族巧妙利用地势与田埂高度之间的关系,创造一种独特的稻田水温调控技术来达到提高稻田水温的目的。“元阳梯田”根据海拔、坡度、坡向等自然因素在田埂高度设计上互有区别,以此提高不同海拔区域稻田的“水温”,为水稻生长发育创造适宜的水温环境。

田野调查资料表明,田埂高度随着海拔高度上升而呈规律性降低。对居住在低海拔区600米以下的傣族、汉族居民而言,年平均气温 $25^{\circ}\text{C}$ 左右,其蒸发量较大,一般田埂高度40厘米至50厘米;如元阳县新街镇位于元阳县中部,最高海拔为2878.3米,最低海拔为480米。其中在海拔高度400米以下的区段,设计田埂的最高高度一般可以达到49.3厘米。对于居住在海拔600米至1800米之间中海拔区的哈尼族居民,其年平均气温在 $15^{\circ}\text{C}$ 至 $18^{\circ}\text{C}$ 之间,一般田埂高度设计为30厘米至50厘米之间;而对于居住在高海拔区1800米以上的彝族居民而言,年平均气温 $11.6^{\circ}\text{C}$ ,梯田的高度一般为9厘米左右<sup>③</sup>。

吉首大学研究团队田野调查进一步表明,田埂高度仅是一个“静态”的事实,而田埂高度呈规律性降低是一个动态事实,其间隐含的“动态”事实就在于稻田的灌水深度,同样呈现规律性的变化。高海拔区的田埂低,灌水的深度更低。有的甚至到插秧时,才浇灌少量水。其他时间并不灌水,几乎形同种植旱稻。而且种植的都是耐寒品种。中海拔区段才会出现常年灌水的状态。灌水深度通常在20厘米左右。如果从主干渠道流经的水温度偏低,则会中止灌水并同时向下排水,其目的是水温偏低时期不灌水,如果从主干渠道流经的水其温度增高时则反向操作。只有到了低海拔区段,才表现为终年储水而且种植

① 严明建、黄文章等:《高海拔地区气温对水稻生产的影响与对策》,《湖南农业科学》2007年第6期。

② 云南省县志办编纂:《元阳县志》,贵州民族出版社,1990年,第45页。

③ 袁梦:《哈尼梯田湿地水文特征研究》,《绿色科技》2019年第10期。

的是“双季稻”。通常低海拔区段储水深度在30厘米至40厘米左右。干旱季节储水深度甚至可以超过40厘米,到了雨季水量大的时候,反而要排水,仅是在插秧时节才降低水位。为了方便采取这样的技术操作,其目的是在同等气温条件下,由于水的容量较大升温会很慢,因此降低稻田水量更有利于通过日照提高水温。但到了真正的低海拔区傣族居民区,稻田水温却不成问题,只有当水量供给不均衡,才需要做出正面的应对。因而需要在冬天储水以备春天缺水时,确保不误农时。其实“元阳梯田”的稻田灌溉的水资源是十分丰富的,尤其是高海拔区域根本不愁稻田灌溉的水源。无论是处于那种类型海拔区的梯田,各种地表径流水都可以经常补给。但问题在于地表径流的水温太低,不能满足水稻生长的正常温度。比如,“泉水”“井水”在不同海拔区随处可见,但“泉水”“井水”的水温一般维持在10℃至12℃左右。尽管当地水资源非常丰富,地表径流所形成的“泉水”“井水”也很多,但却不能直接灌溉梯田,还需从主干渠道中引水,其目的就是要确保稻田水温的稳定。因而如何确保灌溉水温的合适则是梯田同一技术体系中的关键要素。彝族在海拔1800米以上设计的梯田,其田埂高度一般不超过9厘米,田埂浅便于稻田水温提升,这一技术操作要领是实施“浅灌”。有时候在气温非常低的情况下,为了迅速提高稻田的水温,会适当地排出一定量的水,使稻田水位变浅或者全部放干梯田中的水,然后通过不超过三小时的日照,加快水温的提高,这也就是当地乡民所说的“晒田”技术。

除此之外,彝族乡民凭借经验在高海拔区域田埂边种植蚕豆、豌豆、菜籽等越冬植物提高土温,以利于加速提升稻田水温<sup>①</sup>。在高海拔地区如果不种植越冬植物,土壤温度将会很低。只有通过种植越冬植物才能使土壤疏松,这些越冬植物收割后留在稻田里的杆蒿有意识不去收割,因为彝族在收割越冬植物之后,按照惯例要将“梯田”转化为开放型“牧场”,其目的就是任凭牲畜采食,就地排便,并以此作为农作物的肥料。彝族在翻犁、施肥的同时,通过牲畜排放的粪便增加土壤有机物含量,经有机物的生物能转换,会在土壤中被降解为腐殖质,土壤的温度也会因生物能的转换得以提高,从而获得提高稻田土温和水温的功效。在这种情形之下,即使用冷水灌梯田,水稻也不会受到太大的影响。显而易见,彝族“耕牧结合制”不仅是纯粹的经济收入安排,而且也是一项提高土温和水温的成效显著的技术对策。

## (二)中海拔区提高水温的技术对策

“元阳梯田”中海拔区居民以哈尼族为主,其生息地海拔高度在600米至1600米上下,气温比较高,水温适宜,年平均气温15℃至18℃之间。通常全年日照1630小时至2020小时左右<sup>②</sup>。由此可见,中海拔区的气温比高海拔区明显高出4℃至7℃,年日照时间明显比高海拔区要长得多。基于上述气候特征,灌溉渠流经这个区段时,水温也可以达到18℃以上。

针对上述气温特征,哈尼族把田埂高度控制在21厘米至36厘米之间,在这里梯田田埂设计的高度通常比高海拔区梯田高出10多个厘米甚至20厘米。为什么会出现如此反差,其原因在于在中海拔区阳光比较充裕,不受浓雾影响,太阳可以直接照射稻田,而且中海拔区太阳的日照时间要远远长于高海拔区,而稻田水温易于提高。所以在中海拔区域梯田实施中等深度的灌溉即所谓“中灌”法,就能够有效控制水温获得水稻最适合的生长温度。

哈尼族的灌溉渠从山上往山下的水并非直接引水过来,而是在流过程中穿越稻田。在此期间,稻田中的水除了接受太阳光能够提高水温之外,在穿越过程中早已实现了由“动能”向“势能”的转换过程,随着水渠长度不断延伸,并不断地散发出热量提高水温,稻田中的水由势能最终转化为水的“热能”。升温速度在不断加快,最终流入到中海拔区的梯田,这一操作保证了水稻生长的温度。

此外,哈尼族的“分水制”对不同海拔高度的稻田水温调控起到至关重要的作用。哈尼族通常居住在中高海拔区有沟渠、水井、坝塘等水源的地带,也由此而衍生出调控稻田水温的“分水制”。“分水制”,

① 红河哈尼族彝族自治州民族志编写办公室编:《云南省红河哈尼族彝族自治州民族志》,云南大学出版社,1989年,第75页。

② 云南省县志办编纂:《元阳县志》,贵州民族出版社,1990年,第45页。



即指哈尼族村寨通过灌溉渠设置木头水门或石头水门,并在木头水门横木或石头水门石条上刻有不同深度和宽度来划定各份梯田应得的用水,并以“石门”或“木门”形式确定每一条沟渠所能灌溉的梯田面积权限。因而,有学者认为“分水制”是为了解决哈尼梯田灌溉水量需求问题,调解水资源纠纷,实现公平分配用水量,规避社会冲突而设置的,因而也被当地人称为水资源管理的“习惯法”<sup>①</sup>。进而还有学者认为哈尼族的“分水制”对整个梯田农耕系统起着调节水流流量、流速和流向的重要作用<sup>②</sup>。上述研究仅是通过对水流流量、流速、流向的作用进行分析,探讨水资源用水量的分配问题,并未揭示关键在于公平分配水热资源。事实上,如果从主干渠道引流的水温度偏低,相关稻田则可以自行关闭进水口,让水资源直接往低海拔区下流,遇到水温适合时才放开进水口灌水。如果稻田里的水温本身偏低,同样也会往低海拔区段排水。稻田水温动态操作的目的全在于,保持稻田的水温在最佳水稻生长区段内。

除了以灌溉渠的水灌溉梯田外,哈尼族乡民还以表面“施肥”的方式来提高水温。这种方法笔者称之为“蓄肥升温法”。哈尼族村寨大部分集中的中海拔区域内,几乎每家每户都设有池塘,平时用来蓄积禽畜粪便、垃圾、灶灰等,因而称之为“肥塘”。庄稼需要施肥时,通过不停地搅拌肥塘,把肥水引入梯田。因此也被学界称为“冲肥施肥法”<sup>③</sup>。有关研究认为这仅是一种半自动化有机肥施肥办法,并称之为世界上的独特施肥方法,但却忽略了哈尼族在冲肥之前,“用木棍随时不停搅拌”肥塘这一项技术操作具有提高池塘水温的重要作用。这是因为在搅拌过程中,“搅拌”这一技术动作可以加速有机肥的降解速度,在施肥过程中收到了提高稻田水温的成效。而这一项技术手段是吉首大学研究团队在田野调查过程中发现的。因此与上述研究者在冲肥之前所述的“不停地搅动”是有所出入的,此前研究也明显存在着疏漏。

至于哈尼族为何要使用这种办法提高水温,为何必须使用这样的技术对策去提高水温,则与哈尼族的农牧结构关系密切。哈尼族并不像彝族那样有可能规模性饲养猪、牛、马、羊等大型牲畜。由于哈尼族村寨较为密集,草场狭窄,他们家畜饲养以猪为主,猪有利于实现“舍饲”养殖。这种“舍饲”养殖模式产出的粪便相对集中,再加上平时积累排放的废物,有利于集中处理。哈尼族的“肥塘”就其本质而言,不但是储存肥料的“仓库”,而且是一个将低温水转化为高温水的“加工厂”。因此使用这样的增温办法,不仅坐收了提高稻田肥力、水温的实效,同时也净化了村寨的环境,并将废物资源化,而且省力省事。对这一技术创意疏于关照,仅讨论“肥塘”具有施肥功能,研究思路未免存在一定的局限性。

综上所述,哈尼族采用一套“组合拳”,通过多种渠道来提高稻田水温,其真正目的就是要确保不同区段的水稻稳产。因此,也需将“元阳梯田”这一创意纳入农业文化遗产价值认证体系。因而,在今后的农业文化遗产中值得大书特书。

### (三)低海拔区水温调控技术对策

傣族和汉族耕作的梯田位于低海拔区域。一般在600米以下的区域范围内。年平均温度18℃至25℃,全年日照2020至2430小时,降水量偏少,蒸发量大,属于无霜期地带<sup>④</sup>。将低海拔区与中海拔区的气候特征两相比较,不难看出,随着海拔高度递减,而气温呈现升高趋势,每天日照时间逐渐变长。因此低海拔区气候较热,尤其是河谷地带气候非常炎热,蒸发量极大。因而在这个区段稻田水温不成问题,但存在水量供给季节性错位的技术性难题。基于上述气候特征,傣族和汉族在低海拔区的田埂高度一般都设计在40厘米以上。之所以低海拔区梯田田埂高度比高海拔区、中海拔区都要高出几十个厘米,原因全在于便于冬天储蓄更多的水资源,也就是当地所称的“泡田”。以备冬春之交水稻栽培之急需。

① 刘勇:《中国历史上最早使用的明渠流量计——云南红河哈尼族木刻分水计量制度的研究》,《红河探索》2012年第4期。

② 王梅、角媛梅等:《哈尼梯田灌溉水源的分水木刻管理体系研究——以元阳县垭口大沟为例》,《中国农村水利水电》2017年第3期。

③ 王清华:《梯田文化论——哈尼族生态农业》,云南人民出版社,2010年,第28页。

④ 云南省县志办编纂:《元阳县志》,贵州民族出版社,1990年,第45页。

因此田埂“泡田”就是稳固水量的技术对策。因为在低海拔区域内,气温较高,日照时间比任何区段都要长,尤其在600米以下的干热河谷地带终年高温。因此,在秋末旱季来临之时,低海拔区田埂需要趁高海拔区段水资源丰富时,把所有梯田灌满水,往往梯田储水量非常高。这是为了减少梯田水量无效蒸发带来的损失,充分保证低海拔区种植“双季稻”的需水量。

由上所述,“元阳梯田”水温、水量调控是一个动态控制过程。这种非常巧妙的技术控制手段,解决了“元阳梯田”水热不同季的重大问题。

#### (四)水稻多品种复合种植也是调控水温的有效手段

哈尼族、傣族等民族面对地形、气候复杂的梯田地理特征,世代积累了丰富的传统稻谷品种,多达数百种,并实施保育、选育系统工程。就其实质而言,也是针对“元阳梯田”不同海拔、气候、稻田、土壤等差异,通过长期磨合而形成的选种育种技术体系,更是“元阳梯田”不同海拔区应对稻田“水温”不利条件的文化表达。一般情况下,在高海拔地区种植耐寒的品种,中海拔区种植温性品种,在低海拔区种植耐热的品种。哈尼族通过长期选育探索,积累了多样化的品种,应对不同海拔地区气候差异,尤其是梯田的水温差异所带来的难题。因而传统谷种选育、保育成为应对梯田水温差异的技术对策。21世纪初,曾有学者在云南省元阳县14个乡(镇)的30个自然村寨,调查统计水稻地方品种共计135个,并从不同品种类型去探讨水稻品种遗传的多样性,进而提出一些保护措施,为传统谷种保育、选育的研究奠定坚实基础<sup>①</sup>。但是,上述研究仍然存在一定疏漏,不同品种类型是如何适应稻田的水温差异就不得而知了。显而易见,地方品种的多样性、复杂性与应对当地气温差异、稻田水温差异有直接联系。因此不同海拔区稻谷品种不一样,其性能各不一样。从山脚、山腰及不同高度的地势,都会选用不同的稻谷品种去应对气候和稻田水温的差异,从而获得整个哈尼梯田总体面积的稳产和高产。哈尼梯田海拔1800米以上地区,属于高海拔区,主要存在两个气候带,分别是北亚热带和南温带,气候比较寒冷,气温偏低,根据经验乡民通常都会选种像小花谷、小白谷、月亮谷、旱谷、冷水谷、抛竹谷、冷水糯、皮桃谷、雾露谷、皮桃香等耐寒品种;中海拔区则在800米至1800米的地区,气温比较暖和,主要存在中亚热带、北亚热带两个气候带,因此乡民会根据稻田水温温和的特点,选种一些像大老梗谷、细老梗谷、老脚红梗、老梗白谷、大白谷、麻车、蚂蚱谷等温性高秆稻谷品种;低海拔区所800米以下的地区,气候炎热,稻田水温偏高。大致跨越南亚热带、北热带两个气候带。乡民通常会选种像老皮谷、老糙谷、大蚂蚱谷、木勒谷、猛拉糯、七月谷等一些耐热品种。尤其是在干热河谷地带更会选种像麻糯等耐高热的稻谷品种<sup>②</sup>。“元阳梯田”绝大多数稻谷品种适应面积非常狭窄,一般不会超过一万亩,相当数量的品种只能在几百亩甚至十几亩中进行种植,但任何品种都是该项农业文化遗产的无价之宝,缺一不可。

由上观之,历史上哈尼族、傣族等民族在种植水稻时,已充分考虑不同海拔地区水稻对水温的适应问题,并通过对传统稻谷培育、保种,不断积累、丰富自己的传统谷种,以适应不同海拔高度自然条件的各种差异;或者弥补水温差异大,这一自然地理结构中的“水温”缺环。因此,哈尼梯田稻谷品种的多元化不是为了追求单位面积的高产,而是为了完善,适应不同梯田水温的技术策略。

### 三、湖南“子腊贡米台田”稻作系统的水温调控技术对策

2017年,湖南花垣县“子腊贡米复合种养系统”作为中国第四批重要农业遗产申报成功。该农业文化遗产的核心保护区,子腊村地处湖南省湘西土家族苗族自治州花垣县石栏镇。经纬度位置为北纬

① 徐福荣、张恩来、董超等:《云南元阳哈尼梯田两个不同时期种植的水稻地方品种表型比较》,《生物多样性》2010年第4期。

② 姚敏、崔保山:《哈尼梯田湿地生态系统的垂直特征》,《生态学报》2006年第7期。



N28°25′27.29″,东经E109°25′8.07″。该村为苗族聚居区,通行苗语东部方言,但在历史上这里属于土家族土司地区,因而有少量的土家族和汉族杂居。子腊村村域面积10平方千米,共有耕地面积6417.5亩,稻田4900亩,旱田1517.5亩。其中产出子腊贡米的“台田”共计200余亩<sup>①</sup>。与该村自然生态背景相似且拥有“台田”建构种稻的苗族、土家族生息区,还分散于湘西州所辖的各县,以及湖南省怀化市下辖的麻阳、新晃、芷江等七县和贵州铜仁市、黔东南苗族侗族自治州下辖各个县。上述范围的“台田”都属于“子腊贡米”的辐射区。仅仅因为其他地区的“台田”年久失修,大多数地区被乡民所遗忘,只有子腊村尚在传承利用,因而此项农业文化遗产只能由子腊村申报立项。

“花垣县地势地貌大致呈现为东南高,西北低,东南西三面均有高山阻隔,西北面朝向酉水河谷。西南边境的莲花山海拔高度1197米,为全县最高点。东北狮子桥花垣河边海拔高度为212米,为全县最低点。全县境内海拔跨度界于700米与800米之间。县境内大致可以分为三级台阶,子腊村位于区中的第二级台阶,该村的海拔在400-700米之间。”<sup>②</sup>与湘西州各县相似,山河相间,地形破碎,地表崎岖不平,连片的平地极少。“子腊村”所在的河谷呈西南东北走向,东西两侧都有高山阻隔,而且山势陡峻,至今依然很难开辟为稻田。仅河床的洪泛带相对平缓可以开辟为稻田。(宣统)《永绥厅志》有载:“其间岭者……崎岖者、峻拔而峭绝者,三千三百莫穷其数”。“万峰丛错,备极险阻”正是花垣县境内地貌特征的真实写照。作为农业文化遗产子腊贡米的核心区“台田”就位于这样的区位,地势南北低,东西高,为丘陵地貌,形成两峡谷一沟式地形。

花垣县就地质结构而言,由于喜马拉雅山脉造山运动,导致地球岩石板块移动、撕裂,因而才造成地表溪谷与山脉交错分布的典型性格局。地质学研究资料表明,湘西花垣至张家界一带,其地质结构就属于“逆冲断裂带”,喜马拉雅山脉的新构造运动表现极为明显,逆冲与逆掩交织进行<sup>③</sup>。《花垣县志》有载:该县境出露的地层有元古界板溪群,有元古代的震旦纪、古生代的寒武纪、奥陶纪和新生代第四纪,以古生代的寒武纪和新生代第四纪出露最广,板溪群分布最少<sup>④</sup>。由此可见,在整个花垣县境内地层分布广泛,既有古生代,也有中生代,还有新生代地层。

具体到子腊村而言,其地质结构复杂。子腊村辖境内古生代、中生代、新生代地层一应俱全。这是因为在地质史上由于喜马拉雅山脉造山运动的影响,撕裂了晚期地层,形成峡谷,暴露了古生代地层。大体而言,溪流河床所在位置为古生代寒武纪、奥陶纪的地层。目前,出土了三叶虫等古生代典型化石,考古学研究者曾在湖南花垣县子腊村周边发现过三叶虫化石,研究表明这些三叶虫属于古生代地层寒武纪<sup>⑤</sup>。与此同时,还有劣质的井盐出露<sup>⑥</sup>。岩石主要由灰绿页岩和玄武岩构成。因此,该村属于古生代地层。由于地质运动的原因,古生代中晚期地层缺位,仅有少量二叠纪地层尚部分保留。山体多为中生代地层,岩石均为石灰岩,涵盖了古生代二叠纪、中生代三叠纪、侏罗纪、白垩纪,均完好保存。当代出露的泉眼都位于古生代和中生代交界地带的转移层,以及二叠纪地层的下方,这是石灰岩地层溶石作用所造成的结果。三级区位为中生代晚期和新生代早期地层,以山岩和夹砂石灰岩为主,这样的岩层成土速度较快,成土量较大。因而当地土壤的基质主要来源于新生代地层。土壤含砂量较高,透气性良好,有利于农田耕作。

花垣县属于亚热带季风湿润气候。花垣县志有如下记载:小气候明显,海拔升高100米,年平均气

① 以上数据均由花垣县石栏镇人民政府提供。

② 花垣县县志编纂委员会:《花垣县志》,生活·读书·新知三联书店,1993年,第75-78页。

③ 杨绍祥:《湘西花垣—张家界逆冲断裂带地质特征及其控矿意义》,《湖南地质》1998年第2期。

④ 花垣县县志编纂委员会编:《花垣县志》,第71页。

⑤ 朱才伐、李国祥、董熙平:《湘西花垣中寒武统具表面装饰的管状微体化石》,《北京大学学报》(自然科学版)2004年第2期。

⑥ 花垣县县志编纂委员会编:《花垣县志》,第71页。

温降低0.52℃。因地势、海拔不同,气温由西北向东南逐渐递减,无霜期自北向南递减5至9天,年降水量增加37毫米。而花垣县“子腊村”就位于中部气温区,年平均气温14.4℃至15.6℃,日较差7.2℃,全年太阳辐射76.96千卡/厘米<sup>2</sup>,无霜期229天,年降水量1400毫米<sup>①</sup>。由于气温的垂直差异,各地农事活动存在先后顺序。就总体而言,整个花垣县均属于亚热带季风湿润气候,四季分明,夏无酷暑,冬无严寒,但夏季可能出现短暂的伏旱,易使稻田脱水,从而影响稻谷产量。冬春之交可能遭逢冰雹袭击,个别寒冷年份出现“冰瘤”现象,但极寒天气通常不会超过一个月,堪称全年温暖湿润。

子腊村由于气候温暖湿润,降水量丰沛。因而山体的石灰岩地层溶蚀作用发育强烈,山下的溶洞湖较多,溶洞湖和河流的最低位置,通常都击穿了整个石灰岩地层,甚至到底下古生代地层中,以至于全村范围内除了一条孤立的小河外,并无支流。然而由于这样的水流与古生代地层接触,古生代地层具有很强的储水能力,因而水温虽低,但磷钾等肥分含量很高,对稻田种植十分有利。虽然溶洞中的地下水储量很丰富,但都是以泉水的方式,沿着中生代、古生代地层流出汇入小河中,水温终年保持在10℃左右。较高位置的泉水水温也不超过15℃。河流的水因为身陷在高山之间,照射不到阳光,因而水温也在14℃至15℃。以至于无论用河水还是用泉水灌溉稻田,都会因水温偏低引起水稻根系发育不良而造成严重的减产甚至绝产。

大气降水形成的地表临时性溪流,水温接近大气温度,可以直接用来灌溉稻田。但磷、钾等肥分稀缺而且水量变幅很大,暴雨季节水量较多,非降雨季节地表会呈现旱象,稻田灌水也成了问题。这样一来,要修建稻田就会面临左右为难的困境,用河水和泉水灌溉肥料不成问题,但水温偏低却成了大问题。而当地各族乡民正是通过“台田”建构化解了自然地理结构上的缺环和矛盾,确保了“台田”稻米种植的稳产、高产、品质优良,这正是本农业文化遗产整个技术体系的创意所在。

由于地理区位和亚热带季风气候的综合作用,子腊村的生态构成大体可以分为三段:其一是溪流的洪泛带,为湿地生态系统。同样因为水温偏低,所以湿生植物生长并不茂盛,以冷水性的水生生物鱼类、番茄类为主。目前这一地带已经开辟为“台田”。其二是山顶坡面为典型的常绿阔叶林生态系统。林下荫郁,遮天蔽日,代表性植物大多属于樟科、木樨科、兰科、桑科和山楂科等,经人工引种后也有温带植物、少数的阔叶落叶树和经济林生长。在历史上中国南方的亚热带动物在该县都有分布。近年来由于环境的变迁,大型的猫科、犬科动物已缺位,历史上曾经有过的热带动物犀牛、貘等目前仅存化石为证<sup>②</sup>。其三是山脊区段疏林草地生态系统,发育不良的乔木,既有常绿树也有落叶树,大多数呈现为“小老头”树。草本植物包括禾本科、菊科、毛茛科、豆科植物。

当地各族乡民在这样的环境下要去开辟稻田,其生态结构的制约因素也表现得极为明显。由于高山林立,能够开辟稻田的位置又位于河谷底部。因此即使能够开辟为稻田,直接的日照也明显不足。在水稻生长季节,每天直接日照时数也仅在6个小时上下,其余时间除了山林阻隔之外,还加上云雾弥漫。这不仅有碍水稻发育,还因为气温偏低,对水稻结实同样不利。在“子腊村”建设“台田”的目的之一,就是要通过技术手段来提高稻田的表面高度,以利于水稻接受到更多的阳光直射,以此缓解生态系统造成的资源配置缺环。

这一生态结构的优势在于稻田辟在峡谷底部。即使遇到了灾害性的天气,受害程度也较轻。强风、冰雹、干旱、冰冻虽然在花垣县境内经常发生,但该区域种植水稻的“台田”,由于高山林立直接遭受灾害的风险系数小,加上生物多样性,生物之间的制衡作用能够有效控制水稻病虫害的泛滥。在历史上有关当地“台田”及周边地区遭受病虫害的记录几乎为零。同样的在“子腊”贡米的核心区,历史上也未曾有过记录。此外,坡面泥流的腐殖层深厚,地表临时性径流携带的水资源富含氮肥有助于支持稻米的生长。在清末贡生麻阅芜的《子腊贡米序》中就有过记载:“砌石出岸,导水成溪,伐松木以填泥,代代繁衍相继。”从

① 花垣县县志编纂委员会编:《花垣县县志》,第83-84页。

② 段超:《土家族文化史》,民族出版社,2000年,第6页。

中不难看出子腊村苗族先民们为了摆脱该地区地质结构和水文状况的不利局面,想方设法弥补当地自然地理结构的缺环,开创了独特的“铺树造田”技术,为“子腊台田”水稻种植创造了适宜的水温条件。

“铺木造田”技术的贡献在于:其一,通过在梯田底部铺垫圆木和回填沙土来抬高水位,解决当地因“森林密布,云雾缭绕”而导致“台田”日照不足的问题。因为“台田”水位被抬高4至5米之后,能够较多接受太阳光的热量,利于稻田水温上升,能保证水稻正常生长。与此同时,稻田水位被抬高之后,太阳日照扩大了面积,稻田周边喜阳的动物大量出现,像青蛙和各种昆虫不耐低温的越冬动物在这里获得栖身之地,喜阳的植物也会伴随而来,如夏枯草、金银花等。而稻田沟渠里耐寒、耐低温、耐阴的植物(如水芹菜、半边莲等)和水性动物(如黄鳝、泥鳅等)也会大量并存。因而对于提高单位面积的生物多样性水平具有明显的生态正效应。由此,台田的水土保护效率也在不断提高。其二,在稻田里垫高圆木还能够起到把河流、井泉里的低温水和稻田热水隔离开的作用。有助于提高和保持稻田水温。由于该地夏季大气降水和坡面临时性的径流众多,能够为稻田提供温度较高的水资源补给。对于灌溉稻田来说,适合稻田水源的水温不成问题,而缺乏的是营养物质。但是如何防范溪流的水和井泉的冷水倒灌田中,导致水温下降则是必须防范的风险。所以需要垫高稻田水位把热水和冷水隔开。由于圆木隔绝空气后数百年都不容易腐烂,稻田底部形成了很好的隔离层,能够起到分流热水和冷水的作用。因此,热水被储存起来,而冷水则通过稻田的天然河道排往下游,从而有效化解稻田水温偏低的自然地理结构缺环的难题。其三,被垫高的圆木在稻田中能够起到对营养物质的吸附作用。因为木头具有很强的吸附能力。在溪流涨落过程中,木头可以把古生代地层释放出来的磷、钾等肥分通过溪流的运输吸附在圆木内部,而不会随着溪流流失,所以这样储积起来的磷、钾等肥分,可以有效提高稻田的肥力,满足水稻生长的需要。至于稻田所需的氮肥则可以通过降雨时节暂时性的地表径流,将坡面森林有机氮肥溶解后,从而使得这样建构起来的稻田,几乎不需要施肥也能够达到丰产、高产<sup>①</sup>。由此看来,“铺树造田法”不仅有效地提高了稻田的水温,而且还多渠道地满足水稻所需的肥分。正因为这个地区气温偏低,日照偏少,因而用“台田”种植出的稻米,支链淀粉含量较高,稻米的香味十分浓烈,米色暗红,质量高,口感好,形态独特,这正是被选为贡品的原因所在。“铺木造田”技术可以称得上是一项一举多得的技术创新。

“铺木造田”的原理在于,通过技术改良后的稻田,其尾水经过过滤和生物降解后,水质可以得到极大的提高,水资源可以较长时间储备在稻田中。这对缓解下游的洪峰压力和枯水季节的补水也具有明显的生态维护成效和水质优化功能。此外,随着“台田”面积的扩大,“台田”区的生物多样性也得到增强,同时,又不打乱天然溪流的生态结构,从而使一些耐低温的植物和动物也能够溪流里和井泉中正常生长。由此,设计这样的“铺木台田”,事实上在无意中也发挥了生态维护的正效应,能够使人类经济活动对生态系统的干扰降到最低限度。更值得注意的是“子腊贡米”此项技术创意,还是一项多民族合作完成的社会性变革。众所周知,这一地区的苗族在历史上靠“刀耕火种”在山脊区段种植红稗、小米等旱地作物,在森林中培育葛藤、蕨根、芋头和山药维持生计。直到明初在子腊村附近,创设崇山卫之前,这一地区几乎没有种植过稻米。但卫所一旦建立,大量的屯军常驻该地,经济补给极其艰难,《太祖高皇帝实录》载,“洪武年间……命湖广崇山卫指挥佥事杨仲名督将士屯田”<sup>②</sup>。明廷不得不鼓励屯军开辟稻田、种田自养。但由于环境不利,水稻产量极低,又费工费时,所遭逢自然风险极大。其后与当地土家族、苗族的调整河道传统技艺相结合后,才得以共同创造出该项农业文化遗产。在这一过程中苗族和土家族能够做到各尽其能、各显其长,从而围绕着“台田”的建构达成了命运共同体,并因此而维护当地社会安定和各民族间的和睦相处,由此所发挥的社会效益值得肯定和弘扬。

① 陈茜:《苗族文化资源在生态扶贫中的价值研究——以花垣县子腊村为例》,吉首大学博士学位论文,2018年,第141页。

② 《明太祖实录》卷130《太祖高皇帝实录》。



综上所述,此项农业文化遗产的独特之处在于,其技术策略适宜于无法连片种植的呈星散状分布的耕作区域。虽然耕作区段形成的产品总量不高,但是可以确保稳产高产。就“子腊台田”技术操作层面而言,其技术应对非常精妙,执行此项农业文化遗产投工少,成本低。“子腊台田”一次性建成可以沿用数十年至一百年。

#### 四、“洞庭湖圩田”水温调控技术对策

“圩田”是指人们筑造长堤短坝,内以围田,外以围水的水利田,属湿地生态系统开发利用方式之一。主要分布在江、湖、河、海周边沿岸的沼泽、破塘、滩堡、河道等静水水域,但如果静水的水深度过高,则不利于推广,而且风险较大。此处要探讨的就属于这一情况。由于各地农民对这样的农业文化遗产称谓有别,两湖平原乃至长江中游地区称“垸田”或“堰田”;文献中称之为“圩田”或者“湖田”。换言之,“垸田”成了两湖平原乃至长江中游地区“圩田”的代名词。凡具有筑堤围田的特征并与灌溉系统有机配合,体现较高的农业技术含量,时下的论证中都统称为“圩田”<sup>①</sup>。洞庭湖区的稻田的形成就是通过“围湖垦殖”选择有利地势筑土作堰,外御水,内造田,以“圩田”的形式产生,并不断扩大种植面积。道光年间,江湖淤塞日重,湖广水利失序。魏源认为,长江“几与河防同患”,而其根源在于“土满人满”,“向日受水之地,无不筑圩捍水”,“黔粤川陕交界……老林邃谷,无土不垦”,以致“历年壅积者……随大雨倾泻而下”,但“水去沙不去,遂为洲渚”,而“近水居民,又从而圩之田之”<sup>②</sup>。又据(道光)《洞庭湖志》记载,巴陵县堤5处,华容县堤3处、垸27处,安乡县垸15处,石首县堤1处,武陵县堤4处,芦洲县堤10处,龙阳县堤13处,沅江县堤1处,益阳县堤2处、垸11处,湘阴县堤2处、垸34处、围29处<sup>③</sup>。由是观之,洞庭湖由于受季节性水淹原因,起初当地居民出于防“水患”目的而筑堤,但在洪水退却之后,发现大量淤积泥沙生成大片洲土,然后将大片洲土通过“圩”的方式而围成稻田,并由此而演变成湖区普遍推广的一种“圩田”开发方式,也是湿地资源高效利用方式之一。就其实质而言,是将湿地转化为人工农田生态系统。

目前,洞庭湖“圩田”正在计划申报中国农业文化遗产。洞庭湖地处长江中游荆江南岸,东濒岳阳市、汨罗市,南至湘阴县、沅江市,西至澧县,北抵南县、华容县、君山区。洞庭湖区是面积最大的水稻种植区和重要的湿地自然保护区,担负着长江流域生态安全、水安全和国家粮食安全的重大责任。2014年被国务院批准为生态经济规划区<sup>④</sup>。洞庭湖来自湘、资、沅、澧四水(简称“四水”)和汨罗江、新墙河等湖区周边河流,全省96.6%的降水将形成的径流,通过四水流域全部汇集到湖区<sup>⑤</sup>。因而,湖区水位涨落无常,难以控驭。因而,此项农业文化遗产在尚未获得申报、立项保护之前,不仅应该看到其价值,也应关注其负效应。否则将很难做到因地制宜,传承和保护农业文化遗产。为此,我们显然有必要对其可能发生的负效应展开进一步的探讨,其中最为典型的负效应,莫过于稻田水温偏低这一自然地理结构缺环难题。洞庭湖区属中亚热带湿润季风气候,具有向北亚热带过渡的态势。热量资源丰富,根据各地气象站的历年统计数据,各地年平均气温在16.5℃至17.0℃之间,气温变化的特点是:夏季炎热,冬季寒冷,春秋温度变幅大,变动频率高。年平均气温的年际变幅大,日变幅较小<sup>⑥</sup>。由此可见,这样的气候和地理特征显然适合种植水稻。所以,洞庭湖素有“湖广熟,天下足”的美誉<sup>⑦</sup>。而这一“美誉”正好是对“围湖造

① 宁可:《宋代的圩田》,《史学月刊》1958年第12期。

② 中华书局编辑部:《魏源集(上)·湖广水利论》,中华书局,2018年,第397页。

③ 纂世基本本,沈筠堂总纂:(道光)《洞庭湖志》卷4,吉首大学图书馆藏复印本,第1-9页。

④ 洞庭湖生态经济区地理国情监测技术设计书,国务院.[EB/OL],2015-05-28.

⑤ 胡光伟、毛德华:《2016年春末夏初洞庭湖流域降雨特征与水情分析》,《国土与自然资源研究》2017年第7期。

⑥ 卞鸿翔、王万川、龚循礼:《洞庭湖的变迁》,湖南科学技术出版社,1993年,第94-95页。

⑦ 翦伯赞:《中国史纲要(二)》,人民出版社,1979年,第75页。

田”的肯定。由于不同历史时期对洞庭湖湖区大规模的“围湖造田”,湖区“圩田”的生态危机逐渐显露。

1949-1979年期间,洞庭湖区共围垦“圩田”的面积达1695千米<sup>2</sup>,围垦强度达0.44,居长江中下游三大湖泊之首(鄱阳湖0.24,太湖0.06)<sup>①</sup>。大量“圩田”冷浸化,由高产田退变为低产的“青泥田”和“冷浸田”,对洞庭湖湖区的农业生产及其农业生态系统构成严重的威胁。据相关部门对洞庭湖(1951至1988年)的水文资料系统研究,得出结论,由于大量的“围湖造田”,水生植物的滋生蔓延,阻流拦沙,侵占湖面,从而使泥沙淤积过多,充填湖底,导致湖床普遍抬高,洞庭湖水位普遍升高。湖泊水位多年平均值24.51米至32.59米,历年最高水位34.5米至40.43米,最低水位17.27米至28.02米<sup>②</sup>。正是基于历史上长期的“围湖造田”,才导致洞庭湖“圩田”的“地下水位高,潜育化严重,土壤质地黏性重,通透性能差,耕性不良”,因而被称为低产的农耕地<sup>③</sup>。历史上的沅江保安垸早就将“圩田”分为“上垸土高地肥,为上业;中下垸渍水所归,且港路甚远,常苦旱潦,为中、下业”<sup>④</sup>。由此可见,洞庭湖区居民视“渍水”的“圩田”为最下等的低劣田产。

早在20世纪40年代,就有一批学者指出,“凡过于低陷之湖田,实无农作上价值,且肥力亦失。”<sup>⑤</sup>“垸田渍害,潜育性水稻要占60%上下,一般比正常农田低产三百至四百斤。”<sup>⑥</sup>“滨湖土地肥沃,只能限于新开辟‘圩田’而论。大体新开辟‘圩田’每亩稻谷产量为五至六石。十年之后开始减低,最低产值仅三石,普通也不过四五石左右。”<sup>⑦</sup>

针对洞庭湖区大面积低产田的出现,当代学者普遍认为因地力衰退而导致“垸老田低”<sup>⑧</sup>。上述研究思路仍然存在一定的局限性,认识上有所偏颇。洞庭湖区所谓“潜育性”低产田并非土壤肥力降低所致,而是洞庭湖湖区“圩田”湖面水位被抬高,湖底的冷水反浸稻田,导致稻田水温偏低并成为“冷水田”,因为低温水无法排出,长期处于渍水状态,才导致水稻产量猛跌的严重后果。

学界在洞庭湖湖区定义的“低产田”在水稻生长早期,稻田水温提升相当缓慢,通常比正常田低1.46℃至5.1℃。前期表现为早稻僵苗现象严重,后期则表现为水稻田产量低,仅及稳产田产量一半。而这些“冷水田”主要分布在低洼湖区、环湖丘陵的湖叉区和湾河区。20世纪80年代中期,岳阳君山农场所选的4万多亩水田中就有1300亩冷水型稻田因稻田水温偏低,导致早稻初期严重僵苗,亩产只有200至250斤,部分田冷水渍水严重,投资效益低,电排费用甚至高于水稻产值<sup>⑨</sup>。20世纪90年代初期,同样的报道,在洞庭湖区的益阳地区,有冷水田65.9万亩,占全区水田面积的22%<sup>⑩</sup>。这些“冷水田”均位于低洼湖区,稻田水位低于湖面。冷水排水不畅,从而春末夏初之际,稻田水温上升较慢,早稻前期僵苗严重,有效分蘖少;后期随温度升高,土壤营养成分释放多,禾苗贪青推迟成熟期,导致稻田低产。由此看来,对此项农业文化遗产技术成效价值认证体系亟待健全。稻田的水温问题仍然是一个不容忽视的环节,需将其纳入评价体系的框架。

① 卞鸿翔、龚循礼:《洞庭湖滩地围垦问题的初步研究》,《地理学报》1985年第2期。

② 李景保:《近数十年洞庭湖湖盆形态与水情的变化》,《海洋与湖沼》1992年第6期。

③ 聂芳容:《洞庭湖——演变、治理与综合开发》,湖南人民出版社,2013年,第28页。

④ 曾继辉:《洞庭湖保安湖田志》,岳麓书社,2008年,第538页。

⑤ 王育璠:《洞庭湖沿岸的湖田及农家》,《现代农民》1941年第10期。

⑥ 湖南师范学院地理系编:《湖南农业地理》,湖南科技出版社,1981年,第118页。

⑦ 刘绍英:《租佃制度与土壤保存》,《明日之土地》1946年第2期。

⑧ 刘志刚:《肥瘠质变:民国时期洞庭湖湖田地力的衰退及其应对》,云南大学西南环境史研究所《环境史研究的区域性与整体国际学术会议暨云南大学西南环境史研究所十周年庆典论文集》,2019年,第106页。

⑨ 周寿求:《岳阳地区潜育性稻田成因及改良途径》,《土壤通报》1986年第8期。

⑩ 黄寅虎:《潜育性稻田“早撒晚杂”的效果及配套技术》,《湖北农业科学》1994年第1期。

此前土壤学家们都将受地下水危害严重、清泥层厚、土性差的这类低产田,定义为“潜育性稻田”<sup>①</sup>。这些“冷浸田”产量不高,主因全在于水温偏低,与施肥耕作、作物品种的关联性不大。因而相关学者从水文这一要素去做出技术评价,明显偏离了事实真相。正是因为对成害的主因判断偏颇,因而改造“冷浸田”的技术对策也很难收到预期的实效。

其一,冷浸田开沟起垄改良法。冷浸田起垄栽培法即开沟起垄,先插桩拉线,后沿线向前起垄,垄面呈瓦背形,用钉耙将沟间泥土轻轻堆积成垄埂,随开沟均匀条施底肥,合垄以后灌水泡田,水面稍过垄台。待水层自然下降,露出台面时,排水插秧,插秧后要灌水,水层稍过垄面。起垄栽培技术原理在于首先要选育生育期较长的品种,要培育壮秧,只需一道犁耙,并要在7至15天完成,而且在插秧前2至5天开沟起垄,在起垄后2天插秧,每垄插双行,宽行窄株,错位栽插<sup>②</sup>。由此可见,首先垄栽易于提高稻田水温,扩大土壤的日照面积,解决水、肥、气、热不匹配的矛盾,使植株能够充分“享受”光能资源,健康生长。其次,肥料集中施于垄内,延长肥效时间,促使禾苗旱生快发,稳定生长。最后,起垄能够增加土壤的通透性,活跃土壤微生物,提高土壤肥力。然而对策并没有针对主因施治,而是对已经造成的副作用加以修补。只有采取提高水温的彻底施治创新对策,才能改变这种不利的局面。

其二,水旱作物轮种改良法。针对洞庭湖“冷浸田”,学界还采用了“耕作轮作”改良土壤法,并涌现不同类型的水旱轮作制度,包括两季水稻—冬作(大麦、小麦、油菜),旱粮(以玉米为主)—水稻,经作(菸草、西瓜、花生)—水稻等这些种植制度的发展,比如洞庭湖区桃源县就从生态指标考量不同区域耕作轮作,对稻田耕作制度进行改革。尤其是对海拔300米以下深泥脚冷浸田,采用一季稻两熟制,实际上并不适宜,其稻田地下水位高,冷水排放差,长期渍水,稻田水温和泥温都偏低,有效养分释放慢<sup>③</sup>。虽然,水旱作物轮种有利于良好生态结构的形成,使稻田土壤的表层潜育现象迅速消失,甚至在耕层以下也逐渐减退。同时,土壤微生物总量也在不断增加,土壤肥分也在增强。但是,尽管做出了这样的改良措施,其成效依然不稳定,增产幅度有限,能够实现的经济效益也有限。加之这样的操作劳力和成本的投入会明显增加。即使稍有增产,也往往得不偿失。

其三,培育耐冷水田品种。20世纪90年代初,中国科学院长沙农业现代化研究所水稻生态育种研究组,针对潜育性稻田,从育种新法、筛选鉴定、综合鉴定指标和培育优异种质材料四个方面展开研究,并取得一定成效<sup>④</sup>。在此基础之上,进而还有学者从水稻抵御“潜育性”土壤胁迫的机制,研究提高选育“耐潜育”性品种的效率并建立起一套简便而行之有效的耐“潜育性”综合鉴定指标体系<sup>⑤</sup>。虽说“潜育性”土壤水稻生态育种技术研究,在很大程度上具有一定实际应用价值,但仍然有许多技术细节,难题攻关上存在一定的局限性,有待今后加以完善和提高。

综上所述,无论是“开沟起垄耕作法”、“水旱作物轮种法”,还是培育“耐冷水田品种”,研究重点在于改善土壤肥力、提高或通过作物品种轮种替换规避水稻土壤生长不利环境,达到提高单位产量和经济效益的目的。但很少有学者从整个“冷水田”起决定性作用的水温因素,去考虑“冷水田”的整个生态系统根本性改良,因而都是一种治标不治本的做法。对此,在农业文化遗产价值评估指标体系需要进一步健

① 中国科学院长沙农业现代化研究所潜育性水稻土壤改良课题协作组:《潜育性和次生潜育化水稻土的形成及改良途径的研究总结报告》,《农业现代化研究》1984年第6期。

② 刘化祥:《冷浸田起垄栽培水稻增产》,《湖南省作物会刊》1985年第15期。

③ 金久连、魏国超等:《桃源县稻田耕作制度改革及其生态经济效益的综合研究》,《湖南省作物会刊》1984年第10期。

④ 中国科学院长沙农业现代化研究所水稻生态育种研究组:《耐潜育性土壤水稻生态育种技术研究进展》,《农业现代化研究》1992年第3期。

⑤ 唐建军、李达模:《水稻(抗)潜育性水稻土的生理生态机制及其品种间的差异》,《青年生态学者论丛(一)》1991年第1期。



全的大背景下,同时探寻农业文化遗产创新,也是值得关注的研究新取向。

## 五、对农业文化遗产现代化创新的新思考

通过对新疆“坎儿井”、云南“元阳梯田”、湖南“子腊贡米台田”稻作系统和“洞庭湖圩田”稻作系统四种古老农业灌溉用水方式的深入研究,得出以下五点创新途径:

其一是充分利用现代化的钢制水管材料,并把钢管子做成U形管安置在“坎儿井”的出水口处,利用周边高温高热的气温环境给“坎儿井”提高温度,达到灌溉所需温度时再用于灌田,就此极大降低无效蒸发,也不会浪费宝贵的水资源。

其二是充分利用周边环境的生态用水,启用现代化滴管技术,从钢管中引水配置给葡萄架和乔木。既能满足生态用水的需求,又能够优化环境,并有效地降低大气的底层温度,创造更合适的生活环境。

其三是通过启动中国历史上曾经广泛运用过的“架田”法,即“借助水体搭架构成的水上浮田”<sup>①</sup>,将“冷浸田”全部退耕还湖。用现代材料“架田”漂浮在旧有的围堰内。由于是从湖水的表面获取水资源和养分,因此水温偏低的不利形势就可以得到根除。此外,对新疆末端“艾丁湖”也可同样使用“架田”的方式种植葡萄或其他作物,能够使水温偏低的不利局面得到根本性改观,而“艾丁湖”湖面就此回升,将牵动整个吐鲁番地区地下水的回升。而此前废弃的“坎儿井”则都可以就地复活。上述状况得以根本性改善之后,则基本可以满足当地的生产、生活用水了。“禁止或减少钻井”的目的在于避免“坎儿井”水面的枯竭,降低无效蒸发的水量。因此,当地政府可以明文规定,今后的生活用水尽可能从“坎儿井”取水,无需另外钻井。

其四是对“元阳梯田”中的低海拔区段可以改低海拔稻田储水为高海拔稻田储水。通过已有的灌溉系统安置钢管做出有序配水后,低海拔区段无效蒸发也可以得到有效缓解,从而能够扩大梯田耕作面积,使稻田下方的干热河谷区段也能够就地开辟稻田或者作为热带植物耕作之用。与此同时,水资源也能满足新开稻田耕作之用。

其五是对“子腊贡米台田”区同样可以采用从溪河上游用钢管引水的升温法,给“台田”补水,节约水资源。此外,“台田”的建构甚至可以用现代材料悬空建田。这样既可以降低工程成本,也能够有效扩大“台田”面积,经济和生态可以实现双赢。

基于以上案例分析,不难找出农业“八字宪法”中与时俱进的创新点和切入点。这些看起来似乎是“吹毛求疵”的问题,却在研究思路和研究方法上提供了“创新”的切入点。藉此助力中国农业文化遗产发扬光大,将当代农业技术体系创新落到实处。

## [参 考 文 献]

- [1] 杨庭硕,等.生态人类学导论[M].北京:民族出版社,2007.
- [2] 杨庭硕.生态扶贫导论[M].长沙:湖南人民出版社,2017.
- [3] 杨庭硕,田红.本土生态知识引论[M].北京:民族出版社,2010.
- [4] 罗康隆.族际关系论[M].贵阳:贵州民族出版社,1998.
- [5] [美]托马斯·哈定,大卫·卡普兰,等.文化与进化[M].韩建军,商戈令,译.杭州:浙江人民出版社,1987.

<sup>①</sup> 王柏中:《“畦田”问题研究考索》,《中国史研究动态》2012年第3期。