

# 盐碱地可持续利用研究综述

王佳丽<sup>1,2</sup>, 黄贤金<sup>1</sup>, 钟太洋<sup>1</sup>, 陈志刚<sup>1</sup>

(1. 南京大学地理与海洋科学学院国土资源与旅游学系, 南京 210093;

2. 安徽农业大学经管学院土地资源管理系, 合肥 210036)

**摘要:**盐碱地资源的开发利用对粮食生产具有重大贡献。但水资源的缺乏、气候变化使盐碱地开发利用工作更具挑战性。文章系统总结了近年来盐碱地可持续利用研究取得的重要进展:(1)盐碱地可持续利用的技术研发、排盐水环境安全处理及技术配套管理研究;(2)盐碱地可持续利用的农户技术选择行为研究;(3)盐碱地可持续利用的科学研究方法。提出盐碱地可持续利用进一步研究的建议:加强多学科交叉融合的研究;强调农户技术选择行为研究;增强研究方法的科学性。

**关键词:**盐碱地;可持续利用;技术研发;农户行为;科学方法

## 1 引言

土壤盐渍化已上升为全球问题,并受到国际学术界的特别关注。2005年第一届国际盐渍化论坛在美国加利福尼亚州召开,2008年3月30日-4月3日第2届国际盐渍化论坛——“Salinity, Water and Society - Global issues, local action(土壤盐渍化、水与社会:世界的问题和地区的行动)”在澳大利亚阿德莱德召开。来自世界各国土壤盐渍化、灌溉、水利工程、水资源管理、政策经济等领域的专家学者参加了会议。论坛突出了气候变化与水资源利用对土壤盐渍化的重叠影响,重点围绕应对水资源咸化的新方法展开研讨,涉及灌溉盐渍化、干旱盐渍化和城市盐渍化,以及咸水入侵等问题<sup>[1]</sup>。2010年10月,联合国粮食与农业组织、西班牙瓦伦西亚大学和世界土壤学联合会盐渍土工作组等联合组织召开的全球盐渍化与气候变化论坛在西班牙瓦伦西亚召开。论坛从多学科视角探讨了盐渍化和气候变化的相关问题,并且加强了决策者、科学家和野外工作者之间的对话。论坛呼吁土壤、水、农业和生物多样性领域的专家和知名人士,以及环境与农业部、私人部门和区域与国际组织来共同应对盐渍化和气候变化问题<sup>[2]</sup>。

中国的盐渍土资源量多且分布广泛。据全国第二次土壤普查数据,中国盐渍土总面积约3600万 $\text{hm}^2$ ,占全国可利用土地面积的4.88%。耕地中盐渍化面积达到920.9万 $\text{hm}^2$ ,占全国耕地面积6.62%<sup>[3]</sup>。主要分布在西北、华北、东北和沿海地区。据中国盐碱土资源利用学术研讨会(2010年8月26-28日,新疆乌鲁木齐)最新公布的数字显示,目前,分布在我国西北、东北及滨海地区的盐碱荒地和盐碱障碍耕地总面积超过3333万 $\text{hm}^2$ (5亿亩),其中具有农业利用潜力的盐渍土面积约1333万 $\text{hm}^2$ (2亿亩),约占全国耕地面积的10%。盐碱地农业高效利用对我国耕地农业生产能力的提升,耕地数量的增加,国家粮食安全的保障,18亿亩耕地红线的坚守,具有重要意义。盐碱地资源的可持续利用已受到国内政府部门和学术界

收稿日期:2010-12-19; 修订日期:2011-02-15

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001-1-4) [Foundation: Non-profit Industry (Agriculture) Financial Program of Ministry of Agriculture of China, No.200903001-1-4]

作者简介:王佳丽(1981-),女,安徽蒙城人,讲师,博士研究生,主要研究方向为农户土地利用行为、土地利用变化。

E-mail: jialiwang1981@163.com

通讯作者:黄贤金(1968-),教授、博导,主要从事土地利用、资源环境经济与政策研究。E-mail: hxj369@nju.edu.cn

的高度关注。2008年上半年,中科院西部行动计划(二期)项目“我国北方盐碱地节水灌溉水盐调控机理及治理开发技术与示范”启动。2009年底,南京土壤研究所主持的农业部公益性行业(农业)科研专项经费项目“盐碱地农业高效利用配套技术模式研究与示范”启动。

文章总结了近年来国内外盐碱地可持续利用研究取得的重要进展,以为盐碱地可持续利用研究提供理论支撑。

## 2 盐碱地可持续利用技术研发及管理研究

盐碱地可持续利用是公认的技术难题。学术界有关盐碱地可持续利用的研究主要围绕治理技术研发、排盐水环境安全处理和技术配套管理展开。

### 2.1 盐碱地可持续利用技术研发研究

全世界大部分地区土壤盐碱化的原因已基本查明,但是合理的治理方法尚未确定<sup>[4]</sup>。自20世纪初期,国内外专家围绕盐碱地的治理开展了大量理论和实践研究<sup>[5]</sup>。目前,全世界盐碱地改良利用已形成两类主导技术:一是通过灌排技术改良土壤;二是发展耐盐植物利用盐碱土。通常两类技术配套使用,以其中一种为主导。

我国从20世纪50年代开始,开展了大规模的盐碱地治理研究工作<sup>[6]</sup>,并造就了一批土壤学界科学家,如熊毅院士、王遵亲研究员<sup>[7]</sup>、傅积平研究员(中国科学院黄淮海平原综合治理研究(1986-1990年))<sup>[8]</sup>、石元春院士<sup>[9]</sup>等,同时也为盐碱地的治理积累了丰富的经验。目前,在国内,盐碱地治理技术研发主要集中在干旱半干旱和半湿润半干旱两个典型气候带。在干旱半干旱区,面临淡水资源缺乏,地下水咸化、高地下水位等问题,技术研发的主导方向是节约淡水资源、开发利用地下咸水资源和开发耐盐植物。如有研究在新疆试验不同灌溉制度棉花膜下滴灌技术<sup>[10]</sup>和适中咸水和高咸水亏缺灌溉技术的除盐效果<sup>[11]</sup>、在黄河上中游宁夏引黄灌区试验井水(微咸水)与引黄渠水(淡水)不同比例混合灌溉的淋盐效果<sup>[12-13]</sup>、在内蒙河套灌区三湖河灌域的红卫试验场试验区域环境影响最小的咸淡水轮灌对地下水位及矿化度、根层盐分含量的影响<sup>[14]</sup>、在山西大同御河灌溉试验站对比试验地下滴灌和地表滴灌技术的耗水量、产量与水分利用效率<sup>[15]</sup>。为了减少对水资源的利用,新疆准格尔盆地也把种植一年生耐盐饲料作物紫翅猪毛菜视为中国西北逆境盐荒漠环境保护的方式之一<sup>[16]</sup>。在半湿润半干旱气候区,黄淮海平原盐碱化问题受到较多关注。此区降雨季节分布不均,容易发生春旱、夏涝,且地下水咸化、地下水位高。技术研发的主导方向是春季利用地下咸水资源和海冰水资源灌溉。如河北省滨海平原试验冬季咸水结冰灌溉结合春季融水入渗后地膜覆盖技术对土壤盐分变化、棉花出苗率和产量的影响<sup>[17]</sup>;河北省黄骅市中捷农场盐碱荒地试验利用海冰水在作物春季干旱的关键期进行灌溉,同时结合排水措施如在台田底部采用下铺塑膜、塑膜上铺排盐暗管<sup>[18-19]</sup>进行洗盐和排盐的效果。山东省德州农业科学研究所对开发的一种转基因耐盐冬小麦品种的出苗率、小麦颗粒饱满度、产量与常规小麦品种进行比较试验<sup>[20]</sup>,有研究在华北平原区利用地下咸水资源试验开发耐盐糯玉米品种<sup>[21]</sup>。相对耐盐小麦、玉米、棉花品种而言,耐盐水稻品种研发速度较为滞后。最近,在山东东营,中重度盐碱地染色体杂交水稻技术试验成功<sup>[22-23]</sup>。在半湿润半干旱的东北碱土区,耐盐水稻品种也创超高产纪录<sup>[24]</sup>。在半湿润半干旱的滨海盐碱滩涂区,水资源较为丰富,已经形成一些水利工程措施,如海水养鱼、淡水养鱼、种稻、蓄淡压盐。盐碱地改良利用技术研发主要集中在新围垦的重盐碱滩涂的开发利用方面。如南京大学盐生植物实验室经历十几年的试验,成功引种海滨锦葵至江苏省大丰海堤滩涂区<sup>[25]</sup>,为了提高经济效益,又在盐城市射阳县继续开展耐盐作物和常规作物轮作、套作的试验,结果证实可以产生很高的经济价值和生态环境效应<sup>[26]</sup>;北美海蓬子、碱蓬等<sup>[27]</sup>以及菊芋<sup>[28]</sup>也在滨海试验推广。

在国外,干旱半干旱区的盐碱化问题依然突出,其中澳大利亚的干旱盐最为典型。在澳大利亚最大的流域墨累—达令河及其支流,早期的灌水淋盐技术使地表水高度盐化<sup>[29]</sup>和地下水高度开发,目前,地下水未被开发的区域,通常是水太咸或不经处理不适合直接用于灌溉<sup>[30]</sup>。为了开发利用盐碱地资源,也在尝试发展盐生植物,但是盐生植物的降盐速度较慢,利润不显著,缺乏可持续性<sup>[31]</sup>。为了提高效益,在澳大利亚墨累达令流域,挖掘耐盐作物大麦、小麦、加拿大油菜籽、紫花豌豆盐水灌溉潜力<sup>[32]</sup>。在美国,干旱半干旱区加利福尼亚州的圣华金河谷的盐碱化最为典型,该区面临淡水资源缺乏、排水缺乏、高地下水位、土壤和地下水资源的盐化等问题,盐碱地治理经历淋盐、地下排水系统(排水必须采用环境安全的方式处理),到目前的提高灌溉效率、种植耐盐作物、排水再利用、排水蒸发池收集、土地休耕、增加地下水抽取。最早采用的淋盐技术易导致盐分在植物根区底部的浅层地下水和深层地下水(蓄水层)积聚,而人工地下排水也不可行,因为没有经济上、技术上和环境上可行的排水处理方法,如在加利福尼亚州圣华金河谷西岸(矿化浅层地下水),只有通过地下滴灌技术来控制地下水位和减少地下排水<sup>[33]</sup>。在印度通格巴德拉河灌溉项目区,通过布设地下排水系统排水实现开垦盐碱地的持续利用<sup>[34]</sup>,同时,也在尝试发展盐生植物碱蓬和海马齿改良盐碱土<sup>[35]</sup>。伊朗在开发一年生盐生地肤用作饲草作物实现荒漠生态区环境的可持续保护<sup>[36]</sup>。巴基斯坦采用部分池灌淋盐,实现节水、淋盐、控制地下水位目的<sup>[37]</sup>。世界三大碱土区之一哈萨克斯坦,灌排技术经历垂直管井、排水网布设排水和采用滴灌技术控制灌水量以降低地下水位<sup>[38]</sup>。

## 2.2 盐碱地排盐水处理环境安全问题研究

国内外盐碱地治理技术的发展趋势是利用咸水灌溉和种植耐盐植物。种植耐盐作物能有助于应对不可避免的全球淡水资源和土壤的盐化威胁<sup>[39]</sup>。但是,咸水灌溉种植耐盐作物会带来区域环境问题<sup>[40]</sup>。研究表明,土壤必须与渗流区和地下水系统的区域尺度研究充分耦合,特别是在一些地下水位较浅或地下水被抽取使用的区域<sup>[41-42]</sup>。如有研究在内蒙河套灌区三湖河灌域的红卫试验场试验“淡水-咸水-咸水”灌溉模式的排盐效果时,配合排水沟把盐分排出区外,强调完善的排水系统是微咸水利用的重要前提<sup>[44]</sup>。在澳大利亚最大的水系墨累—达令河,排盐水已经引发了地表水源污染。通常来自河流水源用于灌溉的水质都是好的,盐分含量低,然而,上游区域污水和排盐水进入河流增加了河流水的盐分,这些高盐度河流盐分通过灌溉或干地盐碱化渗入土壤的水分之中,盐分缓慢下渗到坡底的土地或流进地表河流<sup>[29]</sup>。在澳大利亚西南干旱农业区,通过拦截径流控制地表水盐化和土壤次生盐渍化<sup>[43]</sup>。在美国加利福尼亚州的圣华金河谷,则强调地下排水系统排水必须采用环境安全的方式处理<sup>[44]</sup>,若没有经济上、技术上和环境上可行的排水处理方法,排水和盐的问题必须侧重通过灌溉水的较好管理如采用地下滴灌方式<sup>[33]</sup>来控制地下水位和减少地下排水。显然,微咸水、咸水灌溉在区域上的环境安全问题还缺乏足够的研究,对此要与水利、水文地质学科的专家配合。

## 2.3 盐碱地可持续利用技术管理研究

国际上有一些水文学、土壤学工作者从技术管理的角度提出盐碱地可持续利用对策建议。如Schoups等运用水文历史模型对美国加利福尼亚州圣华金河谷半干旱盐碱区过去60年间(1940-2000年)土壤盐的沉积、地表地下水的盐化和水资源利用历史变化情况进行模拟解释,结果表明水的补给甚至增加了深层地下水的盐化,而且今后将继续这样,这将对区域的农业持续性产生重要影响,进而提出灌排技术的持续利用需要技术管理、灌排系统设计、维护方面的保障<sup>[44-45]</sup>。Ranatunga等的研究表明澳大利亚墨累达令流域利用咸地下水灌溉发展耐盐作物需要结合合适的地表或地下排水系统以及植物根区盐分组成的仔细监测来保证耐盐作物咸水灌溉技术的可持续性<sup>[32]</sup>。有研究认为关键资产和技术开发投资的干旱盐政策工具对澳大利亚干旱盐碱地利用技术可持续的重要性<sup>[46]</sup>。Singh等指出印度半干旱灌



溉区盐碱地灌排技术可持续利用需要合适的地下水管理做保障如增加地下水抽取、水价格政策变化、减少水稻种植面积和阻止地下水位进一步上升<sup>[47]</sup>。Qadir等提出灌溉农业区盐碱地利用技术环境、经济可持续的战略:改善灌溉管理和排盐水再利用发展耐盐作物<sup>[48]</sup>。Van Genuchten提出排盐水流经区域的上中下游农作物布局要符合“非耐盐作物-耐盐作物-盐生植物”的分布规律<sup>[49]</sup>。在国内,李贻学等从定性角度提出盐碱地农业利用技术可持续性的保障措施,如有研究提出水利、规划、政策法规保障对黄河三角洲盐碱地技术可持续利用的重要性<sup>[50]</sup>。周洪华等以塔里木河下游铁干里克绿洲为研究对象,运用定性和定量结合方法提出维系干旱区绿洲盐碱地可持续利用的合理地下水临界深度<sup>[51]</sup>。

综上,盐碱地可持续利用研究主要集中于土壤学、植物学、水文学领域的灌排技术研发、耐盐植物开发利用及其配套管理方面,采用的是自上而下的研究模式,主要是通过田间试验的手段对技术效果进行评判,并从技术研发的角度提出技术配套管理的政策建议。至于技术推广应用过程中可能出现哪些问题,技术的直接执行主体对技术效果的评判等问题通过上述自然科学的手段都难以回答。

### 3 盐碱地可持续利用农户技术选择行为研究

盐碱地改良利用技术研发、环境安全和配套管理问题的研究主要是从科研人员、政府部门角度展开。但是改变盐碱地改良利用技术的直接实施主体农户/农场主的技术选择偏好,是促进盐碱地可持续利用的关键。目前的盐碱地改良利用技术的研发推广模式都是自上而下,先由科研部门研发,然后由政府部门或技术推广部门推广给农户。在此过程中,农户只是被动的接受,有关农户是否愿意采用、农户采用后是否或愿意继续采用、农户是否愿意增加投资、农户是否按技术要求采用、政府的配套制度政策设计是否有利于农户技术的选择、技术研发和推广是否能够满足农民的需求等等科学问题在政府部门、科研推广部门以及学术界没有受到足够重视。在此,对相关技术农户选择行为影响因素进行综述,以为盐碱地改良利用技术的农户选择行为研究提供理论借鉴(表1)。

#### 3.1 农户技术采用行为研究

农户技术采用行为指农户是否采用某项技术或者面临多项技术选择时更倾向于选择哪项技术。对理性小农,技术采用的首要关注是利润(效用)和采用成本。经验研究亦表明,技术的利润<sup>[52]</sup>、采用成本<sup>[53]</sup>、可试验性<sup>[54]</sup>特征对农户技术采用具有决定性作用。为促进技术采用,政府部门通常革新制度或出台诱导政策进行干预,但政府干预也可能出现失灵。德国东北部区域农户土壤保护行为经验研究结果表明,限制性政策比刺激性政策更加有效<sup>[55]</sup>;玻利维亚山脉的经验分析表明,和谐的农村发展政策和规划对激励农民水土保持很重要<sup>[56]</sup>。而对越南北部山地农户层次和田块层次的水土保护措施采纳行为的研究结果表明,土地产权制度改革不足以促使农户采用水土保持技术<sup>[57]</sup>;对法国农民土地休闲决策的潜在影响研究亦表明,农户层次土地休闲决策并未因政策改革(2003年欧盟共同的农业政策改革)而发生明显变化<sup>[58]</sup>。

除宏观制度、政策因素和技术本身特征外,农户特征如户主特征变量、家庭社会经济变量以及信息的获取等对技术采用均有影响。非洲布基纳法索北部农户层次水土保持技术研究结果表明,技术培训、农户资源禀赋、户主教育、土壤退化认识、家庭成员中参与农民协会是显著影响因子<sup>[59]</sup>。非洲马拉维南部化肥和杂交玉米种子新技术小农采用行为的分析结果表明,户主教育、农户社会经济特征、土地制度、田块特征变量均有影响<sup>[60]</sup>。埃塞俄比亚东部高原 Hunde-Lafto 区域的研究,田块层次水土保持措施采用与信息获取、开始投资的支持项目、坡度、田块面积正相关,家庭人均持有土地面积具有负向影响<sup>[61]</sup>。西埃塞俄比亚 Fincha'a 流域农户采用 SWC 措施的影响因子,农民的财产状况,土地产权安排以及缺乏一些必要信

表 1 农户技术选择行为研究的主要内容

Tab. 1 The main contents of farm household technology choice behavior			
影响因素	案例	研究内容	主要观点
政策变化	德国东北部区域 <sup>[56]</sup>	农户土壤保护决策	政策变化对土壤侵蚀产生影响, 限制性政策比刺激性政策更加有效
政策、规划	玻利维亚山脉 <sup>[56]</sup>	农民水土保持技术决策	和谐的农村开发政策和规划战略对刺激农民水土保持很重要
政府部门颁布土地业权	越南北部山地 <sup>[57]</sup>	农户、田块层次水土保持技术采用	制度确立不足以促使农户采用水土保持技术
2003 年欧盟共同的农业政策改革	法国 <sup>[58]</sup>	农民土地休闲决策	农户层次土地休闲决策并未因改革而发生明显变化
制度支持	坦桑尼亚 <sup>[71]</sup>	农户改善土壤保护决策行为过程 (认识、采用、努力三个阶段)	制度支持土壤保护改善技术的采用是关键
计划设计	亚洲 <sup>[73]</sup>	农户继续采用土壤保护	方便农户土壤保护实践采用的计划设计必须强调宏观社会因子
干预政策	埃塞俄比亚西北部高原地区 <sup>[75]</sup>	农民对水土保持技术的持续接受和采用	农户参与式的干预方法探索是未来水土保持措施采用的关键
技术对农户利润技术的可试验性	非洲布基纳法索北部 <sup>[59]</sup>	农户水土保持技术决策	技术培训、家庭成员中参与农民协会是显著影响因子
技术培训	坦桑尼亚、埃塞俄比亚、秘鲁、玻利维亚、马里 <sup>[72]</sup>	土壤保护决策过程 (接受、实际采用和继续采用三个阶段)	重要的共同影响因子是土壤保护措施对农户的利润
技术服务	玻利维亚安第斯山间谷 <sup>[76]</sup>	农户水土保持投资	水土保持试验并成功、增加农业利润都可以促进农户水土保持投资
	津巴布韦 <sup>[82]</sup>	农户 CF 采用强度	参与会议或培训讨论的次数、非政府组织支持对不同组合 CF 技术的采用强度影响显著
农民非理性、主观因子	比利时 <sup>[64]</sup>	农户采用土壤保护	户主的态度是最重要因子;
	哥斯达黎加 Birris 流域 <sup>[65]</sup>	农户采用土壤保护措施	农民综合认知 (信仰、风险意识、价值观) 对土壤保护决策有重大影响;
	菲律宾 <sup>[69]</sup>	农户采用土壤保护	土壤保护模式采用与决策者的消费风险意识高度负相关;
信息获取	尼日利亚阿南布拉州 <sup>[67]</sup>	农户采用土壤保护措施	风险态度是最重要的影响推广保护方式的因子之一
	印度 <sup>[78]</sup>	杀虫剂和除草剂技术	大农户拥有较好信息获取途径会较早采用
	坦桑尼亚 <sup>[79]</sup>	化肥采用	拥有较高水平社会资本的农户累积较多信息, 采用技术也较迅速
	西埃塞俄比亚 Fincha a 流域 <sup>[62]</sup>	农户水土保持	必要信息的获取是影响 SWC 采用的主要因子之一
农户、田块层次因子及其他	埃塞俄比亚高原流域 <sup>[74]</sup>	农户采用和继续采用引进的石阶梯田水土保持技术	农户或农场、田块层次的因子具有重要性
	埃塞俄比亚东部高原 Hunde-Lafo <sup>[61]</sup>	田块层次水土保持采用	信息获取、开始投资的支持项目、坡度、田块面积正相关, 家庭人均持有土地面积具有负向影响
	非洲马拉维南部 <sup>[60]</sup>	化肥和杂交玉米种子新技术小农采用行为	户主教育、农户社会经济特征、土地制度、田块特征变量均有影响
空间	坦桑尼亚高原和泰国 <sup>[68]</sup>	农户层次的土壤保护决策	农户对土壤保护的认知、是否知道土壤保护方法、外界刺激 (经济)、农户能力 (劳动力、资本、土地) 对土壤保护的影响具有空间异质性
	菲律宾高原地区 <sup>[69]</sup>	农民采用等高种植	农田和农民特征是采用的决定因子, 其重要性存在跨区域差异

息的获取是影响SWC采用的主要因子<sup>[62]</sup>。SWC的高劳动力需求、缺乏短期利益以及自由放牧对采用具负向影响。俄勒冈州西部五个流域内土地所有者努力恢复流域的动机和偏好分析结果:金融、时间和不熟悉对农户采用保护方式都是重要障碍<sup>[63]</sup>。

农户的技术采用行为不能完全由社会经济因子衡量,人类行为非理性和主观方面的因子也会影响到技术采用决策。有些农场主即使认为采用技术有利可图也不愿意采用。如对比比利时农户采用土壤保护措施的分析结果表明,户主的态度是最重要因子<sup>[64]</sup>;哥斯达黎加Biris流域研究表明,农民综合的认知变量(信仰、风险意识、价值观)和社会经济变量对土壤保护决策有重大影响<sup>[65]</sup>;对菲律宾低收入农民的土壤保护采用模式的分析表明,土壤保护模式采用与决策者的消费风险意识高度负相关,农场规模、产权安全、劳动力的获取,以及土地质量都表现出与土壤保护采用的正相关<sup>[66]</sup>;高度侵蚀的尼日利亚阿南布拉州的农户水土保持技术采用研究表明,收入、农田规模和风险态度是最重要的影响推广保护方式的因子,然而就业、农田产出价格以及利率影响传统保护方式最多<sup>[67]</sup>。

由于区域自然环境和社会经济条件的差异,因此,很难概括世界不同国家和地区的农户技术采用的决定因子。有研究对比分析了坦桑尼亚高原和泰国农户层次的土壤保护决策<sup>[68]</sup>,认为农户认知、农户是否知道土壤保护方法、外界刺激(经济刺激)、农户能力(劳动力、资本、土地)对土壤保护的影响具有空间异质性。菲律宾高原地区农民采用等高种植的决定因子分析结果表明,农田和农民特征是采用的决定因子,这些因子的重要性存在跨区域差异<sup>[69]</sup>。因此,区域变量对农户技术选择行为的影响不可忽视。

### 3.2 农户技术决策过程影响因素研究

农户对技术的采用并不是一个瞬间的行为,而是包括一系列的行为和决策过程。社会学家罗杰斯(E. M. Rogers)把创新决策过程划分为5个阶段,认知(思考前阶段)、说服(思考阶段)、决策(准备阶段)、实施(行动阶段)和确认(维持阶段)<sup>[70]</sup>。此后,经济学家和社会学家用此开发农户技术决策过程的分析框架,并研究决策过程的决定因子。如Mbagalawa等把坦桑尼亚农户改善土壤保护的决策行为过程分为认识、采用、努力三个阶段,并研究影响决策过程的社会(社会网络、态度、信仰、认知、目的)和经济(利润、收入、信贷获取)因子,通过制度支持土壤保护改善技术的采用是关键<sup>[71]</sup>。Graaff等对五个发展中国家(坦桑尼亚、埃塞俄比亚、秘鲁、玻利维亚、马里)的研究结果表明,农户接受、实际采用和继续采用土壤保护技术的重要的共同影响因子是土壤保护措施对农户的利润<sup>[72]</sup>。

农业技术的生命力在于技术被农户采用后是否能继续维持。因此,农户采用和继续采用技术决策影响因素研究受到较多关注。Napier等对亚洲农户层次继续采用土壤保护实践的社会、经济和制度影响因子进行分析,结果表明,方便农户层次土壤保护实践继续采用的计划设计必须强调宏观(土地资源人口压力、贫穷、土地所有制、国家开发政策)以及微观社会因子(保护实践的意识、信息系统获取、土壤保护实践利润、土地使用者的价值导向)<sup>[73]</sup>。Amsalu等对埃塞俄比亚高原流域农户采用和继续采用引进的石阶梯田水土保持技术的决定因素分析结果表明,农户或农场、田块层次的因子具有重要性<sup>[74]</sup>。Bewket对埃塞俄比亚西北部高原地区农民水土保持技术的持续接受和采用分析显示,采用技术的主要限制是劳动力短缺、技术对农民需求的适合、农作物情况、土地产权不安全,未来的水土保持干预应该仔细探索农户参与式的方法<sup>[75]</sup>。Kessler对玻利维亚安第斯山间谷促进农户水土保持投资的决定性关键影响因子分析结果表明,推动进步的农民更愿意试验水土保持技术并进行投资;水土保持试验并成功;增加农业利润;满足农户基本的需求(如补贴)都可以促进投资<sup>[76]</sup>。

### 3.3 农户技术采用先后的影响因素研究

在技术采用过程中,有些农户选择技术扩散的初期阶段介入采用(创新者),有些农户选择技术扩散的后期阶段介入采用(落后者),社会学家罗杰斯(E. M. Rogers)根据创新性将采纳者分为5类:创新者、早期采纳者、早期大多数、后期大多数和落后者<sup>[77]</sup>。了解采纳者的采用时间段的影响机理对找准技术推广的切入点、提高技术采用率和加速技术扩散至关重要。Feder等采用动态的生产函数模型分析技术扩散的影响因子,结果大农户拥有较好信息获取途径或者具有较好人力资本禀赋,会较早采用杀虫剂和除草剂技术,并以印度为例进行



经验分析验证了这一结果<sup>[78]</sup>。来自坦桑尼亚的证据,拥有较高水平社会资本的农户累积较多信息,采用技术也较迅速<sup>[79]</sup>。Matuschke等对印度马哈拉施特拉邦珍珠粟不同扩散阶段农户技术采用的影响因素进行分析,结果表明教育、距离主要信息资源的短距离和市场基础设施加速珍珠黍杂交种的采用<sup>[80]</sup>。Barham等对美国西部威斯康辛州农业生物技术不同类型采用者的影响因素分析结果表明<sup>[81]</sup>,具有较好的饲养技术的大农场较可能采用生物技术。

3.4 农户技术采用强度研究

在技术采用过程中,有些农户尽管继续采用技术,但是会对技术包(package)进行修改,通常仅采用技术包中的部分单项技术,而抛弃(leave out)那些推荐的单项技术。结果引致技术的不可持续性。因此,有必要了解为什么一些农民彻底采用技术包,而其他的仅部分采用。如津巴布韦农户对CF采用强度的案例分析结果表明,参与会议或培训讨论的次数、非政府组织支持、增加的田块面积以及农业生态区对不同组合CF技术的采用强度影响显著<sup>[82]</sup>。

4 盐碱地可持续利用科学研究方法

盐碱地可持续利用的科学研究方法有自然科学的田间试验研究方法、社会学的案例研究方法、社会经济学的规范分析和计量经济模型经验分析及其相结合的方法、行为地理学决策行为空间分析方法等。

4.1 自然科学的田间试验研究方法

盐碱地可持续利用技术研发主要从土壤学<sup>[33]</sup>、植物学<sup>[20]</sup>、生命科学<sup>[26]</sup>、水文学<sup>[44]</sup>等自然科学的视角借助田间试验与数学模型预测与模拟技术采用后对作物产量、经济效益、土壤和地下水盐分含量的影响,技术的评定取决于试验效果和模拟结果。这种技术评判模式实际上是借助一个理想的技术采用模型,在推广过程中这种模型可能并不存在。结果可能是试验效果很好的技术,在转化应用过程中产生诸多问题,最终没有推广下去。

4.2 社会学的案例研究方法

社会学的案例研究方法一般是长期集中一个小区对技术采用后的结果进行调查或将结果搁置一段时间再进行研究的一种长期研究方式<sup>[83]</sup>,可以如实反映技术采用过程中出现的一些问题。如北冰洋的雪地汽车革命、生态农业与停用杀虫剂案例<sup>[84]</sup>,案例1中康涅狄格大学的佩尔蒂佩尔托博士从1958年开始,此后的10年经常返回这个社区,通过参与性观察、个人访谈和与一个助理研究员的合作来评估雪地汽车革命的社会和生态影响。案例2中,罗杰斯从1954年开始,之后的40年里一直在对衣阿华州的农民杀虫剂技术采用的生态环境后果进行调研评价。案例研究方法可以弥补田间试验和模型预测的不足,案例研究方法和田间试验的结合可以实现技术研发-推广全程的监控,完成技术的实践检验,为技术的改进和筛选提供依据。

4.3 经济学的规范分析和计量经济模型经验分析方法

社会经济学农户技术选择行为研究方法主要是计量经济模型经验分析方法,也有少数研究采用经济模型进行规范分析,并结合计量经济模型进行经验分析,以实现理论内部逻辑的严谨和理论预期与外部经验事实的一致性。经济学研究技术采用主要限于利润或效用最大化理论的规范分析<sup>[85]</sup>。有研究采用技术扩散的动态理论模型进行规范分析,并采用二项Logit模型进行经验分析以验证规范分析结果<sup>[78]</sup>。如农业技术采用的影响因素的logit模型<sup>[58]</sup>、logistic模型<sup>[64]</sup>、probit模型<sup>[59, 66]</sup>、Heckman两阶段模型<sup>[57]</sup>以及分析技术采用强度<sup>[82]</sup>和采用面积百分比<sup>[86-87]</sup>影响因素的Tobit模型,田块层次不同类型水土保持措施农户选择偏好的multi-logit模型<sup>[61]</sup>,也有一些研究运用统计分析<sup>[54, 62, 75]</sup>、判别分析<sup>[88]</sup>、相关分析<sup>[76]</sup>、多项回归分析<sup>[54, 89-90]</sup>方法分析影响技术采用的因子。也有运用multi-logit模型分析技术扩散不同时间段

的采用者(早期、后期、不采用者、观望者)的影响因素<sup>[81]</sup>,采用logit、logit和poisson回归模型对农户技术决策过程意识、采用和努力三阶段的决定因素进行分析<sup>[71]</sup>,采用双极限Tobit模型分析区域时间序列技术采用率(采用百分比)的影响因素<sup>[91]</sup>等,采用双变量probit模型分析农户采用和继续采用技术的影响因素<sup>[74]</sup>,运用duration models研究农户技术采用的动态机制<sup>[80]</sup>。盐碱地利用技术农户选择行为的研究框架是在理性小农的前提假设下界定。基于效用最大理论的规范分析与计量经济模型的经验分析可以相互验证,再结合直观的社会调查数据统计分析结果,可以增强研究的严谨性和科学性,使研究成果更具说服力。

#### 4.4 行为地理学空间分析方法

地理学传统的独特性在于它强调空间差异的重要。沃尔波特1964年发表在《美国地理学家协会年刊(AAAG)》上的论文“The decision progress in spatial context”假设了一个合理的经济决策制定者,采用GIS手段结合相关分析和回归分析对瑞典中部8个县域内农场主的土地利用决策行为进行了空间分析和研究(J. Wolpert, 1964)<sup>[92]</sup>。在农户技术选择行为研究中,行为地理学方法受到的关注不多。相关研究也不系统。如有研究从农业技术经济学的视角仅考虑区域变量对农户技术选择行为的影响<sup>[87]</sup>,而没有从区域层次上揭示农户技术选择行为的内在机理;有研究通过文献综述的形式分析五个发展中国家(坦桑尼亚、埃塞俄比亚、秘鲁、玻利维亚、马里)农户土壤保护决策过程(接受、实际采用和继续采用三个阶段)的关键影响因子差异和共性<sup>[72]</sup>。盐碱地是自然环境和人类不合理的开发利用行为综合作用的结果。根据行为地理学理论,意境地图决定空间社会行为的选择<sup>[93]</sup>。在不同的盐碱区,由于自然环境、社会经济条件以及文化背景的差异,农户的技术选择行为也具有区域差异性。尽管各盐碱区的农民的理性经济假设、效用最大化目标可能是相同的,但是,影响农民效用和选择行为的具体属性特征是完全不一样的。盐碱地技术农户选择行为的空间差异分析,可以为技术推广和差别化的盐碱地利用管理决策提供依据。

### 5 结论与进一步研究建议

通过对盐碱地可持续利用近期研究进展的综述,得出结论:(1)从学科视角而言,现有的研究主要局限于土壤学、水文学、植物学、生命科学等自然科学的单一学科田间试验预测和数学模型模拟研究;(2)从盐碱地可持续利用相关主体视角而言,主要是科研人员技术研发研究,以及从政府部门角度提出完善管理的政策建议,而技术实施主体农户视角的相关研究没有受到重视;(3)从研究方法而言,田间试验和模型模拟是主要手段,比较单一。

因此,应在以下几方面加强研究:(1)综合土壤学、植物学、生命科学、水文学等自然科学视角和社会学视角的研究,使技术研发和推广实现自上而下与自下而上的有机结合,真正满足农民的技术需求;(2)突出微观主体农户在盐碱地技术研发、技术推广中的作用,侧重农户技术选择行为的研究;(3)经济学规范分析方法、计量经济模型实证分析方法和调查数据的统计分析方法的综合运用,以实现理论内部逻辑的严谨和理论预期与外部经验事实的一致性;(4)方法上,突出行为地理学行为决策空间分析方法的应用,分析不同盐碱区农户的技术选择行为的差异。

#### 参考文献 (References)

- [1] Salinity. Water and society: Global issues, local action//2nd International Salinity Forum 30 March - 3 April 2008, Adelaide Convention Centre, Adelaide.<http://www.internationalsalinityforum.org>.
- [2] Global Forum on Salinization and Climate Change. Valencia, Spain, 25-29 October 2010. <http://www.uv.es/jorba/GFSCC2010>.
- [3] The National Soil Survey Office. Soils of China. Beijing: China Agriculture Press, 1998. [全国土壤普查办公室. 中国土壤. 北京: 中国农业出版社, 1998.]



- [4] Bentley C F et al. Agricultural production: Research and development strategies for the 1980s. Conclusions and Recommendation of the Bonn Conference. New York, 1979: 12-13.
- [5] Niu Dongling, Wang Qiji. Research progress on saline-alkali field control. Chinese Journal of Soil Science, 2002, 33(6): 449-455. [牛东玲, 王启基. 盐碱地治理研究进展. 土壤通报, 2002, 33(6): 449-455.]
- [6] Yang Jingsong. Development and prospect of the research on salt-affected soils in China. Acta Pedologica Sinica, 2008, 45(5): 837 - 845. [杨劲松. 中国盐渍土研究的发展历程与展望. 土壤学报, 2008, 45(5): 837-845.]
- [7] Wang Zunqin et al. Salt-affected Soils of China. Beijing: Science Press, 1993: 400-515. [王遵亲等. 中国盐渍土. 北京: 科学出版社, 1993: 400-515.]
- [8] Fu Jiping, Wang Zunqin. Comprehensive treatment of drought and water logging salinization in the north plain of Hebei Province. Beijing: Science Press, 1993. [傅积平, 王遵亲. 豫北平原旱涝盐碱综合治理. 北京: 科学出版社, 1993.]
- [9] Shi Yuanchun, Xin Dehui. Salt and Water Movement and Comprehensive Treatment of Drought and Waterlogging Salinization in the Huang-Huai-Hai Plain. Shijiazhuang: Hebei People's Publishing House, 1983. [石元春, 辛德惠. 黄淮海平原的水盐运动和旱涝盐碱的综合治理. 石家庄: 河北人民出版社, 1983.]
- [10] He Yujiang, Wang Bingguo, Wang Zaimin et al. Study on irrigation scheduling of cotton under mulch drip irrigation with brackish water. Transactions of the CSAE, 2010, 26(7): 14-20. [何雨江, 汪丙国, 王在敏等. 棉花微咸水膜下滴灌灌溉制度的研究. 农业工程学报, 2010, 26(7): 14-20.]
- [11] Chen W, Hou Z, Wu L et al. Evaluating salinity distribution in soil irrigated with saline water in arid regions of northwest China. Agric. Water Management, 2010, doi:10.1016/j.agwat.2010.03.008.
- [12] Yang Jianguo, Huang Guanhua, Ye Dezhi et al. Saline water irrigation management for spring wheat in the Yellow River Irrigation District of Ningxia. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4): 49-56. [杨建国, 黄冠华, 叶德智等. 宁夏引黄灌区春小麦微咸水灌溉管理的模拟. 农业工程学报, 2010, 26(4): 49-56.]
- [13] Wang Shijing, Huang Guanhua, Yang Jianguo et al. Effect of irrigation with saline water on water-salt dynamic and spring wheat yield. Transactions of the CSAE, 2010, 26(5): 27-33. [王诗景, 黄冠华, 杨建国等. 微咸水灌溉对土壤水盐动态与春小麦产量的影响. 农业工程学报, 2010, 26(5): 27-33.]
- [14] Yang Shuqing, Ye Zhigang, Shi Haibin. Simulation and prediction of rotational irrigation with salty and fresh water in the Hetao irrigation area of Inner Mongolia. Transactions of the CSAE, 2010, 26(8): 8-17. [杨树青, 叶志刚, 史海滨. 内蒙河套灌区咸淡水综合利用灌溉模式的研究. 农业工程学报, 2010, 26(8): 8-17.]
- [15] Kong Qinghua, Li Guangyong, Wang Yonghong et al. Influences of subsurface drip irrigation and surface drip irrigation on bell pepper growth under different fertilization conditions. Transactions of the CSAE, 2010, 26(7): 21-25. [孔清华, 李光永, 王永红等. 不同施肥条件和滴灌方式对青椒生长的影响. 农业工程学报, 2010, 26(7): 21-25.]
- [16] Wei Yan, Dong Ming, Huang Zhenying et al. Factors influencing seed germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae) dominant annual halophyte inhabiting the deserts of Xinjiang, China. Flora, 2008, 203: 134-140.
- [17] Guo Kai, Zhang Xiumei, Li Xiangjun et al. Effect of freezing saline water irrigation in winter on the reclamation of coastal saline soil. Resources Science, 2010, 32(3): 431-435. [郭凯, 张秀梅, 李向军等. 冬季咸水结冰灌溉对滨海盐碱地的改良效果研究. 资源科学, 2010, 32(3): 431-435.]
- [18] Wu Xueping, Zheng Yan, Liu Enke et al. Effects of irrigation times and sea-ice water with different salt concentrations on soil water and yield of cotton. Transactions of the CSAE, 2010, 26(8): 25-32. [武雪萍, 郑妍, 刘恩科等. 海冰水盐分浓度及灌溉次数对土壤水分和棉花产量的影响. 农业工程学报, 2010, 26(8): 25-32.]
- [19] Zhang Guoming, Shi Peijun, Yue Yaojie et al. Drainage salinity efficiency under different salt discharge treatment conditions over coastal saline-alkali areas. Resources Science, 2010, 32(3): 436-441. [张国明, 史培军, 岳耀杰等. 环渤海地区滨海盐碱地不同排盐处理下的台田降盐效率. 资源科学, 2010, 32(3): 436-441.]
- [20] Xue Z Y, Zhi D Y, Xue G P et al. Enhanced salt tolerance of transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.) expressing a vacuolar Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporter gene with improved grain yields in saline soils in the field and a reduced level of leaf Na<sup>+</sup>. Plant Science, 2004, 167: 849-859.
- [21] Kang Y, Chen M, Wan S. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) in North China Plain. Agricultural Water Management, 2010, 97: 1303-1309.]
- [22] Zhu Peikun. The third hybridization approach for higher plants: Chromosome hybridization. Journal of the Central University for Nationalities: Natural Sciences Edition, 2009, 18(1): 5-10. [朱培坤. 高等植物的第三类杂交: 染色体杂交. 中央民族大学学报: 自然科学版, 2009, 18(1): 5-10.]
- [23] 科学家盐碱地做试验 有望海水中种水稻 [EB/OL]. 科技日报, www.tech110.net, 2010-10-26T05:43:00.
- [24] 盐碱地农业高效利用配套技术模式研究与示范项目东北课题组. 东北地理所培育的“东稻4号”耐盐碱水稻品种创超高产纪录. <http://www.pausal.org.cn/>, 2010.9.28.
- [25] Guo Yuqi, Tian Zengyuan, Zhao Fugeng et al. The Regeneration System of Biodies Halophyte *Kosteletzkyia virginica*. Journal of Nanjing University: Natural Sciences, 2007, 43(2): 127-133. [郭予琦, 田曾元, 赵福庚等. 耐盐能源植物海滨

- 锦葵 (*Kosteletzky virginica*) 再生体系的建立. 南京大学学报: 自然科学, 2007, 43(2): 127-133.]
- [26] Li Zhuoran, Li Gang, Qin Pei. The prediction of ecological potential for developing salt-tolerant oil plants on coastal saline land in Sheyang Saltern, China. *Ecological Engineering*, 2010, 36: 27-35, doi: 10.1016/j.ecoleng.2009.09.006.
- [27] Feng Litian. Halophytes promising for biomass energy resources in China. *Journal of Biotechnology*, 2008, 136S: S271, doi: 10.1016/j.jbiotec.2008.07.578.
- [28] Zhao Gengmao, Liu Zhaopu, Wang Hui et al. Studies on the use of saline heterologous aquaculture wastewater to develop biofuel plant (*Jerusalem artichoke*) in salinized coastal areas. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2009, 27(3): 107-111. [赵耕毛, 刘兆普, 汪辉 等. 滨海盐渍区利用异源海水养殖废水灌溉耐盐能源植物(菊芋)研究. 干旱地区农业研究, 2009, 27(3): 107-111.]
- [29] Dickson B L. Features of acid-saline systems of Southern Australia. *Applied Geochemistry*, 2009, 24: 297-302.
- [30] AWR, Australian Water Resources. WRON Alliance for the National Water Commission, Canberra, 2005.
- [31] Barrett-Lennard E G. Restoration of saline land through revegetation. *Agricultural Water Management*, 2002, 53: 213-226.
- [32] Ranatunga K, Nation E R, Barodien G. Potential use of saline groundwater for irrigation in the Murray hydrogeological basin of Australia. *Environmental Modelling & Software*, 2010, 25: 1188-1196.
- [33] Hanson B, Hopmans J W, Šimůnek J. Leaching with subsurface drip irrigation under saline, shallow groundwater conditions. *Vadose Zone J.*, 2008, 7(2): 810-818, doi: 10.2136/vzj2007.0053.
- [34] Manjunatha M V, Oosterbaan R J B, Gupta S K et al. Performance of subsurface drains for reclaiming waterlogged saline lands under rolling topograph in Tungabhadra irrigation project in India. *Agricultural Water Management*, 2004, 69: 69-82.
- [35] Ravindrana K C, Venkatesana K, Balakrishnana V et al. Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. *Soil Biology & Biochemistry*, 2007, 39: 2661-2664.
- [36] Kafi M, Asadia H, Ganjealib A. Possible utilization of high-salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte *Kochia scoparia* as alternative fodder in saline agroecosystems. *Agricultural Water Management*, 2010, 97(1): 139-147.
- [37] Siyal A A, Skaggs T H, van Genuchten M Th. Reclamation of saline soils by partial ponding: simulations for different soils. *Vadose Zone Journal*, 2010, 9: 486-495.
- [38] Karimov A, Qadir M, Noble A et al. Development of magnesium-dominant soils under irrigated agriculture in Southern Kazakhstan. *Pedosphere*, 2009, 19(3): 331-343.
- [39] Rozema J, Flowers T. Crops for a salinized world. *Science*, 2008, 322(5907): 1478-1480.
- [40] Beltran J M. Irrigation with saline water. *Agricultural Water Management*, 1999, 40: 183-194.
- [41] Alley W M, Healy R W, LaBaugh J W et al. Flow and storage in groundwater systems. *Science*, 2002, 296(5575): 1985-1990, doi: 10.1126/science.1067123.
- [42] Harvey C F, Swartz C H, Badruzzaman A B M et al. Arsenic mobility and groundwater extraction in Bangladesh. *Science*, 2002, 298(5598): 1602-1606, doi: 10.1126/science.1076978.
- [43] Conacher A J, Neville S D. Evaluation of through-flow interceptors for controlling secondary soil and water salinity in dry land agricultural areas of South Western Australia: II. Hydrological study. *Applied Geography*, 1983, 3(1): 115-132.
- [44] Schoups G, Hopmans J W, Young C A et al. Sustainability of irrigated agriculture in the San Joaquin Valley, California. *PNAS*, 2005, 102(43): 15352-15356, doi: 10.1073/pnas.0507723102.
- [45] Hurlley S. Salt and sustainability. *Science*, 2005, 310: 592.
- [46] Roberts A M, Pannell D J. Piloting a systematic framework for public investment in regional natural resource management: Dryland salinity in Australia. *Land Use Policy*, 2009, 26: 1001-1010.
- [47] Singh A, Krause P, Panda S N et al. Rising water table: A threat to sustainable agriculture in an irrigated semi-arid region of Haryana, India. *Agricultural Water Management*, 2010, 97(10): 1443-1451, doi: 10.1016/j.agwat.2010.04.010.
- [48] Qadir M, Oster J D. Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of the Total Environment*, 2004, 323: 1-19.
- [49] Šimůnek J, Van Genuchten M T, Jacques D et al. Solute transport during variably saturated flow: Inverse methods//Dane J J, Topp G C. *Methods of Soil Analysis (Part 4): Physical Methods*. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, WI, 2002: 1435-1449.
- [50] Li Yixue, Dongye Guangliang, Li Xinju. Countermeasure on sustainable utilization of salines oil in Yellow River Delta. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(2): 55-61. [李贻学, 东野光亮, 李新举. 黄河三角洲盐渍土可持续利用对策. 水土保持学报, 2003, 17 (2): 55-61.]
- [51] Zhou Honghua, Chen Yaning, Li Weihong. Effect of oasis hydrological processes on soil salinization of Tikanlik oasis in the Lower Tarim River. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(7): 714-724. [周洪华, 陈亚宁, 李卫红. 新疆铁干里克绿洲水文过程对土壤盐渍化的影响. 地理学报, 2008, 63(7): 714-724.]
- [52] Ma Y, Chen L, Zhao X et al. What motivates farmers to participate in sustainable agriculture. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2009, 16(6): 374-380, doi: 10.1080/13504500903319047.

- [53] Lucila M, Lapar A, Pandey S. Adoption of soil conservation. *Agricultural Economics*, 1999, 21(3): 241-256.
- [54] Subedi M, Hocking T J, Fullen M A et al. An awareness-adoption matrix for strategic decision making in agricultural development projects: A case study in Yunnan Province, China. *Agricultural Sciences in China*, 2009, 8(9): 1112-1119.
- [55] Schuler J, Sattler C. The estimation of agricultural policy effects on soil erosion: An application for the bio-economic model MODAM. *Land Use Policy*, 2010, 27(1): 61-69.
- [56] Kessler C A, Motivating farmers for soil and water conservation: A promising strategy from the Bolivian mountain valleys. *Land Use Policy*, 2007, 24(1): 118-128.
- [57] Saint-Macary C, Kei I A, Zeller M et al. Land titling policy and soil conservation in the northern uplands of Vietnam. *Land Use Policy*, 2010, 27(2): 617-627.
- [58] Bougherara D, Latruffe L. Potential impact of the EU 2003 CAP reform on land idling decisions of French landowners: Results from a survey of intentions. *Land Use Policy*, 2010, 27(4): 1153-1159.
- [59] Sidibé A. Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso. *Agricultural Water Management*, 2005, 71(3): 211-224.
- [60] Ephraim W Chirwa. Adoption of fertiliser and hybrid seeds by smallholder maize farmers in southern Malawi. *Development Southern Africa*, 2005, 22(1): 1-12, doi: 10.1080=03768350500044065.
- [61] Bekele W, Drake L. Soil and water conservation decision behavior of subsistence farmers in the Eastern Highlands of Ethiopia: A case study of the Hunde-Lafto area. *Ecological Economics*, 2003, 46(3): 437-451.
- [62] Teferaa B, Sterk G. Land management, erosion problems and soil and water conservation in Fincha'a watershed, western Ethiopia. *Land Use Policy*, 2010, 27 (4): 1027-1037.
- [63] Rosenberg Stac, Margerum R D. Landowner motivations for watershed restoration: Lessons from five watersheds. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2008, 51(4): 477-496, doi: 10.1080/09640560802116962.
- [64] Erwin Wautersa, Charles Biieldersb, Jean Poesenc et al. Adoption of soil conservation practices in Belgium: An examination of the theory of planned behaviour in the agri-environmental domain. *Land Use Policy*, 2010, 27(1): 86-94.
- [65] Vignola R, Koellner T, Scholz R W. Decision-making by farmers regarding ecosystem services: Factors affecting soil conservation efforts in Costa Rica. *Land Use Policy*, 2010, 27 (4): 1132-1142.
- [66] Shively G E. Consumption risk, farm characteristics, and soil conservation adoption among low-income farmers in the Philippines. *Agricultural Economics*, 1997, 17(2/3): 165-177, doi: 10.1016/S0169-5150(97)00023-6.
- [67] Okoye C U. Comparative analysis of factors in the adoption of traditional and recommended soil erosion control practices in Nigeria. *Soil & Tillage Research*, 1998, 45(3/4): 251-263.
- [68] Jones S. A framework for understanding on-farm environmental degradation and constraints to the adoption of soil conservation measures: Case studies from Highland Tanzania and Thailand. *World Development*, 2002, 30(9): 1607-1620.
- [69] Lucila M, Lapar A, Pandey S. Adoption of soil conservation: The case of the Philippine uplands. *Agricultural Economics*, 1999, 21(3): 241-256.
- [70] Rogers E M. Xin Xin trans. *Diffusion of Innovations*. 4th ed. Beijing: Central Compilation & Translation Press, 2002: 173. [埃弗雷特·M·罗杰斯. 辛欣 译 创新的扩散. 4版. 北京: 中央编译出版社, 2002: 173.]
- [71] Mbaga-Semgalawe Z, Folmer H. Household adoption behaviour of improved soil conservation: the case of the North Pare and West Usambara Mountains of Tanzania. *Land Use Policy*, 2000, 17(4): 321-336.
- [72] Graaff J, Amsalu A, Bodnár F et al. Factors influencing adoption and continued use of long-term soil and water conservation measures in five developing countries. *Applied Geography*, 2008, 28(4): 271-280.
- [73] Napier T L, Napier A S, Tucker M A. The social, economic and institutional factors affecting adoption of soil conservation practices: The Asian experience. *Soil and Tillage Research*, 1991, 20(2-4): 365-382.
- [74] Amsalu A, Graaff J. Determinants of adoption and continued use of stone terraces for soil and water conservation in an Ethiopian highland watershed. *Ecological Economics*, 2007, 61(2/3): 294-302.
- [75] Bewket W. Soil and water conservation intervention with conventional technologies in northwestern highlands of Ethiopia: Acceptance and adoption by farmers. *Land Use Policy*, 2007, 24(2): 404-416.
- [76] Kessler C A. Decisive key-factors influencing farm households' soil and water conservation investments. *Applied Geography*, 2006, 26(1): 40-60.
- [77] Rogers E M. Xin Xin trans. *Diffusion of Innovations*. 4th ed. Beijing: Central Compilation & Translation Press, 2002: 245. [埃弗雷特·M·罗杰斯. 辛欣 译 创新的扩散. 4版. 北京: 中央编译出版社, 2002: 245]
- [78] Feder G, Slade R. The acquisition of information and the adoption of new technology. *American Journal of Agricultural Economics*, 1984, 66(3): 312-320.
- [79] Isham J. The effect of social capital on fertiliser adoption: evidence from rural Tanzania. *Journal of African Economies*, 2002, 11(1): 39-60.
- [80] Matuschke I, Qaim M. Seed market privatisation and farmers' access to crop technologies: The case of hybrid pearl millet



- adoption in India. *Journal of Agricultural Economics*, 2008, 59(3): 498-515, doi: 10.1111/j.1477-9552.2008.00159.x.
- [81] Barham B L, Foltz J D, Jackson-Smith D et al. The dynamics of agricultural biotechnology adoption: Lessons from rBST use in Wisconsin, 1994-2001. *American Journal of Agricultural Economics*, 2004, 86(1): 61-72.
- [82] Mazvimavi K, Twomlow S. Socioeconomic and institutional factors in influencing adoption of conservation farming by vulnerable households in Zimbabwe. *Agricultural Systems*, 2009, 101(1/2): 20-29, doi: 10.1016/j.agsy.2009.02.002.
- [83] Rogers E M. Xin Xin trans. *Diffusion of Innovations*. 4th ed. Beijing: Central Compilation & Translation Press, 2002: 401. [埃弗雷特·M·罗杰斯. 辛欣 译. 创新的扩散. 4版. 北京: 中央编译出版社, 2002: 401.]
- [84] Rogers E M. Xin Xin trans. *Diffusion of Innovations*. 4th ed. Beijing: Central Compilation & Translation Press, 2002: 396-415. [埃弗雷特·M·罗杰斯. 辛欣 译. 创新的扩散. 4版. 北京: 中央编译出版社, 2002: 396-415.]
- [85] Mbagi-Semgalawe Z, Folmer H. Household adoption behaviour of improved soil conservation: The case of the North Pare and West Usambara Mountains of Tanzania. *Land Use Policy*, 2000, 17(4): 321-336.
- [86] Kosarekaybil J L, Garciaa P, Morrisbt M L. Factors explaining the diffusion of hybrid maize in Latin America and the Caribbean region. *Agricultural Economics*, 2001, 26: 267-280.
- [87] Lin J Y. Education and innovation adoption in agriculture: Evidence from hybrid rice in China. *American Journal of Agricultural Economics*, 1991, 73(3): 713-723.
- [88] Vignola R, Koellner T, Scholz R W. Decision-making by farmers regarding ecosystem services: Factors affecting soil conservation efforts in Costa Rica. *Land Use Policy*, 2010, 27(4): 1132-1142.
- [89] Lin J Y. The household responsibility system reform and the adoption of hybrid rice in China. *Journal of Development Economics*, 1991, 36(2): 353-372.
- [90] Lin J Y. Prohibition of factor market exchanges and technological choice in Chinese agriculture. *Journal of Development Studies*, 1991, 27(4): 1-15, doi: 10.1080/00220389108422210.
- [91] Lin J Y. Hybrid rice innovation in china: A study of market-demand induced technological innovation in a centrally-planned economy. *The Review of Economics and Statistics*, 1992, 74(1): 14-20.
- [92] Wolpert J. The decision process in spatial context. *Annals of the Association of American Geographers*, 1964, 54(4): 537-558.
- [93] Leow J, Peterson E. Hao Weiren trans. *Social Behavioural Geography: Integrated Human Geography*. Chengdu: Sichuan Science and Technology Publishing House, 1989: 27-31. [约翰·劳维, 艾尔德·彼得逊. 赫维人 译. 社会行为地理: 综合人文地理学. 成都: 四川科学技术出版社, 1989: 27-31.]

## Review on Sustainable Utilization of Salt-affected Land

WANG Jiali<sup>1,2</sup>, HUANG Xianjin<sup>1</sup>, ZHONG Taiyang<sup>1</sup>, CHEN Zhigang<sup>1</sup>

(1. School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2. College of Management Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

**Abstract:** The exploitation of salt-affected land resources has made significant contribution to grain production. However it will be faced with a big challenge due to fresh water shortage and climate change. In the past few years, great progress has been made in sustainable utilization of salt-affected land. The contents of this paper include the following parts: (1) the major progress of Technology Research and Development (Tech R&D), drainage waters disposed off in an environmentally safe manner, and necessary management for technology of sustainable use of salt-affected land; (2) a detailed review of farm household behavior of technology choice for sustainable salt-affected land; (3) a brief review of the scientific research method for sustainable use of saline land. It is suggested that the following aspects should be further studied: (1) to strengthen the cooperation of scientists in different disciplines; (2) to emphasize the research on micro-subject farm household behavior of technology choice; (3) to increase the scientificity of research method.

**Key words:** salt-affected land; sustainable utilization; Tech R&D; farm household behavior; scientific method