

资源环境约束下的农业可持续发展问题研究——以新疆为例

段强华^{1,2}, 周耀治^{1,2,*}, 师庆东^{1,2,3}, 于法稳⁴, 吴得意^{1,2}

(1. 新疆大学资源与环境科学学院, 新疆乌鲁木齐 830046; 2. 教育部绿洲生态学重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830046; 3. 新疆大学干旱生态环境研究所, 新疆乌鲁木齐 830046; 4. 中国社会科学院农村发展研究所, 北京 100732)

摘要 立足于新疆自然资源特点, 探讨新疆农业发展现状和可持续发展过程中存在的问题, 如农业产业结构单一, 区域发展不平衡; 生产格局分散、小规模化比较明显; 农业用水效率较低, 开发利用不合理。然后, 针对制约农业可持续发展的主要资源环境因素, 提出新疆农业可持续发展的主要措施, 如调整农业产业结构, 进一步优化资源配置; 认清区域资源的特点, 发展区域特色农业; 改变传统落后的灌溉方式, 大力发展集水型生态农业; 严格控制人口数量, 全面提高人口素质; 加强科技创新, 普及可持续发展意识; 建立资源可持续利用的宏观调控机制, 形成持续稳定的良性生存环境。

关键词 新疆农业; 可持续发展; 资源环境约束

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)01-00277-04

Issues of Agricultural Sustainable Development in Environment with Limited Resources

DUAN Qiang-hua et al (College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046)

Abstract Based on natural resources in Xinjiang, some problems existing in agricultural sustainable development in Xinjiang were explored, such as simple agricultural structure (unbalanced development in different regions), dispersed production pattern, and lower efficient water use for agriculture. Furthermore, some countermeasures for Xinjiang agricultural sustainable development were proposed as well, including adjustment of agricultural structure for optimization of resource allocation, strict control of population for improvement of people education, strengthening of S&T innovation for popularization of sustainable development, and construction of macro-adjustment mechanism of resources use for virtuous environment.

Key words Xinjiang agriculture; Sustainable development; Resource restraint in Environment

新疆是我国 21 世纪的重要资源替代区, 是西部大开发战略的核心及关键, 研究资源环境约束下的新疆农业可持续发展, 对带动我国干旱区农业的可持续发展具有普遍意义。1991 年联合国粮农组织 (FAO) 提出“持续农业和农村发展”问题, 标志着“农业可持续发展”已成为人类的共同选择。Dasgupta 等考察了资源消耗和经济增长的关系^[1]。战略环境影响评价中, 体现了从资源环境角度审视发展的思想^[2-3]。马彦琳^[4]以吐鲁番地区为例, 研究了干旱区绿洲可持续农业与农村经济发展的机制问题, 深入分析了其发展趋势, 提出了吐鲁番地区可持续农业和农村经济发展的模式。丁宏伟^[5]研究了河西走廊水资源及利用现状, 探讨了绿洲水资源开发利用与节水的必要性关系。新疆是典型的资源性绿洲农业^[6], 居住在这里的各族人民在恶劣的自然环境条件下, 通过长期的农业生产实践, 创造和发展了具有干旱区特色的生产方式。鉴于资源与环境问题日益突出, 农业资源持续利用能力的下降, 新疆农业生产的可持续发展面临着严峻的挑战。立足新疆实际情况, 针对当前农业发展的约束限制和不足, 以切实提高农民收入为根本, 从根本上促进新疆农村社会的不断进步、经济的可持续繁荣、资源的高效利用和生态环境的良性循环, 全面实现新疆农业的可持续发展。

1 研究区概况

新疆 73°21' ~ 96°21' E, 32°22' ~ 49°33' N, 是我国典型干旱区, 地处亚欧大陆腹地, 面积约占我国干旱区总面积的

2/3, 环境恶劣, 生态系统脆弱, 养育了超过 2 000 多万的各族人民, 95% 左右的人口生活在人工绿洲内^[7]。所用数据来源于《新疆统计年鉴》。

2 新疆农业发展现状

2.1 农业生产规模不断扩大, 农产品产量提高 新疆农业从 1978 年以来连续 20 年获得丰收^[8], 证明了新疆绿洲农业生产具有相对稳定性。“十一五”以来, 新疆特色农业和林果业快速发展, 农产品产量均有较大幅度的提高。粮食产量不仅可以完全满足疆内需求, 还可以销往其他省区或者出口; 棉花是新疆主要的经济作物, 已连续 18 年实现面积、单产、总产、调出量全国第一, 建成了我国最大的优质商品棉和国内唯一的长绒棉基地, 产量占全国产量的 1/3 强, 全世界的 1/9, 塔里木盆地也逐渐成为世界上最大的棉花生产基地; 新疆素有“瓜果之乡”的美誉, 在全国市场甚是国际市场都享有盛誉。果树种类繁多, 产品主要有葡萄、苹果、梨、杏、桃等。2010 年新疆农林牧渔业实现增加值 1 078.61 亿元, 粮食总产 1 170.70 万 t, 创历史新高; 棉花总产 247.90 万 t, 占全国棉花总产的 41%; 果用瓜 435.00 万 t^[9]。

2.2 农业基础条件不断改善, 生产稳定性提高 新疆农业是典型的绿洲农业, 在干旱区绿洲农业中起主导作用的主要有机械、水利、能源等。长久以来, 新疆各级党委、政府和广大农民都非常重视对农业基础的投入, 农业机械化、农村电气化、农田水利化和化肥等物资投入不断增强, 为新疆农业持续增产丰收提供了强有力的物质保证。机械是绿洲农业发展的骨骼, 2009 年全疆农业机械总动力 15 032 681 kW, 农用大中型拖拉机 217 810 台, 小型拖拉机 371 356 台, 大中型拖拉机配套农具 399 882 部, 小型拖拉机配套农具 596 407

基金项目 国家自然科学基金(31160114)。

作者简介 段强华(1987-), 女, 云南保山人, 硕士研究生, 研究方向: 生态经济, E-mail: duanqianghua@163.com。* 通讯作者, 教授, 博士, 从事生态经济研究, E-mail: zyz@xju.edu.cn。

收稿日期 2012-11-07

部。水利是绿洲农业发展的命脉,2009年新疆已建水库452座,水库总库容量达到102.83亿 m^3 ,除涝面积3.952万 hm^2 ,水土流失治理面积33.691万 hm^2 。灌溉面积达393.354万 hm^2 ,有效灌溉面积为266.646万 hm^2 。能源是绿洲生态经济和谐稳定发展的基本条件,特别是农村能源的供给利用方式和结构优化,是发展生态农业最有力的保证。在过去,新疆广大农村主要利用农作物秸秆、荒漠植被采集直接用于燃烧,在破坏生态环境造成土地荒漠化的同时,也使得农业生态系统的物质、能量循环也受到严重阻碍^[10-11]。为贯彻落实发展循环经济政策,优化农村能源利用方式,新疆农村大力发展可就地开发利用的太阳能和风能等清洁能源,以及作物秸秆及林业废弃物等生物质资源,加强省柴节煤炉灶炕改造,新型的生物质炉具及成型燃料作为近年来迅速成长的市场新宠,在一些地区得到了很好的推广。

2.3 技术装备和物资投入不断增加,生产水平和经济效益显著提高 增加投入意味着系统输出产品的增加^[12]。国家科技支撑计划使得农业领域的新型农业装备与农用物资取得新进展,开展农业装备数字化设计、可靠性强化试验和重大产品研究,为新疆农业生产效率和农业综合生产水平的提升提供了重要支撑。良种选育推广、测土配方施肥、病虫害综合防治等科学技术的推广应用和大量适用技术的培训,为农业的高产丰收奠定了基础。为配合农业现代化需求,大马力拖拉机配套的联合耕整地、原茬地精密播种分层施肥联合作业、中耕除草和宽幅高效植保机已投入使用,并且成功研发了棉花加工成套技术装备、太阳能牧草干燥成套设备、苜蓿茎叶分离设备、机械化挤奶成套设备,并分别建立了示范线。阿克苏市首种26.67 hm^2 滴灌小麦,并建立冬小麦高产攻关示范田,目标产量900 kg/hm^2 ,即将进入麦黄收获期,经过技术人员田间测产,理论产量高达9121.5 kg/hm^2 ,喜获高产。

3 新疆农业可持续发展存在的问题

新疆农业的发展近几年取得了显著的成就,然而,由于地处偏远,社会经济基础差,科学技术发展的滞后,对新疆自然规律认识不足,在农业生产过程中存在着许多问题,严重影响了农业生产的可持续发展。

3.1 农业产业结构单一,农业经济发展风险大 农业产业结构的优劣直接关系到农业资源利用率、农业生产效益及农业生态系统的稳定性,从根本上影响了农业经济可持续发展。近30年来,新疆农业产业结构基本上没有太大的变化,长期处于以种植业为主导的初级水平,以棉花、油菜等经济作物种植业为主,其比重一直维持在75%左右,种植业和畜牧业总产值长期维持在95%以上^[13]。与全国平均水平相比,新疆农业产业结构中种植业比重偏大,具有资源优势的畜牧业、林果业发展与开发不足,这极大地影响了农业生产效益,致使农牧民增收缓慢。这种在整体上表现为以种植业为主的单一经营方式,种植业内部又是以粮食和棉花作物为主的单一结构,必然导致农业资源优势无法得到合理利用、生产效益低下,农业经济发展风险大,并降低了农业生产抵御自然风险的能力。

3.2 在产业结构调整的问题上,农户及政府没有达成共识 在对待产业结构调整的问题上,农户普遍持有消极等待的态度,心存疑虑,不敢冒险,心甘情愿沿着老套路走,地方政府也缺乏实质性的指导和示范,甚至导致个别农户对农业产业结构调整存在着明显的抵触情绪。于是,有些地方强制推行农业产业结构调整,使得农民表现出较强的逆反心理,甚至出现了基层村干部和农户发生严重对立的局面,完全违背了实行农业产业结构调整的初衷。主要表现为:①农户缺乏参与意识,不想调整,认为农业产业结构调整是政府的事;②农户不敢调整,部分农户害怕市场风险,担心上当受骗,认为种植粮食作物比较安全;③农户不会调整,多数农户欠缺科学知识,缺乏准确的市场定位,对调整缺乏信心,有的想调整而不会调整。

3.3 农业生产区域发展不平衡 各区域自然条件、资源及环境要素先天存在很大差异,使得各区域呈现出不同的区域优势,尤其表现在农业区域结构上。由于农业产业结构不平衡调整进展缓慢,农业产业结构和种植业结构趋同,造成差异度小,部分地区还没有充分发挥出自身的比较优势,没有形成有鲜明特色的农产品区域布局结构。首先,县市发展不平衡,2010年莎车县实现农林牧渔业总产值最多,产值462931万元;奎屯市实现农林牧渔业总产值最少,产值仅9772万元,前者为后者的47倍。其次,北疆与南疆发展的不平衡,北疆农业发展明显好于南疆。

3.4 农业生产格局分散,小规模化比较明显 受传统农业经济的影响,新疆绿洲农业经济承担着“小农户”和“大市场”的压力。由于施行家庭联产承包责任制,使得分散经营的农户没有抵御市场风险的实力,加上难以获取准确的市场信息,生产具有盲目性。相比国内外大市场的格局,这种分散、小规模的生产,容易造成大起大落,形成农产品周期性过剩。这不仅造成了微观经营主体(农户)收入增长的减缓,也在宏观上造成了农业结构调整的滞缓和农业资源的浪费。

3.5 农业用水效率较低,开发利用不合理 2008年,新疆用水总量占水资源总量的65.8%,是全国平均水平的3.1倍,农业用水占用水总量的92.3%,远高于全国平均水平^[14]。新疆用水量虽大但基本用于农业生产,农用地用水多却产值却不高。在水资源紧缺的环境下,新疆传统灌溉型的农业,严重制约了土地的开发、利用和效益。新疆农业生产不仅缺水严重,而且浪费严重、开发利用不合理,水土资源失衡,只重视农业用水,忽视了生态用水,使生态环境日益恶化。

4 制约新疆农业可持续发展的主要资源环境因素

由于新疆地处偏远,经济发展缓慢,发展现代生态农业经济基础差,加上生态环境恶劣,制约了新疆农业的可持续发展。

4.1 水资源短缺,时空分布不均 水资源是新疆农业发展的命脉,农业的可持续发展很大程度上取决于水资源的总量,水资源的承载力决定了今后新疆农业经济的发展,农业的开发受制于水土的平衡关系。新疆水少土多,地表径流时空分布与适宜农耕的土地资源的空分布不配套,北疆多、

南疆少,西部多、东部少,区域水土不平衡,致使水资源的开发利用困难。目前,新疆大部分河流的引水率已超过 60%,到了引水的临界点^[15]。

4.2 生态退化严重,生态环境脆弱 中国科学院可持续发展研究组运用加重线形累积法计算了全国各省(市、自治区)生态环境的脆弱度,新疆列全国 5 位^[16]。脆弱的生态环境稳定性差,抗干扰能力弱,易向不利于人类生存的方向发展。土地沙漠化和盐碱化严重,土壤积盐强烈,耕地稀缺,重用轻养,耕地土壤肥力水平低。人类活动不当的干预,也在很大程度上加剧了生态环境的脆弱化和恶化。草场资源遭到严重破坏,森林覆盖率不断降低,土地失去涵养水源的生态基础,导致水土流失加剧。

4.3 人口负荷制约性大,智力资源差,城乡人口结构不合理

4.3.1 人口负荷制约性大。新疆是少数民族聚集区,受传统生育观的束缚以及少数民族计划生育政策的影响,人口增长率高,人口密集度大,2010 年全疆人口总数达 2 181.33 万人。

4.3.2 智力资源差。新疆大专以上学历 231.99 万人,占总人口 10.63%;高中学历 252.64 万人,占人口总数 11.58%;初中学历 787.37 万人,占人口总数 36.09%;小学学历 656.04 万人,占人口总数 30.07%;文盲 51.58 万人,占人口总数 2.36%^[17]。大多数人为初高中学历,高端人才比例偏少。另外,文盲、半文盲人口大量聚集在农村^[18]。

4.3.3 城乡人口结构的不合理。2010 年,城镇人口为 66 557 万人,占总人口的 49.68%;乡村人口为 67 415 万人,占 50.32%。同 2000 年人口普查相比,城镇人口比重上升 13.46%。表现出城乡二元结构特点,城镇化水平滞后,农村剩余劳动力难以转移,居民生活质量提高缺少有效的载体。

4.4 深居内陆,经济区位差,技术落后 新疆深居内陆,距出海口远,铁路密度小,交通运输线长,运输成本大,不利于发展外向型农业经济,使许多特色农产品和绿色无公害产品失去消费市场。农业产业化基本处于萌芽状态,门路少,产业链短,层次低,水平不高,缺乏稳定的营销畅通,具有一定规模的“龙头”企业。

5 新疆农业的可持续发展对策

就自然资源环境特点而言,新疆农业可持续发展必须立足新疆实际情况,针对当前农业发展的限制和不足,以切实提高农民收入为根本,从根本上促进新疆农村社会的不断进步、经济的可持续发展、资源的高效利用和生态环境的良性循环,全面实现新疆农业的可持续发展。

5.1 调整农业产业结构,进一步优化资源配置

5.1.1 完善并落实有关法规政策。在强化市场导向下的政府指导下,完善并落实有关法规政策。引导和鼓励农户自发、自愿地进行农业生产结构和产品结构的调整。政府要从市场需要和当地的优势出发,制定出适合该区域的结构调整规划,提供技术指导,使农业结构调整具有科学性、可行性和有效性。

5.1.2 加强农业发展的深度和广度。在强化农业基础地位

的前提下,加强农业发展的深度和广度。为了提高农业整体效益,应大力发展高产优质高效低耗农业和农产品加工业。通过农业结构调整,实现农村经济由农业主导型向工业主导型(指农副产品加工业)转变,发展高科技含量的农副产品深加工与精加工,促进农业结构向更高层次升级,增加市场竞争力。

5.1.3 合理配置资源。在建立和完善农业市场体系的前提下,实现资源合理配置。结构调整应朝向区域化、专业化、特色化进行,实现结构优化和资源合理配置,使得效益最大化。

5.1.4 发展生态农业。在以生态环境的恢复与重建和良性循环的前提下,要求农业结构调整要从有利于生态环境的角度进行,发展生态农业,保障绿洲农业可持续发展。将农业结构调整与改善生态环境和可持续发展结合起来,充分注意其生态特殊性,加强水资源合理利用、土地退化防治的执行力度,建立具有新疆资源特色的农林牧综合发展的生态农业经济体系。

5.2 认清区域资源的特点,发展区域特色农业 农业资源的优劣决定着区域发展的方向、模式与前景^[19]。由于全疆农业产业结构不平衡,全疆各地州农业产业结构和种植业结构显示出一定的趋同性,没有充分发挥出区域自身比较优势,在一定程度上削弱了区域间的贸易交流,无法形成具有地方特色的农产品区域结构布局。所以,新疆各级政府需要深入分析、认识区域资源的特点,坚持资源比较优势原则,发展具有区域特色的农业,即特色种植业、畜牧业、林果业等,开发具有区域特色和竞争优势的名优特产品。

5.3 改变传统落后的灌溉方式,大力发展集水型生态农业 现代化的农业应该是高效的生态农业,将传统农业的优势与现代科学技术结合起来^[20]。集水型生态农业作为改善生态环境和提高土地生产力的结合点,借助于使两者同时实现的现代农业技术,能有效地促进农业生态系统良性循环的建立,推动该区农业的可持续发展^[21]。在实现农民脱贫致富的同时,同步改善了生态环境和产业结构。所以,集水型生态农业是新疆广大农户提高土地生产力,建立稳定、健康、持续的生态农业的可持续发展模式,必将推动新疆农业的可持续发展和生态环境的恢复与重建。

5.4 严格控制人口数量,全面提高人口素质 新疆农村是人口自然增长率较高和人口比重较大的地区,因此农村是人口控制的重点。控制人口生育政策应以行政干预为主,然后逐步转向以利益导向机制为主,在农村逐步建立一整套人口控制的利益导向机制,鼓励少生优生。以普及九年制义务教育为主,加强基础教育,切实解决好农村中小学生辍学问题。对少数民族地区,应坚持双语教学,构建一个以基础教育为基础、职业教育为主体的特殊教育结构。为了使教育资源得到充分利用,要重视职业教育,加强在职培训,将科普知识、环境教育融入职业技能培训中,培养具有一定理论知识和较强实践能力的生产建设人才。

5.5 加强科技创新,普及可持续发展意识 以科技创新为根本,加强人才队伍建设,为区域农业发展提供智力支持,以

切实增加农民增收为目标,不断加强应用基础研究与科技投入,示范推广,有力支撑新疆农业发展。新疆农业的可持续发展,需要全社会参与,发展农业社会化服务是农业可持续发展的重要条件,注意传统消费观念与文化和社会因素对农户的消费行为的影响,加强环保意识,普及可持续发展意识,不断提高社会对环境、经济和发展认知。

6 结语

新疆有着丰富的农业后备资源和矿产资源,具有光、热、水、土的特殊组合,利于形成独具新疆特色的农业。但生态系统十分脆弱,随着人口的增加,经济的发展,以及生态系统所承载的压力日益增加,生态危机及可持续发展问题十分突出。从新疆农业发展的状况,可以看出目前还存在一些问题,这些问题对于新疆农业可持续发展非常不利,需要调整农业产业结构,进一步优化资源配置。认清区域资源的特点,发展区域特色农业。改变传统落后的灌溉方式,大力发展集水型生态农业。严格控制人口数量,全面提高人口素质。加强科技创新,普及可持续发展意识。建立资源可持续发展的宏观调控机制,形成持续稳定的良性生存环境,为新疆农业可持续发展奠定良好的基础,以最大限度地满足区域人口和经济发展对农业生产和生存环境改善的需求,同时为后代留下相对适宜的农业环境和高效的农业生产体系,对促进新疆农业产业结构调整、增加农民收入、建设生态环境、巩固边疆具有重大的意义。

参考文献

- [1] DASGUPTA P, HEAL G. The optimal depletion of exhaustible resources [J]. *The Review of Economic Studies*, 1974, 41(3): 28.
- [2] United Nations Economic Commission for Europe and Regional Environmental Center for Central & Eastern Europe. Resource manual to support

(上接第 276 页)

3 小结与讨论

对好氧反硝化菌 *P. stutzeri* CDN1 进行了产絮凝剂的条件优化,并对其所产絮凝剂进行了初步研究,得到菌株 CDN1 产絮凝剂的最佳的培养温度为 37 ℃,通气量为 150 r/min,培养基的初始 pH 为 7.0,碳源为葡萄糖,氮源为酵母粉。通过离心、溶剂析出、冷冻干燥得到絮凝剂粗制品,经分析,制得絮凝剂产量为 6.05 g/L,主要成分为多糖和核酸,其中多糖占 55%。絮凝活性物质为 CDN1 菌株在生长过程中产生的胞外分泌物,主要存在于发酵液上清中,而菌体上只含有很少絮凝活性物质。

笔者对 *P. stutzeri* CDN1 作了初步研究,在后续的研究中,需要进一步探究生物絮凝剂的絮凝机理,寻找菌株产絮凝剂的更廉价的培养基,考察其与其他絮凝剂复合的絮凝效果以及探讨其对实际废水的作用,以获得一类良好的生物絮凝剂及其最佳絮凝条件。此外,该菌株具有反硝化脱氮作用,在以后的研究中可以进行废水的脱氮和絮凝的协同作用,对研究废水生物处理具有很大意义。

参考文献

- [1] 王镇,王孔星,谢裕敏,等. 几株微生物絮凝剂产生菌的特殊研究[J]. *微生物学报*, 1995, 35(2): 121-129.

- application of the UNECE protocol on SEA[M]. UNECE, 2011.
- [3] CHAKER A, EL-FADL K, CHAMAS L, et al. A review of strategic environmental assessment in 12 selected countries[J]. *Environ Impact Assessment Review*, 2006, 26(1): 15-56.
- [4] 马彦琳. 干旱区绿洲可持续农业与农村经济发展机制与模式研究——以新疆吐鲁番地区为例[J]. *地理科学*, 2000, 20(6): 540-543.
- [5] 丁宏伟,张举. 论干旱区绿洲的可持续发展与水资源的关系——以河西走廊绿洲为例[J]. *干旱区资源与环境*, 2004, 18(6): 50-55.
- [6] 董乐,黄子蔚. 新疆绿洲农业产业化的优劣势分析和发展方向探讨[J]. *干旱区资源与环境*, 2005, 19(2): 29-33.
- [7] 赖先齐. 新疆绿洲农业学[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社, 2002.
- [8] 马彦琳. 绿洲可持续农业与农村经济发展研究[M]. 北京:海洋出版社, 2003.
- [9] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆统计年鉴 2011[M]. 北京:中国统计出版社, 2011.
- [10] 刘书楷. 农业资源可持续利用与综合管理基础研究总论[J]. *中国农业资源与区划*, 1999, 20(2): 720-725.
- [11] 程序. 可持续农业的几个理论问题[J]. *生态农业研究*, 1999, 16(1): 35-39.
- [12] 丁举贵. 农业生态经济学[M]. 郑州:河南人民出版社, 1990: 54-55.
- [13] 雷军,张小雷,阚耀平. 新疆绿洲农业结构调整战略研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2004, 18(1): 1-6.
- [14] 张廷伟,李莉,马晓宇. 新疆农业产业结构调整与优化升级研究[J]. *中国市场*, 2011(36): 145-146.
- [15] 雍会. 新疆绿洲生态农业经济可持续发展对策研究[J]. *中国农业资源与区划*, 2006, 27(4): 41-43.
- [16] 李荣生. 资源环境约束下的西北农业结构调整与产业化发展对策[J]. *自然资源学报*, 2002, 17(5): 738-742.
- [17] 新疆维吾尔自治区统计局. 新疆维吾尔自治区 2010 年第六次全国人口普查主要数据公报[EB/OL]. (2011-05-06) http://www.stats.gov.cn/tjgb/rkpegb/dfrkpegb/t20120228_402804343.htm.
- [18] 王华丽. 科学发展观与新疆可持续发展战略的实施[J]. *农村经济*, 2004(51): 98-101.
- [19] 侯平. 试论绿洲的可持续发展[J]. *干旱区资源与环境*, 1995, 9(4): 22-28.
- [20] 李文华. 生态农业——中国可持续农业的理论与实践[M]. 北京:化学工业出版社, 2003.
- [21] 于法稳,陈保东. 集水型生态农业:西北半干旱区可持续农业发展的模式[J]. *中国人口·资源与环境*, 2001, 11(2): 77-79.

- [2] 王融,刘云鹏,霍远涛,等. 高效微生物絮凝剂产生菌 XN1 的筛选与絮凝条件优化[J]. *南京农业大学学报*, 2011, 34(3): 57-71.
- [3] 蔡亚君,桂震,李峰,等. 多功能水处理菌 *Pseudomonas stutzeri* CDN1 的筛选分离与性质鉴定[J]. *湖北农业科学*, 2011, 50(5): 908-910.
- [4] 朱富坤,刘彬彬,闫永胜,等. 微生物絮凝剂 PF-2 的成分分析及絮凝机制研究[J]. *环境污染与防治*, 2008, 30(2): 37-44.
- [5] 韩燕,关志强. 纳豆中微生物絮凝剂产生菌的筛选及其絮凝活性研究[J]. *武汉生物工程学院学报*, 2008, 4(4): 190-193.
- [6] WATANABE I, SATOH Y. Screening Isolation and Taxonomical Properties of Microorganisms Having Acrylonitrile-hydrating Activity[J]. *Agric Biol Chem*, 1987, 51(12): 3193-3199.
- [7] 费文砚,吴涓. 微生物絮凝剂产生菌的选育及絮凝特性研究[J]. *生物技术*, 2007, 17(3): 62.
- [8] 张龙翔,张庭芳,李令媛,等. 生化实验方法和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 1981.
- [9] 湛雪辉,湛含辉. 一种微生物絮凝剂的制备及其性能研究[J]. *食品与机械*, 2007, 23(3): 36-38.
- [10] 张振华. α -氨基酸与茚三酮显色反应影响因素的探讨[J]. *邵阳高等专科学校学报*, 2000, 13(1): 42-44.
- [11] 孟利,张兰威. 苯酚-硫酸法测定西囊灵芝胞外粗多糖及影响因素[J]. *理化检验-化学分册*, 2008, 44(3): 290-291.
- [12] ZHANG W P, YAN P, SUN D S, et al. Screening of One Microbial Flocculant for Treatment of Methyl Orange Wastewater and Its Decolorization Effect[J]. *Agricultural Science & Technology*, 2011, 12(12): 1929-1931.
- [13] 邱琳. 天然有机高分子改性絮凝剂的应用研究[J]. *湖南农业科学*, 2011(1): 101-102, 106.
- [14] ZHOU A H, LIANG S K, SHAN B T. Screening of a Novel Bioflocculant-producing Strain and Research on Its Flocculation[J]. *Agricultural Science & Technology*, 2012, 13(9): 1997-2000, 2005.
- [15] 刘松岩. 微生物絮凝剂在水产养殖污水净化中的应用[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(16): 8624-8626.