

西南岩溶区石漠化发展进程及治理成效

张楠, 吕文龙, 韦旻 (广西水利科学研究院, 广西南宁 530023)

摘要 浅析我国西南岩溶区石漠化的发生发展过程, 系统分析了所实施的综合治理工程及其所取得的成效与存在的问题。

关键词 石漠化; 生态失衡; 岩溶区; 综合治理

中图分类号 S157.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)32-0063-04

Development Process and Governance Effect of Rocky Desertification and Its Control in Karst Areas of Southwest China

ZHANG Nan, LV Wen-long, WEI Min (Guangxi Institute of Water Resource Research, Nanning, Guangxi 530023)

Abstract The development process of rocky desertification in karst areas of southwest China was analyzed, the control effectiveness and problems of implemented comprehensive projects were studied.

Key words Rocky desertification; Ecological imbalance; Karst region; Comprehensive control

石漠化是岩溶(喀斯特)区水土流失过程的伴随产物, 是生态环境恶化的极端表现形式^[1]。它是在亚热带脆弱的喀斯特环境背景下, 加之人类不合理的社会经济活动所造成的植被破坏、土壤严重侵蚀, 并以地表基岩大面积裸露为标志的土地荒漠化过程^[2-3], 20 世纪 80 年代末由我国科技工作者在砂页岩、红色岩和石灰岩丘陵山地陡坡开垦所引起的水土流失研究中提出^[2]。我国石漠化主要发生在贵州^[4]、云南^[5]、广西^[6]、湖南^[7]、四川^[8]、重庆^[9]、广东^[10]、湖北^[11] 西南 8 个岩溶省份。同时, 这一区域也是珠江、长江和流向东南亚诸多国际河流的源头区或重要的水源补给区, 其水土保持的地理位置非常重要^[12]。截至 2005 年, 西南岩溶区石漠化面积已经从 20 世纪 80 年代末的 8.29 万 km² 增加至 12.96 万 km², 占区域总面积的 12.10% 和区域喀斯特面积的 28.70%; 尤其以滇、黔、桂三地较为严重, 三者石漠化面积达 8.58 万 km², 占石漠化总面积的 66.13%^[13]。其中, 轻度、中度和重度石漠化面积分别为 3.56 万、5.91 万、3.49 万 km², 占石漠化总面积的 27.47%、45.60% 和 26.93%, 中度以上石漠化面积占石漠化总面积的 72.53%^[13]。石漠化扩张形势严峻, 生态环境恶劣, 土地生产力严重降低, 给当地群众生活带来极大的影响, 加剧贫困程度。因此, 迫切需要提出有针对性的石漠化治理措施。笔者探讨了西南石漠化发展过程、存在的问题与治理成效, 以期为今后石漠化的综合治理和西南岩溶区生态环境的恢复及社会经济的可持续发展提供参考。

1 石漠化成因

土地石漠化是西南喀斯特地区最基本的区情, 目前已发展成为我国土地荒漠化的一种极端形态。从本质上讲, 石漠化是人为活动破坏生态平衡所导致的地表覆盖度降低的土壤侵蚀过程^[2], 因此石漠化的发生发展离不开水土资源的流失。但西南岩溶区特有的地质环境条件加之人类社会活动使得该区水土流失具有特殊性, 其石漠化的综合治理和水土流失防治有别于非岩溶区。因此, 认识该区水土流失过程及

其机制是岩溶区进行水土流失和石漠化综合治理的关键。

1.1 自然因素

1.1.1 地质水文结构。西南喀斯特地区特定的地质演化过程奠定了脆弱的环境背景。其中以挤压为主的中生代燕山构造运动和以升降为主、叠加在此之上的新生代喜山构造运动塑造了现代陡峭而破碎的喀斯特高原地貌景观, 由此产生较大的地表切割度和地形坡度, 为水土流失提供了动力潜能^[2]。国家林业局监测数据表明: 随着坡度增加, 西南喀斯特石漠化发生率也呈增加趋势, 其中 84.90% (11 万 km²) 的石漠化发生在 16° 以上的坡面^[14]。从震旦纪到三叠纪, 在该区沉积了巨厚的碳酸盐岩地层, 为喀斯特石漠化的发生提供了物质基础, 特别是纯碳酸盐岩的大面积出露, 为石漠化的形成奠定了物质条件^[2]。另外, 在喀斯特地区长期岩溶作用下, 岩溶裂隙、地下管道、竖井及落水洞等负地形极其发育, 使得该区形成了水土分离的水文地质双层结构。与非岩溶区水土流失方式不同, 双层水文地质结构的存在使得喀斯特区水土流失形式不仅有随降雨冲蚀携带泥沙进入地表河的坡面流失, 还有土壤随降雨通过岩溶裂隙、管道进入地下河汇集的地下漏失过程^[15-20]。地表水土流失与地下水漏失现象的共存使得西南岩溶区的水土流失具有复杂性、隐蔽性和特殊性, 加重了喀斯特区水土流失的治理难度, 而黄土区和黑土区等非岩溶区的水土流失治理模式和措施并不适用于喀斯特区, 需针对性地摸索出适合岩溶区的水土流失和石漠化治理措施。

1.1.2 土壤。喀斯特区的成土物质主要来源于碳酸盐岩酸不溶物, 而碳酸盐岩成土母质的先天不足使得岩溶区成土速率缓慢^[21], 形成 1 cm 厚土壤需 3 000 年以上, 约是其他类型母岩成土时间的 10 倍^[22-23]。成土速率远远低于土壤侵蚀模数。此外, 土壤与岩石刚性接触, 土壤剖面缺乏 C 层, 两者黏着性差, 在降雨冲蚀下极易发生移动和流失。

1.1.3 气候。气候作为岩溶区生态系统的驱动力, 在喀斯特地貌的形成、演化中发挥着重要作用。该区地处青藏高原东南翼, 属热带亚热带气候, 受太平洋东南季风和印度洋西南季风的影响, 气候温暖湿润 (年均气温 10~24℃), 雨量充沛 (年降雨量 1 000~2 000 mm), 水热同期, 为岩溶的发育提供

基金项目 广西水利科技项目 (201220)。

作者简介 张楠 (1988-), 男, 山西大同人, 工程师, 硕士, 从事水土保持与荒漠化治理研究。

收稿日期 2016-10-31

了良好的水热条件。同时,该区内降雨分布不均,70% ~ 80% 的降水集中于 5—8 月,且多以暴雨形式出现,对覆盖较差的坡耕地造成极大的冲蚀,加剧了水土流失。

1.1.4 植被。岩溶地区土壤较为贫瘠,土层较薄,且岩石多裸露,因此尽管水热条件较为优越,但土壤水分调蓄能力差,养分供应能力差,导致植被生物量低,系统结构简单,一旦遭到破坏则难以恢复。植被遭到破坏后,其根系对土壤的网固作用降低甚至消失,使土壤更容易受水力冲蚀向地表或地下流失。

1.2 人为因素

1.2.1 人地矛盾突出。西南喀斯特地区工商业欠发达,当地群众生活主要依靠农业发展。喀斯特区耕地资源稀少,土壤瘠薄,土地生产力低下,土地承载力低于非岩溶区。但是该区域实际人口密度远远高于其理论人口承载力,严重超载。2001 年花江岩溶峰丛峡谷典型示范区粮食产量为 1 525.25 t,人均粮食 234 kg/人,按国家温饱和小康水准,其理论人口承载量分别为 4 358 人和 3 813 人,但实际人口为 6 513 人,远远超过其理论值^[1]。高负荷下的人口压力对脆弱的喀斯特生态系统带来了极大的破坏,如大规模毁林开荒、滥砍滥伐、过度樵采、破坏植被,最终形成土壤肥力日渐低下,石漠化愈加严重的生态-经济恶性循环。在西南喀斯特区石漠化面积中,74% 的石漠化面积是由人为活动导致的^[24]。

1.2.2 陡坡开垦加剧水土流失。受地质岩溶环境影响,西南喀斯特地区地形破碎,崎岖不平,耕地资源中坡耕地所占比例大。据统计,贵州省大于 5° 的坡耕地占耕地总面积的 80.9%,而大于 25° 的陡坡耕地所占面积比例高达 19.89%^[25]。陡坡开垦,使大面积土壤失去植被覆盖,水土流失严重,石漠化现象加剧。关岭花江峡谷岩溶区 20 世纪五六十年代开垦的坡耕地,大部分已然重度、中度石漠化,丧失了生产力^[1]。

1.2.3 工矿开挖、工业污染致使生态恢复困难。西南地区是我国主要能源基地,也是西部大开发的重要区域,中小型冶金、矿山、采石采砂等开发建设项目较多。这些工程开挖项目会不可避免地扰动地表,造成水土流失,公路附近已存在多处无覆盖措施的裸露山体。据统计,乱开矿和无序工程建设等形成的石漠化占人为因素形成石漠化面积的 10.70%^[24]。同时,该区能源结构单一,主要以煤炭为主,小煤窑、小型铅矿分布较多。开矿、冶炼、燃煤排放大量 SO₂、NO₂ 等大气污染物,形成严重的酸雨。酸雨不仅危害农田和森林生态系统,还能大量杀死岩溶区的藻类、地衣、苔藓等先锋植物,使岩溶区植被自然恢复困难^[1]。

2 石漠化治理成效及存在的问题

我国西南岩溶区生态环境脆弱,加之人为不合理活动,水土流失严重,石漠化问题突出,严重制约着当地社会发展水平,人民群众生活困难,对长江、珠江流域生态安全构成极大威胁^[26]。长期以来,西南岩溶区石漠化问题受到国家的高度重视,并投入大量人力、物力、财力进行水土流失和石漠化治理,加大基础研究修复受损脆弱的喀斯特生态系

统,改善生产生活条件,解决生态环境恶劣、经济发展落后和人民群众生活困难的困境。

2.1 石漠化治理的第一阶段:探索阶段(1980—2005 年)

从 20 世纪 80 年代起,我国相继在西南岩溶区开展了“长治”“珠治”试点工程、长江中上游水土保持工程、长江防护林带工程、天然林保护工程、退耕还林等一系列水土流失生态修复工程。随着这些工程的实施,西南岩溶区水土流失和石漠化趋势得到了遏制,并取得了一些宝贵的治理经验。这一时期主要以开发岩溶地下水和石漠化综合治理为主要目标,形成了以蓄水保土为目的,以保障基本农田、发展经济果林为手段,工程、植物、农业耕作多种措施互补,山水田林路电综合开发治理,区域生态、经济协调发展的治理思路。涌现出一些卓有成效的典型治理示范区。如贵州关岭小龙洞以地表水库为中心的小流域治理模式,贵州普定马官堵洼成库治理模式,广西果化峰丛洼地立体生态农业模式,云南宣威得卡河丘陵谷地生态农业和旅游业模式以及广西环江生态移民模式^[1]。

这一时期,虽然在石漠化和水土流失防治方面取得了一些成绩和经验,但是仍存在一些问题。如石漠化问题的基础研究薄弱,对岩溶区水土流失过程认识不足,缺乏治理实践的总结与思考以及资金投入和部门协调等。广西都安于 1996 年推广栽种的 40 万株饲草树种任豆,造林后成活率低下,仅为 20%^[27]。对石漠化区植被恢复机理过程认识不足,导致有些石漠化地区久封难以恢复,甚至石山地区引种的经济作物第 1 年丰收后第 2 年退化,或蔓延开来抑制其他作物生长,不仅影响林业,还影响牧业发展^[2]。因缺乏因地制宜的综合治理专项工程,石漠化治理面积(5 000 km²)远远低于增加的面积(22 000 km²),并以每年 2.10% 的速度扩大,导致石漠化治理呈现局部好转、总体恶化的态势,形势严峻^[1]。

2.2 石漠化综合治理第二阶段:创新认识(2005—2015 年)

2005 年水利部和中国科学院、中国工程院联合组织对以滇黔桂为核心的西南岩溶区水土流失状况进行实地调研考察,加深了对石漠化地区脆弱环境和人为不合理活动的认识。此外,国家也投入大量经费对岩溶区水土流失治理等科研项目进行支持,加大力度进行石漠化治理的基础研究,对石漠化地区水土流失过程有了进一步理解,取得了一些新认识。

与非岩溶区不同,西南岩溶区碳酸盐岩成土速率慢,土层薄,耕地资源稀缺,依据全国范围使用的土壤流失强度标准,不足以说明岩溶石漠化区水土流失的严重性,这也是导致过去很长一段时间内未将西南岩溶区作为水土流失防治重点区域的原因^[28]。为此,一些学者对西南岩溶区土壤侵蚀强度标准进行了探讨与修订,重新厘定了符合西南岩溶区的土壤侵蚀强度分级标准,为认识岩溶区水土流失的严重性和制订针对性的水土流失治理措施和防治规划奠定了基础^[16, 29-32]。

在对水土流失过程的研究中,一些学者发现岩溶区不仅存在坡面地表流失,还存在沿岩溶裂隙、管道等进入地下河系统的地下流失(漏失)过程^[33-35]。但是对地下漏失在水土

流失总量的贡献率存在争议^[17, 32]。张信宝等^[17]研究认为地下漏失是石质坡地水土流失的主要方式,而曹建华等^[28]研究认为其在流域尺度中所占比例较小。据中国地质科学研究院在广西果化岩溶峰丛洼地的研究表明,坡面土壤侵蚀以地下漏失为主,地下漏失量占 75.00%;洼地底部以地表流失为主,但最终都通过落水洞进入地下河管流失^[20]。此外,还根据峰丛洼地不同地貌部位水土流失特点,提出了针对性的防治措施。如在山峰主要发展水源林,以涵养表层岩溶泉水资源;山坡发展生态产业,防止水土向地下漏失;在洼地底部重点修建排水系统工程,防止内涝水流对土壤的冲刷^[36-37]。经过长时间科学试验与探索,研发出了水土保持林建设技术、薛荔植物篱技术、裸露石芽植物篱技术、隔坡式植物篱技术、坡面植物梯化技术、洼地整地种植火龙果技术等一系列适宜于岩溶峰丛洼地水土流失综合治理的技术体系^[20, 38]。

石漠化的科学评定分级是认识石漠化发展现状与程度的前提,也是合理制订石漠化治理规划方案和措施选择的依据。关于石漠化程度等级划分的探讨,早期主要是以岩石裸露率为划分依据^[39-41],随后有关学者对此进行了修订,引入植被覆盖率、土壤厚度、坡度^[4]、土地利用特征^[24]、地面物质组成与土壤流失程度^[42]等相关指标进行进一步深入等级划分,并结合典型治理示范研究,探索新的石漠化治理思路和措施。

这一阶段是石漠化治理创新认识、摸索适合该区治理模式和措施的阶段,也是迄今为止国家投入治理力度最大的阶段。特别是 2008 年以来,国家启动实施了岩溶地区石漠化综合治理工程,投入 1 500 亿元进行石漠化区土地利用结构调整、植被恢复、生态重建,努力改善该区生产生活环境,提高人民生活水平,实现社会、经济和生态协同持续发展。截至 2015 年,西南岩溶区 316 个重点县已完成岩溶土地治理面积 6.60 万 km²,石漠化治理面积 2.25 万 km²。此外,在退耕还林、天然林保护、长江防护林、珠江防护林、农业综合开发、土地整治等生态治理工程的配合下,451 个石漠化县初步完成石漠化治理面积 4.75 万 km²(水利部水土保持司)。

3 展望

经过科研工作者多年的不懈努力和大力度的投资治理,西南石漠化治理工作取得了较大进展,石漠化治理经历了从探索阶段到创新认识、逐渐深入阶段的转变,吸取了大量的经验教训,并积累了众多成功的治理经验。为进一步推进我国岩溶区石漠化治理进程,未来石漠化综合治理过程需要注意以下几方面:①西南岩溶区地质环境异质性强,不同区域水土流失过程存在明显差异,须根据岩溶区特点因地制宜地对不同治理区制订合理的有针对性的治理措施。②开展石漠化治理必须以小经济地域为治理单元,转变农业产业结构,在保障基本农田的前提下,发展经济作物,形成农林牧+旅游相结合的多产业模式,增加人民群众收入,改善生活水平,实现社会、经济与生态协调发展。③建立石漠化治理示范区,形成辐射效应,进行示范推广。④建立长期监测平台,丰富水土流失监测和试验数据资料的积累^[12];加大水土流失、石漠化的水文生态过程和植被恢复重建机理等

基础理论研究^[43],为石漠化治理提供科技支撑。

石漠化是西南岩溶区人地矛盾的直接体现,也是阻碍当地社会可持续发展的重要因素。其发生既有喀斯特系统脆弱性的内在因素,又有人类不合理活动的社会诱因,其中人类不合理土地利用方式是主要的致灾因素,也唯有主动调整优化行为活动,才是解决西南岩溶区石漠化问题的关键所在。针对石漠化问题,我国投入了大量人力物力进行综合整治,取得了一定成效的同时,还存在一些问题,因此仍有待继续进行探索试验,摸索出适合西南岩溶区石漠化治理的措施、途径与模式。对石漠化的形成、发展、演化过程机理的深入理解是石漠化治理的突破口,也是未来重点研究的领域。

参考文献

- [1] 水利部,中国科学院,中国工程院.中国水土流失防治与生态安全:西南岩溶区卷[M].北京:科学出版社,2010.
- [2] 王世杰,李阳兵,李瑞珍.喀斯特石漠化的形成背景、演化与治理[J].第四纪研究,2003,23(6):657-666.
- [3] 郭红艳,周金星.石漠化地区水土流失治理[J].中国水土保持科学,2012,10(5):71-76.
- [4] 熊康宁,黎平,周忠发,等.喀斯特石漠化的遥感 GIS 典型研究:以贵州省为例[M].北京:地质出版社,2002.
- [5] 赖兴会.云南的石漠化土地及其治理策略[J].林业调查规划,2002,27(04):49-51.
- [6] 韦茂繁.广西石漠化及其对策[J].广西大学学报(哲学社会科学版),2002,24(2):42-47.
- [7] 吴会平,曾昭军,夏本安,等.湖南石漠化综合治理途径探讨[J].中南林业调查规划,2011,30(1):20-23.
- [8] 赖长鸿,覃家作,张文,等.四川省石漠化敏感性评价及其空间分布特征[J].水土保持研究,2013,20(4):99-104.
- [9] 苏维词.中国西南岩溶山区石漠化的现状成因及治理的优化模式[J].水土保持学报,2002,16(2):29-32.
- [10] 黄金国.粤北岩溶山区水土流失现状与治理对策[J].水土保持研究,2007(5):73-75.
- [11] 徐伟声,常胜,李江凤.湖北省恩施州岩溶地区石漠化形成过程及治理对策[J].安徽农业科学,2007,35(27):8663-8677.
- [12] 王魁,马祖陆,蔡德所,等.我国岩溶地区水土流失研究进展及发展趋势[J].中国水土保持,2011(9):30-32.
- [13] 刘从强.生物地球化学过程与地表物质循环[M].北京:科学出版社,2009.
- [14] 杨青青.基于 RS 和 GIS 的桂西北喀斯特石漠化的时空演变及驱动机制[D].北京:中国科学院研究生院,2010.
- [15] 孙承兴,王世杰,周德全,等.碳酸盐岩差异性风化成土特征及其对石漠化形成的影响[J].矿物学报,2002,22(4):308-314.
- [16] 李阳兵,王世杰,魏朝富,等.贵州省碳酸盐岩地区土壤允许流失量的空间分布[J].地球与环境,2006,34(4):36-40.
- [17] 张信宝,王世杰,贺秀斌,等.碳酸盐岩风化壳中的土壤蠕滑与岩溶坡地的土壤地下漏失[J].地球与环境,2007,35(3):202-206.
- [18] 罗为群,蒋忠诚,韩清延,等.岩溶峰丛洼地不同地貌部位土壤分布及其侵蚀特点[J].中国水土保持,2008(12):46-49.
- [19] 唐益群,张晓晖,周洁,等.喀斯特石漠化地区土壤地下漏失的机理研究:以贵州普定县陈旗小流域为例[J].中国岩溶,2010,29(2):121-127.
- [20] 蒋忠诚,罗为群,邓艳,等.岩溶峰丛洼地水土漏失及防治研究[J].地球学报,2014(5):535-542.
- [21] 袁道光,蔡桂鸿.岩溶环境学[M].重庆:重庆出版社,1988.
- [22] 袁道先.岩溶与全球变化研究[J].地球科学进展,1995(5):471-474.
- [23] 蒋忠诚,袁道先.表层岩溶带的岩溶动力学特征及其环境和资源意义[J].地球学报,1999,20(3):302-308.
- [24] 宋同清,彭晚霞,杜虎,等.中国西南喀斯特石漠化时空演变特征、发生机制与调控对策[J].生态学报,2014,34(18):5328-5341.
- [25] 林昌虎,解德盛,涂成龙,等.贵州山区坡耕地综合利用与整治[J].水土保持研究,2004,11(3):211-213.
- [26] 彭晚霞,王克林,宋同清,等.喀斯特脆弱生态系统复合退化控制与重建模式[J].生态学报,2008,28(2):811-820.
- [27] 中国科学院学部.关于推进西南岩溶地区石漠化综合治理的若干建

议[J]. 地球科学进展, 2003, 18(4): 489-492.

[28] 曹建华, 蒋忠诚, 杨德生, 等. 中国西南岩溶区土壤允许流失量及防治对策[J]. 中国水土保持, 2008(12): 40-45.

[29] 柴宗新. 试论广西岩溶区的土壤侵蚀[J]. 山地学报, 1989, 7(4): 255-260.

[30] 韦启番. 我国南方喀斯特区土壤侵蚀特点及防治途径[J]. 水土保持研究, 1996(4): 72-76.

[31] 万岭布, 蔡运龙, 路云阁, 等. 喀斯特地区土壤侵蚀风险评价: 以贵州省关岭布依族苗族自治县为例[J]. 水土保持研究, 2003, 10(3): 148-153.

[32] 曹建华, 蒋忠诚, 杨德生, 等. 我国西南岩溶区土壤侵蚀强度分级标准研究[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(6): 1-7.

[33] ZHANG X B, BAI X Y, HE X B. Soil creeping in the weathering crust of carbonate rocks and underground soil losses in the karst mountain areas of southwest China[J]. Carbonates & evaporites, 2011, 26(2): 149-153.

[34] YANG P, TANG Y Q, ZHOU N Q, et al. Characteristics of red clay creep in karst caves and loss leakage of soil in the karst rocky desertification area of Puding County, Guizhou, China[J]. Environmental earth sciences, 2011, 63(3): 543-549.

[35] 李晋, 熊康宁, 王仙攀. 喀斯特地区小流域地下水土流失观测研究[J]. 中国水土保持, 2012(6): 38-40.

[36] 曹建华, 鲁胜力, 杨德生, 等. 西南岩溶区水土流失过程及防治对策[J]. 中国水土保持科学, 2011, 9(2): 52-56.

[37] 罗为群, 张耀旭, 蒋忠诚, 等. 岩溶峰丛洼地不同环境水土流失差异及防治研究: 以广西果化岩溶生态研究基地为例[J]. 地球学报, 2014(4): 473-480.

[38] 罗为群, 蒋忠诚, 欧阳然, 等. 典型岩溶峰丛洼地水土保持技术研究[J]. 中国水土保持, 2013(1): 37-41.

[39] 王宇, 张贵. 滇东岩溶山地区石漠化特征及成因[J]. 地球科学进展, 2003, 18(6): 933-938.

[40] 王连庆, 乔子江, 郑达兴. 渝东南岩溶山地区石漠化遥感调查及发展趋势分析[J]. 地质力学学报, 2003, 9(1): 78-84.

[41] 蒋忠诚. 广西岩溶山区石漠化及其综合治理研究[M]. 北京: 科学出版社, 2011.

[42] 张信宝, 王世杰, 贺秀斌, 等. 西南岩溶山地坡地石漠化分类刍议[J]. 地球与环境, 2007, 35(2): 188-192.

[43] 岳坤前, 顾再柯, 李瑞. 喀斯特石漠化地区地下水土流失研究进展与展望[J]. 中国水土保持, 2015(5): 58-61.

(上接第 31 页)

著, 与高代自交系(F_7)间差异极显著。种子的发芽指数和活力指数存在比较明显的自交退化现象。

表 2 不同自交代数种子的发芽指数和简易活力指数

Table 2 Seeds germination index and simple vigor index of different generations of selfing

自交代数 Generations of selfing	发芽指数 Germination index	简易活力指数I Simple vigor index I	简易活力指数II Simple vigor index II
F_2	10.19 aA	3.87 aA	0.37 aA
F_3	9.01 bB	3.82 aA	0.39 aA
F_4	8.82 bB	3.53 aA	0.33 aA
高代自交系 F_7 High generation inbred lines	7.70 cC	2.33 bB	0.24 bB

注: 同列数据后小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$), 同列数据后大写字母不同表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference ($P < 0.05$), different capital letters stand for extremely significant difference ($P < 0.01$).

2.2 不同自交代数对花粉质量的影响 不同自交代数花粉生活力无显著差异, F_2 、 F_3 、 F_4 代间花粉重量无明显差异, 但与高代自交系(F_7)间差异极显著。随着自交代数的不断增加, 花粉重量逐代降低, 退化明显, 而花粉生活力无明显退化现象(表 3)。

表 3 不同自交代数的花粉生活力和花粉重量

Table 3 Pollen viability and pollen weight of different generations of selfing

自交代数 Generations of selfing	花粉生活力 Pollen viability %	花粉重量 Pollen weight g
F_2	94.13 aA	0.146 aA
F_3	94.27 aA	0.139 aA
F_4	91.51 aA	0.136 aA
高代自交系 F_7 High generation inbred lines	90.04 aA	0.087 bB

注: 同列数据后小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$), 同列数据后大写字母不同表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference ($P < 0.05$), different capital letters stand for extremely significant difference ($P < 0.01$).

3 小结与讨论

(1) 对不同自交代数西葫芦种子的发芽率、发芽势、发芽

指数、活力指数等指标进行研究, 结果表明随着自交代数的不断增加, 其各项指标均呈下降趋势。高代自交系(F_7)发芽势有明显退化现象, 发芽指数和活力指数存在比较明显的自交退化现象。

(2) 对不同自交代数西葫芦花粉质量的研究表明, F_2 、 F_3 、 F_4 代间花粉生活力和花粉重量均无显著差异, 未表现出退化现象; 与高代自交系(F_7)相比花粉生活力无明显差异, 在花粉重量上差异极显著。高代自交系花粉生活力退化不明显, 但花粉量变少, 退化明显。

(3) 西葫芦多代自交无论是花粉重量, 还是种子质量均表现出退化现象。在亲本的繁殖过程中应尽可能减少繁殖次数, 可采用隔 2~3 年自交, 或系内姊妹交, 或一次繁殖多次用等方法减少自交次数, 减轻自交退化所造成的影响。

(4) 由于西葫芦种子质量和花粉质量受许多因素的影响, 与授粉时间、温度、天气状况等外界因素有关, 也受遗传因素影响^[8-10], F_2 、 F_3 、 F_4 代株系尚未纯合, 不能保证所取材料(种子和花粉)的遗传一致性。该试验是结合育种过程进行的, 提纯自交系的同时, 配置一些杂交组合, 为了保证自交系的纯度, 选用的是高代自交系(F_7), 在试验中没有 F_5 、 F_6 代, 试验仍需进一步完善。

参考文献

[1] 刘艳红, 李炳华, 陈军, 等. 秋季西葫芦优良品种及其高产栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2010, 8(2): 192, 198.

[2] 罗伯祥, 孙玉东, 朱明超, 等. 西葫芦育种现状与发展趋势[J]. 种子, 2006(4): 44-45.

[3] 马德伟. 西葫芦保护地栽培技术[M]. 北京: 金盾出版社, 1997.

[4] 王萍, 赵清岩. 南瓜的营养成分、药用价值及开发利用[J]. 长江蔬菜, 1998(7): 1-3.

[5] 殷玉华, 朱宗元, 朱岭. 防止结球甘蓝自交退化措施的探讨[J]. 浙江农业科学, 1995(5): 257-259.

[6] 冉茂林, 曾正明, 杨跃华, 等. 不同类型萝卜品种开花习性观察[J]. 中国农学通报, 2003, 119(6): 201-204.

[7] 李新彦, 马现斌. 浅析玉米自交系混杂退化的原因及提纯与繁殖措施[J]. 农业科技通讯, 2011(7): 105-107.

[8] 李计红, 雍山玉, 吴玉梅, 等. 甜瓜种子成熟度对种子活力和幼苗生长的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2006, 41(1): 39-42.

[9] 冯志红, 李晓丽, 宋晓飞, 等. 不同成熟度对西葫芦种子质量和子叶苗质量的影响[J]. 种子, 2010, 29(1): 88-89.

[10] 尹佳蕾, 赵惠恩. 花粉生活力影响因素及花粉贮藏概述[J]. 中国农学通报, 2005, 21(4): 110-113.