

熊康宁,丁 磊. 中国南方喀斯特地区节水灌溉研究进展与展望[J]. 江苏农业科学,2017,45(3):1-5.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.03.001

# 中国南方喀斯特地区节水灌溉研究进展与展望

熊康宁,丁 磊

(贵州师范大学中国南方喀斯特研究院/国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心,贵州贵阳 550001)

**摘要:**为了喀斯特地区农业的可持续发展,有效节约农业用水,关于该地区节水灌溉的研究逐渐兴起。系统回顾了从 20 世纪 90 年代至今我国喀斯特地区节水灌溉研究的进展。首先分析了已有研究文献的年度分布、内容分布和单位分布,并结合喀斯特领域、节水灌溉领域和喀斯特石漠化概念的发展背景,把节水灌溉研究分为探索阶段(20 世纪 90 年代)、起步阶段(2000—2005 年)和增长阶段(2006 年至今)3 个阶段;其次,根据研究框架从基础理论、技术措施、模式构建、试验示范、监测及评价 5 个方面进行了归纳与总结,分析了各分支领域的主要进展与标志性成果;最后对未来的节水灌溉研究进行展望,提出下阶段应重点研究的内容,加大推广节水灌溉技术,多学科综合研究仍是今后的趋势。

**关键词:**喀斯特地区;节水灌溉;研究阶段;研究展望

**中图分类号:** 文献标志码:A 文章编号:1002-1302(2017)03-0001-04

我国是一个水资源相对贫乏的国家,人均水资源占有量是全球最贫乏的国家之一。水资源短缺已成为制约我国农业发展的主要因素。喀斯特地区雨量月变率大,会出现干旱,要使农业获得高产,必须使用节水灌溉技术<sup>[1]</sup>。为了使中国南方喀斯特地区的老百姓脱贫致富,有效节约水资源,且不破坏周围生态,使中国南方喀斯特地区农业经济效益与生态效益得以兼顾,在农业可用水量逐渐减少而粮食需求量增加的客观现实之下,喀斯特地区进行农业节水灌溉研究逐渐兴起。自 20 世纪 90 年代在中国南方喀斯特地区节水灌溉以来,人们对节水灌溉和喀斯特两方面的单独研究较多,而将节水灌溉与喀斯特地区特征结合起来,针对喀斯特地区节水灌溉的研究还比较少。特殊的二元地貌结构是喀斯特地区与其他地区的区别,从节水到灌溉都要兼顾其生态、经济效益,具有经济效益,才能脱贫致富,具有生态效益,才能可持续发展。

## 1 文献获取与论证

本研究获取的文献是以 Science Direct、中国学术期刊全文数据库、维普中文期刊全文数据库、中国优秀硕士学位论文全文数据库和中国博士学位论文全文数据库等为平台,检索有关喀斯特地区节水灌溉的相关文献。在中国知网中通过检索项“主题或关键词”,以“喀斯特”、“岩溶”、“石漠化”等作为检索词分别进行第一次检索,在此结果中再以“水资源”“节水灌溉”“节水农业”作为检索词进行二次检索。检索时间范围为 1990—2014 年,去除重复的文献,检索文献资料类型为硕博论文、期刊、学术专著、标准、专利、重要报纸、重大科

技成果,得到关于中国南方喀斯特地区中药材标准化种植的相关文献共 123 篇,其中硕博论文 7 篇、期刊 87 篇、学术专著 0 部、相关标准 1 项、专利 5 项、重要报纸 8 篇、重大科技成果 3 项(图 1)。通过对检索结果的分析发现,水资源相关文献与喀斯特石漠化治理相关文献较多,但针对喀斯特地区节水灌溉的文献比较缺乏,近年来中国南方喀斯特地区节水灌溉的研究数量呈增长趋势。

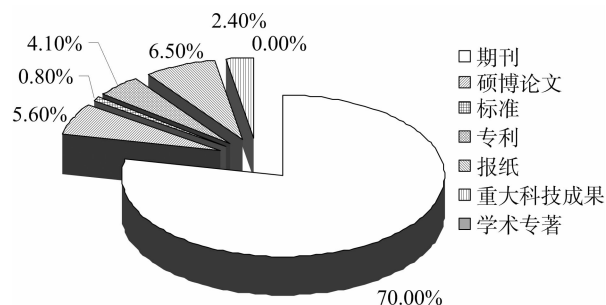


图1 研究文献资料类型

### 1.1 文献年度分布

从研究文献数量年度分布(图2)分析可知,1994 年就有文献发表,然后 1997—2014 年之间,每年均有文献发表,且在 2013 年达到峰值,即 18 篇,显示出中国南方喀斯特地区节水灌溉的研究已更加丰富,但研究内容还比较浅显,还有待进一步深入、提高。

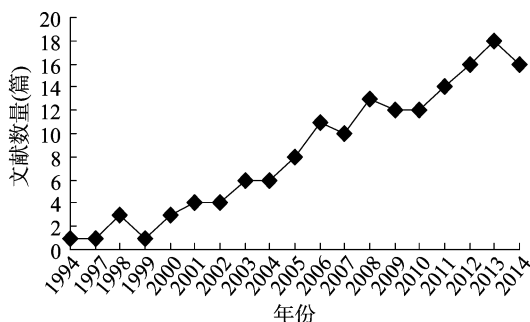


图2 研究文献年度分布

收稿日期:2015-12-09

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAC09B01);贵州省科技计划重大专项(编号:黔科合重大专项字[2004]6007号);贵州省科技计划(编号:黔科合SY字[2011]3087)。

作者简介:熊康宁(1958—),男,贵州威宁人,教授,博士生导师,主要从事喀斯特与洞穴、资源与环境及石漠化生态治理等方面的研究。

E-mail:xiangknn@163.com。

1.2 文献内容分布

将 123 篇文献资料的研究内容分为基础理论研究、技术应用研究、监测评价、治理措施、其他共 5 类(图 3)。分析发现,目前相关研究文献的研究内容以理论研究最多,有 43 篇,约占全部文献的 35%,而技术应用、监测评价、治理措施这三类研究文献分别只占文献总数的 22%、17%、13%。

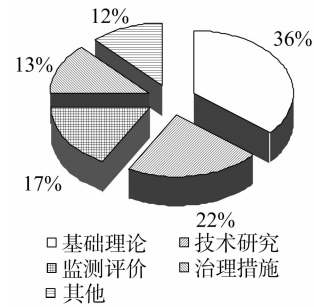


图3 研究文献研究内容分布

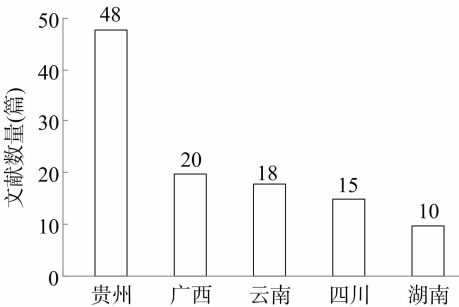


图4 文献研究区域分布

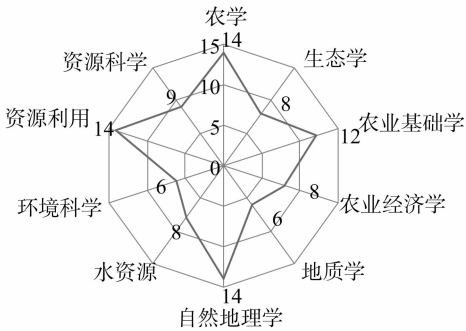


图5 研究文献学科专业分布

1.3 文献单位分布

文献资料发表单位分别来自贵州省山地研究所(4 篇)、贵州省农业科学院(4 篇)、贵州大学(5 篇)和贵州省水利厅(8 篇)等(图 6)。从以上文献信息可知,现在喀斯特地区节水灌溉是地理学、农学、环境学等学科领域的研究热点,中国南方喀斯特地区节水灌溉的研究单位主要是以西南喀斯特地区水利研究高校和科研机构为主。

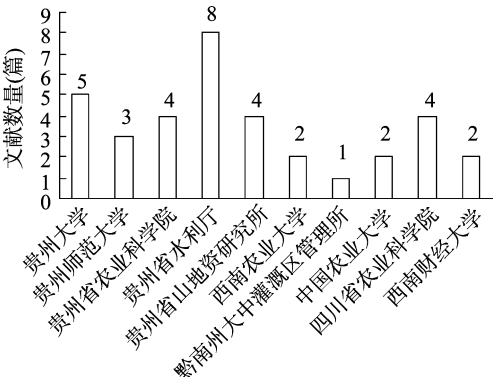


图6 研究文献单位分布

1.4 阶段划分

中国南方喀斯特地区节水灌溉研究始于 20 世纪末期,至今相关研究还比较缺乏,该地区节水灌溉技术的研究仍处于初级阶段。根据目前中国南方喀斯特地区节水灌溉研究状

况,将中国南方喀斯特地区节水灌溉研究划分为 3 个阶段,即 20 世纪 90 年代为探索阶段、2000—2005 年为起步阶段、2006 年至今为增长阶段(表 1)。

2 国内外目前已经取得的主要进展与标志性成果

贵州省水利科学研究院(所)在 1995 年着手对水稻田节水灌溉制度进行研究,于 1997 年在全国已推广的“科灌”“控制灌溉”“间歇灌溉”的基础上提出了适宜贵州省的“科蓄灌溉”等节水灌溉技术。“科灌”是指采用“浅、薄、湿、晒”的水稻灌溉方式,目前全国推广面积最大<sup>[2]</sup>。王晓玲等在对 2000—2001 年中央安排的节水灌溉示范工程管理模式调查研究的基础上,总结了我国节水灌溉工程的 6 种主要管理模式,即以基层水管站为依托的乡镇政府或村委会管理模式、用水户参与管理模式、租赁或承包模式、灌溉服务公司模式、股份合作制管理模式和公司加农户管理模式,认为充分发挥节水灌溉工程及小型农田水利工程的作用和效益,亟需研究和建立与市场经济管理体制和以农户经营为主体的农业生产方式相适应的、具有中国特色的工程管理体制和运行机制<sup>[3]</sup>。另外在节水灌溉制度、土壤墒情监测与灌溉预报技术、灌区配水技术、现代化灌溉管理技术方面,很多学者也进行了较深入的研究。

以下从理论研究、技术研发、试验示范、模式构建、效益监测评价 5 个方面来阐述中国南方喀斯特地区节水灌溉的研究进展与标志性成果。

表 1 中国南方喀斯特地区节水灌溉发展阶段及特征

研究阶段	主要特征	发展背景
探索阶段 (20 世纪 90 年代)	相关研究文献极少,仅有 6 篇文献是关于喀斯特地区节水灌溉	从改革开放以来贵州省发展较快,水的供需矛盾突出,农村缺水尤为严重,旱地和土变田基本无灌溉设施,全省农村还有 452 万人饮水困难
起步阶段 (2000—2005 年)	除少数几年有间断外,每年有少量几篇文献发表;文献研究内容以案例分析为主,理论研究类相对较少	由于对喀斯特表层水(地下水)深入研究,指导了通过开发利用表层水,用水池、水窖蓄水解决人畜饮水和节水农业灌溉的问题
增长阶段 (2006 年至今)	2006 年之后,中国南方喀斯特地区节水灌溉研究呈现快速增长趋势,每年发表的研究文献都在 10 篇以上;内容涉及喀斯特地区节水灌溉的基础理论、技术研发、试验示范、模式构建、监测评价等,内容逐渐丰富	具有较高经济效益的先进灌溉技术理念逐渐得到重视利用,喀斯特地区节水灌溉技术逐渐成为农业灌溉领域的重点研究对象

## 2.1 理论研究

2.1.1 节水效益分析 经节水灌溉后,农田灌溉节余大量水量可优先用于城市供水,它能用于生活、满足工业城镇生产的需求及改善农村生活环境,提高水的利用价值。还可以扩大灌溉面积,尤其是土变田的潜在扩大,还将进一步提高灌溉作物单产和总产量,增加农民收入,改善农民生活,加深农民对土地的感情,解决农村 452 万人的饮水困难,改善农村生活条件<sup>[4]</sup>。其中吴士章等以稻田灌溉节水技术为例,以单位面积计算,采用控制灌溉节水技术,在相同的农业措施条件下,可节水 3 300 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,节电抽水 1 133 kW·h/hm<sup>2</sup>,增加稻产量 594 kg/hm<sup>2</sup>,直接经济效益增加 150 元/hm<sup>2</sup>,间接经济效益可达 300 元/hm<sup>2</sup><sup>[5]</sup>。因此,采用水稻控制定额灌溉技术,适应于贵州喀斯特地区发展节水型农业的生产实际,能充分合理地水资源持续利用,是稳定和发展水稻生产的重要技术措施,该项成果是对黔中喀斯特地区而得之,可以推广应用到黔南、黔东南、黔北等地区的稻田种植。在贵州省的半干旱半湿润地区和喀斯特干旱地区有着广泛的应用前景。

2.1.2 喀斯特地区工程型缺水的原因 喀斯特峡谷区特殊的岩性与复杂的地质构造及强烈的水动力条件,导致地貌纵向发育强烈,地域景观垂直分异明显,地形绵延起伏,由于地势落差大,土少地薄且保水能力差<sup>[6]</sup>。目前,学术界针对喀斯特石漠化进行了大量研究并已取得了一系列成果,为石漠化地区生态环境治理提供了强有力的理论支持和实践经验。但喀斯特石漠化地区工程性缺水比较严重、水资源利用与调配方式不尽合理、水资源管理混乱以及社区参与性不强等,不仅不能满足人畜饮水需求,而且在一定程度上制约着石漠化综合整治工程的实施与社区经济发展<sup>[7]</sup>。贺卫等认为喀斯特地区由于主要靠降水补给,时空分布的不均匀性明显,以及调节水利工程不足,在喀斯特地区内泉点利用程度较低<sup>[8]</sup>。据对喀斯特峡谷内已发现的 41 个泉点调查,枯季泉水的涌水量达 622 m<sup>3</sup>/d,即人均 91 L/d。假如进行充分开发利用,完全可满足峡谷区的人畜和部分灌溉用水要求。由于蓄水工程不足,调蓄有限,目前利用的泉水低于人均 30 L/d。若按有关部门规定的人均需水 50 L/d 的标准计算,工程性缺水程度达 40% 以上。

由于石漠化问题的复杂性,喀斯特地区工程型缺水影响因素比较多也比较复杂,加之水利灌溉工程利用率不高,工程建设和经营费用高昂,效益低下,自然因素和人为因素叠加是造成喀斯特地区工程型缺水的原因。

## 2.2 技术研发

由于过去很长时间缺少资金支撑及关注度不高,喀斯特地区节水灌溉研究技术较其他地区落后,自 21 世纪以来,很多新技术、新方法开始用于该地区的节水灌溉研究。目前,集雨开源技术、蓄水池配机械喷灌技术、滴灌技术在喀斯特地区节水灌溉研究中运用得较多,但室内模拟等其他技术的应用还很少。

水稻控制灌溉技术节水、节能、省工、节省水电费效果显著,同时还有效地提高了降水的有效利用率<sup>[4]</sup>。坡面集雨工程布设岸坡式蓄水池投资少、质量有保证,在喀斯特地区发展前景较大<sup>[9]</sup>。与其他输水设施相比,管道输水节水节能且输水效率高。自压微喷灌系统组合性强,适宜在喀斯特山区推广应用<sup>[10]</sup>,雨养与浇灌相结合的方式是贵州农村山区青菜种

植的最佳节水模式<sup>[11]</sup>。

同时,贵州由于特殊的地理及气候条件,水资源的利用率相对较低,要发展节水农业,首先要解决蓄水问题。长期以来,贵州灌区渠道修建基本上以国家投资为主,辅以群众自筹资金,存在部分工程配套差、质量也难以保证和重建轻管现象,导致渠系水利用率较低。相当部分的现有农田水利设施建成年限较早,工程设计标准偏低,配套工程不完善,病险工程多,长期运行而又缺少资金更新改造,蓄水能力下降,灌溉能力低,不能充分发挥效益。因此,应加强农田水利建设,提高水资源的利用水平,特别是加强对现有水利工程的续建、维修、配套和管理,以使其发挥防旱减灾的作用。另外,还可通过修建山塘、水库、小水窖、拦山沟,筑高田坎集雨等措施。根据贵州的实际情况,突出农民在节水农业中的主体地位,在条件许可的区域使用低压管道输水技术,试用、试验、示范、推广灌溉新技术来达到提高蓄水能力和充分发挥灌溉效益的目的。近几年,重点在大中城市郊区的农业科技园区、蔬果花卉生产基地,引进示范推广以色列的节水灌溉技术<sup>[12]</sup>。

## 2.3 模式构建

西南地区降雨虽然充沛,但时空分布不均,坡耕地的比重和土壤保蓄水分的能力较低等不利因素,一方面造成严重的水土流失,另一方面表现为频繁的季节性干旱,致使该区农业的稳定性极差。因此,该区节水农业应以坡耕地为重点,以种植业结构调整为核心,开源和节流并重,结合工程技术、生物技术、农耕技术等三大措施,抓好水源—输水—灌水—保水等四大环节,达到两减两增的目的,即减少降雨径流损失和蒸发损失,增加灌水的利用率和土地的产出率<sup>[13]</sup>。集水型—节水型相统一的生态混农林业发展模式适用于贵州省麻山腹地和花江干热峡谷区。它以建设良性循环的混农林业经济系统为中心,充分利用人工集水面(房顶、公路、集雨场等)或天然集水面(地表径流汇集区、落水洞等),将大气降水所形成的径流储存在一定的储水设施(水池、水窖)中,供旱季进行有限补灌。花江等地采用该种模式,不仅解决了人畜饮水问题,而且通过花椒、砂仁、桃、李、柑橘、玉米、猪牛等所构成的节水型混农林业的发展,获得了较好的生态、经济和社会效益,总体上实现了脱贫致富<sup>[14]</sup>。在喀斯特脆弱生态区,应根据喀斯特地表结构和水文地质条件,以及湿润气候背景下的临时性干旱—喀斯特干旱等特点,建立一套适宜于喀斯特地区推广应用的节水型混农林业综合技术系统<sup>[15]</sup>。图 7 为西南节水农业技术模式。

## 2.4 试验示范

灌溉区内节水灌溉面积为 335.3 hm<sup>2</sup>,种植作物为火龙果。灌溉区内主要经济作物按照“部门领办+公司+大户协作+农户”的发展模式,由该县果茶办、果蔬办牵头先开发出标准示范园,抓出标准、做出示范,贵州省罗甸县政府、水利部门和笔者所在单位经过多方面、全方位分析论证,选定建设节水灌溉增效项目工程,并根据“优先实施已挂果基地、再实施已种植未挂果区域、最后实施规划将来种植的区域”的原则,以彻底解决标准示范园水利设施及灌溉用水问题。贵州省罗甸县规模化节水灌溉增效示范项目 2013 年计划实施的灌溉面积,根据项目区地理位置,将节水灌溉示范区划分为 6 个地块,依据项目区地形、地块及水源条件,结合项目种植作物的

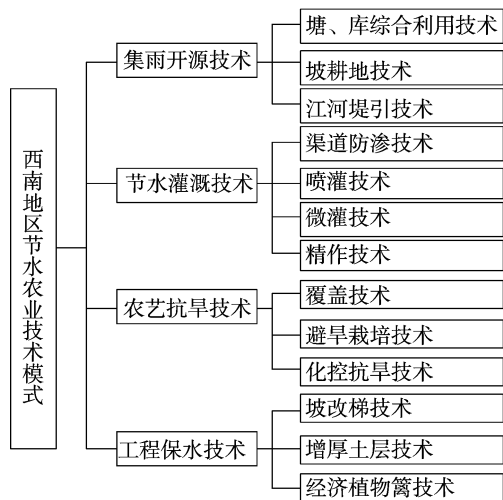


图7 西南地区节水农业技术模式

生长特性,拟采用提水和通过自流解决 335.3 hm<sup>2</sup> 灌溉用水问题,其中,管灌溉面积 255.3 hm<sup>2</sup>,滴灌溉面积 50 hm<sup>2</sup>,雨水集蓄面积 30 hm<sup>2</sup><sup>[16]</sup>。在进行试验研究和示范的同时,采用行政部门、科研单位和农村科技力量 and 试验户 4 组合的技术路线,采用试验小区 27 块(面积 0.081 hm<sup>2</sup>)、示范面积 4.13 hm<sup>2</sup>、扩大示范区 15 hm<sup>2</sup>、推广应用区 35 hm<sup>2</sup> 4 个层次相结合的推广方式。3 年累计推广示范面积 166.7 hm<sup>2</sup> 以上,粮食产量提高 10%,幅射带动面积累计 666.7 hm<sup>2</sup> 以上,产量提高 9.7% 左右。在今后推广应用过程中正常水文年(年降水量 1 129 mm)加强田间配套和技术管理,以点面相结合的方式,这项控制灌溉技术可广泛应用<sup>[5]</sup>。

### 2.5 监测评价

随着节水灌溉研究的发展,节水效应评价研究也日益增多,从单一工程单项效益评价<sup>[17]</sup>,提出在以灌水均匀度和灌溉效率作为评价改进地面灌溉的评价指标的基础上,强调指出灌水均匀度主要和入畦单宽流量、畦长、曼宁系数、畦田微地形条件、土壤入渗参数、畦田横断面参数以及灌溉供水时间有关,而灌溉效率除了和上述因素有关外,还和灌溉时土壤水分亏缺值有关,到灌排工程项目环境影响评价指标体系及其模型,评价方法也逐渐丰富,如:判别法、网络法、国外的矩阵法、概率评分法以及智能性评价方法等。发展到工程综合效益评价<sup>[18]</sup>;初期的评价指标主要有:灌水均匀度、灌溉效率、田间灌溉水储存率、节水增产率、节水率。之后,开始应用加权综合评价模型和 BP 人工神经网络模型、灰色系统理论等综合效益评价方法。综合评价方法不单是 1 种方法,而是综合应用各种方法,如综合运用软件系统方法、综合集成法、定性中的广义归纳法和系统工程的知识确定指标体系,用特尔非法、专家估测法、层次分析法、KJ 法、落影函数法、灰色系统对定性指标的量化,评价结果为充分考虑多效益综合量值,各部分效益也不再被孤立测算<sup>[19]</sup>。水核算结果提供了有用的信息,水资源的利益相关者和决策者,可以更好地了解目前水的使用状况,并据此制定行动方案,再综合进行水资源管理系统的改进<sup>[20]</sup>。

### 3 国内外目前仍然需要解决的关键科技问题与展望

喀斯特山区具有环境的人口容量小、适生树种少、群落结

构简单、生物量低、生态环境敏感度高、易遭破坏而难以恢复、承载能力弱、旱涝灾害频繁等特点<sup>[21-22]</sup>。喀斯特地区节水灌溉研究随着我国南方喀斯特地区严重的石漠化问题备受关注而成为研究热点,在近 10 年的高速发展期内取得大量成果,纠正了一些误区,取得了足够重视。但由于起步晚和石漠化问题本身的复杂性,现阶段喀斯特地区节水灌溉研究仍存在许多亟待完善的地方。虽然研究文献的数量在快速增长,但研究深度仍不足,在技术应用、治理措施、监测评价研究中都表现得很明显,即在沿用其他地区的研究手段与方法时,对喀斯特环境的特殊性考虑不足,有喀斯特特色的成果不多。(1)推动喀斯特石漠化地区节水灌溉评价理论体系的建立。节水灌溉不仅需要有效节约水资源,还要求提高灌溉作物的产量。喀斯特地区水资源短缺,节水灌溉技术理论匮乏,仍处于传统灌溉技术发展阶段。目前国内外主要运行的节水灌溉评价体系都存在缺陷,仍没有专门针对喀斯特石漠化地区的节水灌溉评价理论,通过节水灌溉把农业经济发展和治理石漠化结合起来,解决石漠化地区的生态问题、经济问题和社会问题。(2)不同喀斯特生境节水灌溉技术研究。节水灌溉技术是在中国南方喀斯特地区提高单位面积农作物生产效益以及节约水资源的关键,现在已初步形成了一些给农作物增加产量和节水的灌溉技术,但针对中国南方喀斯特地区不同地貌类型、不同气候特征、不同等级喀斯特石漠化地区的灌溉技术比较缺乏,在以后灌溉技术的研究中需要更加关注中国南方喀斯特地区地貌、气候、石漠化等级等特征,将节水灌溉技术与中国南方喀斯特地区不同地貌类型、不同气候特征、不同等级喀斯特石漠化等实际情况相联系来研究,使灌溉技术更加适用于中国南方喀斯特地区。例如火龙果已成为花江峡谷重要生态产业,保障火龙果高产、稳产关键是灌溉,而对于花江峡谷这种典型石漠化缺水地区,采取合适的节水灌溉方式即是值得研究的课题。(3)不同等级石漠化综合治理与石漠化地区耦合模式与技术研究。在喀斯特地区不合理的灌溉措施不仅不能提高农作物的产量,甚至浪费本来就短缺的水资源,目前,在石漠化地区选择合适的节水灌溉措施能够带来的效益已逐渐被人所熟知,但仍然需要加强不同等级喀斯特石漠化综合治理与喀斯特石漠化地区节水灌溉的研究,构建节水灌溉与喀斯特石漠化治理耦合模式与技术集成体系。(4)推动新节水灌溉技术在其他喀斯特石漠化地区运用。新节水灌溉技术必须通过示范作用才能得到广泛认可,根据贵州喀斯特地区的实际情况,突出农民在节水农业中的主体地位,在条件许可的区域使用低压管道输水技术,试用、试验、示范、推广灌溉新技术来达到提高蓄水能力和充分发挥灌溉效益的目的,而受当地农业的发展限制,所以在喀斯特石漠化地区推出一种新的节水灌溉模式具有必要性和迫切性。

### 参考文献:

- [1] 张 龙,张 艳. 贵州省农田灌溉现状及发展研究[J]. 贵州农业科学,2003,31(5):82-83.
- [2] 冯发龙,陈世文. 贵州节水灌溉技术探讨[J]. 贵州农业科学,2008,36(4):64-66.
- [3] 王晓玲,刘丽艳. 节水灌溉工程管理模式与实践与探讨[J]. 节水灌溉,2003(6):20-21.

郑棚峻,张宇,张松柏,等.葫芦科作物重要种传病毒研究进展[J].江苏农业科学,2017,45(3):5-9.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.03.002

# 葫芦科作物重要种传病毒研究进展

郑棚峻<sup>1,2</sup>,张宇<sup>2</sup>,张松柏<sup>2</sup>,刘勇<sup>2</sup>,张德咏<sup>1,2</sup>

(1.湖南农业大学植物保护学院,湖南长沙 410128; 2.湖南省植物保护研究所,湖南长沙 410125)

**摘要:**葫芦科(Cucurbitaceae)作物是全世界重要的经济作物,在我国各地区广泛种植,而病毒病尤其是种传病毒病是造成葫芦科作物减产的重要原因之一。为此,本文就常见的葫芦科病毒病、主要种传病毒病及其种传率、种传机制、带毒种子处理方法等进行综述,为葫芦科种传病毒防治提供相关基础知识和依据。

**关键词:**葫芦科作物;种传病毒;带毒率;传毒率;种传机制;防治方法

**中图分类号:** S432 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)03-0005-05

葫芦科(Cucurbitaceae)作为植物界中较为重要的一个科,共包含 118 属 800 多种作物,广泛种植于世界各亚热带、热带和温带地区,也是我国非常重要的经济作物。常见的葫芦科作物包括黄瓜(*Cucumis sativus*)、南瓜(*Cucurbita moschata*)、冬瓜(*Benincasa hispida*)、苦瓜(*Momordica charantia*)、甜瓜(*Cucumis melo*)、西葫芦(*Cucurbita pepo*)、西瓜(*Citrullus vulgaris*)、丝瓜(*Luffa cylindrica*)等。病毒病的发生往往是影响葫芦科作物产量和质量的重要原因,常造成严重的经济损失。通常,带毒种子是种传病毒病的初侵染源。当存在机械接触或有效昆虫等介体的情况下,可导致带毒种子在区域内

大面积水平传播;而当病毒通过带毒种子的调运进行远距离传播时,则会导致病毒病流行性和危害性上升。所以阻断病毒的种子传播途径具有非常重要的经济意义。

葫芦科种传病毒病是生产上的重要问题,种传病毒也是国内外病毒研究学者关注的重点问题。为此,本文就葫芦科作物上常见的病毒病及其症状、主要种传病毒种类、种传机制及种子防治方法等进行综述。

## 1 葫芦科常见病毒病种类及症状特点

### 1.1 葫芦科作物常见病毒病种类

据相关文献记载,被国内外报道的侵染葫芦科作物的病毒种类有 86 种,其中暂定种有 17 种,类病毒有 1 种,共涉及到 15 个科、24 个属。其中报道种类最多的属是菜豆金色花叶病毒属(*Begomovirus*),能够侵染葫芦科作物的病毒达 20 种,包括苦瓜黄脉病毒(bitter gourd yellow vein virus, BGYYV)、丝瓜黄花叶病毒(*Luffa* yellow mosaic virus,

南农业学报,2001,14(增刊1):108-112.

[14]梅再美.贵州喀斯特脆弱生态区退耕还林还草与节水型混农林业发展的途径探讨[J].中国岩溶,2003,22(4):293-298.

[15]武继承,游保全,汪立刚.我国高效节水型可持续农业发展模式选择[J].中国人口·资源与环境,2001,11(2):69-72.

[16]田驰.罗甸县节水灌溉示范项目滴灌典型工程设计[J].黑龙江水利科技,2013,41(12):135-138.

[17]钱璧璜,李益农.地面灌水技术的评价与节水潜力[J].灌溉排水,1999,18(增刊1):100-105.

[18]黄修桥,李英能,顾宇平,等.节水灌溉技术体系与发展对策研究[J].农业工程学报,1999,15(1):118-123.

[19]刘兴华.节水灌溉效益评价研究进展[J].中国科技信息,2006(12):99-101.

[20]Sakthivadivel M R. Water accounting to assess use and productivity of water[J]. Water Resources Development,1999,15(1/2):55-71.

[21]熊康宁,盈斌,罗娅,等.喀斯特石漠化演变趋势与综合治理——以贵州省为例[J].世界林业研究,2009,22(增刊1):18-23.

[22]苏维词,周济作.贵州喀斯特山地的“石漠化”及防治对策[J].长江流域资源与环境,1995,4(2):177-182.

收稿日期:2016-11-04

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201303028)。

作者简介:郑棚峻(1991—),男,湖南麻阳人,硕士研究生,主要从事微生物与植物保护研究。E-mail:313639574@qq.com。

通信作者:张德咏,博士,研究员,主要从事植物病理学研究。E-mail:dzyzhang73@hotmail.com。

[4]吴士章,朱文孝,苏维词,等.贵州水资源状况及节水灌溉措施[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2005,23(3):24-27.

[5]吴士章,蒋太明,肖厚军.黔中地区水稻控制性节水灌溉技术[J].贵州农业科学,2004,32(1):53-54.

[6]黄秋昊,蔡运龙,王秀春.我国西南部喀斯特地区石漠化研究进展[J].自然灾害学报,2007,16(2):106-111.

[7]肖时珍,熊康宁,廖炳恒,等.喀斯特地区石漠化综合治理蓄水工程布设研究[J].安徽农业科学,2011,39(3):1822-1826.

[8]贺卫,李坡.喀斯特峡谷区工程性缺水原因及解决途径——以贵州省花江峡谷示范区为例[J].资源开发与市场,2010,26(2):129-131,134.

[9]董保军,闫连喜,刘铁山.岸坡式蓄水池在山区集雨工程中的应用[J].河南水利,2004(4):94.

[10]李云伍.重庆市丘陵山区雨水集蓄与节水灌溉技术研究[D].重庆:西南大学,2000.

[11]吴士章,蒋太明,肖厚军,等.贵州岩溶山区旱地灌溉方式研究[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2003,21(1):64-47.

[12]聂克艳,杨林,杨晓容,等.以色列节水技术在贵州节水农业上的应用探讨[J].贵州农业科学,2007,35(5):167-169.

[13]朱钟麟,赵燮京.西南地区节水农业的特点和技术模式[J].西