

# 中国耕地质量评价和监测研究进展与展望

李河 (陕西省土地工程建设集团有限责任公司渭北分公司, 陕西西安 710075)

**摘要** 采用文献综合法和总结归纳法对相关文献进行梳理, 总结近年来耕地质量评价和监测取得的成果, 尤其是监测点布设和质量评价方法方面的成果。耕地质量评价的时间尺度、空间尺度和耕地质量监测的空间尺度研究不足; 监测和评价指标体系还不完善; 耕地质量保护研究缺乏提升机制研究。未来研究应以耕地质量的全方位监测、多功能评价和质量保护提升机制等为重点; 以耕地质量管理与保护为目的, 对耕地质量评价与监测研究的内在联系进行综合研究; 加强 GIS 技术与 RS 技术在耕地质量研究中的应用, 并促进各学科与耕地质量监测评价研究的相互融合, 以耕地质量评价和监测的研究成果为耕地质量保护提供决策依据。

**关键词** 耕地质量; 评价; 监测; 中国

中图分类号 F301 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)35-0014-03

## Advance and Prospects on Cultivated Land Quality Evaluation and Monitoring in China

LI He (Weibei Branch of Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group, Xi'an, Shaanxi 710075)

**Abstract** Interactive literatures were teased using literature synthesis method and induction approach. In recent years, the research of cultivated land quality assessment and monitoring have achieved some results, especially in the monitoring point arrangement and the methods of quality evaluation. But research was still lack in the spatial scale and time scale of the cultivated land quality evaluation and spatial scale of cultivated land quality monitoring. The monitoring and evaluation index system and standards at present was not perfect; the improvement mechanism research of cultivated land quality protection was on the lack. The future research should focus on the omni-directional monitoring of cultivated land quality, multi-function evaluation and the upgrading mechanism of protection behavior. The index system of cultivated land quality evaluation should make the multifunctional evaluation more convenient and accurate. The internal connection between cultivated land quality monitoring and evaluation was comprehensive studied to manage and protect cultivated land. Strengthen the application of GIS technology and RS technology in the study of cultivated land quality, and promote the integration of various discipline in the cultivated land quality monitoring and evaluation research. The research results of cultivated land quality monitoring and evaluation can provide a basis for decision of cultivated land quality protection and management.

**Key words** Quality of cultivated lands; Assessment; Monitoring; China

耕地质量是耕地自然环境、经济状况和利用程度的综合体现, 主要表现为耕地农产品质与量的可持续产出能力。随着城镇化和工业化的发展, 耕地占优补劣、污染以及不合理利用现象日益突出, 导致耕地质量严重退化<sup>[1]</sup>, 该问题在中国尤为严重。耕地质量的低下和退化造成耕地产出能力的降低和食品质量安全问题, 已严重阻碍社会经济的可持续发展, 耕地质量的保护迫在眉睫。在此背景下, 中国实行了最为严格的耕地保护制度, 并对耕地质量的退化进行积极的防治。耕地质量的科学评价是实现耕地质量保护的重要依据, 耕地质量监测为耕地质量管理提供连续可靠的数据, 因此, 通过对相关文献的归纳分析, 阐述耕地质量评价监测的研究动态, 提出未来的研究方向和重点, 以期促进耕地质量保护与管理工作。

## 1 耕地质量的内涵

耕地质量研究应当建立在对耕地质量概念充分认识的基础上, 概念和内涵的理解有助于研究者从耕地质量新的角度和方向进行探索, 尤其对耕地质量评价、监测指标体系的建立具有重要指导作用。耕地质量的内涵可分为耕地质量的多效益内涵和多属性内涵 2 个方面。

**1.1 耕地质量多效益内涵** 随着研究的不断深入, 耕地质量不再是经济效益的单一概念, 而是耕地经济效益、生态效益和社会效益等多效益的综合内涵。①耕地的经济效益。耕地是人类赖以生存的基础, 是不可替代的重要资源<sup>[2]</sup>。在

生产资料投入和人工管理下便能产生经济效益, 经济效益的大小则取决于耕地质量、粮食单产和总产<sup>[3]</sup>。②耕地的生态效益。耕地生态系统是地球生态系统中的重要部分, 耕地的质量和耕地生态具有重要联系, 耕地质量的提升有助于耕地调节微气候、涵养水源、处理废物和保护生物多样性等生态服务功能的发挥<sup>[4]</sup>。③耕地的社会效益。中国农村劳动力数量庞大, 耕地对农村劳动力人口具有一定的社会保障功能, 耕地的粮食综合生产能力又保障了国家粮食安全, 促进了社会的稳定和发展<sup>[5]</sup>。耕地质量保护产生的生态效益和社会效益具有明显的正外部性特征, 但耕地质量保护的主体——农户却并未得到合理补偿, 在一定程度上造成农户耕地保护的积极性受挫, 耕地退化日趋严重。

**1.2 耕地质量的多属性内涵** 虽然不同学者从不同角度阐述了耕地质量的不同属性, 但可归结为 4 类: ①自然属性, 主要由耕地的自然环境决定, 是耕地的土壤肥力、气候、坡度、坡向等诸多因素的综合表现<sup>[6]</sup>。近年来, 随着耕地污染的不断加剧, 学者们也将重金属污染、农药污染<sup>[7]</sup>等考虑到耕地质量自然属性范围内。②经济属性, 主要包括耕地的位置、耕地投入产出等因素, 耕地质量表现为耕地环境状况的优劣和产出能力的高低, 可分为耕地本底质量、健康质量和经济质量<sup>[8]</sup>, 其耕地质量应当以自然因素为基础, 并充分考虑区位条件、劳动投入和机械化程度等经济属性<sup>[9]</sup>。③管理属性, 耕地质量不仅包括耕地质量的自然和经济属性, 还包括耕地质量的管理属性<sup>[10]</sup>, 耕地质量管理主要有耕地的利用方式、劳动力投入和农业科技普及<sup>[11]</sup>等具体方面, 其对耕地质量同样具有影响作用。④生态属性, 耕地质量是耕地自然

**作者简介** 李河(1990—), 男, 河南南阳人, 硕士研究生, 研究方向: 土地经济与管理。

**收稿日期** 2018-10-22

因素、社会经济因素和生态因素的综合体<sup>[12]</sup>,耕地质量保护需要兼顾周围环境的生态多样性、病虫害及水资源等生态属性。

## 2 耕地质量的评价

耕地质量评价是耕地质量保护的重要内容,需综合考虑耕地的自然条件、经济条件和农户利用行为等因素,科学的评价是实现耕地质量差异化保护和管理的基礎。

**2.1 耕地质量评价的时间与空间尺度** 在时间尺度上,耕地质量评价研究可分为时间截面评价和时间序列评价研究。从时间截面的质量评价中虽然可以清楚地了解耕地质量的状态,但是却不能掌握耕地质量变化的趋势,也不能找出影响耕地质量变化的影响因素。基于土地整理和能值理论<sup>[13]</sup>的时间序列耕地质量评价<sup>[14]</sup>研究耕地质量的变化趋势,但关于整体评价研究较少,发展不足。随着耕地质量理论发展,GIS、RS 等技术的进步和数据库的积累,时间序列的耕地质量评价研究成为未来研究的重点。

在空间尺度上,按行政单元划分的耕地质量评价主要分为国家、省、市、县级研究尺度。不同的研究尺度为所对应的空间提供了决策依据,整体空间尺度上的耕地质量评价研究较多<sup>[15]</sup>,成为研究的主流趋势。但省级及以上研究尺度的耕地质量评价研究较少,其容易忽视地方质量的差异性,研究结果也被研究者怀疑。缺乏大尺度的耕地质量评价研究就无法掌握耕地质量的总体水平和趋势,因此要加强国家、省、市和县级研究尺度的并进。

**2.2 耕地质量评价的研究层面** 从研究层面上分类,耕地质量评价研究可分为宏观评价和微观评价。宏观评价主要从宏观上分析耕地质量的状况,微观研究则从农户微观角度研究农户的行为对耕地质量的影响,并以此进行微观上的耕地质量评价研究。

**2.2.1 宏观评价研究。**在研究方法上,宏观评价的研究方法主要有专家经验法、模糊数学法、层次分析法、灰色关联度、聚类分析模型和 NORM 等。BIO-NORM 法则基于耕地单产的方法,结合耕地的实际产出情况,评价结果显得较为科学合理<sup>[16]</sup>。目前,耕地质量评价主要以量化分析为主,评价方法也逐渐由简单向复杂的数学模型转变,研究结果更加准确客观。但是现有的方法在大尺度研究中容易忽视耕地质量的地方差异,研究结果脱离客观实际。随着 GIS 和 RS 技术的不断发展,其在耕地质量评价上得到广泛的应用。GIS、RS 和数学模型的综合运用<sup>[17]</sup>克服了传统耕地质量评价的局限性,为耕地质量的评价提供了一种简单、准确的方法。

评价指标体系上,根据不同的属性评价则耕地质量的评价指标体系不同。对耕地质量自然属性的评价主要包括耕地中土壤重金属污染程度评价<sup>[18]</sup>、土壤肥力的评价和土壤污染程度的质量评价<sup>[19]</sup>;对耕地质量自然和经济属性的综合评价研究,则需要自然属性指标的基础上加入道路通达度、灌溉保证率<sup>[20]</sup>、灌溉水源和排水条件<sup>[21]</sup>等经济指标;马立军等<sup>[22]</sup>对耕地质量的经济和生态安全进行评价,在经济属性指标的基础上加入单位面积化肥、农药使用量等生态安

全指标。在可持续发展的理念下,耕地质量应涉及自然、经济、社会和生态等诸多属性的指标,而这些指标的综合评价也成为耕地质量评价的主流趋势。

**2.2.2 微观评价研究。**微观评价研究认为现行的耕地质量评价普遍缺乏“耕地—农户”这一核心关系<sup>[23]</sup>,因为耕地质量不仅受到耕地自然属性的影响,还受农户行为(如投入水平、管理方式、种植模式等)的制约<sup>[24]</sup>。孔祥斌等<sup>[25]</sup>基于农户的耕地利用行为理论和“压力—状态—效应—响应”模型构建了耕地质量评价指标体系;李涛等<sup>[26]</sup>基于农户决策行为对耕地质量评价的指标体系和研究方法进行探讨和研究。基于农户行为的微观调查和宏观数据相结合的评价方法,不仅利用耕地自然、社会、经济属性,还结合农户的利用行为,为耕地质量评价提供一种新的思路,是未来耕地质量评价的新研究方向,但是目前关于此类研究较少,对评价指标和评价方法尚需进一步研究和探讨。

## 3 耕地质量的监测

耕地质量监测是掌握耕地质量变化状况的必要手段,能为耕地质量保护工作提供连续的数据,加强对耕地质量的实时管理,这对耕地质量保护反馈机制的建立具有重要意义。耕地质量的监测研究主要包括耕地质量监测点布设和监测指标体系的建立。

**3.1 耕地质量监测点的布设** 耕地质量监测点的合理布设是耕地质量科学监测的基础,从监测的研究尺度上讲,耕地质量监测研究主要分为国家级、省级和市县级。郭力娜等<sup>[27]</sup>基于农用地自然等别质量探讨冀、豫、鄂 3 省的耕地质量监测带的布设;孙亚彬等<sup>[28]</sup>基于潜力指数研究县域耕地质量监测样点布设;刘毅等<sup>[29]</sup>以西部生态脆弱区为研究对象,探讨耕地质量基准监测县和突变监测县的选取方法。目前,以市县级研究为主,而关于国家和省级监测的研究较少,未来研究应当加强省级和国家级尺度的研究,逐步建立国家、省级和市县级的分级布控体系。

目前,监测点的布设方法可大致分为 3 类。第一,网格布点法。其主要是应用 ArcGIS 软件在地图上绘制覆盖研究区域的方格网,并结合一定的数学模型进行网格布点。考虑到空间样点的相关性,大多数研究方法和地统计学相结合,如克里格法和 Kriging 插值法<sup>[30]</sup>,祝锦霞等<sup>[31]</sup>应用半方差函数分析耕地质量的变异情况,将变异函数的滞后距离作为网格布点的网格间距,以此为基础进行监测点的布设。第二,空间抽样法。空间抽样基于地理学第一定律的理论成果,以地理空间分布的区域为抽样对象。宋艳华等<sup>[32]</sup>依据耕地质量及其影响因素进行空间分层,在各控制区内采用空间随机法布设监测样点。杨建宇等<sup>[33]</sup>在分析影响耕地质量监测主要因素后,利用包含概率栅格的图层进行空间平衡法随机抽样。其他的抽样方式还有系统分层抽样、系统等距抽样、等别分层抽样、简单随机抽样、乡镇分层抽样和网格法抽样等<sup>[34]</sup>。第三,定性定量相结合。张玉臻等<sup>[35]</sup>运用地统计学方法确定监测样地数量,在此基础上为各监测区分配监测数目,按一定的原则人为选择监测样地。马建辉<sup>[36]</sup>运用数

学模型确定监测点的初步位置,根据耕地质量变化的影响因素和实际经验对监测点的位置进行调整。

监测点布设方法的研究充分考虑了样点空间的相关性,促进地理学、统计学等学科融合和GIS技术的应用,研究取得一定的成果,但是基于网格布点和空间抽样的方法完全依赖于数学模型还需人工优化。

**3.2 耕地质量的监测指标体系** 借鉴美国国家资源清单计划、加拿大土壤质量监测体系、欧盟土壤环境评价监测项目等监测体系<sup>[37]</sup>,学者们对耕地质量监测体系进行初步探索。耕地监测体系应当在耕地内涵与耕地质量属性等理论分析的基础上,充分利用耕地的自然因素、经济因素和生态因素等指标反映耕地质量状况。

耕地质量的同一属性具有多个不同的指标,相近的指标又具有一定的相关性,因此指标的选取要确保之间的独立性。王佳宁等<sup>[38]</sup>运用相关性分析法来确定监测指标体系,以达到节约成本和提高监测效率的目的;刘需珈等<sup>[39]</sup>运用因素整合分析法整合农用地分等与土地质量地球化学评估的数据指标建立监测指标体系。耕地质量监测体系的建立除了要满足耕地质量评价和耕地分等定级的需要,还要反映耕地的生态质量状况,关注人类环境安全与健康状况。

不同属性的指标监测周期不同,根据监测指标对耕地质量影响的时间长短划分具体指标的监测周期。自然因素中的指标一般对耕地质量影响缓慢,可将监测周期放宽到每5年1次,对社会经济因素和环境因素的指标则为每年1次<sup>[40]</sup>,另外对发生自然灾害、土地综合整治、开发和建设的耕地应当进行实时监测。

#### 4 结论与展望

耕地质量的评价为监测点布设的综合属性分区提供基础,评价指标体系也为监测指标体系的建立提供了参考依据,两者研究相互促进,同时致力于耕地质量的保护工作。

在耕地质量评价上,耕地质量属性逐渐多元化,评价方法也开始由简单定性评价向更高级的数学模型转变,基于微观和宏观相结合的研究方法,为耕地质量的评价提供了新的思路。在时间尺度上,随着未来GIS和RS等技术的发展,耕地质量的时间序列评价是一个新的方向。

在耕地质量监测上,现有的研究大多集中于监测点布设,布设方法逐步由人为布设向基于统计学和地理学的布设方法转变,方法呈现多元化的发展。未来应结合耕地质量评价的指标形成指标体系和监测周期等完整的监测体系。耕地质量监测点布设涉及统计学、地球化学和地理学等多个学科,应加强各学科的交叉研究,使监测更加方便,结果更加准确。最后耕地质量的研究应当以质量提升为目的,未来在耕地质量评价和监测的基础上如何实现耕地质量的保护和管理,将会是重要的研究领域。

#### 参考文献

[1] 陈印军,王晋臣,肖碧林,等.我国耕地质量变化态势分析[J].中国农业资源与区划,2011,32(2):1-5.  
[2] 李传林,吴家华,王永邦,等.改善耕地质量,促农业绿色升级[J].农业工程技术,2016(2):41.

[3] 吴业,杨桂山,万荣荣.耕地变化与社会经济发展关系研究进展[J].地理科学进展,2008,27(1):90-98.  
[4] 牛海鹏,张安录.耕地利用生态社会效益测算方法及其应用[J].农业工程学报,2010,26(5):316-323.  
[5] 王静,黄晓宇,郑振源,等.提高耕地质量对保障粮食安全更为重要[J].中国土地科学,2011,25(5):35-38.  
[6] 郭旭东,邱扬,连纲,等.基于PSR框架的土地质量指标体系研究进展与展望[J].地理科学进展,2003,22(5):479-489.  
[7] 秦子,闫庆华,凯迪日耶·买合苏木.合作社内部农户化肥和农药施用行为影响因素分析:以新疆阿图什市林果业为例[J].农业展望,2015(11):56-60.  
[8] 李丹,刘友兆,李治国.耕地质量动态变化实证研究:以江苏省金坛市为例[J].中国国土资源经济,2004,17(6):22-25.  
[9] 吴群.耕地质量、等级与价格刍议[J].山东省农业管理干部学院学报,2002,18(1):73-74,76.  
[10] 单美,王训.我国耕地质量研究进展[J].泰山学院学报,2011,33(6):110-116.  
[11] 沈仁芳,陈美军,孔祥斌,等.耕地质量的概念和评价与管理对策[J].土壤学报,2012,49(6):1210-1217.  
[12] 陶晓明.我国耕地质量评价研究评述与思考[J].农村经济与科技,2015,26(6):12-15.  
[13] 侯现慧,王占岐,杨俊.富硒区耕地质量评价及利用分区研究:以福建省三元区为例[J].资源科学,2015,37(7):1367-1375.  
[14] 林华,李瑞华.基于能值理论的耕地质量评价研究:以河南省为例[J].资源与产业,2012,14(5):123-129.  
[15] 付国珍,摆万奇.耕地质量评价研究进展及发展趋势[J].资源科学,2015,37(2):226-236.  
[16] 于东升,张广星,张忠启,等.BIO-NORM与NORM耕地质量评价方法对比研究[J].土壤学报,2011,48(2):238-245.  
[17] 赵建军,张洪岩,王野乔,等.基于AHP和GIS的省级耕地质量评价研究:以吉林省为例[J].土壤通报,2012,43(1):70-75.  
[18] 肖思思,黄贤金,彭补拙,等.经济发达县域耕地土壤重金属污染评价及其影响因素分析:以江苏省昆山市为例[J].长江流域资源与环境,2007,16(5):674-679.  
[19] 舒英格,何腾兵,刘元生,等.喀斯特山区旱耕地土壤环境质量评价:以贵阳市乌当区为例[J].农业环境科学学报,2007,26(3):1100-1106.  
[20] 袁秀杰,赵庚星,朱雪欣.平原和丘陵区耕地地力评价及其指标体系衔接研究[J].农业工程学报,2008,24(7):65-71.  
[21] 徐康,金晓斌,吴定国,等.基于农用地分等修正的土地整治项目耕地质量评价[J].农业工程学报,2015,31(7):247-255.  
[22] 马立军,陈召亚,杨哲.基于生态安全的耕地质量安全评价:以河北省卢龙县为例[J].江苏农业科学,2016,44(3):358-363.  
[23] 孔祥斌,刘灵伟,秦静,等.基于农户行为的耕地质量评价指标体系构建的理论与方法[J].地理科学进展,2007,26(4):75-85.  
[24] 张贞,魏朝富,李萍,等.四川盆地丘陵区农户行为对耕地质量的影响[J].农业工程学报,2009,25(4):230-236.  
[25] 孔祥斌,刘灵伟,秦静.基于农户土地利用行为的北京大兴区耕地质量评价[J].地理学报,2008,63(8):856-868.  
[26] 李涛,孔祥斌,梁颖,等.基于农户决策行为的耕地质量评价理论与方法构建[J].中国农业大学学报,2010,15(3):101-107.  
[27] 郭力娜,张凤荣,马仁会,等.基于标准样地的国家级农用地等别质量监测点设置方法探讨:以冀豫鄂三省为例[J].资源科学,2009,31(11):1957-1966.  
[28] 孙亚彬,吴克宁,胡晓涛,等.基于潜力指数组合的耕地质量等级监测布点方法[J].农业工程学报,2013,29(4):245-254.  
[29] 刘毅,高尚,刘希霖,等.西部地区耕地质量监测县选取方法的研究[J].资源科学,2013,35(11):2248-2254.  
[30] 庄雅婷,陈训争,范胜龙,等.基于Kriging插值的高效耕地质量监测点布设方式研究:以建瓯市为例[J].亚热带水土保持,2013,25(2):17-22.  
[31] 祝锦霞,徐保根,章琳云.基于半方差函数与等别的耕地质量监测样点优化布设方法[J].农业工程学报,2015,31(19):254-261.  
[32] 宋艳华,毛含冰,王令超,等.基于控制区空间变异性的耕地质量监测样点布控方法[J].地域研究与开发,2014,33(6):131-136.  
[33] 杨建宇,岳彦利,宋海荣,等.基于空间平衡法的县域耕地质量监测布样方法[J].农业工程学报,2015,31(24):274-280.  
[34] 殷守强,王鑫,贺文龙,等.耕地质量监测中不同抽样方法的精度比较:以河北省黄骅市为例[J].资源科学,2016,38(11):2049-2057.  
[35] 张玉臻,孔祥斌,刘炎,等.基于标准样地的省级耕地质量监测样地布设方法:以内蒙古自治区为例[J].资源科学,2016,38(11):2037-2048.

测定,结果表明在该地区抗旱性能从强到弱依次为文冠果>荆条>刺槐;方向强等<sup>[13]</sup>对通道绿化常用的乔木树种统计,从成活率、生长量、抗性、抽干率、景观效益等方面以量化方式对造林树种进行评价;薛红霞等<sup>[14]</sup>对包头地区造林常用树种四翅滨藜、驼绒藜、山杏、山樱桃、玫瑰、小胡系杨树(辽胡一号、辽胡二号)等的造林效果进行研究,通过在典型地区进行造林试验,造林成活率均在85%以上,并总结各个造林节点的注意事项;林武星等<sup>[15]</sup>对南方沿海防护林主要的造林树种木麻黄的不同地区种源进行干旱胁迫,筛选出一批抗旱性强的木麻黄优良种源、家系和无性系等。

## 2 干旱地区造林技术研究

在干旱地区造林成功除使用良种外,还需辅以良法。为改变干旱区的自然面貌,长久以来,人民群众有组织或自发开展了植树造林活动,在多年实践过程中积累了丰富的造林经验。

**2.1 常规造林手段的创新应用** 杜希东等<sup>[16]</sup>在民勤地区梭梭、葡萄、红枣、西渠枸杞等树种的种植过程中使用透气防渗砂来保持种植初期所需的水分,大大提高了成活率。辽宁西北部地区长期干旱,许多研究针对该地区进行了造林技术的提升与改善,包括营养钵容器苗的使用<sup>[17]</sup>、改变造林时间<sup>[18]</sup>等,提升了该地区造林成活率。抗旱保水剂因其较高的亲水活力,在造林实践中也发挥着重要作用。宋双双等<sup>[19]</sup>使用保水剂和微生物肥混施的方式用于樟子松人工林营造,结果表明能明显提高田间持水量,株高、地径较对照有显著提高,且造林成活率也有很大的提升。西北地区是干旱频发的地区,柠条林是宁夏风沙区重要的生态屏障,蒋齐<sup>[20]</sup>通过对不同造林密度柠条林的长期观测,确定了合理的人工柠条林的营造标准,同时分析其对于全面改善退化沙地的土壤理化性质、土壤水分状况以及植被群落的稳定性的影响。

**2.2 微生物接种** 土壤微生物的作用越来越受到研究者的重视,其作用不可忽视。菌根真菌是寄生于植物根部的大型真菌,它能够通过其大量伸展到土壤中的根外菌丝帮助植物吸收营养元素和水分,同时通过根内菌丝从植物中获得其生长繁殖所需的碳水化合物,从而建立一种互惠关系,通过确定接种适宜的真菌,有助于提高植物的抗逆性。胡杨是沙漠干旱区唯一的乔木植物,对干旱具有很强的抗性,王珊珊<sup>[21]</sup>采集了胡杨林地根际土壤样品,分离得到了可有效促进根系生长和酶活力的菌株。许平辉等<sup>[22]</sup>研究茶树接种地表球囊霉、根内球囊霉及摩西球囊霉后植株抗旱性的表现,丛枝菌根真菌可提高其渗透调节能力和抗氧化能力,清除活性氧,保护膜结构和功能,缓解水分胁迫对茶树的伤害,促进茶树生长,增强茶树的抗旱性。抗旱保水剂因其较高的亲水活

力,在造林实践中也发挥着重要作用。

## 3 总结与展望

我国干旱区面积巨大,是生态中国、美丽中国建设的重要战场。针对干旱胁迫对植物生长、繁殖的主要危害和植物对胁迫的适应性反应特点等,建立植物耐旱性的评价体系和可推而广之的标准在耐旱植物的筛选中具有重要的意义。近年来,人们从干旱区造林实践中总结出许多有效可行的方法,筛选出可有效应用的材料,鉴定出许多的抗旱良种。综述新型的植物耐旱性评价方法和行之有效的造林方法,以为干旱区开展造林活动提供一定的参考。

## 参考文献

- [1] 刘滨,彭勤,郑丽萍,等.宁夏10种观赏灌木叶片解剖结构及其抗旱性综合评价[J].西北植物学报,2013,33(9):1808-1816.
- [2] 刘彬,麻文俊,王军辉,等.基于叶片解剖结构的砂生槐群体抗旱性评价[J].植物研究,2017,37(3):325-333.
- [3] 杨森,张晓飞,高新生,等.5个品系橡胶树叶解剖结构及其抗旱性分析[J].热带生物学报,2017,8(3):301-306.
- [4] 张金玲,李玉灵,庞梦丽,等.臭柏异形叶解剖结构及其抗旱性的比较[J].西北植物学报,2017,37(9):1756-1763.
- [5] 胡杜娟.胡颓子科不同品种沙棘的抗旱性比较研究[D].临汾:山西师范大学,2017.
- [6] 咎丹丹,庄丽.新疆干旱荒漠区梭梭同化枝解剖结构的抗旱性比较[J].干旱区资源与环境,2017,31(5):146-152.
- [7] 张般般,刘婷,杨静慧,等.4个树莓品种茎解剖结构与抗旱性的关系[J].西南大学学报(自然科学版),2018,40(5):53-58.
- [8] 赵祥,董宽虎,张磊,等.不同居群达乌里胡枝子茎解剖结构与其抗旱性的关系[J].草地学报,2010,18(5):615-621.
- [9] 王小萍,王云,唐晓波,等.茶树抗旱相关生理性状的灰色关联度分析[J].茶叶科学,2013,33(6):512-516.
- [10] 黄承玲,陈训,高贵龙.3种高山杜鹃对持续干旱的生理响应及抗旱性评价[J].林业科学,2011,47(6):48-55.
- [11] 孟鹏,李玉灵,张柏习,等.沙地彰武松与樟子松苗木抗旱生理特性比较[J].林业科学,2010,46(12):56-63.
- [12] 张玥冕.阜新地区3种沙地造林树种的抗旱性比较研究[J].防护林科技,2017(12):17-19.
- [13] 方向强,王立.干旱荒漠区通道绿化乔木树种筛选实验[J].农业与技术,2015,35(1):85-86,91.
- [14] 薛红霞,王静,于晓芳,等.包头地区抗旱耐寒树种筛选试验[J].内蒙古林业调查设计,2008(6):64,70.
- [15] 林武星,叶功富,郑天汉,等.不同木麻黄树种的抗旱特性及其应用的研究[J].防护林科技,2000(51):173-176,19.
- [16] 杜希东,胡慧琴,许兴文,等."生泰"透气防渗砂对干旱沙区造林成活率的影响[J].林业科技通讯,2017(9):30-31.
- [17] 李玉臣.浅谈宁夏西部地区运用的油松营养杯抗旱造林技术[J].种子科技,2017,35(9):100-101.
- [18] 周鸿岐,刘文彬.辽宁西部干旱地区油松雨季造林的技术措施[J].林业实用技术,1965(11):4-5.
- [19] 宋双双,孙保平,张建锋.保水剂和微生物菌肥对半干旱区造林和土壤改良的影响[J].水土保持学报,2018,32(3):334-339.
- [20] 蒋齐.宁夏干旱风沙区人工柠条林对退化沙地改良与植被恢复的作用[D].北京:中国农业大学,2005.
- [21] 王珊珊.胡杨林地土壤中促进植物耐旱生长微生物的筛选及其机理[D].上海:华东理工大学,2014.
- [22] 许平辉,王飞权,齐玉岗,等.丛枝菌根真菌对茶树抗旱性的影响[J].西北农业学报,2017,26(7):1033-1040.

(上接第16页)

- [36] 马建辉.基于变异函数和等别类型的耕地质量监测样点布设研究[J].世界农业,2015(5):111-116.
- [37] 蔡鹭斌,孔祥斌,段建南,等.国外经验对中国耕地质量监测布点的启示[J].中国农学通报,2014,30(14):192-197.
- [38] 王佳宁,孔祥斌,张青璞,等.基于农用地分等的县级耕地质量等级监

测指标选取方法:以内蒙古达拉特旗为例[J].中国农业大学学报,2015,20(3):175-187.

- [39] 刘露珈,吴克宁,赵华甫.基于农用地分等与土地质量地球化学评估的耕地质量监测类型研究[J].资源科学,2015,37(1):37-44.
- [40] 梁晓晴,段建南,周青青.耕地质量监测指标体系研究[J].农业网络信息,2014(5):13-16.