

· 中药资源 ·

中药材定向培育分析评估系统的设计与实现[△]孙成忠¹, 王文全^{2*}, 张静华¹, 陈晓玉², 郝振国¹, 罗琳², 赖力鹏³, 贺超², 崔杰²

1. 中国测绘科学研究院, 北京 100039;

2. 中国医学科学院 北京协和医学院 药用植物研究所, 北京 100193;

3. 北京晶派科技有限公司, 北京 100080

[摘要] 目的: 建立科学的中药材定向培育分析评估系统。方法: 基于地理信息技术的组件式开发方式, 以 .Net Framework 为开发框架搭建 C/S 架构。结果: 以生态环境因子库为基础, 构建了一套完整的定向培育分析评估方案并建立了中药材定向培育分析评估系统。结论: 构建的中药材定向培育分析评估系统能够解析中药材关键栽培技术与生长环境对中药材产量和质量的影响、指导中药材的施肥与灌溉等栽培技术、提高中药材定向培育种植过程中的科学性。

[关键词] 中药材定向培育; 地理信息系统; 系统设计; 空间数据库**[中图分类号]** R282 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2021)05-0766-06**doi:**10.13313/j.issn.1673-4890.20201231002**Design and Implementation of Analysis and Evaluation System for Directional Cultivation of Traditional Chinese Medicine**SUN Cheng-zhong¹, WANG Wen-quan^{2*}, ZHANG Jing-hua¹, CHEN Xiao-yu², HAO Zhen-guo¹,LUO Lin², LAI Li-peng³, HE Chao², CUI Jie²

1. Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039, China;

2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medicinal Sciences, Peking Union Medical College, Beijing 100193, China;

3. Beijing XtalPi Technology Co., Ltd., Beijing 100080, China

[Abstract] **Objective:** To establish a scientific analysis and evaluation system for directional cultivation of Chinese medicine. **Methods:** It is based on the component-based development method of geographic information technology, and uses .Net Framework as the development platform to build a C/S architecture. **Results:** The system is based on the database of ecological environment factor. It constructs a complete set of oriented cultivation analysis and evaluation analysis scheme which can carry out multi-dimensional, quantitative and spatial analysis of TCM resources, and guide the cultivation techniques of TCM such as fertilization and irrigation. **Conclusion:** The system analyzes the influence of key cultivation technology and growth environment on the yield and quality of Chinese herbal medicine, and improves the scientificity in the process of directional cultivation and planting of Chinese medicine.

[Keywords] the directional cultivation of traditional Chinese medicine; GIS; system design; spatial database

近年来,随着大健康产业的快速发展,中药材需求量日益增大。传统的野生中药材无法满足需求,大多数中药材品种依靠人工栽培。目前,中药材栽培种植过程中有一定的随意性,如何进行行业规划以提高中药材种植水平、提升种植中药材的质量与

产量是当前中药行业面临的重要问题^[1-2]。中药资源合理分析是实现中药材种植现代化的基础^[3]。中药材定向培育分析技术是解决中药材科学种植的技术之一。中药材产业的发展及可持续利用,不仅要求从业者做好中药材适宜性区划的研究,还要解析出栽培技

[△] [基金项目] 国家重点研发项目(2017YFC1701403);河北省重点研发计划项目(203777120D)

* [通信作者] 王文全,教授,研究方向:中药栽培、资源;E-mail: wwq57@126.com

术对中药材材质和量的影响。促进中药材走向“定向培育”具有十分重要的理论价值和实践作用^[4-5]。

中药材的生长过程复杂,受种质、产地环境、栽培年限、加工等多个因素的影响。中药资源作为自然资源,受地理因素影响最大^[6-7]。药材的生长与其所处的自然环境密切相关,因此,中药材培育分析必须将中药材信息与空间地理环境数据结合起来,才能更具有空间性、直观性和决策所需的可见性,其结果才能更好地发挥现实作用^[8-10]。基于此,本课题组研发了中药材定向培育分析评估系统。该系统可对中药材的生长分布、产量、质量等方面进行科学合理分析,从而实现中药材生态信息、社会经济信息与分布信息的有机结合,指导中药材科学种植,为中药可持续发展提供准确、科学的信息。

地理信息系统(geographic information system, GIS)是一门新兴技术,在中药资源行业的应用日益广泛,如中药资源调查、中药材适宜性区划分析等^[11-12]。中药材定向培育分析评估系统将 GIS 的空间聚类分析与空间分析应用于中药材定向培育及评估分析,能够科学、快速、准确分析中药材生长要求的环境因子数值及分布区域,在此基础上对药材种植的质量、产量等进行预测分析,进而实现对人工种植药材的效益评估^[13-14]。采用该系统对中药材进行定向培育分析评估,能够为中药材优质高产栽培技术的建立提供科学依据^[15-17]。

1 系统设计

1.1 系统架构

根据中药材栽培业务需求和系统类型,中药材定向培育分析评估系统架构采取四层式架构,包括软硬件基础层、空间数据层、系统支撑层和系统应用服务层(图 1)。

1.1.1 基础层 基础层是系统的基础支撑,包含计算机系统、关系型数据库、.Net Framework 4.5 等,保障上层架构安稳运行。

1.1.2 数据层 数据层是系统管理的数据资源,包括地理信息基础库、气候资料数据库、土地土壤资料数据库、技术标准库、通用栽培技术措施数据库等。关系型数据库与空间数据库相结合的方式可以根据数据的种类与使用方式的不同进行数据存储。

1.1.3 支撑层 支撑层通过 ArcSDE 中间件服务,为平台提供空间分析处理和产品制作所需的算法、

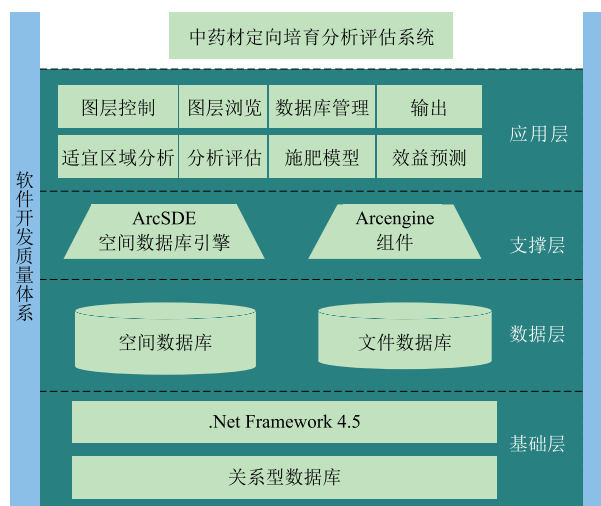


图 1 中药材定向培育分析评估系统架构

功能和支撑组件。应用层主要面向中药材定向培育进行分析评估,直接服务于用户需求。

1.1.4 应用层 应用层由相应的业务模块开发构成,主要包含了中药材适宜区域分析、产量预测、质量预测、施肥量预测、效益预测等功能模块,为中药材定向培育系统提供数据应用服务。

1.2 数据库设计

鉴于目前国内基础地理数据库所采用的技术趋势,中药材定向培育分析评估系统采用成熟的 ArcSDE 集成 Access 的空间数据库管理技术,将环境因子数据存储于关系型数据库中,基于空间数据引擎(spatial database engine)对空间地理数据采取高效管理。从业务需求角度出发,该数据库主要包含土壤因子、植被因子、气候因子、地形因子、基础地理信息、技术标准库、定向培育技术措施 7 个方面的数据。其中,前 4 个方面数据构成环境因子数据库并存储到环境因子数据库中,基础地理信息数据为空间信息同样存储到空间数据库中,后 2 个方面的数据采用文件数据库存储(图 2)。土壤因子数据包含土壤利用类型、土壤质地分类、土壤含黏土量、土壤含沙量、酸碱度、有机碳含量、土壤微量元素含量等;气候因子数据包含各月、年降水量和各月、年平均气温。技术标准库按药材基原分类,包含产量质量预测环境判断标准、施肥技术服务适宜土地条件标准、灌溉技术服务适宜环境标准。定向培育技术措施数据分为产量质量预测环境配套技术措施、施肥技术服务配套技术措施和灌溉技术服务配套技术措施。

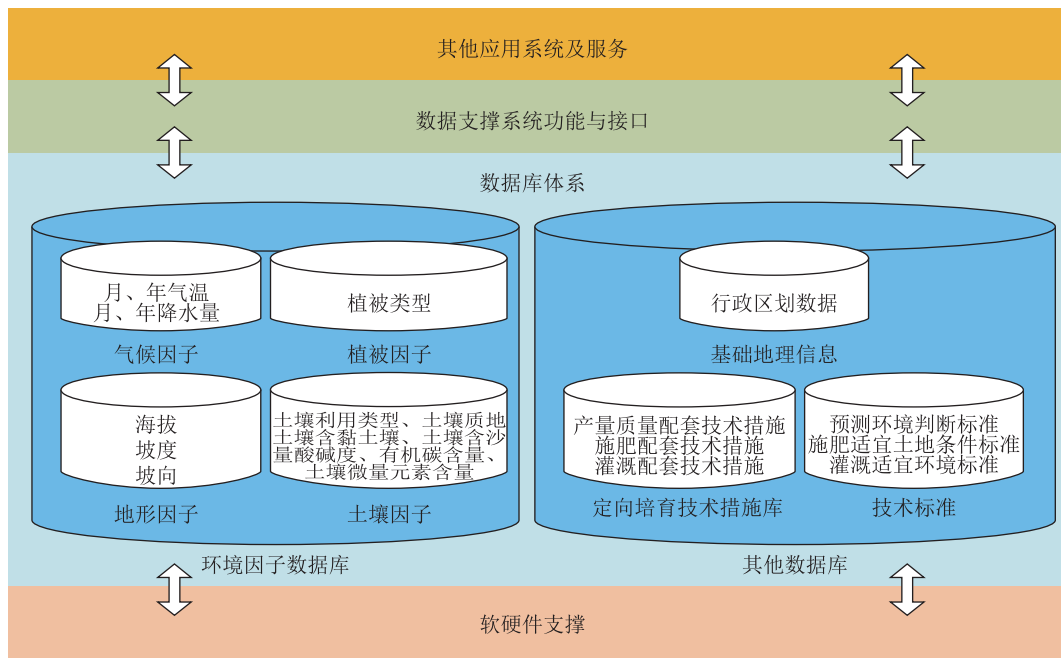


图2 定向培育数据库设计图

2 中药材定向培育分析评估模型流程

中药材定向培育分析评估是一个难度大、过程复杂的模型。本研究分步梳理构建了一套完整的定向培育分析评估分析模型方案(图3)。该方案首先通过判断药材的适宜种植区域,计算药材的产量与质量,进而通过对种植地进行施肥与灌溉等栽培技术进行指导。定向培育分析评估模型的具体流程主要分为数据源、适宜区域分析、产量与质量预测、产量导向的施肥方案、效益预测模块。

2.1 数据源

首先获取数据源,数据的主体是环境因子数据和药材种植地采样信息,经过统一投影和空间范围的预处理,把数据加入到环境因子数据库中;收集到的其他技术相关信息,如灌溉、施肥等,作为基本数据加入到环境因子数据库中。

2.2 适宜区域分析

适宜区域分析是该算法中的关键步骤,只有通过判断该区域适宜种植药材,才能进行药材的定向培育。适宜区域分析主要利用生态位模型进行生态适宜性的计算和结果的分类输出,找出中药材的适宜分布区域,并在此基础上提取适生环境因子的范围。分析结果以地理空间的动态可视化形式展示,增加了适宜区域的可视化。最后,适宜区域分析结果以栅格形式保存到数据库中并在系统中显示。

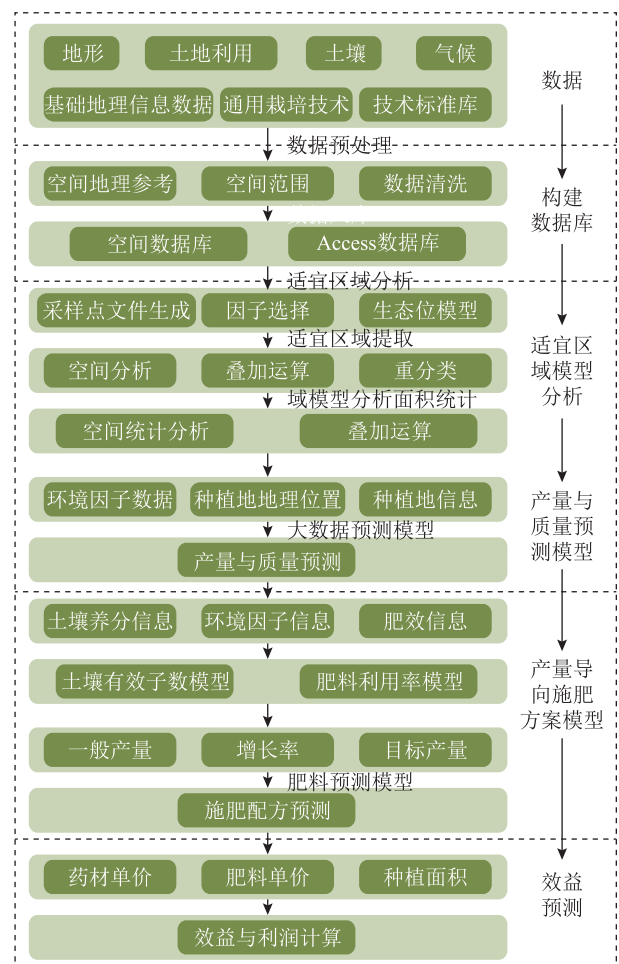


图3 定向培育分析评估模型

2.3 产量与质量预测

提高中药材质量与产量是中药材定向培育的最终目的,所以构建产量与质量预测是整个定向培育分析评估模型的核心过程。产量与质量预测主要基于神经网络大数据挖掘算法,根据种植地的地理位置信息、环境因子以及资源调查信息,建立产量与质量预测模型,再由用户输入预测地的地理位置与资源调查信息得出预测产量与质量。建立的环境因子值与产量、质量间的复杂的关系模型为定向培育中药材提供了可靠的理论依据。通过中药材定向培育分析评估系统可以寻找出最优的产量与质量的环境因子值。本研究采用甘草和丹参在内蒙古、陕西、宁夏、吉林、甘肃共96块样地的数据作为基础数据,有针对性地实现了甘草苷和丹参酮质量与产量的预测。其中,栽培调查信息包括土壤类型、土壤盐碱化程度、土壤种类、种植方式、生长年限、施肥和浇水等。

2.4 产量导向的施肥方案

优良的培育技术可以提高中药材质量、提高单位面积产量、提高中药材的抗病虫害能力。产量导向的施肥方案是定向培育的关键培育技术,用来指导培育。定向培育分析评估分析模型方案将地理信息学、生态学、土壤学、有机化学、中药资源学等多门学科相关的理论与方法有机融合,运用数理统计、实地试验等技术手段,建立了中药材在不同肥效条件下的产量导向的施肥方案,从而为中药材定向培育提供科学依据^[18-19]。

2.5 效益预测模块

对指定区域内中药材定向(预定产量、质量和经济效益)培育生产过程中所采用的技术措施及其参数进行定性或定量分析和预测。

3 系统设计及功能实现

中药材定向培育评估分析系统采用实用成熟的技术方法进行面向数据管理的二次开发设计,为单机桌面模式。采用 ArcGIS 桌面版进行开发,采用 Microsoft Visual Studio C#语言与 ArcGIS Engine 相结合,应用 ArcGIS Engine 实现中药材区划的定向培育分析评估。根据中药材定向培育分析评估模型流程,将系统采取分流程式的模块划分方法,具体划分为数据浏览功能、图层控制功能、数据库管理功能、适宜区域分析功能、产量与质量的预测功能、产量

导向的施肥方案预测功能、种植地信息导入与录入功能、效益预测等功能,数据管理采用基于 ArcSDE 结合 Access 数据库环境(图4)。

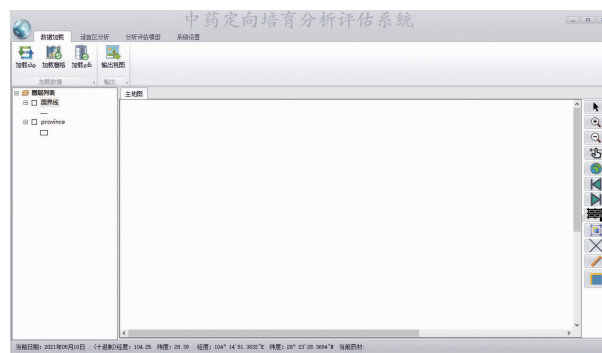


图4 中药材定向培育评估分析系统系统界面

3.1 地图基本功能

地图操作基本功能包括地图缩放、地图平移、图层控制、地图制图等。地图控制主要对行政区划数据、药材区划数据、环境因子影像数据图层的加载与删除;地图制图主要负责对适宜区域分析结果进行可视化制图输出。

3.2 适宜区域分析功能

适宜区域分析功能模块从空间维度出发,对药材采样点及调查区域进行可视化表达,借助专家知识、地理信息空间分析功能,将药材采用数据与地理空间有机地结合在一起,可以直观地显示单一中药材的空间分布区域,为药材道地性研究及生态适宜性研究提供数据基础。在系统平台的适宜区域分析功能中,首先利用已集成到平台上的适宜区域分析模块,通过最大信息熵模型计算单一品种药材的潜在分布区。模型通过采集的药材分布样点和生境因子,确定特征空间,构建约束组合,以熵最大为条件选择最优分布。计算完成后,通过转换模块,对计算结果赋予空间参考,生成通用的栅格格式数据,为中药材产量与质量预测的根本。

3.3 种植地信息导入功能

种植地信息导入模块可以将用户收集好的数据将种植地信息,如种植地的养分信息、环境因子信息、肥效信息及采样信息等,通过批量或手工添加的方式导入到数据库中,方便用户进行种植的预测功能。用户可以批量录入表格的基本格式数据,如 Excel 和 SPSS 格式数据。表格标准模板可以在系统导入界面查看下载。

3.4 质量与产量预测功能

在质量与产量预测模块,是通过利用适宜种植地的环境因子与采样信息,通过大数据的方法,构建质量与产量预测模型,从而预测未知种植地的质量与产量。用户通过输入预测种植地的地理位置与资源调查信息,预测出该种植地药材的质量与产量信息。

3.5 产量导向的施肥方案预测功能

产量导向的施肥方案预测是系统的主要功能,是用户通过选择种植地、施用肥料类型、目标产量、药材来实现施肥量预测的功能。产量导向的施肥量预测模型是通过大量的实验数据得到。

$$F_m = \frac{C \times Y/100 - X_n \times 3.38 \times a_1 X_n^{b_1}}{H \times (a_2 + b_2 \ln X_n)} \quad (1)$$

上式中, F_m 代表氮磷钾施肥量; C 代表单位产量养分吸收量; Y 代表目标产量; X_n 代表土壤碱解氮、有效磷或速效钾的测定值; a_1 、 b_1 代表土壤养分校正系数模型系数; a_2 、 b_2 代表肥料利用率模型系数; H 代表肥料中养分的含量占总质量的百分比。氮磷钾施肥模型见公式(2)~(4)。

$$F_N = \frac{0.716 \times Y/100 - X_1 \times 3.38 \times 22.931 X_1^{-0.922}}{H \times (-0.117 \ln X_1) + 0.638} \quad (2)$$

$$F_P = \frac{0.104 \times Y/100 - X_2 \times 3.38 \times 9.546 2 X_2^{-1.238}}{H \times (-0.041 \ln X_2 + 0.1678)} \quad (3)$$

$$F_K = \frac{0.237 \times Y/100 - X_3 \times 3.38 \times 1.351 6 X_3^{-0.602}}{H \times (-0.174 \ln X_3 + 0.964)} \quad (4)$$

上式中, F_N 表示施氮量, F_P 表示施磷量, F_K 表示施钾量。

3.6 效益预测功能

效益预测是系统的主要功能之一。用户经过选择种植地、施用肥料类型、目标产量来实现用户收益的预测。该功能是通过种植地的收益减去付出,得出种植地的效益。该模型虽然未考虑除肥料外的种植地其他投入,如种子、灌溉、收割费用等,但是在一定程度上为用户提供了效益的合理预期。

3.7 系统应用实例

中药材定向培育评估分析系统以内蒙古阿拉善地区甘草种植为例进行应用。如图5所示,首先,用户将内蒙古阿拉善地区样地的种植信息调查表导

入到数据库中,通过输入样地的经纬度及相关的样地属性信息,预测出2块样地种植甘草的甘草苷质量分数分别为0.589、0.543。经过实地验证,结果具有很好的参考价值。在阿拉善2020样地种植甘草,每公顷目标产量8000 kg,使用无机肥氮肥的养分含量为46%,则预测每公顷施用328 kg氮肥。本系统为阿拉善地区甘草种植提供了科学指导。

A

B

注: A. 甘草质量预测界面; B. 甘草产量导向施肥预测。

图5 中药材定向培育评估分析系统中阿拉善地区甘草种植实例界面

4 结语

中药材定向培育评估分析系统基于 .Net Framework 框架及空间数据库管理系统,采用计算机技术、地理信息技术和空间数据库技术实现中药材的定向培育,适用于桌面端操作,整合了丰富的数据资源,界面美观、操作友好、运行稳定,能够流程化分析评估中药材定向培育的技术问题。本文提出了中药材定向培育综合评估分析流程,解决了人工种植栽培技术不规范、不合理导致的中药材产量与质量下降等问题,实现了基于统计大数据的产量与质量预测算法对中药材种植产量导向及施肥方案

的指导。该系统以内蒙古阿拉善地区甘草种植为例进行了定向培育评估分析,取得了很好的应用效果。系统的研发完成将对建立中药材规范化种植的新模式、提高中药材质量和产量、推动中药材走向“定向培育”具有重要的理论意义和指导作用。本研究主要在药材培育产量和质量的预测算法上进行了探索,随着应用层面的扩大,中药材定向培育评估分析系统还需要进一步完善。

参考文献

- [1] 何佳乐,王晗. 3S技术在中药资源领域中的应用综述[J]. 科技创新与应用,2020(24):184-186.
- [2] 胡佳. 基于GIS的种植信息管理与服务系统设计与实现[D]. 泰安:山东农业大学,2020.
- [3] 李越,姚霞,李振华,等. 3S技术在药用植物资源领域中的应用现状[J]. 中国实验方剂学杂志,2014,20(5):228-233.
- [4] 曹福亮,汪贵斌,郁万文. 银杏叶用林定向培育技术体系的集成[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2014,38(6):146-152.
- [5] 孟磊.“精准药材”定向培育研究[D]. 北京:北京中医药大学,2018.
- [6] 武振国. 小麦育种辅助系统设计与实现[D]. 新乡:河南科技学院,2019.
- [7] 万建文. 四川省药用植物GIS的构建及其空间分析方法的运用探讨[D]. 成都:四川大学,2006.
- [8] 尚雪,董丽君,文路军,等. 基于遥感与GIS的四川省川牛膝资源适宜性分布研究[J]. 中草药,2016,47(24):4445-4451.
- [9] 胡彪. 气候变化影响下我国药用山药的适宜区划评估[D]. 上海:上海应用技术大学,2019.
- [10] 程武学,董光,巫明焱,等. 基于3S技术的四川省川红花资源适宜性空间分布研究[J]. 中国中药杂志,2017,42(15):2939-2945.
- [11] 谷婧,冯成强,张文生. 3S技术在中药资源研究和管理中的应用与展望[J]. 中草药,2014,45(10):1502-1506.
- [12] 孙成忠,陈士林,赵润怀. 地理信息系统与中药资源信息化建设[J]. 中国现代中药,2006,8(10):4-7.
- [13] 张春星. 中药资源地理国情监测工具集的设计与实现[D]. 北京:北京建筑大学,2016.
- [14] 李建松. 地理信息系统原理[M]. 武汉:武汉大学出版社,2006:150.
- [15] 张春星,霍亮,靖常峰. 中药资源地理国情监测工具集设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2017,40(2):152-155.
- [16] 李振华. 内蒙古地区蒙药肋柱花生生态适宜性区划及野生抚育初步研究[D]. 包头:内蒙古科技大学,2015.
- [17] 王哲,李波,姜大成,等. 基于MaxEnt模型和GIS技术的吉林省蝙蝠葛适生区划及主导环境因子研究[J]. 中药材,2018,41(2):308-312.
- [18] 王红,霍亮. 基于模糊评价的中药生长适宜性地理分析方法研究[J]. 北京建筑工程学院学报,2014,30(2):64-72.
- [19] 林文亮. 铁皮石斛栽培条件对品质的影响及栽培技术规范研究[D]. 厦门:集美大学,2019.

(收稿日期:2020-12-31 编辑:戴玮)