

基于区块链的有机蔬菜认证与溯源方案研究

张冠湘, 崔金银*, 蔡文学, 龚丽萍 (华南理工大学经济与贸易学院, 广东广州 510006)

摘要 为了解决有机市场的有机造假和有机认证效率低下等问题, 利用区块链技术的不可篡改、去信任化和分布存储等特性, 提出基于区块链技术的有机蔬菜认证与溯源模型。论述有机市场存在的问题, 并研究相关领域的国内外发展现状; 分析有机蔬菜认证与溯源的数据基础, 构建其认证与溯源系统模型, 设计基于有机认证的智能合约; 并与中心化系统对比, 分析模型的优势; 以购买假冒有机标识和数据作假 2 个情景为例, 分析模型在解决有机造假和提高认证效率的效果。

关键词 区块链; 有机蔬菜; 农产品; 有机认证; 溯源

中图分类号 S 126; TS 201.6 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)24-0222-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.24.066



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research on Organic Vegetable Certification and Traceability Scheme Based on Blockchain

ZHANG Guan-xiang, CUI Jin-yin, CAI Wen-xue et al (Department of Economics and Commerce, South China University of Technology, Guangzhou, Guangdong 510006)

Abstract To solve the problems in organic markets like organic fraud and inefficient certification, the organic chain certification and traceability model based on blockchain technology was proposed by using the characteristics of blockchain technology such as non-tampering, de-trusting and distributed storage. The problems in the organic market were discussed, and then development status of related fields at home and abroad was studied. After analyzing the data foundation of organic vegetable certification and traceability, the certification and traceability system model was constructed and the intelligent contract based on organic certification was designed. The system based on blockchain technology was compared with the centralized system, and two scenarios of buying counterfeit organic identification and counterfeit data were taken as examples to analyze the advantages and effect of the system based on blockchain technology. The result showed that the system could solve the problem of organic fraud well, improve the efficiency of organic certification and make traceable data more complete.

Key words Blockchain; Organic vegetable; Agricultural products; Organic certification; Traceability

随着人们生活水平的提高, 人们对食品的品质要求不断提高, 有机食品逐渐成为消费者的首选, 有机农业的发展突飞猛进。瑞士有机农业研究所(FIBL)和IFOAM国际有机联盟(IFOAM-Organics International)统计显示, 截至2016年年底, 全球有机农地总面积为5780万 hm^2 , 全球有机农地比例为1.2%, 其中有机农地面积最大的是澳大利亚, 高达2710万 hm^2 , 中国的有机农地为230万 hm^2 ; 2016年全球有机市场规模为897亿美元, 比2000年的179亿美元增长了近4倍, 其中美国、德国、法国和中国的规模分别为431亿、105亿、75亿和66亿美元, 是全球有机市场的主要组成部分^[1]。

然而, 有机市场存在有机标识造假、溯源信息不透明和有机认证流程复杂等问题^[2-3]。中国国家认证认可监督管理委员会公示显示, 截至2018年11月底, 我国在农林牧渔和中药领域的产品认证机构共有45个, 共出具产品认证证书1021万件, 其中食品农产品认证证书有98万件, 但市场上的有机产品鱼目混珠, 2017年9月国家认监委发布第18号公告, 公示了10家影响较大的非法从事认证活动的认证机构^[4]。经市场调研与专家咨询, 曝光的非法认证机构仅是有机造假的冰山一角, 有机市场乱象丛生, 其溯源信息与普通蔬菜差异不大, 绝大部分信息未对消费者开放, 导致信息透明度低、消费者认可度不高^[5-6]。此外, 蔬菜的有机认证流程复杂, 单次认证成本高达3万~5万元。导致上述问题的根本原因是有机生产环节多而严、有机认证成本高昂和溯源信

息的可篡改性。

为了解决有机市场的有机造假和有机认证效率低下等问题, 利用区块链技术的不可篡改、去信任化和分布存储等特性^[7-8], 笔者采用了现有系统和区块链技术, 构建了基于区块链的有机蔬菜认证与追溯模型, 为解决有机市场存在的问题提供解决方案。

1 国内外研究现状

1972年, 全球最大的有机民间机构IFOAM成立, 有机农业步入新的发展时期; 随后各国政府也纷纷出台有机农业标准或法规, 有机农业的标准化快速发展^[1]。21世纪后, 发达国家和发展中国家对有机产品的需求剧增, 全球有机农业迎来了全面发展阶段。我国有机农业起步于20世纪80年代, 国外认证机构开始进入中国市场。目前, 南京国环有机产品认证中心(OFDC, 原环境保护部南京环境科学研究所环境评价与咨询中心)是市场认可度较高的认证机构^[9-11]。

自食品安全溯源受到广泛关注以来, 其关键技术也逐渐从最初的条码技术和数据库技术向以RFID技术和传感技术为核心的物联网技术、DNA技术、无线传感网络(WSN)技术等新技术发展。在我国, 傅泽田等^[12]从追溯单位、信息采集、传输和处理4方面总结并归纳了食品追溯技术的发展趋势。王东亭等^[13]研究分析了欧美、日韩和中国台湾等的农产品追溯体系的法律、规范和落实情况。熊本海等^[14]、邱荣洲等^[15]、沈敏燕^[3]将溯源技术应用到生猪的生产、蔬菜基地的管理和果蔬冷链信息的追溯上, 设计与实现了食品追溯系统, 是追溯技术的直接应用。在国外, BOSONA T等^[16]从定义、驱动力、发展阻力、优势、溯源技术、系统性能及改进等方

作者简介 张冠湘(1975—), 男, 湖南郴州人, 副教授, 博士, 从事农产品冷链、危险品物流等研究。*通信作者, 硕士, 研究方向: 从事农产品冷链。

收稿日期 2019-07-03

面详细研究了食品溯源系统,并指出溯源系统未来应侧重于研究标准化、实物及供应链主体之间的联系等方面。OLSEN P 等^[17]结合政府部门、学术研究以及实际经验,从追溯单位的划分、追溯系统的结构和追溯属性的确定归纳了一般追溯系统的组成结构。

区块链技术被认为是最具潜力触发第五轮颠覆性革命浪潮的核心技术,近年来受到政府、金融和互联网等行业的广泛关注,在供应链溯源上也得到学者的研究与应用。刘家稷等^[18]提出双区块链模式以解决防伪问题。XIE C 等^[19]提出了双链存储结构对有机农产品的跟踪追溯进行存储与查询,使用私有链存储完整的溯源信息,生成哈希值并将其锚定到共有链上,从而实现溯源信息的安全存储。Simone Figorilli 等^[20]融合物联网技术、互联网和区块链技术搭建了木材的电子化追溯系统原型,并以板栗树为例进行分析。该系统使用 RFID 等传感器采集数据,数据经 APP 和接口技术与微软 Azure 工作台交互,由智能合约处理记录到以太坊区块链

上。LI J 等^[21]对比了传统溯源系统与基于区块链的溯源系统,说明了基于区块链的溯源系统在数据真伪性、数据安全和政府监管等方面的优势。NEISSE R 等^[22]、MAO D H 等^[23]、CASADO-VARA R 等^[24]、FABIAN S 等^[25]将区块链技术应用到供应链的信息追溯上,以提高供应链溯源信息的透明度、可信性和供应链效率。此外,GALVEZ J F 等^[26]还研究了区块链在食品溯源上面临的挑战。

2 基于区块链的有机认证与溯源模型

2.1 有机蔬菜生产全过程流程分析与系统框架

蔬菜溯源是物流管理的组成部分,指在蔬菜供应链的各环节采集、存储和传递有关蔬菜及其投入物、生产活动等的准确信息,从而在需要时服务于蔬菜的质量安全管理和供应链追溯。有机蔬菜的供应链涵盖 7 个主要环节和 8 类主体,通过互联网、条形码、RFID、GPS 等方式采集农事活动、质量检测、包装加工、物流信息等信息,为有机认证与追溯提供数据基础(图 1)。



图 1 有机蔬菜生产全过程流程

Fig.1 The whole production flow of organic vegetable

7 个主要环节包括生产环境监测(水、土、重金属等)、原材料采购(种子、肥料等)、种植与采收、蔬菜质量检测、包装加工、运输配送、销售。结合企业资质、生产、管理和有机蔬菜追溯的 7 个主要环节等信息,有机认证机构对种植农场和加工企业进行现场检查和检测,才能对申请的蔬菜出具有机认证证书。

以微软的 Azure blockchain workbench 为基础,构建基于区块链的有机认证与溯源系统框架模型,实现现有系统与区块链平台的协调与互通。由图 2 可知,8 个系统参与者通过 Web App、IOS App 和 Android App 等方式将资质文件、管理体系文件、生产规划及计划、生产运作和物流信息记录为输入,由 API 处理传输至服务总线;此外,物联网设备采集环境、位置等信息,由物联网中心处理后,传输至服务总线。数据在服务总线完成数据格式转换,从而转换为符合区块链的数据格式。数据记录签名加密后,上传至区块链平台。当新的数据记录到区块链时,数据链路终端(DLT)监听程序获取数据记录的通知,并将通知发布到服务总线,各节点用户获得该通知并从区块链平台上的新数据同步到链下数据库,实现各节点数据的同步更新。当某一节点的数据发生变化或

与其他节点不一致时,该节点会与其他节点的数据链对比,数据链最长的节点为参考更新数据库,保证数据的一致性。消费者通过客户端、二维码等媒介发出查询请求,链下数据库服务器做出请求回应,经 API 进行数据格式转换,将有机蔬菜溯源数据真实完整地呈现给消费者,其中数据涵盖从原材料采购到有机蔬菜销售。

2.2 基于有机认证的智能合约设计

目前有机认证主要为前期申请和现场检查 2 个阶段,其人工审核环节多,时间跨度长,总成本高昂。智能合约的设计主要实现有机认证的智能化,降低认证成本以及人工工作假、数据篡改等风险。

智能合约的设计如图 3 所示,包括材料自动审查和现场检查检查结果确认 2 个部分。其一,申请人提交有机认证申请,系统自动检查申请人的资质文件、管理体系文件和生产规划及计划,若区块链无法查询相关材料,则请求补充,否则继续审查。然后,系统依次审查地块种植记录、原材料(种子、肥料及农药)、生产过程记录、蔬菜有机检测报告和物流环节,当且仅当所有记录符合有机生产技术要求时,申请人才具备有机认证资格。其二,有机认证机构对具备有机认证资格的申请人进行现场检查,对现场环境合格的企业提交合格确认

至系统。当申请人具备有机认证资格且获得现场检查合格确认时,由智能合约自动生成有机蔬菜认证证书,有机认证

机构根据认证结果颁发对应数量的有机标识。

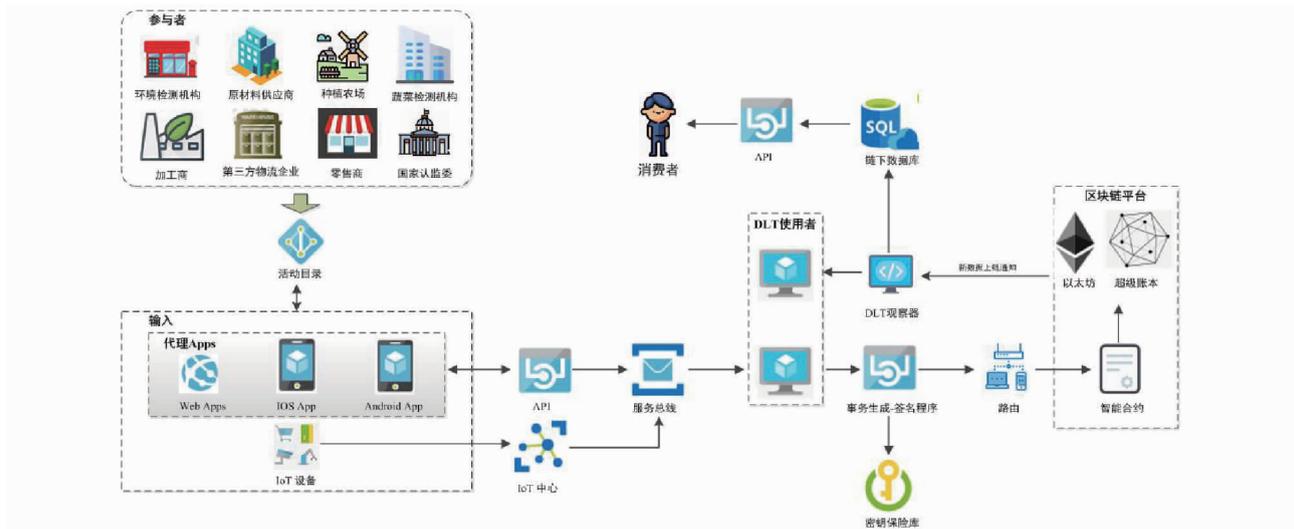


图2 基于区块链的有机认证与追溯的系统框架模型

Fig.2 System frame model of organic certification and traceability based on blockchain

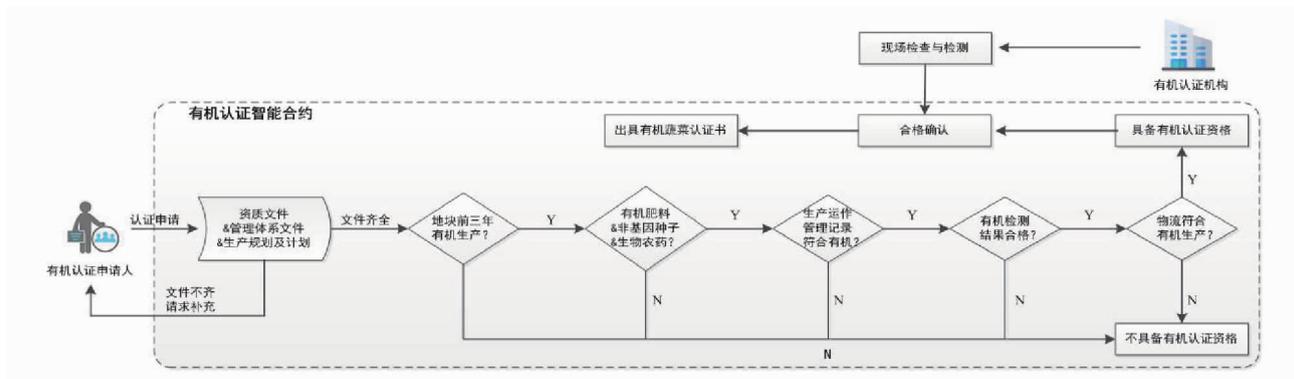


图3 有机认证智能合约设计

Fig.3 Intelligent contract design of organic certification

3 对比分析

3.1 基于区块链的有机认证与溯源系统与传统中心化认证系统的比较 由表1可知,与中心化系统相比,基于区块链的有机认证与溯源系统在认证效率、认证成本、溯源数据和政府监管等上都有明显的优势。在认证时间和成本上,中心化模式下有机认证要人工审核大量的文件,据调研单次认证时间跨度长达1.5~2.0个月,认证成本高达1.3万~1.8万元;而区块链模式下有机认证的大部分材料审核由智能合约自动审核,减少了大量的人工审核环节,节约大量的时间与成本,预估认证时间将在1个月以内,认证成本低于1万元。在溯源数据上,中心化模式下有机蔬菜溯源数据来源于供应链上不同主体的企业系统,协调难度大,溯源存在数据盲区,且存在数据后期篡改的可能;而区块链模式下有机蔬菜溯源数据涵盖整条供应链,链上数据自动同步更新,溯源数据完整不可篡改。在政府监管和用户认可度上,中心化模式下政府监管部门难以监督所有企业的数据,且中心化系统的数据存在作假可能,消费者认可度不高;而区块链模式下政府监管部门是区块链的节点,参与区块链上溯源数据的记录,且

能时刻监控链上数据,消费者对溯源数据的真实性更具有信心且认可度更高。因此,基于区块链的有机认证与溯源模式具有认证效率高、认证成本低、数据真实完整和政府参与监控等优势。

3.2 情景分析 以购买假冒有机标识和材料造假2个场景为例,分析区块链技术下有机认证与溯源系统的放伪造效果。倘若A产品的有机标识是伪造的,区块链中无该有机产品的记录,消费者通过溯源码无法查询该产品的完整溯源记录,因此消费者能轻易地识别出有机产品中有机标识的真伪性,从而抑制市场中伪造有机标识的发展。倘若企业企图通过材料造假来申请有机认证,由于认证材料和溯源数据是后期修改和补充的,数据记录与实际操作存在一定的时间差,因此在区块链技术下的系统则无法对数据进行篡改,一旦数据记录到区块链系统上,各节点数据库同步更新,链上数据将无法修改。例如,种植农场企图修改地块的近3年种植记录时,其数据库记录与其他节点存在冲突,各节点同步更新的特性使得种植农场的数据库重新从其他节点更新近3年的地块种植记录,防止了数据篡改,从而遏制了数据作假现象。

表 1 基于区块链的有机认证与溯源系统与传统中心化认证系统的比较

Table 1 Comparison between the organic certification and traceability system and the traditional centralized certification system

序号 Code	系统名称 System name	认证时间 Certification period	认证成本 Certification cost	数据完整性 Data integrity	数据篡改性 Data tampering	政府监管 Government regulation
1	传统的中心化系统	1.5~2.0 个月	1.3 万~1.8 万元	只含蔬菜质检、企业等少量数据	数据随时可以篡改	政府监管部门难以监督企业系统的数据
2	基于区块链的有机认证与溯源系统	预计 1 个月以内	预计 1 万元以内	涵盖有机蔬菜整条供应链的数据	数据自动同步更新,无法篡改	政府监管部门充当区块链节点,时刻监控溯源数据

4 小结

该研究将区块链技术 with 有机蔬菜的认证与溯源相结合,为有机市场的有机作假和低效率等问题提供解决方案。与中心化的认证与溯源系统相比,基于区块链技术的有机蔬菜认证与溯源系统有如下优势:①同步共享数据,有效解决造假问题;②减少人工环节,提高认证效率;③政府部门参与,数据更可信更权威。然而,区块链在实际落地中仍面临一些问题,如企业间的协调、信息共享程度等,解决这些问题仍有待今后进一步研究。

参考文献

- [1] FIBL, IFOAM. 2018 年世界有机农业概况与趋势预测 [M]. 正谷 (北京) 农业发展公司, 译. 北京: 正谷 (北京) 农业发展公司, 2018.
- [2] 濮永仙. 基于物联网的果蔬产品溯源系统编码技术研究与应用 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44 (8): 414-418.
- [3] 沈敏燕. 果蔬类农产品冷链物流信息溯源研究 [D]. 苏州: 苏州科技大学, 2017.
- [4] 中国国家认证认可监督管理委员会官网 [DB/OL]. [2019-04-05]. <http://cx.cnca.cn/CertECloud/statistics/intoStatisticsIndex>.
- [5] 王力坚, 孙成明, 陈瑛瑛, 等. 我国农产品质量可追溯系统的应用研究进展 [J]. 食品科学, 2015, 36 (11): 267-271.
- [6] 杨信廷, 钱建平, 孙传恒, 等. 农产品及食品质量安全追溯系统关键技术研究进展 [J]. 农业机械学报, 2014, 45 (11): 212-222.
- [7] 袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望 [J]. 自动化学报, 2016, 42 (4): 481-494.
- [8] 何蒲, 于戈, 张岩峰, 等. 区块链技术与应用前瞻综述 [J]. 计算机科学, 2017, 44 (4): 1-7, 15.
- [9] 刘晓梅, 余宏军, 李强, 等. 有机农业发展概述 [J]. 应用生态学报, 2016, 27 (4): 1303-1313.
- [10] 南京国环有机产品认证中心官网 [DB/OL]. [2019-04-05]. http://www.ofdc.org.cn/article.asp?m_id=1.
- [11] 王二平. 我国有机农业的发展与有机产品认证及监管 [J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35 (6): 70-74.
- [12] 傅泽田, 邢少华, 张小栓. 食品质量安全可追溯关键技术研究 [J]. 农业机械学报, 2013, 44 (7): 144-153.
- [13] 王东亭, 饶秀勤, 应义斌. 世界主要农业发达地区农产品追溯体系发展

现状 [J]. 农业工程学报, 2014, 30 (8): 236-250.

- [14] 熊本海, 傅润亭, 林兆辉, 等. 生猪及其产品从农场到餐桌质量溯源解决方案: 以天津市为例 [J]. 中国农业科学, 2009, 42 (1): 230-237.
- [15] 邱荣洲, 池美香, 陈宏, 等. 基于溯源技术的蔬菜基地管理系统开发与应用 [J]. 中国农业科技导报, 2017, 19 (4): 51-58.
- [16] BOSONA T, GEBRESENBET G. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain [J]. Food control, 2013, 33 (1): 32-48.
- [17] OLSEN P, BORIT M. The components of a food traceability system [J]. Trends in food science & technology, 2018, 77: 143-149.
- [18] 刘家稷, 杨挺, 汪文勇. 使用双区块链的防伪溯源系统 [J]. 信息安全学报, 2018, 3 (3): 17-29.
- [19] XIE C, SUN Y, LIO H. Secured data storage scheme based on block chain for agricultural products tracking [C] // 3rd international conference on big data computing and communications (BIGCOM). New York: IEEE, 2018.
- [20] FIGORILLI S, ANTONUCCI F, COSTA C, et al. A blockchain implementation prototype for the electronic open source traceability of wood along the whole supply chain [J]. Sensors, 2018, 18 (9): 1-12.
- [21] LI J, WANG X Y. Research on the application of blockchain in the traceability system of agricultural products [C] // 2018 2nd IEEE advanced information management, communicative, electronic and automation control conference (IMCEC). Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2018.
- [22] NEISSE R, STERI G, NAI-FOVINO I. A blockchain-based approach for data accountability and provenance tracking [C] // Proceedings of the 12th international conference on availability, reliability and security. New York: ACM, 2017.
- [23] MAO D H, HAO Z H, WANG F, et al. Innovative blockchain-based approach for sustainable and credible environment in food trade: A case study in shandong Province, China [J]. Sustainability, 2018, 10 (9): 1-17.
- [24] CASADO-VARA R, PRIETO J, DE LA PRIETA F, et al. How blockchain improves the supply chain: Case study alimentary supply chain [J]. Procedia computer science, 2018, 134: 393-398.
- [25] FABIAN S, JANJAAP S, DOMINIK M. The acceptance of blockchain technology in meat traceability and transparency [J]. British food journal, 2018, 120 (9): 2066-2079.
- [26] GALVEZ J F, MEJUTO J C, SIMAL-GANDARA J. Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis [J]. Trends in analytical chemistry, 2018, 107: 222-232.

(上接第 164 页)

- [11] 陈雨鹏, 周冀衡, 陈国, 等. 秸秆还田对作物土传病害的影响及作用机制研究进展 [J]. 作物研究, 2018, 32 (6): 535-540.
- [12] 张绍升. 植物线虫病诊断与治理 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1999: 77-79.
- [13] 牛雯雯, 王暄, 李红梅, 等. 基于线粒体 DNA-COI 序列的禾谷孢囊线虫和菲利浦孢囊线虫双重 PCR 检测 [J]. 中国农业科学, 2016, 49 (8): 1499-1509.
- [14] BYRD D W, Jr KIRKPATRICK T, BARKER K R. An improved technique for clearing and staining plant tissue for detection of nematodes [J]. Journal of nematology, 1983, 15 (1): 142-143.
- [15] 李秀花, 高波, 王容燕, 等. 河北省禾谷孢囊线虫种群密度和冬小麦产量损失的关系 [J]. 植物保护学报, 2015, 42 (1): 124-129.
- [16] 刘荣荣, 王暄, 李红梅, 等. 河南省小麦主产区菲利浦孢囊线虫与禾谷孢囊线虫发生情况调查 [J]. 植物保护, 2017, 43 (5): 157-163.
- [17] PENG H, LI X, CUI J K, et al. First report of cereal cyst nematode, *Heterodera filipjevi*, on winter wheat from Anhui Province, China [J]. Plant dis-

ease, 2016, 100 (2): 536.

- [18] WILLIAMS T D, BEANE J. Temperature and root exudates on the cereal cyst-nematode *Heterodera avenae* [J]. Nematologica, 1979, 25 (4): 397-405.
- [19] FUSHTEY S G, JOHNSON P W. The biology of the oat cyst nematode, *Heterodera avenae* in Canada. I. The effect of temperature on the hatchability of cysts and emergence of larvae [J]. Nematologica, 1966, 12 (2): 313-320.
- [20] 王暄, 刘炳良, 孙成刚, 等. 燕麦孢囊线虫江苏群体的孵化特征及致病型测定条件优化 [J]. 南京农业大学学报, 2011, 34 (6): 71-76.
- [21] 向桂林, 宋志强, 梁旭东, 等. 禾谷孢囊线虫的田间侵染规律及垂直分布研究 [J]. 麦类作物学报, 2013, 33 (4): 789-794.
- [22] 崔江宽, 黄文坤, 彭焕, 等. 二硫氨基甲烷与灭菌唑和吡虫啉的联合使用对小麦孢囊线虫的防治 [J]. 华中农业大学学报, 2017, 33 (3): 44-50.
- [23] 迟元凯, 赵伟, 汪涛, 等. 不同药剂拌种对小麦根腐病和孢囊线虫病的防效 [J]. 植物病理学报, 2018, 48 (5): 693-699.