

# 有机肥生产与应用现状及发展建议

李傲<sup>1,2</sup>, 张玉<sup>1,2</sup>, 王洪良<sup>1,2</sup>, 范彬<sup>1,2\*</sup>

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 住房和城乡建设部农村污水处理技术北方研究中心, 北京 100085; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要** 以畜禽粪便肥、秸秆肥、农家肥、绿肥及商品有机肥5类有机肥为对象, 对有机肥生产与应用现状进行综述, 并对存在的问题进行分析, 最后提出了相应建议。

**关键词** 有机肥; 生产与应用; 现状; 问题; 建议

中图分类号 S141 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)15-0122-04

## Present Situation and Development Suggestions on Production and Application of Organic Fertilizer

LI Ao<sup>1,2</sup>, ZHANG Yu<sup>1,2</sup>, WANG Hong-liang<sup>1,2</sup>, FAN Bin<sup>1,2\*</sup> (1. Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, North Research Center for Rural Wastewater Treatment Technology, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Beijing 100085; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

**Abstract** With livestock manure, straw fertilizer and farmyard manure, green manure and organic fertilizer as object, the organic fertilizer production and application status were summarized, the existing problems were analyzed, and the relevant suggestions were put forward.

**Key words** Organic fertilizer; Production and application; Present situation; Problems; Development suggestions

有机肥主要源自动物和(或)植物, 是一种不仅含有丰富的有机质、氨基酸、蛋白质等有机养分, 同时含有氮、磷、钾等无机养分的一种肥料。畜禽粪便肥、秸秆肥、农家肥、绿肥以及商品有机肥均属于有机肥范畴。有机肥在农业中起到了重要作用, 在土壤方面, 施用有机肥能够改善土壤理化性质、培肥地力、提高土壤微生物活性; 在植物方面, 施用有机肥对植物的数量与质量均有相应的提高与优化<sup>[1]</sup>。有机肥的施用促进了农业循环经济模式的形成, 该模式保证了农业发展、土壤肥力和农村环境安全三者的协调性。

杨帆等<sup>[2]</sup>通过对全国30个省(区、市)以及新疆生产建设兵团的调研, 分析了2008年5类有机肥的使用情况, 发现资源利用现状不容乐观。在农业生产经营体制发生改变的同时, 出现了有机肥资源总量不断增加而有机肥施用量减少的矛盾。在此基础上, 笔者对有机肥生产与应用现状进行总结, 探讨阻碍有机肥广泛应用的根本原因, 并提出了促进有机肥发展的相关建议。

## 1 现状

### 1.1 畜禽粪便类肥

传统的畜禽粪便类有机肥生产方式可以看成一种简约而不规范的好氧堆肥, 在保护传统农业环境及维持土壤肥力方面做出了一定贡献。随着养殖业的迅速发展, 集约化、规模化以及区域化已成为养殖业不可改变的发展方向, 此时传统畜禽粪便处理方式的弊端愈加凸显。在此背景下, 我国开始了工厂化加工畜禽粪便类有机肥的研究与应用, 经过近30年的发展, 已形成多种加工工艺, 如条垛式堆腐、槽式发酵、圆筒发酵、塔式发酵、膨化发酵、水解处理及蚯蚓处理等<sup>[3]</sup>, 相比传统的畜禽粪便堆肥方式有所改善。

微生物菌剂法被认为是畜禽粪便肥料化处理方式中最

具有发展潜力的一种方法。通过选培的微生物对病原体有一定的拮抗作用, 抑制病原体微生物的繁殖, 提高有益微生物在有机肥中的生物效价, 改善粪便中生物区系, 使土壤微生物区系向有利于农作物高产、优质方向转化, 提高土壤抗逆性<sup>[4]</sup>, 因此利用新型微生物菌剂处理畜禽粪便已成为新的研究方向。除在微生物菌剂方面寻求有机肥产业化的突破口, 还可以在生流程方面开拓创新。王洪志等<sup>[5]</sup>介绍了双流县规模养殖场畜禽粪便无害化处理和有有机肥加工技术, 运用粪便干湿分离技术、管网输送技术、干粪集中有氧堆肥发酵技术、湿粪便沼气发酵技术成功消纳规模养殖场的畜禽粪便, 并获得有机肥, 该工艺流程使双流县实现畜禽粪便无害化处理及资源化利用率达92%的总体目标。

畜禽粪便除以有机肥料的方式被再利用外, 饲料化再利用、资源化再利用等也是较为传统的利用方式。王良梅等<sup>[6]</sup>除总结出几种传统的畜禽粪便利用方式, 还结合江苏省畜牧业发展和农业发展的特点, 阐述了目前江苏省畜禽粪便资源化利用的途径及综合利用的生态技术。

由于畜禽粪便能够直接或间接地产生如甲烷、二氧化碳和氮氧化物等主要的温室气体, 对气候变暖具有不可忽视的影响, 汪丽婷等<sup>[7]</sup>将畜禽粪便的利用与低碳技术的理念相结合, 论证了随着我国生物技术水平的提高和机械设备的进一步改善, 形成高效低耗的畜禽粪便利用技术体系是完全可能的。

### 1.2 秸秆肥

秸秆是成熟农作物在收获籽实后的剩余部分, 处理适当, 是一种可再生的生物质资源; 处理不当, 则是一种环境负担。秸秆肥料化是实现秸秆资源化的一种途径, 通过人工控制的方式以实现秸秆腐烂分解并达到稳定的目标, 最终转化为有机肥料。刘金鹏等<sup>[8]</sup>介绍了几种常见的秸秆肥料化技术, 如直接还田、焚烧还田、堆沤还田、过腹还田和堆肥。目前采用较多的是秸秆堆肥技术, 该技术的各方面正在不断完善, 有望实现集有机、无机和微生物肥料优点于一体的目标。速腐堆肥是一种高效的堆肥技术, 石阳<sup>[9]</sup>介绍

**基金项目** 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2014ZX07204-005); 国家重点研发计划(2016YFC0400806)。

**作者简介** 李傲(1992—), 男, 安徽灵璧人, 硕士研究生, 研究方向: 分散污水治理。\*通讯作者, 研究员, 博士, 从事分散污水治理研究。

**收稿日期** 2017-04-19

了滨州市邹平县与惠民县大力发展的生物秸秆反应堆技术,该技术利用高温型菌种制剂将秸秆速堆沤成高效、优质有机肥,一方面将秸秆纤维快速分解,提高农田二氧化碳含量,改善农田小气候;另一方面形成大量菌体蛋白,被植物吸收或转化为腐殖质,增加了土壤有机质。Jaffar 等<sup>[10]</sup>用质量分数 1%、3%、6%、9% 的 KOH 分别对小麦秸秆进行厌氧消化前的预处理,发现质量分数 6% 的 KOH 对厌氧消化沼渣沼液肥料的质量有较为明显的改善。

秸秆肥的应用不仅可以缓解环境压力,而且能够起到增产、增肥土地的作用。Zhao 等<sup>[11]</sup>开展了一项为期 30 年的秸秆还田对土壤微生物组成及有机成分的研究,指出秸秆肥的应用改变了土壤微生物群落结构、土壤酶活性以及有机碳含量,并对各指标的变化规律进行定量分析。

不同的秸秆肥应用方式会产生不同的效果。夏光利等<sup>[12]</sup>研究秸秆肥与化肥氮磷钾(NPK)配施对小麦产量的影响,结果发现,秸秆肥与化肥氮磷钾存在明显的正交互作用,产量由高到低依次为 MNPk、MNP、NPK、MN、NP、NM、CK(M 秸秆肥;CK 对照组)。杜连凤等<sup>[13]</sup>通过盆栽试验,研究腐熟 M<sub>1</sub>、半腐熟 M<sub>2</sub>、未腐熟 M<sub>3</sub> 3 种秸秆肥对次生盐渍化土壤的 EC 值、硝酸根离子含量及油菜生物量的影响。结果表明,M<sub>1</sub> 与 M<sub>2</sub> 均使油菜产量增加,区别在于 M<sub>1</sub> 增加土壤盐分含量的程度较高。而 M<sub>3</sub> 在增加油菜产量的同时显著降低了土壤盐分含量,减轻了土壤次生盐渍化的程度。

**1.3 农家肥** 农家肥包括堆沤肥、厩肥以及土杂肥等,是一种种类繁多、来源广、数量大、易就地取材且成本较低的有机肥。农家肥是目前农村主要的有机肥料,利用冬季闲暇时间做好农家肥堆制保肥工作是下一季作物高产的基础。李翠英<sup>[14]</sup>总结了几种以秸秆、垃圾及污泥、塘泥等有机物质和人畜粪尿为原料的农家肥堆制方法,所介绍的方法适应于气温低、农家肥不易堆积发酵的冬季,但对积肥的地点与面积、物料的尺寸比例及堆制方法均有一定的要求。

传统的农家肥堆沤腐熟法存在周期长的弊端,生产的肥料不能满足土地对有机肥的需求,如何快速高效地使农家肥腐熟成为人们研究的焦点。尹永强等<sup>[15]</sup>介绍了河池市局烟叶生产技术部门引进的有机肥腐熟技术,该技术重点在于使用有机肥腐熟剂加速农家肥分解、腐熟。腐熟剂中添加了许多有益菌种,不仅缩短了腐熟时间,而且提高了堆沤温度,在杀死病原菌、虫卵和杂草种子方面也起到一定作用,目前该技术已得到推广应用。

化肥成本在农民种植成本中占较大比重,不仅给农民造成了经济负担,而且会引发一系列环境问题。农家肥的施用对农作物产量具有一定程度的改变,武巍等<sup>[16]</sup>分析了吉林省东部白浆土农家肥施用方式对土壤肥力及玉米产量的影响,结果表明,常年施农家肥的地块土壤速效养分高于间隔 1 年与多年不施农家肥的地块,玉米产量也比多年不施农家肥的地块有显著提高。短时间施用农家肥的效果可能不明显,但从可持续的角度,农家肥的作用便凸显出来。张雪涌<sup>[17]</sup>研究粉煤灰与农家肥不同配施对降低 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、Na<sup>+</sup> 和 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

效果,以期找出最优配比,为后期朔州市盐碱地改良提供参考。杨彩玲等<sup>[18]</sup>根据已完成马铃薯相关研究,发现始终坚持以“农家肥为主,化肥为辅”的原则是宁南干旱山区马铃薯增产的关键。

**1.4 绿肥** 绿肥是一种具有中国农业特色的重要肥源,具有培肥地力、提供养分及改善生态环境的作用,这也决定了绿肥在农业发展中的重要地位。吴润等<sup>[19]</sup>对绿肥种植技术进行了综述,包括播种前种子处理、播种时田地的要求、播种时期、播种量、肥水管理、害虫防治、翻压时间与翻压量等。

李子双等<sup>[20]</sup>分别按照所处区域和所属科不同的归类标准列举出我国绿肥种质资源,同时还给出了不同气候区域应用的不同种植模式。包兴国等<sup>[21]</sup>根据甘肃省干旱灌区热量条件好,二季不足、一季有余的气候特点总结了 6 条适合甘肃干旱区绿肥作物生产利用的模式,通过种植不同种类的绿肥及采用不同的种植方式充分利用资源并创造资源。马卫萍等<sup>[22]</sup>以黄淮海地区为研究对象,搜集和引进了一批绿肥种质资源,经过 2 年的种植与详细调查,积累整理了大量数据,最终以绿肥的主要农艺性状、适应性等方面为研究标准,评选出一批综合性状好、适宜黄淮海地区粮棉套种的绿肥品种。该研究为探索更有效、更优越的新品种绿肥提供思路。

绿肥作为一种无污染的特殊肥料,不同的应用模式会对作物产量及土层性质产生不同的影响。目前种植绿肥被看成一种改善土壤性质、充分利用土地的新理念。姚致远等<sup>[23]</sup>通过 4 年田间定位试验比较了 3 种轮作方式对作物产量和土壤性质的影响,结果表明,豆类绿肥-春玉米-冬小麦轮作体系中豆类收获籽粒后,茎秆地表覆盖方式在提高小麦播前土壤储水量、稳定小麦产量、培肥土壤和降低 0~200 cm 土层硝态氮残留量方面表现较好。Zhang 等<sup>[24]</sup>在我国黄土高原开展了豆类绿肥对冬小麦生长及土壤性质影响的试验,得到每年豆类绿肥所积累的营养氮素量以及应用绿肥可以减少土壤中硝酸盐含量。Gao 等<sup>[25]</sup>基于一个涉及 4 种绿肥轮作系统的 30 年试验研究,对 4 组绿肥轮作后红水稻土壤中微生物群落进行 16S rRNA 测序,结果表明,长期施用绿肥改变了微生物的功能基因,从而改变了群落结构。

**1.5 商品有机肥** 商品有机肥的生产工艺包括原材料搜集、处理和包装 3 个主要步骤,正是由于商品有机肥生产流程的规范化,使其成本偏高。刘慧颖等<sup>[26]</sup>总结了以畜禽粪便、农作物秸秆等 6 种不同有机质为原料的商品有机肥生产方法,每一种方法中又包括几种子方法,其中以畜禽粪便为生产原料较为常见。张硕等<sup>[27]</sup>介绍了宁波市一种以新鲜猪粪为原料的商品有机肥加工工艺流程。吴建宏等<sup>[28]</sup>提出了适合西北地区利用畜禽粪便发酵生产商品有机肥的工艺,春、夏、秋季适宜选择条垛式发酵,冬季适宜选择槽式发酵。

Tortosa 等<sup>[29-30]</sup>以验证将橄榄油生产废料转化成商品有机肥的可能性为目的开展了相关试验,将废料与畜禽粪便联合发酵后,发酵物经检测确实符合制造商品有机肥的标准。之后又对废料进行相关的预处理来增强商品有机肥的肥效,如添加萃取剂、碱处理、加热处理等。

随着化肥价格的不断上涨及农民生态农业意识的逐渐增强,商品有机肥越来越受到人们的关注,而其被广泛运用也将是必然趋势。贾刚等<sup>[31]</sup>以西瓜为试材,选择当前较有代表性的3种商品有机肥,以施用普通鸡粪和不施有机肥为对照进行研究,结果表明,施用3种商品有机肥均有利于西瓜果实品质的改善,促进了西瓜果实中可溶性糖、可溶性蛋白、Vc及可溶性固形物的积累。普通鸡粪虽然也能改善西瓜品质,但施肥量较大,易对环境造成污染。

应用商品有机肥时,要根据不同种植作物选择不同种类的商品有机肥及不同的施用量。文方芳等<sup>[32]</sup>以芹菜、番茄和茼蒿为供试蔬菜,在新建设施的菜田上开展商品有机肥培肥田间试验。结果表明,施用过量商品有机肥对蔬菜产量和品质产生不良影响,不仅产量不再增加,且供试蔬菜均表现出随着施肥量增加硝酸盐增加的特征;综合培肥、产量、品质和经济效益,新建设施的菜田施用商品有机肥量应为15~30 t/hm<sup>2</sup>。

## 2 存在的问题

**2.1 农户对有机肥客观认识不足** 对有机肥客观认识不足包含2层含义:一是对有机肥规范性自产及施用技术的掌握不足;二是对施用有机肥的意义体会不够。由于尚未掌握规范性的有机肥自产及施用技术,又缺乏恰当的技术指导,使得农户在制备与施用有机肥期间产生如恶臭气体释放、渗滤液下渗、秸秆焚烧、绿肥种植技术落后、因错误施肥导致害虫大量繁殖等营养流失、资源利用率低、环境污染及施肥方法不科学的现象。

化肥简单、高效及省工的施用优点对农户的影响较深较久,造成农户对养分含量低、见效慢及费工等特点的有机肥主观摒弃。随着新型城镇化的发展、劳动力成本逐渐升高及农村劳动力的转移,农户自产与施用有机肥的成本越来越高,致使有机肥的利用率持续处于较低水平,进一步阻碍了农户对长期施用化肥造成土壤板结恶化,对长期施用有机肥能够改良土壤结构与能力、提高作物产量等的认识。

**2.2 生产技术落后,未形成标准化体系** 国内有机肥生产技术相对落后,部分现有的生产核心技术与设备仪器主要依赖进口,投资较大,且尚未形成标准化的生产技术体系,致使技术种类较多,水平不一,生产工艺与技术难以推广,有机肥质量难以保证。在没有标准体系作为参考的背景下,一些企业为了达到节约成本的目的,存在基础设施简陋、肥料加工不彻底、产品性能差、以次充好甚至产生二次污染的现象,这都将影响有机肥产业的健康发展。

**2.3 政府的指引与支持力度不足** 一方面,有机肥生产利用的配套政策尚未完善,政府尚未完全把有机肥的生产利用与项目结合起来,导致资金投入有限,加上缺乏市场机制的引导,使得资金分配不合理,不能有效地整合我国科研力量。另一方面,缺少对有机肥料生产企业健康持久的扶持政策、有机肥不能享受化肥的铁路运输优惠政策、不具诱导力的有机肥补贴政策等不充分的支持力度将难以提高有机肥的竞争力。

## 3 建议

**3.1 畜禽粪便类有机肥** 一方面应完善畜禽养殖饲料中添加剂和抗生素的量及其污染物排放的标准体系;另一方面探索 and 开发重金属污染治理和环境修复技术,研发高效降解复合菌种,提高降解效果,加强无害化处理,减少重金属、臭味和温室气体的排放。

**3.2 秸秆肥** 增强秸秆处理的自动化程度与精细加工程度,加快秸秆还田机械新产品的研制,力求实现机械与科学施肥相结合,从根本上解决快速腐解秸秆的难题。

**3.3 农家肥** 政府可以通过媒体来宣传农家肥制备的规范流程,委派专业技术人员上门指导教学,避免不规范的制备方法,造成二次污染甚至危害人身健康现象的发生。

**3.4 绿肥** ①探索新型绿肥种植技术,利用绿肥在旱地或贫瘠地带开辟新区域,同时还能起到防止水土流失的作用;②由政府建设绿肥种子基地,确保绿肥种子的质量,并以较低的价格供应给农户。

**3.5 商品有机肥** ①政府应认识到推动商品有机肥对环境保护与农业可持续发展的重大意义,应加大财政投入,完善对有机肥生产企业的扶持政策,大力支持企业对先进技术、设备及工艺的引进,力求在产品运输方面尽可能地降低成本。对农户使用有机肥料进行一定的补贴,巩固有机肥的使用意识。②政府把关,从食品安全与环境安全的角度,提高商品有机肥企业的入行标准,企业必须具备专业的生产设备与系统性的生产流程。采取信誉营销与奖赏补贴制度,对于制造不合格产品的企业给予严厉打击,并要求其整改。确保商品有机肥的出厂质量及其在群众中的口碑,消除有机肥替代化肥可能存在环境污染危险的障碍。

**3.6 其他相关建议** ①可以通过建立有机肥核心示范区及有机肥施用平台的方式来引导农户走出对有机肥认识的误区,转变影响较深的“化肥”观念。通过示范区将有机肥的施用方法与施用效果全方位、多角度地以一种易接受的宣传方式展现出来,以达到转变观念的目的;通过施用平台针对不同土壤成分与作物,制订不同的施肥方式与施肥量,以达到灵活指导、正确施用的目的。②加强科技攻关,探索研发先进的有机肥生产技术与工艺,分析国内研究进展与成果,逐步制订出一套系统性、符合实际生产情况的技术体系,并以此为标准对国内有机肥生产技术进行规范化管理。③政府需构建覆盖“收储运-生产处理-产品销售”全产业链体系。在兼顾农户利益、企业盈利、政府解决污染的原则下,将各链条规模化,促进有机肥产业的大型化转型。如政府引导资助企业对片区有机肥原材料进行搜集,然后进行工厂化加工,根据每家每户提供原材料的质量与数量,返还给农户相应量的商品有机肥。企业在政府补贴的情况下,还可以再保留稍高于生产成本价格的商品有机肥。该流程不仅将资源回归土地,还保护了片区的环境。

## 4 结语

有机肥料的合理使用,既能防治环境污染,又能利用再生资源,对缓解资源紧张、改善土壤结构、提高作物产质量等

方面具有重要意义。而解决有机肥生产与应用中遇到的农户认识不足、生产技术与工艺不成熟以及政府引导力度不够等问题,是实现有机肥产业健康发展的重要环节,是农业可持续发展的保证,是值得国家大力倡导、农民大力支持的项目。

### 参考文献

- [1] 王昌全,谢德体,李冰,等.不同有机肥种类及用量对芹菜产量和品质的影响[J].中国农学通报,2005,21(1):192-195.
- [2] 杨帆,李荣,崔勇,等.我国有机肥料资源利用现状与发展建议[J].中国土壤与肥料,2010(4):77-82.
- [3] 严勃,葛诚,贾小红,等.利用畜禽粪便加工有机肥 发展生态农业[C]//“畜禽养殖生态园建设及其他”学术研讨会论文集.成都:四川省环境科学学会,2008.
- [4] 刘波,张春雨,赖宪明,等.利用生物菌剂处理畜禽粪便生产有机肥料技术的研究[J].黑龙江畜牧兽医,2007(10):102-103.
- [5] 王洪志,杨克美,陈世中,等.规模养殖场畜禽粪便无害化处理和有机肥料加工技术[J].西南民族大学学报(自然科学版),2013,39(2):151-156.
- [6] 王良梅,刘洋.江苏省畜禽粪便污染及资源化利用[J].环境科学与管理,2008,33(8):172-177.
- [7] 汪雨婷,马友华,储茵,等.畜禽粪便废弃物处理与低碳技术应用[J].农业环境与发展,2010,27(5):57-60.
- [8] 刘金鹏,鞠美庭,刘英华,等.中国农业秸秆资源化技术及产业发展分析[J].生态经济,2011(5):136-141.
- [9] 石阳.农作物秸秆综合利用研究及其在滨州市的示范应用[D].济南:山东大学,2012.
- [10] JAFFAR M, PANG Y Z, YUAN H R, et al. Wheat straw pretreatment with KOH for enhancing biomethane production and fertilizer value in anaerobic digestion[J]. Chinese journal of chemical engineering, 2016, 24(3): 404-409.
- [11] ZHAO S C, LI K J, ZHOU W, et al. Changes in soil microbial community, enzyme activities and organic matter fractions under long-term straw return in north-central China[J]. Agriculture, ecosystems & environment, 2016, 216:82-88.
- [12] 夏光利,毕君,张萍,等.腐熟秸秆与化肥氮磷钾配施对小麦增产效应初探[J].耕作与栽培,2001(5):58-59.
- [13] 杜连凤,刘文科,刘建玲.三种秸秆有机肥改良土壤次生盐渍化的效果及生物效应[J].土壤通报,2005,36(3):309-312.
- [14] 李翠英.冬季农家肥的积制方法[J].农村青年,2015(1):61-63.
- [15] 尹永强,邓明军.农家肥快速腐熟有“新招”[J].广西烟草,2007(2):

- 26.
- [16] 武巍,方向前,蔡玉红,等.吉林省东部白浆土施用农家肥对玉米产量的影响[J].现代农业科技,2015(8):22.
- [17] 张雪涌.粉煤灰与农家肥混合改良盐碱地效果研究[J].中国农业信息,2015(5):74-75.
- [18] 杨彩玲,厚俊,魏国宁,等.宁南干旱山区农家肥为主、化肥为辅是马铃薯增产的施肥原则[J].科技视界,2013(9):31.
- [19] 吴润,戴志刚,耿明建,等.湖北省绿肥种植技术要点[J].农技服务,2014,31(7):268.
- [20] 李子双,廉晓娟,王薇,等.我国绿肥的研究进展[J].草业科学,2013,30(7):1135-1140.
- [21] 包兴国,曹卫东,杨文玉,等.甘肃省绿肥生产历史回顾及发展对策[J].甘肃农业科技,2011(12):41-44.
- [22] 马卫萍,苏宝新,李志杰,等.黄淮海地区绿肥种质资源的筛选与评价[J].华北农学报,2010,25(S1):75-79.
- [23] 姚致远,王峰,李婧,等.轮作及绿肥不同利用方式对作物产量和土壤肥力的影响[J].应用生态学报,2015,26(8):2329-2336.
- [24] ZHANG D B, YAO P W, ZHAO N, et al. Contribution of green manure legumes to nitrogen dynamics in traditional winter wheat cropping system in the Loess Plateau of China[J]. European journal of agronomy, 2016, 72:47-55.
- [25] GAO S J, ZHANG R G, CAO W D, et al. Long-term rice-rice-green manure rotation changing the microbial communities in typical red paddy soil in South China[J]. Journal of integrative agriculture, 2015, 14(12):2512-2520.
- [26] 刘慧颖,柳云波,徐冰.几种商品有机肥生产技术和发展趋势[J].杂粮作物,2004,24(3):171-173.
- [27] 张硕,陆正松,周志峰,等.畜禽粪便无害化处理和商品有机肥加工技术[J].浙江农业科学,2004(5):290-291.
- [28] 吴建宏,王静,党升荣,等.利用畜禽粪便发酵生产商品有机肥料的工艺研究[J].化肥工业,2014,41(1):19-21.
- [29] TORTOSA G, ALBURQUERQUE J A, AIT-BADDI G, et al. The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste (“alperujo”)[J]. Journal of cleaner production, 2012, 26:48-55.
- [30] TORTOSA G, ALBURQUERQUE J A, BEDMAR E J, et al. Strategies to produce commercial liquid organic fertilisers from “alperujo” composts[J]. Journal of cleaner production, 2014, 82:37-44.
- [31] 贾刚,王秀峰.商品有机肥对温室西瓜果实品质的影响[J].安徽农业科学,2006,33(10):1823-1824.
- [32] 文方芳,韩宝,金强,等.商品有机肥施用量对新建设施菜田土壤培肥与作物生长影响的研究[J].中国农技推广,2013(4):24-26.

### 名词解释

扩展他引率:指该期刊全部被引次数中,被其他刊引用次数所占的比例。具体算法为:

$$\text{扩展他引率} = \frac{\text{被其他刊引用的次数}}{\text{期刊被引用的总次数}}$$

扩展引用刊数:引用被评价期刊的期刊数,反映被评价期刊被使用的范围。

扩展学科扩散指标:指在统计源期刊范围内,引用该刊的期刊数量与其所在学科全部期刊数量之比。

$$\text{扩展学科扩散指标} = \frac{\text{引用刊数}}{\text{所在学科期刊数}}$$

扩展学科扩散指标:指期刊所在学科内,引用该刊的期刊数占全部期刊数量的比例。

$$\text{扩展学科扩散指标} = \frac{\text{所在学科内引用被评价期刊的数量}}{\text{所在学科期刊数}}$$

扩展被引半衰期:指该期刊在统计当年被引用的全部次数中,较新一半是在多长一段时间内发表的。被引半衰期是测度期刊老化速度的一种指标,通常不是针对个别文献或某一组文献,而是对某一学科或专业领域的文献的总和而言的。