

蔬菜废弃物的堆肥化处理技术研究进展

李 扬, 李 彦 明

(中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193)

摘 要:我国是世界蔬菜大国,同时每年也产生了大量蔬菜废弃物。蔬菜废弃物如果处理不当,不仅造成资源的浪费,还会导致环境污染问题。好氧堆肥法是目前有机废弃物无害化和资源化利用的有效途径,鉴于蔬菜废弃物的特殊性质,现从利用现状、堆肥工艺、参数优化及质量提升等方面做了总结,以期对蔬菜废弃物堆肥化处理研究提供依据。

关键词:蔬菜废弃物;资源化;好氧堆肥

中图分类号:X 712 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)19-0180-05

我国作为世界蔬菜大国,不论从蔬菜种植面积还是蔬菜总产量来讲,均居世界第一位。2007年中国蔬菜收获面积及产量分别占世界的43%和49%,总产量5.65亿t(FAO统计),并且都有逐年增加的趋势。到2013年我国蔬菜种植面积达2 089.9万hm²,年产量达7.35亿t(中华人民共和国国家统计局,2014)。伴随着庞大的蔬菜产业,其背后的蔬菜废弃物处理问题也受到了越来越多的关注。

国外发达国家蔬菜多为集中化、规模化生产,机械化程度高,蔬菜废弃物易于收集,其回收再利用体系也较完善^[1]。而我国蔬菜产区分散,且蔬菜种类繁多导致废弃物性质差异大,回收利用率不高。我国蔬菜废弃物最常见的处理方式是弃置田间地头,这样不仅极易腐烂发臭、滋生细菌,而且其所含的矿质元素会随着地表径流污染水资源和土壤资源,对生态环境造成负面影响。堆肥化被认为是蔬菜废弃物无害化处理和资源化利用的一种有效途径^[2],该研究综述了蔬菜废弃物的堆肥工艺、条件优化、氮素控制以及污染物去除等方面,以期对蔬菜废弃物的资源化利用提供依据。

1 蔬菜废弃物的特点

蔬菜废弃物指的是蔬菜产品收获及加工过程中丢弃的无商品价值的根、茎、叶、烂果及尾菜等^[3],特点是含水率高,可达90%左右;高的生物降解率、基本无毒害、富含有机物和营养成分等。尾菜以干基计算含氮量在3%~4%,总磷含量为0.3%~0.5%,钾含量为1.8%~5.3%,其营养成分与天然有机肥料相当^[3]。近几年来,

我国蔬菜废弃物产生量逐年增长,2012年蔬菜废弃物已接近2.0亿t(中国农村统计年鉴,2012)。蔬菜废弃物产生量巨大且蕴含丰富的养分资源,其合理化利用显得愈加重要。

蔬菜废弃物C/N比为7.0~21.3,与大田作物秸秆如水稻、玉米、小麦秸秆相比相对较小;有机质含量为428.4~674.3g/kg;固体物含量较少^[4]。

2 蔬菜废弃物的利用现状

有调查表明,北京市2007年菜田/瓜田类废弃物中70%的废弃物未经任何处理而随意堆放^[5],蔬菜废弃物的循环利用率更是不足20%。如果不对蔬菜废弃物进行回收利用,不仅造成巨大的资源浪费,还会因处理不当而对环境造成污染,所以蔬菜废弃物的资源化利用显得尤为重要。目前我国的蔬菜废弃物处理主要有直接还田、生产饲料、生产沼气和生产堆肥4种方式。

2.1 生产堆肥

堆肥化可以将有机废弃物转变为稳定的腐殖质,是变废为宝的过程,堆肥产品是一种良好的土壤改良剂和有机肥料。好氧堆肥堆体温度高,一般为50~65℃,可以最大限度地杀灭病原菌,达到废弃物的无害化处理;同时对有机质的降解速度快,是处理蔬菜废弃物的有效方法。席旭东等^[6]研究了白菜、花椰菜、甘蓝等蔬菜废弃物的堆肥试验,结果表明好氧处理温度上升快、持续时间长,含水率下降快,腐熟程度好。张静等^[7]以蔬菜垃圾和破碎树枝为原料采用条垛式堆肥工艺,提出了适合我国村镇区域应用条件的最优控制方案。张相锋等^[8]利用蔬菜废物和花卉废物进行联合堆肥,可以在45d内获得高质量的堆肥产品,且堆肥产品返还土壤能有效减少固体废物非点源污染、提高土壤肥力。

堆肥化处理作为一种环境友好型的方式来处理并利用有机废弃物已得到越来越多的关注^[9]。研究蔬菜

第一作者简介:李扬(1991-),女,山西晋中人,硕士研究生,研究方向为有机废物高效资源化利用。E-mail:lyre101@163.com.

责任作者:李彦明(1976-),男,博士,副教授,现主要从事固体废物资源化处理等研究工作。E-mail:liyym@cau.edu.cn.

收稿日期:2015-06-16

废弃物的堆肥处理不仅可以满足有机农业对肥料的要求,而且还可以解决蔬菜废弃物的环境污染问题,对实现循环利用、节约资源和保护环境意义重大。但由于蔬菜废弃物的特殊性质,在堆肥处理中还存在许多问题,如蔬菜废弃物含水率过高,使堆体难以加热;含氮量高而 C/N 比低,在堆肥过程中易发生氮素损失而降低堆肥质量等等。这些都需要采取进一步的优化措施来完善蔬菜废弃物的堆肥体系。

2.2 其它处理方式

蔬菜残体 C/N 比低于大田作物秸秆,比较适合直接还田^[10]。直接还田操作工艺简单,但容易造成环境污染。特别是在夏季高温时期,废弃物容易腐烂造成有害病原菌传播。蔬菜残体含有较高的有机质,经过适当的技术处理可生产饲料。张继等^[11]利用高山娃娃菜废弃物为原料,结合麸皮并添加微生物菌剂可生产饲料蛋白。但是生产饲料要求加热操作以降低水分,同时也降低了废弃物的可消化性和营养价值并增加了处理成本^[12]。

蔬菜废弃物被广泛研究的另一种处理方式为厌氧消化生产沼气。沼气发酵工艺使蕴藏在废弃物中的能量转化为沼气用来燃烧或发电,是重要的生物质能利用技术之一;同时厌氧消化反应设备密闭,可控制恶臭的散发,近年来在有机废弃物处理方面得到了大量应用。左壮^[13]采用全混式和固定床生物膜反应器组成的两相系统对蔬菜厌氧消化产沼气过程进行了研究,表明两相系统可在更高的有机负荷下稳定运行。刘荣厚等^[14]以废弃的甘蓝菜叶为原料进行了厌氧发酵试验,结果表明蔬菜废弃物用厌氧发酵工艺处理是可行的,但消化产气量和沼气中甲烷含量没有猪粪原料多。厌氧消化法设备较复杂,依赖于高效反应器的开发利用,而且终产物的废水、废渣需要二次处理,成本高^[15]。我国目前的沼气工程局限于小型沼气池,大中型沼气池因投资较大,管理麻烦而不易推广^[4]。

3 蔬菜废弃物堆肥的主要工艺

堆肥系统有多种分类方法,一般分为条垛式堆肥系统、强制通风静态堆肥系统和发酵仓系统。条垛式堆肥是一种最古老的堆肥系统,其特点是定期采用人工或机械方式进行翻堆来保持堆体内的有氧状态,最常见的条垛形状是宽 3~5 m、高 2~3 m 的梯形条垛,条垛堆肥一次发酵周期为 1~3 个月^[16]。尽管条垛式堆肥系统设备简单,成本较低,但堆腐周期长,且因受环境(如气温、雨水、通风等)影响氮素的损失更为严重^[17]。强制通风静态堆肥则省去了翻堆的繁杂步骤,通过鼓风机通风使堆体保持好氧状态,相比而言能更有效地确保达到高温,但其也易受气候条件的影响。发酵仓系统是将堆肥物料置于部分或完全封闭的容器内进行发酵,机械化、自动化程度高。该系统占地面积较小,堆肥过程不会受气候条件的影响,但建设投资和运行维护费用较高。

在实际操作中,不论选择哪种堆肥系统,供氧方式都是最重要的工艺条件之一。随着研究的深入,供氧方式也得到了不断发展和革新。如强制通风与人工翻堆常结合使用,以达到废弃物堆肥处理的高效化。朱能武等^[18]研究开发了基于温度-时间的工业控制计算机好氧堆肥通风控制系统,能保证堆肥过程的顺利进行,降低了堆肥系统的运行费用,适合在大中型畜禽场推广使用。文昊深^[19]提出城市生活垃圾的发酵仓式高温好氧堆肥中,采用水平供气方式的堆体高温持续时间长于传统的底部供气方式;采用高频率通风方式的堆体高温持续时间、有机质含量和 C/N 比的减少情况均优于低频率的通风方式。还有研究发现被动通风和强制通风都可以使堆肥达到稳定化的温度 55℃,但是被动通风产生的温度峰值在 57~65℃,而强制通风温度可达到 70℃^[20],这对于蔬菜废弃物堆肥中病毒病的灭活具有十分重要的参考价值。

4 蔬菜废弃物堆肥的技术参数与优化

4.1 物料配比

蔬菜废弃物由于含有较高的水分,不能直接用于堆肥,而且单纯地以蔬菜废弃物堆肥,其中养分不足以提供植物生长所需。因此采用混合原料进行蔬菜废弃物的堆肥处理,可以加快腐熟进程,得到更高质量的堆肥产品,并且这一过程与废弃物原料的种类和组成都密切相关^[1]。

碳和氮的合理配比是决定堆肥成败的关键因素,堆肥原料的 C/N 一般在 20~40 之间比较适宜。通常蔬菜废弃物的 C/N 为 10 左右,因此需要添加 C/N 值高的大田作物秸秆使其达到适宜范围。蔬菜废弃物也可与畜禽粪便、污泥或生活垃圾混合堆肥以调整 C/N。含水率则与堆体的温度密切相关,在处理基料含水率方面,通常都采取将蔬菜废弃物和其它物料晾晒的方法,使基料的含水率降至 60%~70%后进行堆肥^[15]。有研究表明 65%含水率的堆料可获得并保持较高的堆温,有利于病原菌的杀灭^[21]。

李剑^[4]将蔬菜废弃物和畜禽粪便并添加一定量的粉碎秸秆进行堆肥,指出在粪肥比例一定的前提下,蔬菜废弃物与秸秆比例在 10:40~20:30 较好,可获得腐熟度高的堆肥。龚建英等^[5]在蔬菜残体中添加小麦秸秆和鸡粪进行条垛堆肥可以获得较高的堆肥温度,且水分的脱除效果也较好。有研究表明蔬菜、水果和园林废弃物的混合堆肥应用于砂壤土的玉米单作,能在节约大量无机氮肥料的同时获得理想的干物质产量,并且施用堆肥的玉米中具有更高的氮浓度^[22]。因此,进行多种物料的联合堆肥对于优化堆肥条件、提高堆肥品质具有重要意义,联合堆肥不仅能同时处理几种不同的有机废弃物,更重要的是它能通过综合利用多样化的废弃物性质来增强堆肥质量^[23]。除此之外,当 2 种或更多有机废弃

物同时堆肥时可以缩短发酵时间^[24]。

4.2 微生物接种剂

在堆肥过程中为加快堆肥进程、缩短堆肥时间常采用接种外源微生物的方法。如腐熟堆肥、畜禽粪便、活性污泥等都富含微生物,也可直接接种微生物菌剂。接种微生物促进堆肥腐熟的机理有:扩大堆肥初期微生物的群体,增强微生物的降解活性;缩短达到高温期的时间;接种分解有机物质能力强的微生物^[25]。

陈活虎等^[26]通过接种不同比例的腐熟堆肥进行了蔬菜废弃物高温好氧降解试验,结果表明在一定水平内增加腐熟堆肥接种比例有利于提高有机物的好氧降解率,且腐熟堆肥接种对堆肥过程中的微生物演化规律影响明显。CHEN等^[27]也在果蔬废弃物堆肥中以腐熟堆肥为接种剂,发现有助于堆肥的体积减少、臭味去除和肥料生产。龚建英等^[5]指出添加微生物菌剂和鸡粪可降低堆肥产品对后茬植物发芽和生长的不良抑制。莫舒颖^[10]在结球甘蓝、番茄和黄瓜的混合蔬菜残株中接种不同的菌剂进行静态箱式堆肥,结果表明接种菌剂的处理有机质降解速率高,腐殖酸含量高,且均达到对植物基本无毒性的要求。李剑^[4]也验证了接种不同微生物发酵菌剂有利于提高蔬菜废弃物的堆肥效果。

5 堆肥产品的质量提升

5.1 氮素损失与控制

蔬菜废弃物含氮量高 C/N 低,氮元素是影响其堆肥进程、效果和品质的重要因素。高含氮量的有机废物在堆肥中容易导致氮素损失,降低堆肥产品的农用价值,同时含氮气体的释放又会造成环境污染^[28]。堆肥中绝大部分的氮损失是由氨挥发所致,占总氮损失的 46.8%~92.0%^[29],同时也有少部分通过硝态氮的淋洗和反硝化脱氮而损失。其中反硝化作用导致总氮的 0.02%~9.90%以 N_2O 的形式释放^[30],使得堆肥过程对温室气体也产生重要影响。

影响氮素损失的因素有很多,如温度、pH 值、通风量、C/N 等,许多学者通过改变工艺条件来达到减少氨挥发的目的。高温、高 pH 值都能促进氨的挥发,PA-GANS 等^[31]指出 pH 值在实际的堆肥过程中很难控制,而温度在满足卫生要求的情况下能通过改变通风方式和翻堆频率加以控制。有研究表明氨气释放随着曝气率的降低而减少,但过低的曝气率难以达到高温阶段而对堆肥不利^[32]。OGUNWANDE 等^[33]通过改变 C/N 和翻堆频率研究了鸡粪堆肥中的氮损失,得出了 2 个因素的最优组合为 C/N25,翻堆频率 4 d 一次。贺琪等^[34]设置了 4 种不同 C/N 处理的自然通风堆肥试验,结果表明 C/N 越低氮素损失越高,高 C/N 的堆肥铵态氮不仅损失少,而且向有机氮转化。也有学者指出简单地通过改变堆体规模可以影响气体排放,可能是堆体规模的不同造成堆体内部形成的厌氧位点的数量和大小不同

所致^[35]。

除了调控工艺过程,外源物质的添加如腐熟堆肥、化学添加剂、微生物菌剂等可以改变堆肥过程从而对氮素转化产生影响。LUO 等^[36]通过将腐熟堆肥与原材料以覆盖、混合、覆盖+混合的处理方式进行堆肥,指出腐熟堆肥的添加能有效控制堆肥过程中的气体排放。硫酸铝和磷酸被证明可以显著地减少猪粪堆肥中的氨挥发,使得终产物有更高的氮浓度,但尽管这样堆肥过程中的氮损失也达到了 47%^[37]。也有研究表明添加填充剂可减少厨余垃圾堆肥中 N_2O 的排放,但对 NH_3 的释放没有多大的影响^[38]。添加微生物菌剂可以调控堆肥过程中的碳氮代谢,减少含氮类物质分解为铵态氮后以气态氨挥发的机会^[39]。陈晓飞等^[40]在以西红柿蔓和牛粪为原料的堆肥中添加自制的腐熟菌剂,发现添加菌剂组 NH_3 释放量较未添加菌剂组要少,有助于提高有机肥质量。也有研究表明接种专门的氮转化微生物菌剂如固氮菌等可以提高堆肥的含氮量,同时也增加了堆肥中的菌群数量而使之成为优良的生物活性肥料^[41]。

尽管采取不同的措施可以有效调控堆肥过程中的氮素损失,但每种措施都有其一定的局限性,如高温不利于保氮,但却是堆肥无害化处理的必需要求;减小通风速度可以降低氨挥发但也限制了氧气的供应;提高 C/N 比可以降低氮素损失但延长了堆肥的腐熟;化学添加剂成本高等。在实际应用中还要综合考虑各方面的因素探索适合的保氮方法。

5.2 污染物去除

进行蔬菜废弃物堆肥需要考虑的污染物问题主要有 2 类:一是有机污染物包括农药残留等;二是一些有害病原菌及病毒病等。堆肥中有机污染物的降解主要依赖于接种菌剂。和丽忠等^[42]研究了蔬菜废弃物堆肥中微生物菌剂对农药残留量变化的影响,结果表明,与对照相比添加 3 种菌剂的好氧处理甲胺磷含量分别降低了 68.13%、59.06%、63.16%;乙酰甲胺磷含量分别降低了 84.87%、70.42%、77.21%,效果明显。好氧堆肥所达到的高温阶段(50~60℃)能有效杀灭病原菌,但蔬菜病毒病所需的致死温度范围为 65~70℃,因此蔬菜废弃物堆肥有必要进一步提高堆体温度来实现真正的无害化处理。

6 结语

该研究针对我国蔬菜废弃物资源浪费和环境污染问题,综述了好氧堆肥法对蔬菜废弃物无害化处理的研究进展,提出了目前在堆肥工艺、堆肥参数及质量提升等方面采取的优化措施,为今后深入研究提供方向:(1)堆肥工艺方面应继续探索更有效的供氧方式,提高堆肥系统的机械化和自动化程度。(2)蔬菜废弃物堆肥的氮素损失研究少见报道,应借鉴畜禽粪便或污泥堆肥的控制措施,提高蔬菜废弃物堆肥产品的质量。(3)鉴于微

生物菌剂可以加快堆肥进程、减少氮素损失以及有效降解农药残留等,可以对微生物菌剂进行进一步的研究,并筛选特定的微生物来达到更好的效果。蔬菜废弃物的堆肥研究有助于真正实现我国蔬菜产业的清洁生产 and 循环利用,将会是持续关注的热点。

参考文献

- [1] 王丽英,吴硕,张彦才,等.蔬菜废弃物堆肥化处理研究进展[J].中国蔬菜,2014(6):6-12.
- [2] YOGEV A,RAVIV M,HADAR Y,et al. Induced resistance as a putative component of compost suppressiveness[J]. Biological Control,2010,54(1):46-51.
- [3] 黄鼎曦,陆文静,王洪涛.农业蔬菜废物处理方法研究进展和探讨[J].环境污染治理技术与设备,2002,3(11):38-42.
- [4] 李剑.蔬菜废弃物堆肥技术参数的优化研究[D].上海:上海交通大学,2011.
- [5] 龚建英,田锁霞,王智忠,等.微生物菌剂和鸡粪对蔬菜废弃物堆肥化处理的影响[J].环境工程学报,2012,6(8):2813-2816.
- [6] 席旭东,晋小军,张俊科.蔬菜废弃物快速堆肥方法研究[J].中国土壤与肥料,2010(3):62-65.
- [7] 张静,何晶晶,邵立明,等.分类收集蔬菜垃圾与植物废弃物混合堆肥工艺实例研究[J].环境科学学报,2010,30(5):1011-1015.
- [8] 张相锋,王洪涛,聂永丰.高水分蔬菜废物和花卉废物批式进料联合堆肥的中试[J].环境科学,2003,24(5):146-150.
- [9] ZHANG L,SUN X Y. Changes in physical,chemical,and microbiological properties during the two-stage co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar[J]. Bioresource Technology,2014,171:274-284.
- [10] 莫舒颖.蔬菜残株堆肥化利用技术研究[D].北京:中国农业科学院,2009.
- [11] 张继,武光朋,高义霞,等.蔬菜废弃物固体发酵生产单细胞蛋白[J].西北师范大学学报,2007,43(4):85-89.
- [12] ESTEBAN M B,GARCIA A J, RAMOS P, et al. Evaluation of fruit-vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets[J]. Waste Management,2007,27(2):193-200.
- [13] 左壮.蔬菜废弃物厌氧消化产酸特性及回流调控研究[D].北京:中国农业大学,2014.
- [14] 刘荣厚,王远远,孙辰,等.蔬菜废弃物厌氧发酵制沼气的试验研究[J].农业工程学报,2008,24(4):209-213.
- [15] 徐瑞,于安芬,李瑞琴,等.蔬菜废弃物堆肥研究进展[J].甘肃农业科技,2014(7):44-46.
- [16] 李艳霞,王敏,王菊思,等.固体废弃物的堆肥化处理技术[J].环境污染治理技术与设备,2000,1(4):39-44.
- [17] 陈文浩,王彦杰,荆瑞勇,等.微生物菌剂对条垛式堆肥中氮素变化的影响[J].农机化研究,2011(12):179-182.
- [18] 朱能武,邓昌彦,熊远著,等.基于温度-时间的好氧堆肥通风控制系统的设计与运行效果[J].农业工程学报,2003,19(4):282-285.
- [19] 文昊深.城市生活垃圾高温好氧堆肥工艺优化研究[D].重庆:重庆大学,2004.
- [20] BARRINGTON S,CHOINIERE D,TRIGUI M,et al. Compost convective airflow under passive aeration[J]. Bioresource Technology,2003,86(3):259-266.
- [21] 李秀金,董仁杰.粪草堆肥特性的试验研究[J].中国农业大学学报,2002,7(2):31-35.
- [22] NEVENS F,REHEUL D. The application of vegetable,fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture: nitrogen availability and use[J]. European Journal of Agronomy,2003,19(2):189-203.
- [23] PAREDES C,BERNAL M P,CEGARRA J,et al. Bio-degradation of olive mill wastewater sludge by its co-composting with agricultural wastes[J]. Bioresource Technology,2002,85(1):1-8.
- [24] DAS M,UPPAL H S,SINGH R,et al. Co-composting of physic nut (*Jatropha curcas*) deoiled cake with rice straw and different animal dung[J]. Bioresource Technology,2011,102(11):6541-6546.
- [25] 李国学,李玉春,李彦富.固体废物堆肥化及堆肥添加剂研究进展[J].农业环境科学学报,2003,22(2):252-256.
- [26] 陈活虎,何晶晶,吕凡,等.腐熟堆肥接种对蔬菜废物中高温好氧降解过程的影响[J].环境化学,2006,25(4):444-447.
- [27] CHEN C Y,KUO J T,CHUNG Y C. Effect of matured compost as an inoculating agent on odour removal and maturation of vegetable and fruit waste compost[J]. Environmental Technology,2013,34(3):313-320.
- [28] 杨延梅,张相锋,杨志峰,等.厨余好氧堆肥中的氮素转化与氮素损失控制研究[J].环境科学与技术,2006,29(12):54-56.
- [29] BARRINGTON S,CHOINIERE D,TRIGUI M,et al. Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses[J]. Bioresource Technology,2002,83(3):189-194.
- [30] JIANG T,SCHUCHARDT F,LI G X,et al. Effect of C/N ratio,aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting[J]. Journal of Environmental Sciences,2011,23(10):1754-1760.
- [31] PAGANS E,BARRENA R,FONT X,et al. Ammonia emissions from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature[J]. Chemosphere,2006,62(9):1534-1542.
- [32] SHEN Y J,REN L M,LI G X,et al. Influence of aeration on CH₄, N₂O and NH₃ emissions during aerobic composting of chicken manure and high C/N waste mixture[J]. Waste Management,2011,31(1):33-38.
- [33] OGUNWANDE G A,OSUNADE J A,ADEKALU K O,et al. Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency[J]. Bioresource Technology,2008,99(16):7495-7503.
- [34] 贺琪,李国学,张亚宁,等.高温堆肥过程中的氮素损失及其变化规律[J].农业环境科学学报,2005,24(1):169-173.
- [35] FUKUMOTO Y,OSADA T,HANAJIMA D,et al. Patterns and quantities of NH₃, N₂O and CH₄ emissions during swine manure composting without forced aeration-effect of compost pile scale[J]. Bioresource Technology,2003,89:109-114.
- [36] LUO W H,YUAN J,LUO Y M,et al. Effects of mixing and covering with mature compost on gaseous emissions during composting[J]. Chemosphere,2014,117:14-19.
- [37] DELAUNE P B,MOORE P A,DANIEL T C,et al. Effect of chemical and microbial amendments on ammonia volatilization from composting poultry litter[J]. Journal of Environmental Quality,2004,33(2):728-733.
- [38] YANG F,LI G X,YANG Q Y,et al. Effects of bulking agents on maturity and gaseous emissions during kitchen waste composting[J]. Chemosphere,2013,93(7):1393-1399.
- [39] 黄向东,韩志英,石德智,等.畜禽粪便堆肥过程中氮素的损失与控制[J].应用生态学报,2010,21(1):247-254.
- [40] 陈晓飞,呼世斌,张婷敏.微生物菌剂对农业废弃物腐熟进程影响研究[J].农机化研究,2012(4):198-201.
- [41] 石春芝,蒲一涛,郑宗坤,等.垃圾堆肥接种固氮菌对堆肥含氮量的影响[J].应用与环境生物学报,2002,8(4):419-421.
- [42] 和丽忠,陈喜,陈锦玉,等.蔬菜废弃物无害化处理农药残留量变化研究[J].西南农业学报,2006,19(增刊):125-128.

DOI:10.11937/bfyy.201519046

芦荟多糖结构及其保湿活性研究进展

谢 丹¹, 钱 洁², 赵 俊 婧¹, 王 巧 娥¹, 董 银 卯¹

(1. 北京工商大学 理学院, 北京市植物资源研究开发重点实验室, 北京 100048; 2. 科玛化妆品(北京)有限公司, 北京 101400)

摘 要: 芦荟多糖的化学结构复杂, 目前的研究大多认为主要是部分乙酰化的 β -(1 \rightarrow 4)-甘露聚糖和葡-甘露聚糖结构, 同时还含有少量的鼠李糖、半乳糖、半乳糖醛酸、岩藻糖、阿拉伯糖、木糖等。芦荟多糖具有优良的保湿活性, 并基于皮肤天然保湿系统发挥作用。芦荟多糖的结构与其保湿活性之间的关系有待于进一步研究。现综述了近年来国内外芦荟多糖的结构鉴定及保湿活性方面的研究进展, 为其功效研究及应用提供参考。

关键词: 芦荟多糖; 结构; 保湿活性

中图分类号: TQ 658 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2015)19-0184-04

芦荟(*Aloe vera* var. *chinensis* (Haw.) Berg) 属百合科芦荟属多年生草本植物, 品种众多, 史料记载其应用已有 4 000 多年, 被人们誉为“神奇的植物”^[1]。研究发现, 芦荟富含多种生物活性物质, 其中多糖作为最主要的活性成分, 具有皮肤保湿、抗癌、抗辐射、抗衰老、抑菌消炎、提高免疫力等药理作用^[2-7]。芦荟多糖主要存在于芦荟叶皮内的透明粘状凝胶部分, 是由不同的单糖以不同比例和顺序通过糖苷键连接而成的聚合物, 组成和结构复杂, 且随芦荟品种、采收季节、生长环境及提取技术等的不同而变化^[8-9]。目前发现芦荟多糖主要由葡萄糖和甘露糖等聚合而成^[10], 其中大部分为乙酰化的甘露

聚糖^[11-13]。芦荟多糖的生物活性随糖链结构、单糖组成、乙酰化程度、分子量等因素的不同而异^[14-15], 因此, 对其进行结构鉴定及构效关系研究很有必要, 这也成为了多糖研究的热点^[16]。

1 芦荟多糖的结构鉴定

多糖的结构分为一级结构和高级结构, 一级结构的分析包括纯度鉴定、分子量测定、糖环构型测定、单糖组成分析、糖链序列测定等, 在确定是单一组分之后, 通常结合多种方法进行鉴定, 主要包括酸水解、甲基化反应、高碘酸氧化、Smith 降解等化学分析方法; 紫外光谱、红外光谱、质谱、核磁共振波谱, 气相色谱、高效液相色谱及质谱联用、毛细管电泳等仪器分析方法; 酶学方法、免疫学方法等生物学分析方法。多糖的高级结构包括二、三、四级结构, 二级结构是指多糖主链间以氢键为主要次级键而形成的有规则构象; 三、四级结构是指糖残基中的羟基、羧基、氨基、硫酸基等之间的非共价作用导致

第一作者简介: 谢丹(1990-), 女, 硕士研究生, 现主要从事天然功效成分提取分离及活性等研究工作。E-mail: zhenshi0806@163.com.

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2012BAD36B02)。

收稿日期: 2015-05-19

Research Progress on Composting Technology of Vegetable Wastes

LI Yang, LI Yanming

(College of Resource and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract: China is a big vegetable country in the world, and at the same time a lot of vegetable wastes are generated every year. If vegetable wastes were not disposed properly, it not only can be a waste of resource, but also lead to environmental pollution problems. The method of aerobic composting has been an effective way to dispose organic wastes harmlessly at present. Given the special properties of vegetable wastes, this paper summarized the utilization actuality, composting process, parameter optimization and quality improvement and other aspects for the future studies on the composting treatment of vegetable wastes.

Keywords: vegetable wastes; resource; aerobic composting