

我国蔬菜废弃物资源化高效利用潜力分析

杜鹏祥 韩 雪 高杰云 陈 清 李彦明*

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘 要: 实现蔬菜废弃物的无害化处理和资源化利用是目前我国亟须解决的问题。本文从蔬菜废弃物的来源、存在现状、主要处理方式的优缺点、微生物降解性等方面进行综合分析, 最终得出堆肥化处理是实现蔬菜废弃物快速资源化利用的最有效途径, 并对蔬菜废弃物的资源化开发进行展望。

关键词: 蔬菜废弃物; 资源化利用; 高温堆肥; 有效途径

自实施“菜篮子”工程以来, 我国蔬菜产业快速发展, 2013年我国蔬菜种植面积2 089.9万 hm^2 , 总产量达7.35亿t(国家统计局农村社会经济调查司, 2014), 分别占世界蔬菜种植面积和产量的41.75%和50.96%, 均居世界第一位(<http://faostat3.fao.org/compare/E>)。从我国蔬菜种植空间分布来看, 种植密度从东南至西北呈降低趋势, 主要集中于中东部地区, 其中山东、河南、江苏、广东、四川、河北、湖北、湖南、广西、安徽等地蔬菜总种植面积占全国蔬菜总种植面积的62.94%; 种植面积较大的为叶菜类、茄果类和根茎类蔬菜, 分别占到全国蔬菜总种植面积的17.23%、14.96%和14.12%(国家统计局农村社会经济调查司, 2010)。

在我国蔬菜产量不断增加、居民对蔬菜品质要求不断提高的同时, 我国蔬菜废弃物的产生量也急剧增加。据统计, 2005年我国蔬菜废弃物年产量占全国秸秆总产量的9.09%, 仅次于水稻、玉米和小麦, 成为我国第四大农作物废弃物(毕于运等, 2010)。蔬菜废弃物中养分含量丰富, 传统田间堆积和焚烧处理已经产生大量的环境问题。因此, 蔬菜废弃物的无害化处理和资源化利用对蔬菜产业的

健康发展和环境保护意义重大。本文从蔬菜废弃物的来源、存在现状、主要处理方式的优缺点、微生物降解性等方面进行综合分析, 并对蔬菜废弃物的资源化开发进行展望。

1 蔬菜废弃物资源与分布

1.1 蔬菜废弃物种类及理化性状

蔬菜废弃物主要包含蔬菜产品在收获过程中产生的无商品价值的根、茎、叶以及在收获、贮存、加工及运输过程中产生的虫咬、瘀伤、腐烂等蔬菜, 也包括因销售不了堆积变质的蔬菜产品。蔬菜废弃物含水量为90%左右, 蔬菜茎秆含水量稍低, 一般在80%左右; 营养成分丰富, 平均含氮量为3.45%、含磷量0.84%、含钾量2.46%, C/N值为11.04, pH值为7左右。蔬菜废弃物中有机质含量较高, 平均占干物质质量的70%左右, 其中叶菜类蔬菜有机质含量可达干物质质量的95%; 蔬菜废弃物的有机成分中纤维素和木质素含量很高, 分别为28.5%和10.98%。蔬菜废弃物中其他物质含量如表1所示。

1.2 蔬菜废弃物数量与分布

根据联合国粮农组织统计, 我国蔬菜在收获、采收后处理和贮存、加工包装、运输和消费等不同阶段产生的折损比分别为10%、8%、2%、8%和15%, 生产流通过程中的折损比为36.55%(FAO, 2011)。按此计算及国家统计局农村社会经济调查司(2014)统计结果, 获得1980~2013年我国蔬菜种植面积、年产量及废弃物年产量数据(图1)。

杜鹏祥, 男, 硕士研究生, 主要从事固体废弃物资源化处理方面的研究,

E-mail: 1328223866@qq.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 李彦明, 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事固体废弃物资源化处理等方面的研究, E-mail: liym@cau.edu.cn

收稿日期: 2014-11-27; 接受日期: 2015-01-08

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303079), “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD15B01)

表 1 蔬菜废弃物理化性状

项目	水分/%	pH	总固体/%	挥发性固体/%	C/%	N/%	P/%	K/%	C/N	
叶菜类	88.00~95.90	6.10~7.60	4.10~13.80	51.20~95.13	29.70~47.41	2.05~5.69	0.35~0.82	0.80~6.08	8.27~22.35	
瓜果类	87.04~91.25	6.20~7.50	—	64.90~69.60	26.00~39.51	3.23~4.04	0.41~0.66	1.76~4.19	6.70~12.23	
茄果类、瓜果类茎秆	79.12~84.38	6.16~9.23	15.62~20.88	42.80~61.40	30.10~34.10	1.96~2.73	0.56~3.25	0.49~2.81	11.84~16.90	
平均值	89.70	7.04	10.24	68.26	34.75	3.45	0.84	2.46	11.04	
项目	纤维素/%	半纤维素/%	木质素/%	参考文献						
叶菜类	11.00~32.10	14.90~23.70	4.10~15.70	黄鼎曦等, 2002; 张相锋等, 2003; Bouallagui et al., 2005; 曾咏梅等, 2006; 刘荣厚等, 2008; 莫舒颖等, 2009; 席旭东等, 2010; 袁顺全等, 2010; 李剑, 2011; 刘安辉等, 2011; 飞兴文等, 2012; 龚建英等, 2012; 刘芳等, 2013; 刘松毅等, 2013; Abdullan et al., 2013; Lakshmi et al., 2013; Zheng et al., 2013						
瓜果类	—	—	—							
茄果类、瓜果类茎秆	30.00~35.60	4.86~8.35	1.29~1.83							
平均值	28.50	9.75	10.98							

注: 表中各成分均为干基含量。

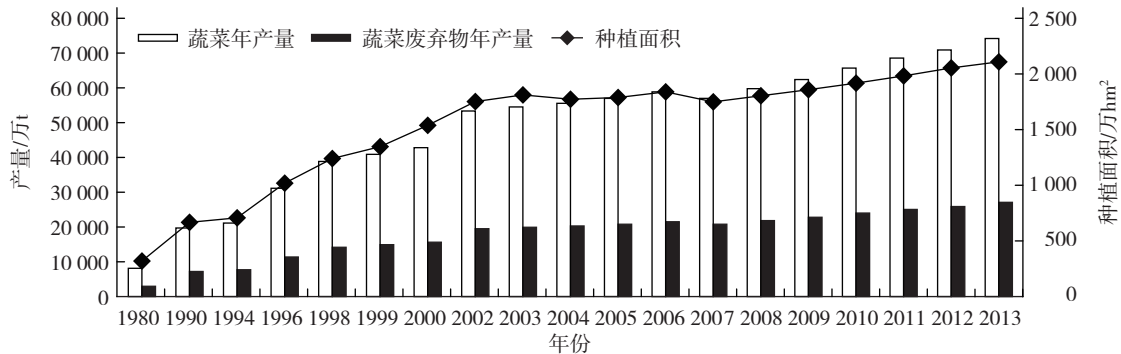


图 1 1980~2013 年我国蔬菜种植面积、年产量及蔬菜废弃物年产量变化趋势

其中, 2013 年我国蔬菜废弃物总产量高达 2.69 亿 t 左右。

蔬菜废弃物的分布相对集中, 主要产生于蔬菜产区、蔬菜集散地和蔬菜加工场所, 依据 FAO 统计蔬菜在生产流通环节的折损比计算, 蔬菜产区、蔬菜集散地和蔬菜加工场所每年产生的蔬菜废弃物分别达到 7.35×10^7 t、 1.83×10^8 t 和 1.22×10^7 t。蔬菜废弃物主要为叶菜类、根茎类蔬菜以及产生大量无商品价值的根茎枝蔓等, 蔬菜集散地主要为较易腐烂、不宜长途运输的叶菜类、茄果类和无食用价值的蔬菜组织, 品种多而复杂。刘松毅等 (2013) 对北京市新发地农产品批发市场调研得出, 在蔬菜销售旺季, 日产垃圾 200 t, 其中蔬菜废弃物占到 92.8%。赵丽娅等 (2008) 对武汉市武昌车辆厂蔬菜市场 14 种常见蔬菜的废弃物产量进行调研, 结果表明叶菜类蔬菜废弃物占到全部蔬菜废弃物总量的 71%, 莴苣类和块根块茎类蔬菜也占有一定比例, 瓜类蔬菜的废弃物产量几乎为零。

2 蔬菜废弃物传统处理方式

蔬菜一般呈现季节性、保存周期短、不易运输以及易腐烂等特点, 且生产高峰期一般处于高温季节。在我国, 由于当前技术水平的限制, 蔬菜废弃物被随意丢弃, 不但造成了巨大的资源浪费, 而且对环境造成污染。

在城市, 蔬菜废弃物占到城市生活垃圾的 20%~50%, 这部分蔬菜废弃物不易被分离出来进行单独处理, 一般按生活垃圾进行处理 (刘广民等, 2009; 刘松毅等, 2013)。在农村及小型蔬菜集散地, 蔬菜废弃物传统的处理方式主要包括田间地头随意堆积和就地焚烧。由于蔬菜废弃物含水量很高, 在田间地头大量堆积, 极易腐烂发臭, 滋生蚊蝇, 为病害微生物的繁殖与传播提供良好的条件, 而且其所含的矿质元素经地表径流冲刷、渗漏等途径污染地表水以及地下水。例如, 云南滇池流域的农民将蔬菜废弃物随意堆积或直接丢弃进入湖泊河流, 产生的面源污染已经远远大于工业生产

造成的点源污染(黄鼎曦等, 2002; 张相峰等, 2003)。另外, 蔬菜废弃物中可能含有大量的病虫害组织, 堆积的渗滤液对土壤造成污染进而影响后茬作物生长。就地焚烧则会产生大量浓烟, 不但污染大气环境, 而且严重影响航道交通运输, 引发雾霾天气等。

3 资源化利用方式的比较分析

据王亚静等(2010)统计, 我国蔬菜废弃物可收集利用率为0.80。因此推测2013年我国可资源化利用的蔬菜废弃物为2.15亿t左右。从表1可以推算, 2013年蔬菜废弃物中氮磷钾养分储量为氮(N)95.47万t, 磷(P_2O_5)53.46万t, 钾(K_2O)82.00万t, 相当于全国当年氮肥施用量的3.99%, 磷肥(P_2O_5)施用量的6.44%, 钾肥(K_2O)施用量的13.07%; 另外, 还含有1888.83万t有机质以及作物生长所必须的中微量元素(国家统计局农村社会经济调查司, 2014)。

3.1 资源化利用方式

3.1.1 直接还田 蔬菜废弃物的C/N比较低, 比大田作物秸秆更适宜于直接还田, 还田后经过一段时间的发酵, 会改善土壤的理化性状, 进而改善作物品质及产量。研究表明, 蔬菜废弃物的年平均还田率为16%, 且年废弃物产量、还田率呈相对增高的趋势(赵丽娅等, 2009)。曾咏梅等(2006)研究表明蔬菜废弃物配施微生物菌剂直接还田可以显著提高大白菜产量。

3.1.2 饲料化利用 研究表明, 正常种植的蔬菜产生的废弃物除了部分发生病虫害的组织外, 不含其他有毒有害物质(黄鼎曦等, 2002)。蔬菜废弃物中含有大量的纤维素, 经过适当的处理便可作为牲畜饲料。对于蔬菜废弃物饲料化处理, 目前主要利用青贮饲料化技术、氨化处理技术以及微生物处理转化技术加工为微生物蛋白产品。张继等(2007)以高山娃娃菜废弃物为原料, 添加麸皮进行固体混合菌联合发酵, 开发优质蛋白饲料。武光朋(2007)以蔬菜废弃物为主料, 以麸皮等作辅料, 采用不灭菌的固体发酵技术, 生产单细胞蛋白饲料, 产物蛋白质可提高75%。Esteban(2007)等研究发现, 蔬菜废弃物与渔业副产物进行发酵热处理后, 可以作为猪饲料的替代成分。目前, 以蔬菜废弃物为原料

生产饲料, 不仅取得了巨大的环境效益, 而且改善饲料品质, 降低了饲料制作成本。

3.1.3 简易厌氧沤肥 沤肥是在淹水条件下微生物嫌气降解有机物料生产液体肥料的过程。沤肥不仅含有多种作物所需的营养元素, 而且对植物病害有一定的抑制作用, 并具有低毒、无污染、原位可再生和生产成本低等特点(高芬等, 2003)。蔬菜废弃物含水量较高、易降解, 因此简易厌氧沤制即可将蔬菜废弃物制成液体有机肥, 成为蔬菜废弃物肥料化利用新途径。李吉进等(2012)研究表明, 经过96d沤制处理后, 蔬菜废弃物中中、微量元素均能在一定程度上转移至液体有机肥中, 并且以植物所能利用的有效形态存在; 另外, 沤肥原液中GI值高达80%, 毒性较小, 可经稀释或直接进行农田利用。刘安辉等(2011)对蔬菜废弃物沤肥和化肥对油菜产量、品质的影响研究表明, 蔬菜废弃物沤肥可以明显增加油菜产量、提高品质, 但是施入过量则会抑制植株的生长。

3.1.4 沼气化利用 根据我国农业废弃物资源化潜力分析, 每年蔬菜废弃物沼气化利用可以产生 $477.75 \times 10^9 m^3$ 沼气(孙永明等, 2005)。蔬菜废弃物含水量高, 总固体含量在10%左右, 一般符合厌氧消化处理, 其化学需氧量与氮素之比(COD:N)为100:4, 在产甲烷微生物要求的(100:4)~(128:4)之间, 蔬菜副产物中富含营养物质, 无需添加氮源及营养物质即可厌氧发酵, 厌氧发酵后不仅能产生沼气, 而且产生的沼渣和沼液可作为植物的肥料。研究表明, 沼渣作为肥料, 不仅能明显提高作物的抗逆性, 抑制土传病害的延续, 明显改善土壤理化性状, 还可作为饲料添加剂(马利平等, 1996; 杨鹏等, 2012)。

但是, 并不是所有的蔬菜废弃物都适合进行厌氧发酵制取沼气。叶类蔬菜废弃物中纤维素含量较低, 厌氧消化时水解速率过快导致挥发酸积累、pH降低, 造成产甲烷菌的失活, 抑制甚至破坏产甲烷阶段的进程(Bouallagui et al., 2005); 而蔬菜茎秆木质素、纤维素含量较高, 其本身特有的高聚合状态会抵抗微生物分解、降低厌氧发酵的水解速率(Triolo et al., 2011)。

3.1.5 混合好氧堆肥 好氧堆肥是在好氧条件下微生物降解有机废弃物生产生物肥料的过程。从蔬菜

废弃物中营养元素的含量来看,与无机肥中的含量相差不多,可以完全通过堆肥工艺制取高肥性的有机肥料。目前已有很多研究表明,利用蔬菜废弃物与作物秸秆、粪肥、蔬菜残株等联合堆肥,经需氧发酵可以得到优质的有机肥料。并且蔬菜废弃物堆肥与化肥相比,具有营养全面、增产迅速等特点,对作物生长和农产品品质的改善有促进作用,并且还能增加土壤有机质含量以及活性,改善土壤理化性状,对消除土壤有害物质的残留以及抑制土壤病原菌的滋生有重要作用。Kostov 等(1995)研究表明,在黄瓜生长期施用蔬菜废弃物好氧堆制的肥料,黄瓜根部的温度高于施用普通肥料,且黄瓜的成熟时间、产量以及营养成分等指标优于施用普通堆肥。李剑(2011)研究表明,在碱性土壤中施用蔬菜废弃物堆肥,能显著降低碱性土壤 pH 值和 EC 值,降低土壤容重,增加孔隙度,并能显著增加土壤有机质含量和碱解氮含量。

设施大棚中蔬菜废弃物原位堆肥可以解决 CO₂

含量亏缺问题。章永松和林咸永(2005)利用薯类藤蔓等蔬菜废弃物与鸡粪在大棚内联合堆肥,可以明显提高大棚内 CO₂ 浓度,并且发酵产物可以作为优质生物肥料,不但实现蔬菜废弃物原位无害化处理,而且通过补充 CO₂ 气肥提高蔬菜产量、改善蔬菜品质。蔬菜废弃物堆肥不仅是优质的有机肥料,并且在堆肥容重、总孔隙度、持水孔隙和通气孔隙等指标均可达到育苗基质的要求,是替代草炭等作为原位可再生无污染的环保型基质材料。

3.2 不同资源化利用方式的优缺点比较

蔬菜废弃物资源化潜力较高,目前适宜于资源化利用的主要途径包括直接还田、饲料化利用、简易厌氧沤肥、沼气化利用和混合好氧堆肥,各资源化处理方式各有优缺点(表2)。在我国大部分蔬菜种植采用常年连作方式,蔬菜病虫害严重,蔬菜废弃物本身含有病虫害组织,尤其在夏秋季高温期,蔬菜废弃物极易腐烂,促进有害病原菌传播,直接还田或简易沤制还田可以明显增加下茬作物病

表2 蔬菜废弃物不同资源化利用方式优缺点

资源化利用方式	优点	缺点
直接还田	处理成本低、环境影响小、改善土壤理化性状	传播病原菌,促进连作障碍
饲料化利用	饲料制取时间短、营养成分高	饲料制取条件要求较高,对蔬菜废弃物持续性、稳定性和可靠性要求较高
简易厌氧沤肥	操作简便,处理快,生产成本低,沤肥养分高、营养全面	滋生蚊蝇,产生恶臭,氮损失严重,病原微生物去除率低,降解不完全时存在生物毒性
沼气化利用	可以制取甲烷,沼液和沼肥具有高肥效和抗逆性	处理时间长,运行条件要求苛刻,处理成本高,对蔬菜废弃物持续性、稳定性和可靠性要求较高
混合好氧堆肥	生产周期短,堆肥品质好,处理量大,能有效杀灭致病微生物和虫卵,所需设备简单、堆肥场地可变性较大,堆肥营养全面	产生臭气,氮损失严重,占地面积相对较大

虫害的发生,甚至造成大面积死亡现象,影响正常生产;表面固体发酵制取饲料蛋白发酵时间虽短,但是要求无菌操作,对于蔬菜废弃物的持续性、稳定性和可靠性要求较高,而且部分废物已经高度腐烂,不适宜于大面积推广生产。然而,从蔬菜废弃物本身的生物可降解性和结构强度特征(含水率、堆积密度、颗粒度、可压缩性、压实渗透性等),生化处理技术更适于蔬菜废弃物的资源化利用(吕凡,2006)。但是,沼气化利用时厌氧发酵时间较长,周期处理量小,发酵条件要求苛刻,并且厌氧发酵技术处理对发酵设备要求较高,设施规模限制严重,废水废渣二次处理还会增加额外成本,处理不当还会造成二次污染;高温好氧堆肥可以使堆体保

持足够的高温,能有效杀灭病原微生物,还可以生产高效有机肥料,通过作物吸收实现养分循环,并且高温好氧堆肥发酵周期短,处理设备要求较低,可根据地形气候等特点因地制宜设计。其次,发达国家蔬菜生产集中化、规模化和机械化程度较高,蔬菜废弃物易于收集,多采用厌氧发酵处理;而我国蔬菜产区相对分散,蔬菜废弃物量大、分布广,在不同集中区性质差异很大(王丽英等,2014)。因此,高温好氧堆肥更易于实现我国蔬菜废弃物快速资源化利用。

4 展望

2013年我国蔬菜废弃物产量近2.69亿t,主要

分布于蔬菜生产基地、集散地和加工场所,可资源化利用的蔬菜废弃物量为2.15亿t。但是目前我国蔬菜废弃物资源化处理量少,大部分蔬菜生产基地蔬菜废弃物随意堆积和就地焚烧,城镇蔬菜废弃物主要随生活垃圾填埋处理,传统粗放式的处理方式已经造成了严重的资源浪费和环境问题。

目前,蔬菜废弃物资源化利用的研究主要集中在厌氧发酵和高温堆肥。经综合分析,高温好氧堆肥是最适宜于解决我国蔬菜废弃物引起的资源浪费和污染问题。但是,蔬菜废弃物高温好氧堆肥处理技术在我国仍不成熟,并且蔬菜废弃物堆肥面临蔬菜废弃物分布广、含水量很高、C/N值较低、含有大量致病微生物以及堆肥中氮素损失等难题,未来的研究应更注重适宜于高湿物料堆肥的调理剂与工艺设备的研发,实现蔬菜废弃物高效快速无害化处理,彻底解决我国蔬菜废弃物造成的经济、环境等问题,最大程度地实现蔬菜废弃物的资源化、无害化、减量化。

参考文献

- 毕于运,王亚静,高春雨. 2010. 中国主要秸秆资源数量及区域分布. 农机化研究, (3): 1-7.
- 飞兴文,毕树琼,王家春,杨宝勇,陈桂芬,张翠萍,王文智,王正福. 2012. 蔬菜废弃物调整碳氮比与腐熟速度的关系. 农技服务, 29 (12): 1291-1330.
- 高芬,马利平,乔雄梧,郝常青. 2003. 家畜沤肥浸渍液对蔬菜抗病性相关酶活性及叶绿素含量的影响. 华北农学报, 18 (2): 60-62.
- 龚建英,田锁霞,王智中,李国学,李彦明. 2012. 微生物菌剂和鸡粪对蔬菜废弃物堆肥化处理的影响. 环境工程学报, 8 (6): 2813-2814.
- 国家统计局农村社会经济调查司. 2011. 中国农村统计年鉴 (2010). 北京: 中国统计出版社.
- 国家统计局农村社会经济调查司. 2014. 中国农村统计年鉴 (2013). 北京: 中国统计出版社.
- 黄鼎曦,陆文静,王洪涛. 2002. 农业蔬菜废物处理方法研究进展和探讨. 环境污染治理技术与设备, 3 (11): 38-42.
- 李吉进,邹国元,孙钦平,刘本生,高利娟,徐俊香,刘安辉,罗一鸣,李传章. 2012. 蔬菜废弃物沤制液体有机肥的理化性状和腐熟特性研究. 中国农学通报, 28 (13): 264-270.
- 李剑. 2011. 蔬菜废弃物堆肥技术参数的优化研究 [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学.
- 刘安辉,李吉进,孙钦平,邹国元,诸葛玉平,罗一鸣,张颖清,李传章. 2011. 蔬菜废弃物沤肥在油菜上应用的产量,品质及氮素效应. 中国农学通报, 27 (10): 224-229.
- 刘芳,邱凌,李自林,周彦峰,张月,孙全平. 2013. 蔬菜废弃物厌氧发酵产气特性研究. 西北农业学报, 22 (10): 162-170.
- 刘广民,董永亮,薛建良,肖宇芳,尹莉莉. 2009. 果蔬废弃物厌氧消化特征及固体减量研究. 环境科学与技术, 32 (3): 27-30.
- 刘荣厚,王远远,孙辰,梅晓岩. 2008. 蔬菜废弃物厌氧发酵制取沼气的试验研究. 农业工程学报, 24 (4): 209-213.
- 刘松毅,李伟,李文进,苏鑫,刘旭明. 2013. 厌氧发酵技术处理果蔬废弃物分析及展望——基于北京新发地市场的调查. 农业科技展望, 9 (10): 58-61.
- 吕凡. 2006. 有机生活垃圾厌氧液化过程酸碱度对产物组成及产物抑制的影响 [博士学位论文]. 上海: 同济大学.
- 马利平,高芬,武英鹏,乔雄梧. 1996. 沤肥浸渍液对黄瓜霜霉病的抑制作用及其机理. 植物保护学报, 23 (1): 56-60.
- 莫舒颖,张志刚,尚庆茂,吴凤芝. 2009. 蔬菜残株的化学组成分析. 中国蔬菜, (12): 21-23.
- 孙永明,李国学,张夫道,施晨璐,孙振钧. 2005. 中国农业废弃物资源化现状及发展战略. 农业工程学报, 21 (8): 169-172.
- 王丽英,吴硕,张彦才,李若楠,陈丽莉. 2014. 蔬菜废弃物堆肥化处理研究进展. 中国蔬菜, (6): 6-12.
- 王亚静,毕于运,高春雨. 2010. 中国秸秆资源可收集利用量及其适宜性评价. 中国农业科学, 43 (9): 1852-1859.
- 武光朋. 2007. 蔬菜废弃物的开发利用研究 [硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学.
- 席旭东,晋小军,张俊科. 2010. 蔬菜废弃物快速堆肥方法研究. 中国土壤与肥料, (3): 62-66.
- 杨鹏,乔汪砚,赵润,杜连柱,张克强. 2012. 果蔬废弃物处理技术研究进展. 农学学报, (2): 26-30.
- 袁顺全,曹婧,张俊峰,刘洪涛,李鹏,马兴,庞纯伟,韩洁,陈同斌. 2010. 蔬菜秧与牛粪好氧堆肥试验研究. 中国土壤与肥料, (4): 61-64.
- 张继,武光朋,高义霞,冯涛,高超. 2007. 蔬菜废弃物固体发酵生产饲料蛋白. 西北师范大学学报: 自然科学版, 43 (4): 85-89.
- 张相峰,王洪涛,聂永丰. 2003. 高水分蔬菜废物和花卉废物批式进料联合堆肥的中试. 环境科学, 24 (5): 146-150.
- 章永松,林咸永. 2005. 利用农业有机废弃物发酵进行大棚二氧化碳施肥的办法. 中国专利: 200410024965.0.
- 赵丽娅,杨湛,陈红兵. 2008. 城市蔬菜垃圾处理及资源化对策——以武汉市武昌车辆厂蔬菜市场为例. 姜艳萍,王国清. 2008. 中国环境科学学会学术年会优秀论文集 (中卷). 北京: 中国环境科学出版社: 1249-1252.
- 曾咏梅,毛昆明,李永梅,吴德喜. 2006. 微生物菌剂对蔬菜花卉废弃物直接还田效果的影响——以云南滇池为例. 安徽农业科学, 34 (17): 4278-4280.
- Abdullah N, Chin N L, Mokhtar M N, Taip F S. 2013. Effects of bulking agents, load size or starter cultures in kitchen-waste composting. International Journal of Recycling of Organic Waste in

- Agriculture, 2 (1): 1-10.
- Bouallagui H, Touhami Y, Ben Cheikh R, Hamdi M. 2005. Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes. *Process biochemistry*, 40 (3): 989-995.
- Esteban M B, Garcia A J, Ramos P, Marquez M C. 2007. Evaluation of fruit—vegetable and fish wastes as alternative feedstuffs in pig diets. *Waste Management*, 27 (2): 193-200.
- FAO. 2011. *Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.htm>.
- Kostov O, Tzvetkov Y, Kaloianova N, van Cleemput O. 1995. Cucumber cultivation on some wastes during their aerobic composting. *Bioresource technology*, 53 (3): 237-242.
- Lakshmi C S R, Rao P C, Sreelatha T, Madahvi M, Padmaja G, Rao P V, Pradesh A. 2013. Manurial value of different vermicomposts and conventional composts. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 2 (2): 59-64.
- Triolo J M, Sommer S G, Möller H B, Weisbjerg M R, Jiang X Y. 2011. A new algorithm to characterize biodegradability of biomass during anaerobic digestion: influence of lignin concentration on methane production potential. *Bioresource Technology*, 102 (20): 9395-9402.
- Zheng W, Phoungthong K, Lv F, Shao L M, He P J. 2013. Evaluation of a classification method for biodegradable solid wastes using anaerobic degradation parameters. *Waste Management*, 33 (12): 2632-2640.

Potential Analysis on High Efficient Utilization of Waste Vegetable Resources in China

DU Peng-xiang, HAN Xue, GAO Jie-yun, CHEN Qing, LI Yan-ming*

(College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: At present it is an urgent task to realize the safe treatment and resource utilization of vegetable waste. This paper analyzes comprehensively the source utilization of vegetable waste from the following aspects: the source of vegetable waste, existing situation, merit and demerit of major treatments, microbial degradation of vegetable waste. Before ending, the paper suggests that composting is the most effective way to achieve fast resource utilization of vegetable waste in China. The paper also prospects the development of resource utilization of vegetable waste.

Keyword: Vegetable waste; Resource utilization; High temperature compost; Effective way

· 封面说明 ·

德瑞特® 10号

“油亮型”黄瓜新品种

该品种植株长势中等偏强，茎秆粗壮，叶片中等，瓜条长 35 cm 左右，露地栽培无肚，无蜡粉，油亮、有光泽，瓜条商品性好；抗霜霉病、白粉病和枯萎病能力强，前、中、后期产量均高，总产量高。适宜春秋大棚及露地种植。

天津德瑞特种业有限公司

地址：天津市华苑产业园区华天道 8 号海泰信息广场 C 座 1009 室 邮编：300384

电话：400-666-3133 022-23009999

— 20 —