

不同蔬菜种类的产废比例及性状分析

韩 雪, 常瑞雪, 杜鹏祥, 李 季, 李彦明*

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘要:近年来,随着我国蔬菜种植面积和产量的不断增加,蔬菜废物产量也呈逐年增加趋势。由于缺少各类蔬菜在生产过程中的产废系数和蔬菜废物理化性状等基本参数,蔬菜废物在资源化处理中没有有效的数据支撑,因此本文主要通过相关文献数据整理和实地调查取样分析,摸清3大类蔬菜的产废系数和理化性状。结果表明,叶菜类、根茎类、瓜果类蔬菜的产废系数平均值分别为9.7%、4.7%和3.8%。蔬菜废弃物具有含水量高、有机质含量高、养分含量高、EC值高、弱酸性的特点,但在不同类别蔬菜废物的理化性质之间存在着很大的差异。根茎类的总氮含量为 $12.4\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,明显低于瓜果类和叶菜类的总氮含量 $30.9\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $30.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。而根茎类C/N比为34.6,高于瓜果类和叶菜类C/N比13.8和11.5。

关键词:蔬菜废弃物;产废系数;理化性状;堆肥

中图分类号:X71

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2015)04-0377-06

doi: 10.13254/j.jare.2014.0345

Straw Coefficient and Properties of Different Vegetable Wastes

HAN Xue, CHANG Rui-xue, DU Peng-xiang, LI Ji, LI Yan-ming*

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

Abstract: With increase of the yield of vegetable, the vegetable wastes production is also increasing year by year, which has become an important pollution source in China. At present due to lack of some basic parameters, such as straw coefficient, physical and chemical properties, vegetable wastes utilization can not get effective data support. So the paper studied the straw coefficient, nutrient content, C/N, pH and EC of vegetable wastes through the literatures, investigations and laboratory analysis. The results showed that leafy vegetables, rhizomes vegetables and amphisarca vegetables straw coefficient was 9.7%, 4.7% and 3.8% respectively. Comparing with other solid wastes, vegetable wastes had the characteristics of high moisture, high organic matter content, high nutrient content, high EC and weak acid. But there were great distinctions in different types of vegetable wastes properties, especially in the total nitrogen content and C/N. The total nitrogen of rhizomes vegetables wastes was significantly lower than the others. On the contrary, the highest C/N was rhizome vegetables of 34.6, followed by amphisarca vegetables with 13.8, and leafy vegetables with 11.5.

Keywords: vegetable wastes; straw coefficient; physical and chemical properties; compost

随着蔬菜产业的快速发展,我国蔬菜的播种面积和总产量持续增长,2012年蔬菜播种面积达2 035.3万 hm^2 、总产量7.02亿t,比2002年的1 735.3万 hm^2 、5.28亿t分别增加了17%和33%^[1]。根据蔬菜本身特性,在生长管理、收获、储存、销售等过程中都产生了大量无商品价值的植株残株和废弃果实^[2],由于蔬菜

种植面积和产量的增加,蔬菜在正常管理过程中掐尖、打叶产生的废弃物和收获时遗留田间的残株、废果等废弃物也随之增加。另外,为实现净菜进城,在上市前的加工处理增加了蔬菜废物的产生,以及销售过程中丢弃的质量不佳的蔬菜产品也在不断增加。据统计,蔬菜废弃物的产量从2002年的1.51亿t增加到2012年的2亿t,增加了32%。2005年我国蔬菜藤蔓及残余物秸秆总量占到农作物秸秆总量的9.09%^[3],占城市垃圾总量的20%~50%^[4]。蔬菜废物具有含水量高、易降解、富含养分等特点,在堆放或填埋等过程中短时间内即产生臭气和大量的渗滤液,这些传统粗放式的处置方法不但会引发严重的环境污染^[5],而且造成资源的浪费,亟需资源化处理。但是目前由于缺乏

收稿日期:2014-12-03

基金项目:农业部公益性行业计划“蔬菜副产物综合利用技术与示范”(201303079);“十二五”国家科技支撑计划课题“农业面源污染动态监测全程控减排技术与示范”(2012BAD15B01)

作者简介:韩 雪(1988—),女,河北唐山人,硕士研究生,主要从事废弃物处理与资源化的研究。E-mail: mohan_wo@126.com

*通信作者:李彦明 E-mail: liym@cau.edu.cn

对蔬菜废弃物的产废情况和基本特性等参数的系统研究,导致蔬菜废弃物的产业化利用存在很大的困难。

以往研究中,产废系数都是以蔬菜这一大类来进行估算。估算方法不同,导致研究结果之间存在很大的差异。如毕于运等^[3]参照薯类、甜菜等农副产品比例给定蔬菜藤蔓及残余物(干质量)与蔬菜产量(鲜质量)比例为10%;而兰州市2006年通过调查,蔬菜在产地的废物总量占蔬菜总产量的比例约3.4%^[6]。不同类别蔬菜的产废系数差异很大^[7],叶菜类、瓜果类、根茎类的产废情况不能统一以蔬菜类进行估算。另外对于不同蔬菜废物的理化性状从来没有人做过专门的研究,只是在蔬菜配方施肥或者蔬菜废物堆肥等研究中给出过某一种或几种蔬菜的营养含量,由于受到施肥的影响,文献中数据也不能代表当前蔬菜的营养水平,这严重制约着蔬菜废物的后续处理和利用,从而影响都市生态农业的发展。因此,本文通过文献整理和实地调查,估算叶菜类、瓜果类、根茎类3大类蔬菜的产废系数,通过实地取样和实验室分析,测定不同蔬菜废物的理化指标,建立不同种类蔬菜废物的理化性状数据库,为蔬菜废物资源化利用提供理论依据和科学支撑。

1 材料与方法

1.1 调查范围与方法

本文选择了都市现代化农业的代表——北京市为调查区域,针对蔬菜废弃物的两大产地展开调查,即蔬菜生产基地和大型蔬菜交易市场。据资料显示,大兴、通州、顺义、平谷、昌平和房山的蔬菜产量占到了北京市总产量的90%以上^[8],故本次蔬菜生产情况调查的主要区域为这6个区(县)。北京是典型的销地市场,批发市场来自北京本地的蔬菜比例少至10%,故选择调研合适的批发市场是至关重要的。产地蔬菜全部直接供应给北京市一级批发市场,再转销到二级批发市场或消费者手中,所以北京市一级批发市场可以涵盖整个北京批发市场的蔬菜废物情况,故选择北京新发地、顺义石门、城北回龙观等8大农产品批发市场作为调研区域^[9]。

不论在产地还是市场,调查对象都只是针对北京市大量流通的叶菜、瓜果和根茎3大类蔬菜。在生产基地,叶菜类废弃物有茎、叶和根,瓜果类废弃物为藤蔓和残次果,根茎类废弃物包括地上部秸秆和质量不佳的根。在批发市场,蔬菜废弃物只包括坏掉的可食部分,即烂叶、烂果和次根。“草谷法”是目前国内比较

认可的统计秸秆量的方法,本次调查中选取3大类蔬菜的典型蔬菜品种为调查对象,即时记录蔬菜总产量(鲜重)、种植密度,然后随机抽取10株蔬菜,带回实验室烘干后记录单株秸秆干重。根据蔬菜不同地区、种类、茬口、收获时间等差异,本次每种蔬菜调查点不少于3个地区、2个茬口,包含26种蔬菜废物,共采样39批次,样本数161个。所取废弃物叶菜类包括芹菜、空心菜、芥菜、油菜、茴香、生菜、苦苣、香菜、圆白菜、白菜、紫甘蓝的废茎叶;瓜果类包括黄瓜、南瓜、苦瓜、丝瓜、冬瓜、西葫芦、瓠子、番茄、尖椒、茄子、青椒的秸秆和残次果;根茎类包括胡萝卜、白萝卜、山药、土豆的秸秆和次根。

1.2 分析方法

根据各种蔬菜的不同特性,采集足量的样品,置于冰盒中保存,带回实验室后立即进行预处理,以供后续产废系数和理化性状的分析。草谷比为单株秸秆干重 $\times$ 种植密度/总产量,将记录数据和文献调查数据代入上述公式,得到不同蔬菜种类的产废系数。理化性质指标:含水量采用烘干法测定;有机质含量用重铬酸钾容量法-外加热法测定;总氮用半微量蒸馏法和扩散法测定;总磷用钒钼黄吸光光度法测定;总钾用火焰光度法测定;pH值和EC值采用浸提法测定。

1.3 数据处理

采用定量分析法,利用Excel软件对实验室测定的数据进行整理分析。

2 结果与讨论

2.1 蔬菜产废系数的分析

蔬菜产废系数的确定是蔬菜废弃物总量估算准确与否的关键。本文产废系数指产地蔬菜的产废系数,它是根据草谷比公式计算得到的,所利用的数据综合了文献和实地调查的数据,主要包括单株秸秆干重、种植密度、总产量^[10-23]。叶菜类调查了结球甘蓝、紫甘蓝和花椰菜,它们每公顷的平均产量为617 t,种植密度55.4万株 $\cdot$ hm⁻²,单株秸秆干重为0.11 kg,由此计算叶菜类产废系数为9.7%,其中结球甘蓝产废系数9.4%、紫甘蓝产废系数16.5%、花椰菜产废系数3.2%。瓜果类蔬菜包括黄瓜、南瓜、番茄、辣椒、茄子、西葫芦和菜豆,它们每公顷的总产量为30~112.5 t,种植密度1.35万~12万株 $\cdot$ hm⁻²,单株秸秆干重0.016~0.312 kg,根据瓜果类各蔬菜的调查数据,可知黄瓜、南瓜、番茄、辣椒、茄子、西葫芦和菜豆产废系数依次为2.5%、0.9%、2.2%、1.5%、3.2%、9%、7.6%,故瓜果类

蔬菜的产废系数平均值为 3.8%。根茎类萝卜每公顷总产量 60 t,种植密度为 3.3 万株·hm⁻²,单株秸秆干重 0.029 kg,产废系数为 4.2%。根茎类马铃薯每公顷的总产量 16 t,种植密度为 1.2 万株·hm⁻²,单株秸秆干重 0.07 kg,产废系数为 5.2%。故根茎类蔬菜的产废系数为 4.7%。

3 大类蔬菜中,叶菜类蔬菜的产废系数分别是瓜果类、根茎类的 3.4 倍和 2.75 倍。蔬菜的产废系数在 3.8%~9.7%之间,与主要农作物的秸秆系数 90%~120%相比,蔬菜产废系数具有数值小但不稳定的特点^[1],在人们日益要求高质量生活的今天,蔬菜的产废系数势必也呈增长趋势。据北京市农业局统计,2011 年 3 大类蔬菜的种植面积为 71 663 hm²,占主要蔬菜生产总面积的 84%以上,其中叶菜类占 44%、瓜果类占 35.3%、根茎类占 5.2%,按照北京市统计年鉴中蔬菜单产量 44.4 t·hm⁻² 计算,叶菜类、瓜果类、根茎类蔬菜产生的废弃物总量分别为 13.6 万、4.3 万、0.78 万 t,总产量达 18.68 万 t,由此不难看出,蔬菜秸秆的产量是不容忽视的。

2.2 不同类别蔬菜废弃物的理化性质

2.2.1 叶菜类

叶菜类废弃物的含水率高达 96.2%,平均 93.2% (表 1)。有机质含量除茴香低至 127 g·kg⁻¹ 以外,其余叶菜废弃物的有机质含量相对集中,在 476~774 g·kg⁻¹ 之间;总氮含量在 17.8~53.9 g·kg⁻¹ 之间,平均值为 30.5 g·kg⁻¹。C/N 比在 4.1~15.7 之间,低于堆肥适宜的 C/N 比 20~30,作为堆肥原料时需添加碳源合理调节 C/N 比,加速堆肥腐熟。另外总磷、总钾的含量丰

富,可与常用的天然有机肥相当。pH 值在 4.3~7.3 之间,呈酸性或弱碱性;电导率在 7.9~12.3 mS·cm⁻¹ 之间,与畜禽粪便 50~150 mS·cm⁻¹ 相比要小的多,但仍可能造成堆肥产品后续应用的困扰。

2.2.2 瓜果类

瓜果类废弃物的含水率低于叶菜类,在 84.7%~95.1%之间(表 2)。有机质含量高,变化范围为 555~775 g·kg⁻¹,其中青椒、茄子、辣椒、南瓜、番茄、黄瓜、丝瓜的有机质均在 700 g·kg⁻¹ 以上。总氮、总磷、总钾含量丰富,其中总氮含量在 23.7~45.2 g·kg⁻¹ 之间。C/N 比在 10.9~17.9 范围内,也低于堆肥适宜的 C/N 比 20~30,作为堆肥原料需添加碳源物质合理调节 C/N 比。pH 值在 4.53~8.5 之间,呈酸性或弱碱性。电导率高达 5~11.3 mS·cm⁻¹,可能为堆肥产品后续应用造成一定的困扰。

2.2.3 根茎类

根茎类废物的含水率在 80.3%~94.1%范围内(表 3)。有机质含量在 602~745 g·kg⁻¹ 之间,平均 661 g·kg⁻¹。总氮含量相对最低,变化范围为 8.6~14.9 g·kg⁻¹。因此根茎类废物 C/N 比最高,在 23.8~56.2 范围内,其中胡萝卜和白萝卜废物的 C/N 比在 20~30 之间,适宜作为堆肥原料;而山药和土豆废物作为堆肥原料使用时需添加氮源合理调节 C/N 比。另外总磷、总钾含量丰富。pH 值在 5.3~7.4 之间,呈酸性或弱碱性。电导率变化范围为 5.9~11.8 mS·cm⁻¹,同样在后续使用它的堆肥产品时要严格控制该指标。

2.2.4 不同类别蔬菜秸秆性质的比较

3 大类蔬菜废弃物的共同点包括含水量高、有机

表 1 叶菜类废弃物的理化性质分析
Table 1 The physical and chemical properties of leafy vegetables

叶菜类	含水率 /%	OM/g·kg ⁻¹	TN/g·kg ⁻¹	C/N	pH 值	EC/mS·cm ⁻¹	P ₂ O ₅ /g·kg ⁻¹	K ₂ O/g·kg ⁻¹
芹菜	91.9±0.1	476±12	20.1±0.6	13.8±0.09	7.2±0.1	9.7±0.1	9.3±0	42±0.1
空心菜	93.3±0.1	701±11	37.9±2.7	10.8±1.05	5.3±0.1	12.3±0.3	9.6±67	36.4±0.5
芥菜	96.2±1	710±1	27.5±5.6	15.7±4.56	4.3±0.2	9.6±0.3	20.6±0.1	32.7±0.6
油菜	95.1±0.4	774±0	47.2±0.8	9.5±0.26	5.8±0.8	11±2	26.5±1	41.1±1
茴香	91.3±0.1	127±10	17.8±0.04	4.1±0.59	7±0.1	10.4±0.3	11.5±0.3	18.1±0.3
生菜	93.9±1.5	517±11	53.9±12.1	5.9±2.05	4.9±0.7	7.9±0.1	5.8±0.1	34.6±1.2
苦苣	93±0.1	569±8	23.9±1	13.9±1.29	5.9±0.3	10.3±0.3	4.8±0	23.3±3.3
香菜	91±0.7	544±3	26.3±5.2	12.5±3.17	6.7±0.4	10.3±0.3	18.8±9	40.1±6.8
圆白菜	94.1±0.6	677±77	26.7±2.1	14.6±1.53	5.2±0.6	9.7±3.9	7.3±0.2	13.1±0.5
白菜	96.2±0.6	601±81	32.6±5	11.8±5.21	5.9±0.7	8.1±2.1	22.5±3.1	43.9±11
紫甘蓝	87.1±0.8	493±8	22±2.5	13.2±3	7.3±0.1	9.1±0.1	20.3±2.5	12.9±0.1
平均	93.2±0.5	569±35.6	30.5±2.4	11.5±1.47	5.9±0.2	9.8±0.5	14.3±1.7	30.6±2.7
范围	87.1~96.2	127~774	17.8~53.9	4.1~15.7	4.3~7.3	7.9~12.3	4.8~26.5	12.9~43.9

质含量高、养分含量高、EC 值高和 pH 值低,但不同类别蔬菜废物的理化性质之间存在着很大的差异(表 4)。含水量以叶菜类废弃物最高,其次是瓜果类、根茎类,分别为 93.2%、89.5%、89.4%。有机质含量以瓜果类最高,其次是根茎类、叶菜类。瓜果类和叶菜类的总氮含量相近,分别为 $30.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $30.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,高于根茎类 $12.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。故 C/N 比以根茎类最高,达 34.6,其次是瓜果类、叶菜类,分别为 13.8、11.5。根茎类 C/N 比高于 20~30,调节堆肥原料中的碳氮比时需合理添加氮源,对于叶菜类和瓜果类废物作为堆肥原料时,

则需添加适宜碳源来调节 C/N 比。总磷和总钾含量均以瓜果类废弃物最高,其次是叶菜类、根茎类,但叶菜类和根茎类的总钾含量很相近。

3 结论

(1)叶菜类、瓜果类、根茎类的产废系数分别是 9.7%、4.7%、3.8%,与主要农作物的秸秆系数相比,数值虽小但不够稳定,产生废物总量巨大。

(2)以叶菜、瓜果和根茎 3 大类蔬菜废弃物测定的理化性质具有高含水量、高有机质、高养分含量、高

表 2 瓜果类废弃物的理化性质分析

Table 2 The physical and chemical properties of amphisarca vegetables

瓜果类	含水率 /%	OM/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	TN/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	C/N	pH 值	EC/ $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$	P ₂ O ₅ / $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	K ₂ O/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$
黄瓜	89.6 ± 2.3	723 ± 72	45.2 ± 3.2	10.7 ± 5.7	8.5 ± 0.4	7.2 ± 1.7	23.7 ± 4.3	32.3 ± 8.8
南瓜	87.7 ± 4	749 ± 93	24.4 ± 3.2	16.8 ± 4.8	6.38 ± 0.9	5 ± 0.1	13.4 ± 2.6	23 ± 7.7
苦瓜	85.1 ± 1.6	555 ± 3	23.7 ± 3.9	13.6 ± 0.2	7.28 ± 1.1	7.8 ± 0.8	20.2 ± 0.1	36.7 ± 0.4
丝瓜	90.9 ± 0.9	706 ± 25	34.1 ± 1.1	12.1 ± 1.4	6.78 ± 0.7	6.8 ± 0.6	32.7 ± 0	39.5 ± 0.1
冬瓜	95.1 ± 0.3	666 ± 65	27.7 ± 0.7	14 ± 3.6	5.92 ± 0	6.7 ± 0.6	23.6 ± 0.2	51.3 ± 0.3
西葫芦	90.9 ± 1	673 ± 41	31.8 ± 4.7	12.5 ± 3.7	7.35 ± 0.2	9.2 ± 0.6	11.5 ± 0.3	49.9 ± 10
瓠子	91.4 ± 1.4	560 ± 26	30.2 ± 1.9	10.9 ± 2	5.77 ± 0.2	6.7 ± 0.5	23.9 ± 0.5	37.4 ± 0.1
番茄	90.7 ± 0.7	739 ± 100	31.4 ± 2.8	13.7 ± 0.3	5.37 ± 0.4	9.7 ± 1.9	21.3 ± 3.2	45.2 ± 4
辣椒	86 ± 4.4	737 ± 53	31.7 ± 1.6	13.6 ± 0.7	4.88 ± 0.2	8.4 ± 1.5	6.4 ± 0.4	33.3 ± 4
茄子	84.7 ± 2.6	753 ± 104	28.3 ± 0.9	15.4 ± 2	5.76 ± 0.1	11.3 ± 1.8	24 ± 3.7	40.2 ± 2.5
青椒	92.8 ± 2.6	775 ± 0	29.8 ± 5.5	17.9 ± 12.1	4.53 ± 0.4	5.5 ± 0.4	16.3 ± 6.9	51.7 ± 12.7
平均	89.4 ± 0.9	699 ± 21	30.9 ± 1.1	13.8 ± 1.3	6.2 ± 0.3	7.7 ± 0.5	19.1 ± 1.5	38.7 ± 2.4
范围	84.7~95.1	555~775	23.7~45.2	10.9~17.9	4.53~8.5	5~11.3	6.4~32.7	23~51.7

表 3 根茎类及其他废弃物的理化性质分析

Table 3 The physical and chemical properties of rhizomes, bulb and other vegetables

根茎类	含水率 /%	OM/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	TN/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	C/N	pH 值	EC/ $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$	P ₂ O ₅ / $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	K ₂ O/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$
胡萝卜	93.3 ± 0	614 ± 67	14.9 ± 1.1	23.8 ± 0.9	5.3 ± 0.2	8.1 ± 2.1	11.1 ± 0.5	28.6 ± 0.4
白萝卜	94.1 ± 0	602 ± 19	13.7 ± 3.1	26.7 ± 7.1	5.3 ± 0.4	11.8 ± 0.5	7.8 ± 0.2	29.2 ± 0.6
山药	90 ± 0.2	683 ± 2.6	12.6 ± 0.1	31.5 ± 0.6	7 ± 0.7	5.9 ± 0.6	12.3 ± 0.3	37.4 ± 0.5
土豆	80.3 ± 0	745 ± 0	8.6 ± 2.8	56.2 ± 20.2	7.4 ± 0.8	5.7 ± 0.6	15.6 ± 7.6	24.5 ± 3.4
平均	89.4 ± 2.1	661 ± 25.4	12.4 ± 1.2	34.6 ± 9.4	6.2 ± 0.4	7.9 ± 1	11.7 ± 1.8	30 ± 1.9
范围	80.3~94.1	602~745	8.6~14.9	23.8~56.2	5.3~7.4	5.9~11.8	7.8~15.6	24.5~37.4

表 4 各类蔬菜废弃物理化性质的比较(平均值)

Table 4 The comparison of different kinds of vegetable wastes(average)

蔬菜种类	含水量 /%	OM/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	TN/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	C/N	pH 值	EC/ $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$	P ₂ O ₅ / $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	K ₂ O/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$
叶菜类	93.2	569	30.5	11.5	5.9	9.8	14.3	30.6
瓜果类	89.5	699	30.9	13.8	6.2	7.7	19.1	38.7
根茎类	89.4	661	12.4	34.6	6.2	7.9	11.7	30
平均值	90.5	643	24.6	20	6.1	8.5	15	33
范围	89.4~93.2	569~699	12.4~30.9	11.5~34.6	5.9~6.2	7.7~9.8	11.7~19.1	30~38.7

EC 值、弱酸性的特点。但在不同类别蔬菜废物的理化性质之间存在着很大的差异,尤其以总氮含量和 C/N 比差异大。瓜果类和叶菜类的总氮含量相近,分别为 30.9 、 $30.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,明显高于根茎类 $12.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。而 C/N 比以根茎类最高,达 34.6 ,其次是瓜果类、叶菜类,分别为 13.8 、 11.5 。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴: 2013[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. China statistical yearbook: 2013 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2013.(in Chinese)
- [2] 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.
LI Jian. Study on optimizational technique of vegetable waste compost [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2011.(in Chinese)
- [3] 毕于运, 高春雨, 王亚静, 等. 中国秸秆资源数量估算[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 211-217.
BI Yu-yun, GAO Chun-yu, WANG Ya-jing, et al. Estimation of straw resources in China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2009, 25(12): 211-217.(in Chinese)
- [4] 陈 曦, 韩志群, 孔繁华, 等. 生物质能源的开发与利用[J]. 化学进展, 2007, 19(7): 1091-1097.
CHEN Xi, HAN Zhi-qun, KONG Fan-hua, et al. Exploitation and utilization of bio-energy[J]. *Progress in Chemistry*, 2007, 19(7): 1091-1097.(in Chinese)
- [5] 崔亚伟, 陈金发. 厨余垃圾的资源化现状及前景展望[J]. 中国资源综合利用, 2006, 24(10): 31.
CUI Ya-wei, CHEN Jin-fa. Status and outlook of food wastes resources [J]. *China Resources Comprehensive Utilization*, 2006, 24(10): 31.(in Chinese)
- [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): 62-66.
XI Xu-dong, JIN Xiao-jun, ZHANG Jun-ke. The study of rapid composting method by vegetable wastes[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2010(3): 62-66.(in Chinese)
- [7] 杨顺江. 中国蔬菜产业发展研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
YANG Shun-jiang. Studies on the development of vegetable industry in China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004.(in Chinese)
- [8] 北京市统计局国家统计局北京调查总队, 北京统计年鉴: 2013[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
Beijing Statistical Information Net. Beijing statistical yearbook: 2013 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2013.(in Chinese)
- [9] 阎晓军, 赵安平. 北京市蔬菜市场预警研究—基于数量供应安全角度的探讨[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(5): 581-584.
YAN Xiao-jun, ZHAO An-ping. Early-warning research of Beijing vegetable market—based on theory of supply security number[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2011, 32(5): 581-584.(in Chi-

nese)

- [10] 王万兴. 结球甘蓝高密度遗传连锁图谱的构建与主要农艺性状的 QTL 定位[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
WANG Wan-xing. Construction of the high-density genetic linkage map and QTL analysis for main agronomic traits in cabbage[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013.(in Chinese)
- [11] 周 成, 陈海涛, 李丽霞. 结球甘蓝物理力学特性研究[J]. 农机化研究, 2013, 35(6): 134-138.
ZHOU Cheng, CHEN Hai-tao, LI Li-xia. Physical and mechanical properties of cabbages[J]. *Agricultural Mechanization Research*, 2013, 35(6): 134-138.(in Chinese)
- [12] 方 凌, 张其安. 新型蔬菜紫甘蓝品种试验研究简报[J]. 安徽农学通报, 1997, 3(3): 51-53.
FANG Ling, ZHANG Qi-an. Research notes on new purple cabbage experiment[J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 1997, 3(3): 51-53.(in Chinese)
- [13] 杨加付. 花椰菜农艺及品质性状的遗传效应研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
YANG Jia-fu. Analysis on genetic effects of agronomic and quality traits in cauliflower[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004.(in Chinese)
- [14] 张宏荣. 南瓜农艺性状与产量及品质性状的比较研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
ZHANG Hong-rong. Comparison studies of relationships between agronomic traits and yield, nutrient quality traits on pumpkins[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2005.(in Chinese)
- [15] 高方胜. 土壤水分对番茄生长发育及某些生理特性的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
GAO Fang-sheng. Effect of soil water on growth development and some physiological characteristics in tomato[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2006.(in Chinese)
- [16] 唐 琳. 水肥一体化对樱桃番茄产量及肥料利用率的影响研究[D]. 南宁: 广西大学, 2013.
TANG Lin. Effect of integrated management of irrigation and fertilization on fruit yield and quality and fertilizer use efficiency of cherry tomatoes[D]. Nanning: Guangxi University, 2013.(in Chinese)
- [17] 刘 佳. 土壤相对含水量对辣椒生长及生理的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010.
LIU Jia. Effect of soil relative water content on the growth and physiology of pepper[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2010.(in Chinese)
- [18] 苟国玉, 徐家成. 日光温室越冬茬茄子“一接一平两收”高产高效栽培技术[J]. 新疆农业科技, 2010(3): 17.
GOU Guo-yu, XU Jia-cheng. Planting technique for eggplant in solar greenhouse with high yield and high efficiency under grafting and stumping system[J]. *Xinjiang Agricultural Science and Technology*, 2010(3): 17.(in Chinese)
- [19] 李 燕, 温祥珍, 雷逢进, 等. 温室西葫芦生长动态及干物质积累与分配研究[J]. 华北农学报, 2010, 25(3): 124-128.
LI Yan, WEN Xiang-zhen, LEI Feng-jin, et al. Research on dynamic growth process, dry matter accumulation and distribution in greenhouse

- zucchini[J]. *North China Agriculture Report*, 2010, 25(3): 124–128.(in Chinese)
- [20] 李振洲, 胡秀廷. 菜豆生长动态的研究[J]. 沈阳农学院学报, 1985(1): 46–55.
LI Zhen-zhou, HU Xiu-ting. Research on the bean growth dynamics[J]. *Journal of Shenyang Agricultural College*, 1985(1): 46–55.(in Chinese)
- [21] 刘贤娴, 王淑芬, 李莉娜, 等. 萝卜肉质根膨大过程中主要农艺学性状的变化[J]. 山东农业科学, 2010(4): 31–33.
LIU Xian-xian, WANG Shu-fen, LI Li-na, et al. Changes of major agronomic traits of Chinese radish during root expansion[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2010(4): 31–33.(in Chinese)
- [22] 戴希尧, 任喜波, 李娜. 萝卜肉质根产量与主要性状的相关及通径分析[J]. 北方园艺, 2009(6): 38–40.
DAI Xi-yao, REN Xi-bo, LI Na. Genetic correlation and path analysis of major agronomic characters of radish[J]. *Northern Horticulture*, 2009(6): 38–40.(in Chinese)
- [23] 王爱华. 马铃薯主要农艺性状的动态模拟研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
WANG Ai-hua. Studies on the simulation of key agronomic characteristics for potato[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2004.(in Chinese)