

茶与茶渣的高值化综合利用

刘智钧*

(广东科贸职业学院, 广州 510430)

摘要: 中国既是茶的原产地, 也是茶的生产与消费大国, 每年由于茶饮料及茶叶深加工产生大量的茶渣, 仅仅以简单地丢弃处理而没有被高值化综合利用, 既给环境带来了巨大的压力也造成了资源的浪费。茶渣中含有 10%至 16%粗纤维以及少量的络合态色素、矿物质、氨基酸、茶多酚、咖啡碱等, 可以被多种形式地精深加工利用。本文综述了茶渣作为主要配料在作菌类的培养基、动物饲料的添加剂、植物的土壤肥料等方面的应用, 以为茶与茶渣的研究与利用提供参考。

关键词: 茶; 茶渣; 综合利用

High-value comprehensive utilization of tea and tea residue

LIU Zhi-Jun*

(Guangdong Science and Technology Vocational College, Guangzhou 510430, China)

ABSTRACT: China is not only the origin of tea, but also a big country in the production and consumption of tea. Every year, a large amount of tea residue is produced by tea beverage and deep processing of tea. However, it is simply discarded and not used for high value, which not only brings great pressure to the environmental, but also causes waste of resources. Tea slag contains 10% to 16% crude fiber and a small amount of complex pigment, minerals, amino acids, tea polyphenols, caffeine, etc., which can be processed in various forms. This paper reviewed the application of tea residue as the main ingredient in the culture of fungi, the additives of animal feed, the soil fertilizer of plants and so on, in order to provide reference for the research and utilization of tea and tea residue.

KEY WORDS: tea; tea residue; comprehensive utilization

1 引言

农产品加工后产生大量的加工残余大多为生物质等有机废弃物每年约有 1600 亿吨^[1], 其大部分都被简单丢弃而没有被综合利用, 从而造成经济上的浪费, 也给环境带来危害^[2-4]。与发达国家相比, 我国的农产品的加工水平仍然较为落后^[5], 因此农产品的深加工是解决“三农”问题的一个突破口, 对于提高国家生产力处于十分重要的地位^[6]。我国是茶叶的种植与消费大国, 茶渣作为茶产品的

副产物, 其综合利用也日益受到关注^[7], 若能进行精深加工、开发利用及高值化利用, 既能提高资源利用率减缓环境压力, 也可以带来一定的经济效益^[8]。

本文综述了茶渣作为主要配料在作菌类的培养基、动物饲料的添加剂、植物的土壤肥料等方面的应用, 以为茶与茶渣的研究与利用提供参考。

2 茶与茶渣

中国是茶的原产地, 中国人早在公元前 1000 多年前

基金项目: 广东省教育厅青年创新人才类项目(自然科学)项目(2017GkQNCX025)

Fund: Supported by the Key Platforms and Research Projects of Guangdong Province in 2017 (2017GkQNCX025)

*通讯作者: 刘智钧, 讲师, 农产品加工与贮藏。E-mail: gzliuzhijun@qq.com

*Corresponding author: LIU Zhi-Jun, lecturer, Guangdong Polytechnic of Science and Trade, No.388, Shiqing Road, Baiyun District, Guangzhou city, Guangzhou 510430, China. E-mail: gzliuzhijun@qq.com

已经开始栽种茶树, 根据唐代陆羽在《茶经》中的记载“茶之为饮, 发乎神农氏”^[9]。茶不仅是开门七件事“柴、米、油、盐、酱、醋、茶”之一, 是人民日常生活的必需品, 也是中华文化的重要载体^[10]。

茶(*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze)在植物学中的分类地位是植物界—种子植物门—双子叶植物纲—山茶目—山茶科—山茶属—茶种^[11]。热带和亚热带地区都有茶树的生长分布。茶是世界三大饮料之一, 是我国的国饮^[12], 主要产地在长江以南。

自古中国就有喝茶的习惯, 除了其能生津止渴外, 也有一定的保健作用^[13]。汉代医圣张仲景在《伤寒杂病论》中记述有“茶治便脓血甚效”^[14]。唐代第一部由政府颁布的药典《新修本草》中记载: “茶味甘苦, 微寒无毒, 去痰热, 消宿食, 利小便”^[15]。明代药圣李时珍的《本草纲目》记载了茶的药理作用“茶苦而寒, 阴中之阴, 沉也, 降也, 最能降火。火为百病, 火降则上清矣。然火有五次, 有虚实。苦少壮胃健之人, 心肺脾胃之火多盛, 故与茶相宜”^[16]。现代医学认为, 茶叶中含有丰富的活性成份^[17], 具有提神醒酒、生津止渴、清热降火和消滞减肥等功效^[18-21]。

中国是茶叶的种植大国。根据统计, 2018 年, 中国茶园总面积 4395 余万亩, 可开采茶园面积 3400 万亩; 干毛茶产量 261.6 万吨; 干毛茶总产值 2157.3 亿元^[22]。茶叶在生产加工过程中, 其大部分副产品都没有得到充分的利用, 据叶乃兴^[23]分析每生产 1 t 红茶可能产生副产品 30~50 kg, 每生产 1 T 的绿茶可能产生副产品 30 kg。

在中国除了瓶装水与碳酸饮料以外, 茶饮料已经成为第三大饮料^[24,25]。2015 年, 中国的茶饮料产量超 1000 万吨^[26]。除此以外, 中国的茶叶精深加工发展迅速, 例如茶叶有效功能性成分提取物等急速增长, 单就茶多酚一个品类的全国全年总产量就达到了 3000 t^[27]。每年由于茶饮料及茶叶深加工而产生大量的茶渣, 粗略估算可达 6 万吨以上。这些可再生的生物质资源给环境造成巨大压力, 也引起了人们对其开发利用的极大兴趣。

3 茶渣综合利用

茶渣是伴随着茶叶深加工而产生的副产物, 其中含有少量的络合态色素、矿物质、氨基酸、茶多酚、咖啡碱等, 以及大量水不溶性物质, 如蛋白质和茶纤维^[28,29]。茶渣的最主要成分是粗纤维, 郑清梅等^[30]分析了市面上常见的 4 类茶及其相应茶渣的粗纤维含量, 发现茶叶的粗纤维含量约为 10%~16%, 茶渣的粗纤维含量更高约为 13%~19%, 在所有检测样品中粗纤维含量最高的是铁观音及其茶渣。目前茶渣的高值化利用的主要途径有: 菌类的培养基、动物饲料的添加剂、植物的土壤肥料、重金属及染料的吸附剂、药物吸收与缓释等。

3.1 菌类的培养基

茶渣中含有大量水不溶性物质, 如大量的蛋白质与纤维素, 少量的络合态色素、矿物质等营养成分, 能够为菌类生长提供一定的碳源、氮源及微量元素, 是一种潜在的理想菌类培养基的原料。张海华等^[31]以茶渣作为主料配制培养基栽培平菇、白参菇等 10 种菌类, 比较这些菌类的菌丝走满时间、长满菌丝到现原基时间、原基出现到采收时间、头潮菇生长周期、平均生长速度等生物学特性, 发现与传统的传统培养基比较, 掺有茶渣的培养基对相同品种的菌种的生物学特性不存在明显的差异。杨豆等^[32]利用茶渣作为培养基栽培出高蛋白质和高氨基酸含量的平菇, 而且, 随着茶渣添加比例的增加, 其子实体的蛋白质、氨基酸以及矿物质含量也逐渐增加。苗人云等^[33]以提取过茶多酚的茶渣作为主料栽培姬菇, 鲜菇单产 0.733 kg/袋, 比对照的高出 0.269 kg/袋, 生物学效率为 97.69%, 比对照高出 23.45%, 认为含茶渣的配方能够获得更好的经济效益。茶渣也用于杏鲍菇栽培基质配方之中, 含茶渣 40% 的配方栽培杏鲍菇菇体蛋白质含量较高(粗蛋白 3.16%)、脂肪含量较低(0.32%)、总氨基酸含量(2.10%)高, 含有茶多酚, 在生产上具有广阔的推广应用前景^[34]。

3.2 动物饲料的添加剂

在鸡饲料中添加一定量的茶渣, 可以提高维生素的含量, 其中维生素 E 与维生素 A 较对照组均提高 30%~50%。在鸡饲料中掺入少量茶渣, 能节约经济成本的同时不会使产量下降, 并且可以使鸡蛋的色泽加深^[35]。其次, 可以通过茶渣中所含的茶多酚来补充饲料的营养价值^[36], 母鸡体内的促黄体素雌激素和孕酮的分泌受到茶渣中的黄酮刺激得到促进, 使产蛋率得到高。此外, 对喂食了茶多酚的母鸡产下的鸡蛋进行营养检测, 发现全蛋脂肪和粗蛋白含量都比普通鸡蛋有所增加^[37]。在猪的饲料中添加茶渣、茶末, 能够提高猪的生长速度、饲料吸收利用率、提高猪的抗病能力、有效地减少育肥猪背部的脂肪含量、增加瘦肉的比例^[38,39]。

3.3 植物的土壤肥料

茶渣含氮 2.5%~4.0%、五氧化二磷 0.4%、氧化钾 1.4%、有机碳 38.1%、碳氮比为 15~20, 可以作为肥料加以利用, 是一种废弃资源再利用的有效手段, 对农作物生长有明显的积极作用。以含水量为 60% 的茶渣为原料, 添加 5% 的油枯和木醋, 每 3 d 翻堆 1 次, 发酵 21 d 后可得到茶渣有机肥^[40]。茶渣有机-无机混肥可以明显改良茶园土壤的生态特性, 施用茶渣复混肥后, 茶园的 1~15 cm 和 15~30 cm 土层的有机质含量与施用尿素相比较分别增加 80.7% 和 51.6%, 脲酶活性比未施加的土壤下降 19.4%~24.7%, 并且土层中的细菌、放线菌和真菌总数均高

于市售肥料处理的土壤^[41]。茶渣有机肥还可以促进青菜株高与青菜开展度的增加,有利于青菜光合作用提高产量,并且能改善土壤次生盐渍化^[42]。以茶渣:红土为 1:3(*m:m*)基质栽培娃娃菜,不仅可促进娃娃菜幼苗生长,娃娃菜幼苗叶片的叶绿素、可溶性糖和维生素 C 含量均有所提高^[43]。施用茶渣有机肥的冬儿菜和玉米植株生长情况明显优于对照组,植株过氧化氢酶的活性、长势和茎的粗细等生物指标都有明显提高,且促进生长的效果随施用量的增加而提高^[44]。适当配方的茶渣粪肥可明显提高番茄幼苗的品质,番茄育苗,出苗率、土壤与作物分析开发值(soil and plant analyzer developtrnen, SPAD)、幼苗生物量、地上部分生长、地下部分生长及壮苗指数均明显好于市场一般销售基质^[45]。此外,有研究表明,茶渣中的茶多酚能够抑制土壤中脲酶的活性与缓冲土壤的酸化,可能提高氨基态氮的使用率与土壤中微生物的含量。

3.4 重金属及染料的吸附剂

通过在茶渣纤维素中添加石墨烯,制备茶渣纤维素/石墨烯复合水凝胶,对亚甲基蓝染料具有很好的吸附作用^[46]。龚新怀等^[47]采用化学共沉淀技术制备了茶渣/纳米 Fe₃O₄ 磁性复合材料并考察了其在水溶液中亚甲基蓝的 Langmuir 最大吸附量为 160.5 mg/g,并具有良好的再生与循环使用性能。Mondal 等^[48]用 Na₂S 处理后的茶渣作为污水中重金属的吸附剂,通过固定床实验表明,改性茶渣能够对 Pb²⁺ 离子进行有效吸附,其吸附量最高达到 81 mmol/g。吸附重金属后的改性茶渣可以通过稀硝酸处理得到再生,多次吸附脱附循环后,改性茶渣对 Pb²⁺ 仍能保持较高的吸附容量。

3.5 药物吸收与缓释

从茶渣中提取茶叶纤维素,通过离子液体加热溶解等工艺制得茶叶纤维素水凝胶^[49,50]具有合适的润胀率,对水杨酸钠药物模型具有很好的吸附性,最大载药率达到 97%,并且通过细胞相容性实验初步证明了其对无毒,作为医学材料有一定潜力。

4 结 论

随着中国乃至全球茶叶消费的增加,每年都产生大量的茶渣,对其的回收利用仍处于探索阶段。我国作为茶的生产与消费大国,每年都产生数以万吨计的茶渣。茶渣内含丰富的粗纤维等有价值的物质,是一种可再生的生物质资源,在菌类的培养基、动物饲料的添加剂、植物的土壤肥料、重金属及染料的吸附剂、药物吸收与缓释等方面的应用具有巨大的发展潜力与良好发展前景。

参考文献

[1] 张俐娜. 基于生物质的环境友好材料[M]. 北京: 化学工业出版社,

- 2011.
- Zhang LN. Environmentally friendly materials based on biomass [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.
- [2] 王海滨. 国外生物质能转化技术与应用[J]. 能源基地建设, 2000, (6): 15-16.
- Wang HB. Foreign biomass energy conversion technology and application [J]. Energ Bas Constr, 2000, (6): 15-16.
- [3] 杜德利, 王镇. 生物质致密成型产品的生产及应用[J]. 农业工程学报, 2006, (s1): 154-158.
- Du DL, Wang Z. Production and application of biomass solid product [J]. Transac CSAE, 2006, (s1): 154-158.
- [4] 肖春玲, 李青萍. 农产品加工过程中的环境问题及对策[J]. 食品科学, 2007, 28(7): 553-555.
- Xiao CL, Li QP. Problem and counter measurement of environmental pollution in agricultural processing [J]. Food Sci, 2007, 28(7): 553-555.
- [5] 崔超, 吴林海. 中国农产品加工业技术创新能力研究[J]. 农业工程学报, 2009, 25(3): 303-307.
- Cui C, Wu LH. Technological innovation ability of agricultural products processing industry in China [J]. Transac CSAE, 2009, 25(3): 303-307.
- [6] 韦璐, 黄卫萍. 浅谈生态文明建设与农产品精深加工-以广西香蕉精深加工为例[J]. 广西农学报, 2018, 33(1): 59-62.
- Wei L, Huang WP. On the construction of ecological civilization and the deep processing of agricultural products: taking banana deep processing in Guangxi as an example [J]. J Guangxi Agric, 2018, 33(1): 59-62.
- [7] 杜艳艳, 赵蕴华. 农业废弃物资源化利用技术研究进展与发展趋势[J]. 广东农业科学, 2012, 39(2): 192-196.
- Du YY, Zhao YH. Trends of resource utilization technology in agricultural waste at home and abroad [J]. Guangdong Agric Sci, 2012, 39(2): 192-196.
- [8] 廖森泰, 徐玉娟. 广东省农产品加工科技现状、差距及发展对策研究[J]. 科技管理研究, 2008, (6): 145-147.
- Liao ST, Xu YJ. Present situation, gap and development countermeasures of agricultural products processing technology in Guangdong province [J]. Sci Technol Manag Res, 2008, (6): 145-147.
- [9] 杨瑞璟. 中古饮茶之风与士人审美情趣研究[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版), 2011, 14(3): 117-120.
- Yang RJ. Oon tea drinking and aesthetic taste of learned people in middle ages [J]. J Hunan Univ Sci Technol(Soc Sci Ed), 2011, 14(3): 117-120.
- [10] 王明福. 食醋与保健[J]. 中国酿造, 1998, 17(6): 39-40.
- Wang MF. Vinegar and health care [J]. Chin Brew, 1998, 17(6): 39-40.
- [11] 陈荣冰. 茶种的起源、演化与传播[J]. 茶叶学报, 1999, (1): 31-33.
- Chen RB. The origin, evolution and spread of tea seeds [J]. Acta Tea Sin, 1999, (1): 31-33.
- [12] 刘智钧, 谭展瑜, 黄惠华. 不同嫩度茶叶纤维素水凝胶的制备及其表征[J]. 现代食品科技, 2016, (4): 166-170.
- Liu ZJ, Tan ZY, Huang HH. Preparation and characterization of cellulose hydrogels from tea shoots of different maturity levels [J]. Mod Food Sci Technol, 2016, (4): 166-170.
- [13] 孙晓庆. 茶多酚对体育运动员耐力训练的促进作用[J]. 福建茶叶, 2017, 39(8): 28-29.
- Sun XQ. Promoting effect of tea polyphenols on endurance training of athletes [J]. Tea Fujian, 2017, 39(8): 28-29.
- [14] 徐睿瑶, 李俊德. 日本茶道与中医学的关系研究[J]. 世界中西医结合杂志, 2015, (5): 728-729.
- Xu RY, Li JD. Study on the relationship between Japanese tea ceremony

- and traditional Chinese medicine [J]. *World J Integr Trad West Med*, 2015, (5): 728–729.
- [15] 赵睿, 徐星航, 徐凌川. 安化黑茶药性及其部分功效之中医理论解读 [J]. *农业考古*, 2014, (2): 263–265.
- Zhao R, Xu XH, Xu LC. Interpretation of the medicinal properties and effects of Anhua black tea in traditional Chinese medicine theory [J]. *Agric Archaeol*, 2014, (2): 263–265.
- [16] 周路红. 从《本草纲目》的视角探寻咏茶诗的医学意义[J]. *时珍国医国药*, 2014, (2): 417–418.
- Zhou LH. Exploring the medical significance of tea chanting poems from the perspective of compendium of materiamedica [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*, 2014, (2): 417–418.
- [17] 胡秀芳, 杨贤强. 茶儿茶素对癌细胞凋亡作用的研究[J]. *茶叶科学*, 2001, 21(1): 26–29.
- Hu XF, Yang XQ. The apoptosis of cancer cell induced by catechins [J]. *J Tea Sci*, 2001, 21(1): 26–29.
- [18] 蒋勤. 茶多酚的药理作用[J]. *中国药师*, 2006, 9(1): 63–64.
- Jiang Q. Pharmacological effects of tea polyphenols [J]. *Chin Pharm*, 2006, 9(1): 63–64.
- [19] 何青元. 云南普洱散茶加工技术[J]. *农村新技术*, 2011, (22): 22.
- He QY. Processing technology of Yunnan Puer tea [J]. *New Rur Technol*, 2011, (22): 22.
- [20] 潘联云, 鹿颜, 龚雨顺, 等. 茶叶调节 SREBPs 的降脂作用[J]. *茶叶科学*, 2018, (1): 102–111.
- Pan LY, Lu Y, Gong YS. The mechanism of the lipid-lowering effect of tea by regulating the SREBP [J]. *J Tea Sci*, 2018, (1): 102–111.
- [21] 刘润琦. 茶化学在降脂减肥中的应用[J]. *当代化工研究*, 2018, (1): 54–55.
- Liu RQ. Application of tea chemistry in lipid-lowering weight loss [J]. *Mod Chem Res*, 2018, (1): 54–55.
- [22] 梅宇, 梁晓. 2019 中国春茶产销形势报告[J]. *茶世界*, 2019, (5): 10–18.
- Mei Y, Liang X. China spring tea production and marketing situation report 2019 [J]. *Tea World*, 2019, (5): 10–18.
- [23] 叶乃兴. 茶学概论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- Ye NX. Introduction to tea science [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2010.
- [24] 郭威. 中国茶饮料发展现状及市场结构分析[J]. *经济视野*, 2012, (10): 211.
- Guo W. Analysis of the current situation and market structure of tea beverages in China [J]. *Econom Vis*, 2012, (10): 211.
- [25] 陈谦. 茶饮料市场分析初探[J]. *福建轻纺*, 2002, (4): 8–10.
- Chen Q. The market of tea drink preliminary analysis [J]. *Fujian Textil*, 2002, (4): 8–10.
- [26] 黄静, 张帆, 陈素芹, 等. 中国茶饮料行业现状与展望[J]. *中国茶叶*, 2017, 39(5): 29–31.
- Huang J, Zhang F, Chen SQ, et al. Present situation and prospect of Chinese tea beverage industry [J]. *Chin Tea*, 2017, 39(5): 29–31.
- [27] 王洪新, 马朝阳, 吕文平, 等. 茶多酚工业化制备工艺发展历程及现状[J]. *中国茶叶加工*, 2015, (4): 15–18.
- Wang HX, Ma CY, Lv WP, et al. History and current situation of the industrial production technology of green tea polyphenols [J]. *Chin Tea Proc*, 2015, (4): 15–18.
- [28] 李煜, 郑德勇, 吴亮亮, 等. 茶渣中蛋白质和氨基酸分析及其营养价值评价[J]. *福建茶叶*, 2015, 37(1): 15–19.
- Li Y, Zheng DY, Wu LL, et al. Analysis of protein and amino acid in tea residue and evaluation of its nutritional value [J]. *Tea Fujian*, 2015, 37(1): 15–19.
- [29] 陆晨, 邹雨虹, 张士康, 等. 响应面法优化超声辅助提取茶渣蛋白质的工艺条件[J]. *食品与生物技术学报*, 2012, 31(3): 319–325.
- Lu C, Zou YH, Zhang SK, et al. Optimization of ultrasound-assisted extraction of protein from tea residue by response surface methodology [J]. *J Food Sci Biotechnol*, 2012, 31(3): 319–325.
- [30] 郑清梅, 陈昆平, 钟艳梅, 等. 4 类茶叶及其茶渣主要成分的测定与分析[J]. *广东农业科学*, 2015, 42(6): 14–20.
- Zheng QM, Chen KP, Zhong YM, et al. Determination and analysis of main components of four kinds of tea and their tea wastes [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2015, 42(6): 14–20.
- [31] 张海华, 张士康, 朱跃进, 等. 以茶渣为基料栽培食用菌菌种筛选研究 // 第十五届中国科协年会第 20 分会场: 科技创新与茶产业发展论坛论文集[C]. 2013.
- Zhang HH, Zhang SK, Zhu YJ, et al. Analysis on nutritional components of fruit body of oyster mushroom cultivated by tea waste. // Forum on scientific and technological innovation and tea industry development [C]. 2013.
- [32] 杨豆豆, 张静, 郭家刚, 等. 茶渣栽培平菇的子实体营养成分分析[J]. *食品工业科技*, 2014, 35(22): 353–355.
- Yang DD, Zhang J, Guo JG, et al. Analysis on nutritional components of fruit body of oyster mushroom cultivated by tea waste [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2014, 35(22): 353–355.
- [33] 苗人云, 谭伟, 周洁, 等. 茶渣作为主料栽培姬菇的研究[J]. *西南农业学报*, 2016, 29(1): 164–168.
- Miao RY, Tan W, Zhou J, et al. Study on tea dust as ingredients in *Pleurotus* spp. culture media [J]. *Southwest Chin J Agric Sci*, 2016, 29(1): 164–168.
- [34] 谭伟, 苗人云, 周洁, 等. 杏鲍菇茶渣栽培基质配方优化研究[J]. *中国食用菌*, 2016, 35(3): 23–28.
- Tan W, Miao RY, Zhou J, et al. Optimization on *Pleurotus eryngii* culture media of tea dust as ingredients [J]. *Ed Fungi Chin*, 2016, 35(3): 23–28.
- [35] 吴慧敏, 杨江帆, 叶乃兴. 茶渣、茶末对蛋鸡生产性能及鸡蛋品质的影响研究进展[J]. *亚热带农业研究*, 2015, 11(3): 212–215.
- Wu HM, Yang JF, Ye NX. Advances in the effects of tea residue and tea dust on hen production performance and egg quality [J]. *Subtropic Agric Res*, 2015, 11(3): 212–215.
- [36] 伍昭燕. 日粮中添加柠檬酸对蛋鸡生产性能的影响[J]. *畜牧兽医杂志*, 2011, 30(1): 72.
- Wu ZY. Effects of citric acid supplementation on performance of laying hens [J]. *J Anim Sci Veter Med*, 2011, 30(1): 72.
- [37] 袁毅君, 王廷璞, 杨玲娟, 等. 茶多酚鸡蛋营养成分分析[J]. *饲料工业*, 2010, 31(23): 9–13.
- Yuan YJ, Wang TP, Yang LJ, et al. Analysis of nutritional components in eggs of tea polyphenols [J]. *Feed Ind*, 2010, 31(23): 9–13.
- [38] 朱宏兵. 茶渣、茶末对育肥猪生产性能及猪肉品质的影响[J]. *湖北畜牧兽医*, 2019, 40(1): 33–34.
- Zhu HB. Effects of tea residue and tea powder on the performance and meat quality of fattening pigs [J]. *Hubei J Anim Veter Sci*, 2019, 40(1): 33–34.
- [39] 吴萍萍. 茶渣、茶末对育肥猪生产性能及猪肉品质影响研究进展[J]. *长江大学学报(自科版)*, 2018, (2): 37–40.
- Wu PP. Research progress on the effects of tea residue and tea powder on the performance and pork quality of fattening pigs [J]. *J Yangtze Univ*

- (Nat Sci Ed), 2018, (2): 37–40.
- [40] 刘顺航, 贾黎辉, 吴春燕, 等. 茶渣有机肥发酵工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(11): 165–167.
Liu SH, Jia LH, Wu CY, *et al.* Study on tea-leaf organic fertilizer fermentation technique [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2016, 44(11): 165–167.
- [41] 夏会龙. 茶渣复混肥对茶园土壤的生态效应[J]. 污染防治技术, 2003, (12): 76–78.
Xia HL. Ecological effect of compound fertilizer made of tea residue on soil [J]. *Pollut Contr Technol*, 2003, (12): 76–78.
- [42] 陈莉莉, 黄忠阳, 刁春武, 等. 3 种有机肥对土壤次生盐渍化改良及青菜产量的影响[J]. 长江蔬菜, 2016, (16): 71–74.
Chen LL, Huang ZY, Diao CW, *et al.* Effects of three organic manures on soil secondarysalinization improvement and pakchoi yield [J]. *J Changjiang Veg*, 2016, (16): 71–74.
- [43] 王艳芳, 苏婉玉, 张琳, 等. 不同比例茶渣基质对娃娃菜生长及品质的影响[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(8): 98.
Wang YF, Su WY, Zhang L, *et al.* Effects of different tea residue and red soil ratio combination on growth and quality of baby cabbage [J]. *Guizhou Agric Sci*, 2018, 46(8): 98.
- [44] 周菁清, 郑小龙, 周璐萍, 等. 茶渣有机肥及其对植物生长的影响[J]. 云南化工, 2010, 37(5): 17–19.
Zhou JQ, Zheng XL, Zhou LP, *et al.* Waste tea made manure and its effect on plant growth [J]. *Yunnan Chem Technol*, 2010, 37(5): 17–19.
- [45] 杨巍, 胡锋, 王东升, 等. 不同比例茶渣蚓粪基质对番茄幼苗生长的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2015, (4): 395–400.
Yang W, Hu F, Wang DS, *et al.* Effects of different quantities of tea-leafwormcast substrate on the growth of tomato [J]. *J Agric Res Environ*, 2015, (4): 395–400.
- [46] Liu ZJ, Li DX, Dai HJ, *et al.* Enhanced properties of tea residue cellulose hydrogels by addition of graphene oxide [J]. *J Molecul Liquid*, 2017, (244): 110–116.
- [47] 龚新怀, 辛梅华, 李明春, 等. 磁性响应茶渣制备及其对水溶液中亚甲基蓝的吸附[J]. 化工进展, 2019, 38(2): 1113–1121.
Gong XH, Xin MH, Li MC, *et al.* Preparation of magnetically responsive tea waste and its adsorption of methylene blue from aqueous solution [J]. *Chem Ind Prog*, 2019, 38(2): 1113–1121.
- [48] Mondal MK. Removal of Pb(II) ions from aqueous solution using activated tea waste: Adsorption on a fixed-bed column [J]. *J Environ Manag*, 2009, 90(11): 3266–3271.
- [49] Liu ZJ, Huang HH. Preparation and characterization of cellulose composite hydrogels from tea residue and carbohydrate additives [J]. *Carbohydr Polym*, 2016, (147): 226–233.
- [50] Liu ZJ, Li DX, Dai HJ, *et al.* Preparation and characterization of papain embedded in magnetic cellulose hydrogels prepared from tea residue [J]. *J Molec Liquid*, 2017, (232): 449–456.

(责任编辑: 陈雨薇)

作者简介

刘智钧, 讲师, 农产品加工与贮藏。
E-mail: gzliuzhijun@qq.com