

有机物料在农田中的应用研究进展

李栋宇^{1,2}, 屠乃美^{1*}, 靳辉勇³, 彭阳平², 唐圣兵², 胡辉², 杨波⁴

(1. 湖南农业大学农学院, 湖南长沙 410128; 2. 湖南省烟草公司永州市公司, 湖南永州 425000; 3. 江苏省宿迁市宿豫区农业委员会, 江苏宿迁 223800; 4. 湖南省烟草公司湘西自治州公司, 湖南吉首 416000)

摘要 通过对饼肥、绿肥、秸秆、草木灰 4 种常见有机物料的特征、功效、应用现状及前景等方面进行论述, 探讨 4 种有机物料对农田土壤环境、作物产量及质量的影响, 为下一步农田土壤改良提供参考。

关键词 饼肥; 绿肥; 秸秆还田; 草木灰; 农田应用

中图分类号 S141 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)02-0012-03

Research Progress of Application of Organic Materials in Farmland

LI Dong-yu^{1,2}, TU Nai-mei¹, JIN Hui-yong³ et al (1. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128; 2. Yongzhou Branch of Hunan Provincial Tobacco Companies, Yongzhou, Hunan 425000; 3. Agricultural Committee of Suyu District in Suqian City, Suqian, Jiangsu 223800)

Abstract This article introduced four kinds of organic materials including cake fertilizer, green manure, straw, plant ash, and elaborated the characteristic, efficacy, status and prospect of application. Effects of four kinds of organic materials on farmland soil environment, as well as crop yield and quality were discussed, which will provide references for the research on soil improvement in farmland.

Key words Cake fertilizer; Green manure; Straw returning; Plant ash; Farmland application

近年来,随着土地复种指数的提高,化学肥料的不合理使用,加之轮作运用不普及,导致部分农田土壤养分失衡,土壤酸化现象严重,微生物种群结构趋劣,农作物病害发生率不断上升,农产品质量安全岌岌可危^[1-3]。

2014年,环保部和国土资源部联合发布的《全国土壤污染状况调查公报》指出,全国土壤环境状况总体不容乐观,部分地区土壤污染较重,耕地土壤环境质量堪忧^[4]。2015年,首届全国农田土壤环境综合治理发展战略论坛将“让土壤恢复活力”作为主题,会议指出我国农田土壤环境亟待治理。2016年,国务院印发的《土壤污染防治行动计划》指出,当前我国土壤环境总体状况堪忧,部分地区污染较为严重,已成为全面建成小康社会的突出短板之一^[5]。农业部发布的《2016年全国耕地质量监测报告》监测数据显示,850个国家监测点中有25.9%的监测点土壤容重大于适宜作物生长的标准,土壤孔隙少、孔隙度小,板结现象较为严重。由此可见,如何有效地改善土壤环境,提高土壤肥力,治理土壤污染,已经成为当今农业可持续发展迫切需要解决的问题。

目前,土壤功能退化及污染加剧,作物生长不良、病害加重、品质下降及产量降低等问题日益严重,修复土壤、保护土壤健康已经到了刻不容缓的地步。而饼肥、绿肥、秸秆、草木灰等有机物料是农业生产中的重要肥源,其养分全面,肥效均衡持久,既能改善土壤结构、培肥地力,促进土壤养分的释放,又能供应、改善作物营养,具有化学肥料不可替代的优越性,对发展有机农业、绿色农业和无公害农业有重要意义^[6-9]。

1 饼肥的研究

饼肥是花生、油菜、大豆等植物种子或果核经榨油后的副产品,有机质含量高达75%以上,并且含有大量的植物所

需的N、P、K等营养元素,一般可用作基肥、种肥或追肥^[10-11]。由于其养分齐全,含量较高,肥效持久,对于各类土壤和多种作物都适用,所以在实际生产中应用较为广泛,尤其是在果树、小麦、烟草、棉花等作物和果树中应用效果较好。

1.1 饼肥种类 饼肥根据其成分及用途,可以分为两大类:一类是既可以作饲料又可以作肥料,如大豆饼、芝麻饼、花生饼等,均可用作牲畜、家禽的饲料,若经牲畜或家禽过腹转化后利用其粪便作肥料,其有效养分将会更全面、更丰富,肥效和利用率将会更高;亦可以直接作为有机肥使用,能够有效改善土壤结构,提高作物产量。另一类是作为肥料使用,如茶籽饼、蓖麻籽饼、棉籽饼等,因其含有桐酸、皂素等有毒物质^[12],在实际生产中一般只用作有机肥,常与化肥搭配使用。

1.2 饼肥功效 据研究,饼肥中含有蛋白质、氨基素、植酸、酚类等多种营养成分,其中蛋白质含量约为36%;另外,植物油饼在腐解过程中的主要产物为脂肪酸、有机酸、氨基酸和其他有机营养物质,这些都能有效地提高土壤肥力,为提高农产品的产量和品质打下良好的基础。

饼肥能为土壤提供丰富的营养元素,不同的饼肥由于其原料及榨油的方法不同,其养分的含量不同,所以其功效存在差异^[13-14]。研究表明^[15],施用豆饼肥对棉花黄萎病和枯萎病、小麦腥黑穗病和秆黑穗病等病害具有明显的防治作用。郭群召等^[16-17]研究发现,油菜籽饼肥能够有效提高植烟土壤有机质含量,为土壤微生物生长发育提供良好的环境条件,促进微生物的新陈代谢,同时提高了土壤中蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶的活性,促进了土壤中有机养分的分解,为植株生长提供了营养,进而促进植株的生长发育。李建华^[18]研究结果显示,芝麻饼肥可以为土壤提供大量的酶类,如蔗糖酶、淀粉酶、蛋白酶、脲酶、碱性磷酸酶等。刘添毅等^[19]指

作者简介 李栋宇(1992—),男,湖南长沙人,硕士研究生,研究方向:烟田耕作制度与可持续发展。*通讯作者,教授,从事作物生理生态与分子生物学研究。

收稿日期 2017-10-25

出,在烟草团棵期,施用花生饼肥可以显著提高土壤中磷酸酶、蔗糖酶、脲酶、蛋白酶的活性;施用花生饼肥的处理与常规处理相比,蔗糖酶活性提高了8.9%~11.0%,蛋白酶活性提高了15.0%~43.2%。此外,施有机肥尤其是饼肥和廐肥,对茶多酚、儿茶素、咖啡碱、水浸出物等物质的积累也有一定的促进作用^[20]。可见农田中施用饼肥不仅可以提高土壤有效养分含量,改善土壤结构,促进土壤微生物的生长发育,还能为作物的高产、高质提供保障。

2 绿肥的研究

绿肥是用绿色植物体制成的肥料,即利用植物生长过程中产生的全部或部分绿色体,直接或异地翻压或者经堆沤后施用到土地中作肥料^[21]。绿肥是一种养分完全的生物肥源,能为土壤提供丰富的养分。各种绿肥的幼嫩茎叶,含有丰富的养分,一旦在土壤中腐解,能大量地增加土壤有机质和氮、磷、钾、钙、镁以及各种微量元素^[22]。绿肥的种植和利用具有提供土壤养分、合理用地养地、部分替代化肥、提供饲草来源、保障粮食安全、改善生态环境、固氮、吸碳以及节能减耗等作用,在我国传统农业中具有重要的发展意义。

2.1 绿肥种类 绿肥按其来源分为栽培绿肥和野生绿肥。栽培绿肥是指人工栽培的绿作物,如油菜、紫云英、豆科类作物等。野生绿肥是指非人工栽培的野生植物,如杂草、树叶、鲜嫩灌木等。在我国,由于土地面积辽阔,各地气候差异大,土壤类型多样,因此绿肥品种不一,尤其是南北方种植的绿肥品种差别很大^[23]。肇东苜蓿、阿尔冈金、苦蕒菜、沙苦蕒菜、红苋、美国籽粒苋、高丹草、苏丹草以及四月慢油菜等主要在黑龙江地区种植^[24]。田菁、怪麻、苜蓿、毛光苕子、草木樨、沙打旺、小冠花、一年生黑麦草、多年生黑麦草、老芒麦、苇状羊茅、二月兰、油菜、甘草、水锦葵以及黄豆、绿豆、黑豆等豆科类作物等主要适宜在河北、山东、河南、安徽、江苏等黄淮海平原地区种植^[25]。而紫云英、紫花苕、蓝花子、绿豆、飞机草等喜温湿气候的绿肥品种则适宜在我国南方地区种植^[26-28]。

2.2 绿肥功效 绿肥不仅能够提供养分,合理用地养地,同时还能保障粮食安全,另外以绿肥替代部分化肥,对生态环境的改善有着重要的意义。王丹英等^[29]用盛花时期的油菜进行翻压还田来研究其培肥效应,结果表明油菜翻压还田以后,土壤有机质、全氮、全磷以及总孔隙度都显著提高,土壤容重明显减少,土壤物理性状得到明显的改善。刘义平^[30]研究发现,在茶园中套种绿肥可以降低0~30 cm的土层温度,平均降低6.64℃;0~30 cm土层含水量显著提高,平均提高1.93%;土壤有机质、全氮、碱解氮、速效钾、有效磷含量都得到不同程度的提高。何腾兵等^[31]研究表明,绿肥聚拢秸秆还土可以提高贵州喀斯特山区黄壤和石灰土土壤有机质及养分含量,改善土壤物理性状,促进作物生长发育,提高作物产量,增加农民的经济效益。黄平娜等^[32]研究发现,绿肥还田可显著提高土壤速效氮、速效磷、速效钾养分含量,促进烤烟对土壤养分的利用,提高烤烟产量;还可以有效改善烟叶品质,使烟叶外观结构更疏松,成熟度更好,颜色更均

匀。欧丽萍等^[33]研究表明,大豆、绿豆、花生种植后压青对甘蔗具有增产增糖效应,其中,大豆种植后压青效果最好,绿豆次之,花生效果最差。

3 秸秆还田研究

秸秆是农作物收获后的作物残留,是农业生产中的副产品,是一种可再生的有机资源。我国秸秆资源丰富,2013年中国农作物秸秆的总量约有7亿t,约占世界秸秆总量的19%,位居世界第一^[34]。农作物秸秆占作物生物总量的50%左右,因其来源广、污染小、热值含量高,在我国农村中常用作牲畜饲料和生活燃料。秸秆还田在我国已有2000多年历史,但在很长一段时间中主要是作燃料使用,少部分用于垫圈、喂养牲畜及还田。随着农业机械化的快速发展和生态环境保护的大力推进,做好秸秆的综合利用,对于促进农业生产可持续发展具有重要的意义。

3.1 秸秆还田类型 根据秸秆还田方式分为堆沤还田、过腹还田、翻压还田、覆盖还田等类型^[35]。

(1)堆沤还田是将作物秸秆粉碎后进行一段时间的沤制,使其成为堆肥、沤肥。秸秆长度以1~3 cm为宜,含水量保持在70%左右,堆沤时间一般为15~20 d。秸秆堆沤时腐熟矿化加速,能够释放养分,降解有害的有机酸、多酚等,杀灭寄生虫卵、病原菌及杂草种子等,但氮素易流失,且费工、费时,利用较少。

(2)过腹还田是指利用秸秆饲喂牛、马、羊等牲畜,即先作饲料,然后经牲畜消化吸收部分营养物质,另外一部分则变为粪、尿,施入土壤还田,此还田方式经济效益和生态效益都非常明显。秸秆是反刍家畜粗饲料的重要来源,被动物吸收的养分转化为肉、奶等,提高了经济效益,又实现了资源循环利用。

(3)翻压还田是指在玉米、高粱、小麦等农作物收获后,用秸秆粉碎机将其秸秆就地粉碎,然后均匀地抛撒在地表,随即翻耕入土,使之腐烂分解。这样能把秸秆的营养物质完全地保留在土壤里,不但增加土壤有机质含量,培肥地力,而且改良土壤结构,减少病虫害危害。

(4)覆盖还田是指将农作物秸秆粉碎后直接覆盖于地表。地表秸秆覆盖率大于30%,可提高土壤有机质含量,调节土壤温、湿度,保证种子正常发芽和出苗。秸秆覆盖有2种方式:一是人工覆盖还田,即异地覆盖还田,旱地作物播种覆土后,地块表面覆盖3~5 cm厚的作物秸秆;二是留茬套种残茬覆盖,即一般在收获前15~20 d,将后茬套种于行间,收割时留茬15~20 cm,出苗后,刨茬1~2遍,根茬散铺于表面。

3.2 秸秆还田功效 秸秆还田在农业生产中可达到节水、节本、增产、增效的目的,对生态环保和农业可持续发展具有重要的意义。李瑾等^[36]在大麦田中覆盖稻草进行研究,结果表明稻草覆盖大麦可增产26.6%,覆盖量与基本苗、最高苗、有效穗呈二次曲线关系,但对结实率及千粒重的影响小。有研究表明,秸秆覆盖可以减少土壤与大气的接触面积,有效抑制水分蒸发,提高0~40 cm土层的土壤含水量;通过秸

秆覆盖还田,可节水25%左右^[37]。张晶^[38]研究表明,秸秆中含有大量的有机质和矿质元素,可以为土壤微生物的生长和繁殖提供丰富的碳源和氮源,促进土壤微生物的新陈代谢,增加微生物的数量,提高土壤的生物活性。李新举等^[39]试验显示,秸秆还田3年后,0~10 cm土层总孔隙度增加了3.40%~4.16%。顾丽^[40]通过对秸秆还田后的水稻稻米品质进行研究,发现秸秆还田可以提高水稻稻米蛋白质的含量,降低直链淀粉含量,垩白度则随土壤中全氮含量的增加而增加。而徐国伟^[41]、刘阳^[42]研究显示,稻草还田后,稻米中垩白米粒、垩白度和直链淀粉的含量呈不同程度的下降趋势;淀粉的最高粘滞度、崩解值以及消碱值都变小,这意味着稻米的食味品质得到了提高。

4 草木灰的研究

草木灰是指草本或木本植物燃烧后的残余物^[43]。矿质元素丰富,含磷元素6.0%~12.0%,含钾元素1.5~3.0%,不同植物的灰分,其养分含量不同。质轻且呈碱性,干时易随风而去,湿时易随水而走,不宜与氮肥混用。因其来源广泛,成本低廉,养分齐全,肥效明显,在农业生产中运用广泛。

4.1 草木灰来源 草木灰的生产方法比较单一,即通过燃烧获得。但是其来源却很广,一般有3种途径:一是农村家庭生活的土灶燃烧柴草后所得灰烬;二是在田间地头不能运回的秸秆,直接就地焚烧;三是一些以秸秆或木材为燃料的工厂,燃烧后可产生大量的草木灰。

4.2 草木灰功效 草木灰的主要成分是碳酸钾,因其是植物燃烧后的灰烬,所以凡是植物所含的矿质元素,草木灰几乎都含有,对土壤改良和植物的生长发育具有重要的意义。石峰等^[44]研究表明,草木灰与化肥配施可以有效提高土壤碱解氮、速效磷、速效钾含量。刘发林^[45]研究发现,以草木灰为基质的马尾松种子发芽率比对照低,不及对照组的一半,发芽率与草木灰的用量呈负相关;添加草木灰后,马尾松和云南松种子平均发芽时间减少,幼苗死亡率降低。朱雅兰等^[46]研究表明,施用草木灰可以影响土壤中Cd的形态分布,促使生物有效性较高的Cd转化为惰性态的Cd;其中土壤水溶态和交换态Cd含量可降低68.38%,残渣态镉含量可升高112.5%。邵文奇等^[47]以草木灰为水稻机插秧育苗基质,结果显示,虽然秧苗出现偏高、偏弱的现象,但是水稻出苗数和成苗率、最终的产量及其性状均没有受到影响。祝延立等^[48]研究表明,草木灰与化肥配施,玉米的农艺性状得到改善,其中株高、穗长、穗粗与对照相比均有不同程度的增加;玉米的产量也得到了提高,其中百粒重增加6.16 g,平均增产37.91%。高焕勇等^[49]研究表明,以草木灰为底肥,可以显著提高马铃薯的产量,平均产量17 917.5 kg/hm²,与对照相比增产46.6%;在网棚生产脱毒马铃薯原种时,早使用草木灰,不仅可以为植株提供磷、钾等元素,还能改善土壤的物理性质,提高土壤的通透性,降低烂薯率,增加产量。

5 研究展望

近年来,肥料的施用不科学,化肥用量的增加,不仅使土壤肥力失调,而且还增加了农产品的生产成本,减少农民收

入,破坏了生态环境。在我国广大农田中,重施氮肥、轻施氮磷钾肥、不施微量元素肥料、只施化肥、少施有机肥等现象十分普遍。而饼肥、作物秸秆、绿肥、草木灰等有机物料因其含有丰富的有机质和植物所需的矿质元素,能够培肥地力,改善土壤结构,增加土壤微生物的活性,又常见于日常生活中,取材比较方便,所以在以后的农业生产中将会越来越受到重视。以下几个方面将是有机物料在农田中推广应用的要点:

(1)加强有机物料施用技术开发及推广。目前,有机物料的施用技术比较传统、单一、落后,及时开发省工、省力、简便易行的施用技术,加快试验示范进度,加大力度推广新技术、新工艺。

(2)多渠道广辟有机物料源。广辟有机物料源是发展有机物料生产和使用的必要条件,通过多渠道的生产有机物料,提高土壤养分,改善土壤结构,减少化肥使用量,对发展绿色农业、保护生态环境、优化行业结构具有重要的意义。

(3)规范有机物料标准及市场。有机物料的发展前景良好,行业规范度却偏低,需要企业和政府进一步完善工艺、标准和市场等。

参考文献

- [1] 陈冬梅. 作物多样性栽培对烟草连作障碍的生态调控机制[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [2] 何金祥, 付传明, 黄宁珍, 等. 广西岩溶区烟草栽培地土壤养分、微生物与病害发生的调查分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(15): 292-296.
- [3] 陈丹梅, 梅晓明, 梁永江, 等. 轮作对土壤养分、微生物活性及细菌群落结构的影响[J]. 草业学报, 2015, 24(12): 56-65.
- [4] 《中国国土资源报》报社. 环保部国土资源部负责人就土壤污染状况调查答记者问[J]. 国土资源, 2014(5): 4-7.
- [5] 申桂英. 国务院颁布《土壤污染防治行动计划》[J]. 精细与专用化学品, 2016(6): 12.
- [6] 来航线. 微生物肥: 多重功效 产业逐渐成熟[J]. 中国农资, 2015(47): 17.
- [7] 谈邦有. 浅谈有机肥在农业生产中的合理施用[J]. 农业科技与信息, 2016(7): 81.
- [8] 陈茂春. 施用有机肥料究竟有哪些好处? [J]. 科学种养, 2011(12): 7.
- [9] 郎立云. 如何合理高效施用有机肥[J]. 河北农业, 2013(1): 41-42.
- [10] 胡启山. 饼肥施用“七注意”[J]. 农业知识, 2008(16): 16-17.
- [11] 筱博. 饼肥高效施用“七注意”[J]. 中国农业信息, 2008(2): 39.
- [12] 秦榕年, 岑爱贤. 茶皂素生产过程中原料茶籽饼和产品茶皂素的皂素含量测定[J]. 日用化学工业, 1994(2): 54-55.
- [13] 郑春芳, 王崇芳. 施用饼肥须注意[J]. 农村新技术, 2009(11): 5.
- [14] 武雪萍, 刘国顺, 郭平毅, 等. 饼肥中的有机营养物质及其在发酵过程中的变化[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(3): 303-307.
- [15] 刘嵩民, 易琼华, 师素云. 用豆饼防治棉花枯萎病的作用机制研究[J]. 植物病理学报, 1993(3): 267-268.
- [16] 郭群召, 吴学巧, 黄平俊. 饼肥对土壤性状、烤烟生长及烟叶品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2007(6): 68-70.
- [17] 郭群召, 吴学巧. 烟田施用菜子饼肥对土壤酶活性及烟叶质量的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(12): 380-382.
- [18] 李建华. 闽台茶业现状与发展策略[J]. 台湾农业探索, 2003(3): 19-23.
- [19] 刘添毅, 李春英, 熊德中, 等. 烤烟有机肥与化肥配合施用效应的探讨[J]. 中国烟草科学, 2000, 21(4): 23-26.
- [20] 周江梅. 浅谈台湾有机农业的栽培管理[J]. 台湾农业探索, 2005(4): 48-49.
- [21] 徐晶莹. 恢复发展我国绿肥生产的几点思考[J]. 中国农技推广, 2011, 27(10): 39-41.
- [22] 陈茂春. 绿肥改良土壤作用大[J]. 农家参谋, 2010(12): 7.
- [23] 曹卫东, 黄鸿翔. 关于我国恢复和发展绿肥若干问题的思考[J]. 中国土壤与肥料, 2009(4): 1-3.
- [24] 于凤芝, 曹卫东, 高同彬, 等. 黑龙江主要绿肥品种肥料价值和饲料价值的比较[J]. 中国土壤与肥料, 2010(4): 69-72.

的体系,关于金银花遗传图谱构建、功能基因研究较少。在今后的金银花研究中,一方面要在现有常规育种基础上解决金银花生产中的低产、染病等问题,同时分子生物辅助育种方面,如寻找绿原酸、木犀草苷紧密连锁的分子标记或生化标记,克隆关键基因同步开展,以期更快地促进我国金银花科学研究的发展。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 北京:化学工业出版社,2000:177.
- [2] 武丽娜. 金银花疏松愈伤组织诱导及细胞悬浮培养研究[J]. 北方园艺,2012(20):107-109.
- [3] 丁文静,张李娜,张谦,等. 金银花品种中花1号组培育苗技术研究[J]. 山东农业科学,2012,44(8):57-58.
- [4] 赵先海,张晓明,邓小梅,等. '金花3号'金银花组培快繁技术[J]. 林业科技开发,2014,28(3):105-107.
- [5] 杨冬业,张丽珍,李夏萍. 金银花高效再生体系的建立[J]. 分子植物育种,2017,15(4):1461-1465.
- [6] 王鹏,李艳,王文静. 金银花组织培养中防褐化技术实验[J]. 河南科学,2015,33(5):735-738.
- [7] 王文静,王鹏,李伟强. 金银花组培快繁技术研究[J]. 北方园艺,2013(18):100-102.
- [8] 刘敏杰. 金银花组织培养与快速繁殖研究[J]. 安徽农学通报,2014,20(21):21-22.
- [9] 任斌. 金银花腋芽快速繁殖体系探讨[J]. 浙江农业科学,2015,56(1):56-57.
- [10] 任斌. 金银花试管苗生根培养基的优选[J]. 安徽农业科学,2013,41(20):8515-8516.
- [11] 宋雯舒,张晨,甘亮,等. HPLC含量测定和DNA分子标记技术对同产地金银花的鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(17):59-62.
- [12] 崔志伟,王康才,郑晖,等. DNA条形码序列对不同品种金银花的鉴定[J]. 江苏农业科学,2013,41(8):43-45.
- [13] 胡凯,王微,游玉明. 基于DNA条形码和HRM技术对金银花及山银花药材的快速鉴别[J]. 时珍国医国药,2015,26(12):2923-2926.
- [14] 蒋超,袁媛,刘贵明,等. 基于EST-SSR的金银花分子鉴别方法研究[J]. 药学学报,2012,47(6):803-810.
- [15] 徐石勇,李欧静,张舒玮,等. 金银花SSR指纹图谱的构建及遗传多样性分析[J]. 天津农业科学,2015,21(5):11-14,18.
- [16] 王湘莹,何钢,王晓明,等. 金银花不同品种间遗传变异的ISSR分析[J]. 中南林业科技大学学报,2013,33(11):77-82.
- [17] 韩琳娜,康玉秋,郭庆梅,等. 道地产区金银花的ISSR遗传多样性分析

- [J]. 四川农业大学学报,2013,31(4):414-418.
- [18] 孙稚颖,姚辉,王振中,等. 金银花种质资源遗传多样性的ISSR分析[J]. 世界科学技术-中医药现代化,2013,15(9):1890-1895.
- [19] 王一斐,刘林德,葛宜和,等. 胶东地区金银花品种间遗传关系的RAPD分析[J]. 安徽农业科学,2017,45(13):145-146,159.
- [20] 杨飞,张敏,彭兴扬,等. 金银花五个品系的RAPD分析及DNA指纹图谱的建立[J]. 武汉植物学研究,2007,25(3):235-238.
- [21] LI Y, DING W L. Genetic diversity assessment of *Trollius* accessions of Chinaby RAPD markers [J]. Biochemical genetics, 2010,48:34-43.
- [22] SUN Z Y, GAO T, YAO H, et al. Identification of *Lonicera japonica* and its related species using the DNA barcoding method [J]. Planta medica, 2011,77(3):301-306.
- [23] 赵君峰,马丽苹,白志川. 川渝地区金银花HPLC指纹图谱的研究[J]. 食品工业科技,2014,35(7):292-295,302.
- [24] 赵君峰,马丽苹,张彬,等. 金银花HPLC指纹图谱的建立[J]. 中国食品学报,2015,15(2):178-184.
- [25] 杨欣欣,王帅,包永睿,等. 不同产地金银花指纹图谱研究[J]. 亚太传统医药,2015,11(5):17-20.
- [26] 何兵,刘艳,李春红,等. 多指标定量指纹图谱在中药金银花质量评价中的应用[J]. 中国药理学杂志,2015,50(14):1237-1242.
- [27] 黄海燕,饶伟文,钟建理. 金银花与山银花指纹图谱对比[J]. 中国现代药物应用,2016,10(16):288-289.
- [28] 韩永成,刘伟,陈宁,等. 不同产地金银花药材的UPLC指纹图谱分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2014,20(2):67-69.
- [29] 吴敏琳,孙小琳,朱莎莎,等. 金银花HQT基因变异类型与其绿原酸含量相关性[J]. 吉林中医药,2014,34(7):728-731.
- [30] 蒋向辉,冯仕彪. 金银花丙酮酸激酶基因的克隆与表达特性分析[J]. 西北植物学报,2015,35(12):2372-2378.
- [31] 刘霞宇,陈亮,乔永刚,等. 金银花花器官实时荧光定量PCR内参基因的筛选[J]. 山西农业科学,2017,45(4):514-517.
- [32] 乔中全,何钢,王晓明,等. 金银花黄酮醇合成酶基因全长克隆及其序列分析[J]. 生物技术通报,2012(4):64-68.
- [33] 元希武,徐道华,于盱,等. 金银花肌动蛋白基因LjActin的克隆及在花发育过程中的表达分析[J]. 江西农业学报,2017,29(3):90-94.
- [34] 汪周勇,蒋超,陈敏,等. 金银花类药用植物FatB基因克隆和生物信息学分析[J]. 药学学报,2012,47(10):1394-1398.
- [35] 何柳,徐晓兰,王振中,等. 金银花莽草酸/奎宁酸香豆酰转移酶(LjHCT)基因克隆与序列分析[J]. 世界科学技术-中医药现代化,2014,26(2):263-268.
- [36] 蒋向辉,苑静. 金银花叶绿素a/b结合蛋白基因LjCab克隆与表达特性分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2016,50(3):409-414.
- [37] 齐琳洁,袁媛,伍翀,等. 金银花DNA去甲基化酶基因的生物信息学分析[J]. 药学学报,2015,50(3):367-371.

(上接第14页)

- [25] 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.
- [26] 黄锦福,吉家乐,黄忠兴,等. 绿豆、飞机草、牧草压青对芒果产量和质量的影响[J]. 广东农业科学,2011,38(7):88-89.
- [27] 何录秋,薛灿辉,张亚. 湖南主要经济绿肥的品种研究[J]. 湖南农业科学,2011(7):45-47.
- [28] 杜东英,王劲松,郭云周,等. 云南省主要秋播绿肥种植及还田技术[J]. 中国农技推广,2010,26(11):39-41.
- [29] 王丹英,彭建,徐春梅,等. 油菜作绿肥还田的培肥效应及对水稻生长的影响[J]. 中国水稻科学,2012,26(1):85-91.
- [30] 刘文平. 新垦幼龄茶园套种经济绿肥的生态效应研究与应用[J]. 江西农业学报,2011,23(8):17-18.
- [31] 何腾兵,毛国军,梅涛,等. 贵州喀斯特山区旱地绿肥聚拢秸秆还土的培肥增产效应研究[J]. 土壤通报,2001,32(2):62-65.
- [32] 黄平娜,秦道珠,龙怀玉,等. 绿肥-烟-稻轮作与烟叶产量品质及后茬晚稻产量效应[J]. 中国农学通报,2010,26(1):103-108.
- [33] 欧丽萍,徐建云,陈超君,等. 绿肥压青改土对秋植蔗高产群体产量和品质的效应初报[J]. 广西蔗糖,2006(1):19-23.
- [34] 宋湛谦. 构建秸秆高效利用体系 实现秸秆利用全产业链[J]. 科技导报,2015,33(4):1.
- [35] 杨丽娟. 农作物秸秆还田的方式及技术要求[J]. 现代农业,2011(5):165.
- [36] 李瑾,张晓伟,龚晓春,等. 免耕直播大麦的稻草覆盖量试验[J]. 浙江农业科学,2009,1(6):1135-1136.

- [37] 安丰华,王志春,杨帆,等. 秸秆还田研究进展[J]. 土壤与作物,2015,4(2):57-63.
- [38] 张晶. 秸秆还田土壤与纤维素降解相关的微生物的分子生态学研究[D]. 上海:上海交通大学,2007.
- [39] 李新举,张志国. 秸秆覆盖对土壤水分蒸发及土壤盐分的影响[J]. 土壤通报,1999(6):257-258.
- [40] 顾丽. 长期与短期秸秆还田后稻米品质的差异性变化研究[D]. 扬州:扬州大学,2008.
- [41] 徐国伟. 种植方式、秸秆还田与实地氮肥管理对水稻产量与品质的影响及其生理的研究[D]. 扬州:扬州大学,2007.
- [42] 刘阳. 不同生态条件下稻米品质对施氮反应的差异[D]. 扬州:扬州大学,2006.
- [43] 刘福英. 草木灰在农林上的应用[J]. 农技服务,2016,33(11):88.
- [44] 石峰,李楠,郭泽涵,等. 草木灰颗粒肥对土壤速效养分的影响[J]. 河南农业,2016(20):33-34.
- [45] 刘发林. 草木灰对四种松属种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 生态学报,2017,37(17):5673-5680.
- [46] 朱雅兰,李明,黄巧云. 草木灰污泥联合施用对Cd污染土壤中Cd形态变化的影响[J]. 华中农业大学学报,2010,29(4):447-451.
- [47] 邵文奇,纪力,钟平,等. 水稻机插秧育苗草木灰基质的特性及应用效果[J]. 江西农业学报,2012,24(3):117-118.
- [48] 祝延立,郗登宝,潘晓峰,等. 草木灰与化肥配施对玉米农艺性状及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2016,44(9):42-43,152.
- [49] 高焕勇,邱广伟,张鑫,等. 不同时期施用草木灰对网棚生产脱毒马铃薯原种产量的影响[J]. 农业科技通讯,2013(6):90-92.