



李苗,郑国保,朱金霞,等.枸杞枝条废弃物资源化利用研究进展[J].黑龙江农业科学,2021(9):134-138.

枸杞枝条废弃物资源化利用研究进展

李 苗¹,郑国保¹,朱金霞¹,冯 锐²

(1.宁夏农林科学院 农业生物技术研究中心,宁夏 银川 750002;2.宁夏农林科学院 农业经济与信息技术研究所,宁夏 银川 750002)

摘要:近年来,枸杞因其特殊功用而备受市场青睐,产业规模日益扩大。对枸杞栽培生产过程中产生的枝条废弃物进行资源化高效利用已成为枸杞产业高质量发展的必然要求。为进一步拓宽产业发展路径,促进枸杞产业高端化、绿色化、融合化发展,本文从资源存量现状、资源化利用方式以及循环再利用效果等方面综述了枸杞枝条废弃物在基料化、饲料化、肥料化及能源化等方向上的开发研究进展,分析了当前存在的主要问题,并对产业及相关领域的发展趋势及前景进行展望。

关键词:枸杞;枝条废弃物;资源化利用;循环农业

枸杞(*Lycium barbarum* L.)是茄科(Solanaceae)枸杞属(*Lycium*)多年生灌木植物^[1-4]。广泛分布于我国西北、华中和华东地区,宁夏、新疆、河北、甘肃、青海、内蒙古等省区均保有较大面积的经济林^[5]。枸杞因其果实及嫩叶中富含枸杞多糖、黄酮等有益成分,成为极具经济价值的重要资源植物。枸杞在我国栽培历史悠久,其人工栽培及产品深加工已形成较大产业规模。枸杞栽培过程中,为了实现通气、透光以及优化营养、生殖生长能量分配等目的,每年需在春、冬季进行枝条修剪,修剪过程中产生大量枸杞枝条^[6-7],其中只有极少部分用于扦插苗木扩繁,其余均被作为废弃物抛散或焚烧。据估测,仅宁夏回族自治区每年产生枸杞枝条废弃物即达20万t以上^[8]。因此,枸杞废弃枝条已成为枸杞栽培乃至枸杞产业发展过程中产生的最主要农业废弃物。

农业废弃物包括农业生产、生活过程中产生的所有有机废物^[9-10],主要分为植物类废弃物^[11]、动物类废弃物^[12]、加工类废弃物^[13]、生活废物等四类。伴随农业高质量发展要求及人们对循环农业理念逐步深入的了解,农业废弃物作为循环农业发展所需的再生利用原材料^[14],进入各类循环农业模式,在“变废为宝”的同时,可进一步提高产能效率,增加农户收入、减少环境污染^[15-19]。目

前,农业废弃物利用主要通过物理或化学技术方法,结合部分化工工艺条件处理,实现农业废弃物基料化^[20-22]、肥料化^[23-25]、饲料化^[26]、能源化^[27]等多元化利用。枸杞修剪产生的枝条废弃物是在农林生产过程中产生的有机残余物,属于典型的植物类废弃物,传统的枸杞枝条废弃物处理方法已难以适应现代农业绿色发展的要求,无法及时处理的枝条废弃物对农业生态环境造成巨大压力。现阶段,针对枸杞枝条废弃物资源化利用,已有学者取得部分研究成果。本研究系统归纳了枸杞枝条废弃物资源循环利用方式及类型,在此基础上,分析枸杞枝条废弃物在基料化、肥料化、饲料化方面的利用现状,综述各项研究取得的结果,展望枸杞枝条废弃物资源化利用发展前景,提出科学、系统的枸杞枝条废弃物资源化利用研究方法 & 产业发展建议。

1 枸杞枝条废弃物基料化利用

枸杞枝条废弃物基料化利用是将修剪产生的枸杞枝条采用生物、物理或化学技术方法处理,成为供动、植物及微生物生长繁殖的有机固态养料或生长介质。通过将枸杞枝条制成多品类、高储能的农艺、园艺基质,在解决枸杞枝条废弃物造成农业环境污染与资源浪费问题的同时,还可为草炭类基质生产提供足量原料补充,对农业生态环境保护和农业产业高质量发展均大有益处。采用枸杞枝条制作农作物栽培基质,需首先对枝条废弃物进行发酵处理。冯海萍等^[28]将枸杞修剪枝条作为主要原材料,在完成外源氮源添加及多种不同外源微生物菌株接种后,研究了碳氮比、微生物菌剂、氮源类型及氮源配比对温度、碳素、氮素、

收稿日期:2021-05-22

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划项目(2020BBF03006);宁夏农林科学院农业自主科技创新专项“对外科技合作”项目(DWX-2018026, DWX-2020007)。

第一作者:李苗(1982—),男,硕士,副研究员,从事特色植物资源利用研究。E-mail:limiao1228@sina.com。

通信作者:冯锐(1964—),男,硕士,研究员,从事农业微生物研究。E-mail:fengruinx@163.com。

容重、孔隙度和种子发芽指数等枸杞枝条发酵性能参数的影响,筛选得到枸杞枝条基质化发酵最优工艺组合为碳氮比 30:1、接种粗纤维降解菌、添加鸡粪或豆饼氮源、氮源配比 3:1。此外,冯海萍等^[29]还针对枸杞枝条发酵过程中木质纤维素降解情况及微生物多样性变化进行了观测分析,全面揭示了枸杞枝条基质化利用发酵过程中木质纤维及微生物等主要成分、因子的动态进展规律。曲继松等^[30]开展了微生物对枸杞枝条发酵效果的影响研究,结果显示:枸杞枝条发酵堆体基质化过程中选用尿素+粗纤维降解菌 I(Ⅱ)、尿素+EM 菌液、尿素+锯末专用复合益生菌等处理能够有效加快基质化进程、缩短发酵时间、提高发酵效率。

在完成枸杞枝条废弃物预处理的基础上,研究人员将枸杞枝条废弃物制成栽培基质在设施农业及园艺栽培育种领域展开多种形式的应用尝试。冯海萍等^[28-29,31]采用枸杞枝条粉制成栽培基质,在温室设施栽培条件下,开展黄瓜、西瓜栽培试验,调查各项生长、生理指标数据,筛选出适宜黄瓜、西瓜温室栽培的基质中枸杞枝条粉同蛭石、草炭等复配成分的最佳配比比例。曲继松等^[32-33]将枸杞枝条为主要原料的复配基质应用于茄子、辣椒育苗繁育,分析生理性状与光合指标数据,比较不同枸杞枝条复配基质对茄子幼苗生长发育及辣椒育苗效果,筛选适宜的茄子、辣椒育苗基质配比方案。李堃等^[34]以枸杞枝条、珍珠岩和蛭石作为基质材料,设置不同组合处理,研究枸杞枝条复配基质对番茄幼苗生长和光合特性的影响,通过研究枸杞枝条不同复配基质对番茄幼苗生长发育及光合参数的影响,确定了枸杞枝条:珍珠岩:蛭石比例6:2:1为番茄育苗的最适枸杞枝条复配基质配比方案。此外,还有研究人员将枸杞枝条废弃物应用于食用菌栽培,将传统食用菌栽培基质中木质纤维部分以枸杞枝条粉替代,取得良好效果。王海霞等^[35]结合宁夏回族自治区枸杞产业特色,将枸杞枝屑、玉米芯、麸皮、石膏粉等依据不同比例配比制成食用菌菌棒,使用菌棒袋栽方式栽培平菇,确定以枸杞枝屑和玉米芯为主要原料的最佳食用菌菌棒配方为枸杞枝屑 45%、玉米芯 40%、麦麸 10%、石膏粉 2%、胡麻饼 2%、过磷酸钙 1%。杜鸿冰等^[36]选用枸杞枝条替代菌棒中木屑成分,配合其他复配成分制成食用菌菌棒,成功栽培香菇,且商品菇在产量、品质方面均表现优异,实现了枸杞枝条在枸杞及食用菌产业

间的循环利用。

2 枸杞枝条废弃物饲料化利用

作物秸秆、枝条、经济作物尾叶等植物源农业废弃物可作为原料,经青贮、微贮、氨化等工艺将其初步降解,形成牲畜喜食的饲料产品。利用化学、物理及生物技术方法破坏秸秆中纤维素、半纤维素、木质素之间的紧密结合,加速纤维素和半纤维素的分解,从而提高植物源农业废弃物的粗蛋白和消化率,使原来无法利用的营养成分被充分利用,有效提高畜牧业经济效益。此外,作物秸秆、枝条废弃物还可以粉碎成草糠,成为动物养殖常用辅助饲料。阎宏等^[37]通过饲喂试验,测定瘤胃降解率,从而对枸杞落叶及枝条的饲用价值进行评价,结果表明枸杞枝条废弃物富含大量纤维、木质素等成分,可在部分降解后用作饲料成分。何红君^[38]在对宁夏不同产地枸杞的经济性状及有效成分进行系统研究后表明,枸杞枝叶作为牲畜饲料,其营养成分高于豆科牧草草木犀,且牲畜喜食。侯鹏霞等^[39]对枸杞果实、青果、果柄、叶及茎秆等部分的常规营养成分及枸杞特有的多糖、黄酮含量进行全面测定分析,结果表明枸杞枝条纤维含量较高,同时含有一定量粗蛋白、枸杞多糖及黄酮成分,作为饲料加工使用时,可采取饲草常规调制技术适当降低其纤维含量,进而充分利用。

目前,已有部分学者及专业技术人员将枸杞枝条成功开发为牲畜饲料,并依据其使用环境与条件构建完整的配套技术体系。杨其芳等^[40]以枸杞在水肥充足的条件下不定芽萌发生长过旺而形成的粗壮徒长枝为主要材料,配合糖源(糖蜜、麸皮、玉米粉等)、菌剂(亚苾、君安醇宝、益加益、农富康),制成枸杞徒长枝青贮饲料。此项研究完成了不同糖源和菌剂青贮的枸杞徒长枝的感官评价、营养成分和药用成分等品质特性比较,确定了适宜的商品菌剂和糖源,完善了枸杞徒长枝青贮饲料制作的相关配套技术措施。王亚军等^[41]选取专用菌与常规酵母菌联合发酵枸杞枝条,以麸皮、蔗糖和纤维素酶为复配成分,制成枸杞枝条饲料,可作为幼年反刍动物开口料使用。梁小军等^[42]以枸杞粉饲料饲喂产奶母牛,分析其对奶牛产奶量、牛奶成分的影响,结果表明枸杞枝条干物质中粗蛋白质成分占比为 12.66%,其粗蛋白质含量水平同收过籽实的苜蓿秸秆相当。在反刍动物饲养繁育过程中饲喂枸杞枝条粉及其制成品,可有效缓解蛋白质短缺难题。

枸杞枝条废弃物中除去干枝以外还有一定数量的枸杞叶片,枸杞叶片区别于干枝,其纤维化程度及木质素含量水平相对较低,更适宜成为饲料主要成分或添加成分的材料来源^[43]。孙红亮^[44]在枸杞叶及其深加工开发利用综述研究中提出,枸杞叶含黄酮、多糖等各类物质,可作为家禽养殖饲料加以研究及利用。杨建平等^[45]通过对枸杞叶片发酵过程前后营养以及生物活性成分含量比较的研究发现,枸杞叶片经植物乳杆菌、枯草芽孢杆菌单一菌种发酵或混合菌种发酵处理后,发酵产物中的粗蛋白质、乙酸和丙酸含量均有所提高,而叶片中的黄酮和多酚含量则呈现下降趋势。为更好地开发枸杞叶片中草药保健饲料特性,王凤宝等^[46]采用秋水仙素($C_{22}H_{25}O_6N$)和二甲基亚砩(DMSO)混合水溶液对枸杞种子进行化学诱变,得到具有重要中草药饲草开发价值混倍体新品种。新品种营养生长旺盛,植株高大,茎秆、叶片生物量大,结实率低,营养生长量较对照枸杞菜1号增产102.8%,粗蛋白质、总氨基酸、枸杞多糖、黄酮等含量均显著高于对照品种,可为枸杞叶片饲料开发专用品种繁育提供技术参考。

3 枸杞枝条废弃物肥料化利用

枸杞枝条废弃物肥料化利用,可通过直接还田或间接还田的形式,将其归还到土壤中,不但可以显著增加土壤有机质含量、提升土壤养分,还能够对土壤进行改良和修复,是具有良好的经济、社会效益价值的农业废弃物资源化利用的一种做法。枸杞枝条废弃物肥料化的方式主要有粉碎还田、加工有机肥等^[47]。高亮等^[48]开展了发酵枸杞枝条生产生物有机肥的研究,并将制成的有机肥还田于枸杞种植地。跟踪调查枸杞各项生理指标、综合评估枸杞枝条生物有机肥效果后认为,施用通过微生物高温发酵处理枸杞枝条制成有机肥可有效改善土壤环境,对枸杞植株抗性 & 产量均有较明显的提升效果。胡俊国^[49]基于枸杞产地地区枸杞生产实际情况,结合枸杞栽培生长特点,综述了在青海省枸杞产区利用枸杞枝条破碎发酵技术生产有机肥的可能性与必要性。

4 枸杞枝条废弃物能源化利用

大多数植物源农业废弃物由植物光合作用直接或间接产生,相比传统化石燃料,具有可再生周期短、资源储量丰富、成本低廉等特点。生物质成型燃料技术是农业废弃物能源化发展的主要方向。植物源农业废弃物由纤维素、半纤维素、木质

素组成,而木质素是具有芳香特性的非晶体聚合物,具有软化点但没有熔点,因此在特定的温度及压力条件下,木质素在软化后可作为内部黏合剂,将颗粒内部的纤维素和半纤维素及相邻颗粒紧密结合,冷却固化后即可形成形状统一且具有一定紧实度的固体成型燃料。孙立东^[50]取得枸杞枝杈生物质颗粒制备方法专利,将枸杞枝干、枝杈、落叶复配小麦及青稞秸秆,按照特定比例备料,然后经破碎、筛分、干燥、分离、制粒、成型、冷却、筛选等流程步骤,制成枸杞枝杈生物质固体颗粒环保燃料,最大化利用生物质的价值。枸杞枝杈颗粒燃料原料获得简便,工艺简单易于产业化生产,产品热效率高,且便于储存运输。成品颗粒应用于适宜地区,充分燃烧后的灰渣不仅不会造成环境污染,还由于其富含农作物需要的钾元素,可作为肥料还田,因此具有较高的经济、社会价值。

5 结语

近年来,在农业高质量发展要求及循环农业理念的助推带动下,植物枝条废弃物高效利用已经在农业废弃物资源化利用专业领域愈发受到重视。借鉴农作物秸秆综合利用取得的相关成果,通过对枝条废弃物进行生物^[51]、化学及物理专业技术处理^[52-53],多种园林、果树枝条均依据其不同开发利用方式及目的,相继在堆肥发酵还田^[54]、农作物栽培基质生产、生态养殖、高新复合材料制备^[55-56]、生物质能源开发等方面得到系统的研究及初步应用。枸杞枝条资源化利用是枸杞资源综合利用的重要组成部分,在传统枸杞产业收益的基础上,建立高效的枸杞枝条废弃物循环利用技术体系即成为产业收益最大化的关键点。因此,对枸杞开展枝条废弃物资源化高效利用研究有助于枸杞栽培地区的产业全新布局及进一步的绿色化、融合化发展。

现阶段,针对枸杞栽培生产过程中枝条废弃物利用主要集中于基料化、饲料化、肥料化、能源化等方式,从事该专业主要研究人员及团队均为枸杞产地相关高校、科研单位及农林技术型企业专业技术人员。枸杞枝条废弃物资源循环利用方面研究仍处于尝试探索阶段,较为集中的枸杞枝条基料化、饲料化利用方面均开展了相关技术的应用基础研究并应用于实际生产,取得了初步成果,但相较枸杞农艺、栽培方面成熟的配套关键技术措施体系还存在较大差距,未能在品牌化、规模化方面取得突破。相比基料化、饲料化应用研究,

枸杞枝条废弃物在肥料化、能源化应用方面涉及内容较为单一,研究获得产品受市场环境及材料资源量限制,未进行有效地实际生产应用,因而在产品效果及收益方面缺少较为权威、科学的评估。为进一步拓宽枸杞枝条废弃物资源高效利用路径,应针对当前研究工作深度不足、应用较少等问题,在枸杞枝条肥料化、能源化方面开展系统性的应用研究,形成可直接应用于循环农业发展的成熟技术体系及产业发展模式,为助推枸杞及相关产业整体高质量发展提供参考。

参考文献:

- [1] 陈清华,王朝良.宁夏枸杞产业发展优势和提升出口竞争力的对策[J].农业现代化研究,2008,29(2):151-154.
- [2] 高治军.药食兼用的神奇植物——宁夏枸杞[J].宁夏林业通讯,2010(1):49-50.
- [3] CHANG C C, SO K F. *Lycium barbarum* and human health[M]. Springer Netherlands, 2015.
- [4] 李润怀,李云翔,焦恩宁,等.宁夏枸杞规范化种植及病虫害无害化防治[J].世界科学技术,2002,4(1):52-55.
- [5] 王海英.国内主要枸杞产区基本情况调查[J].青海农林科技,2013(4):10-12.
- [6] 刘淑霞.浅析枸杞生产加工废弃物中活性成分含量及免疫性能的测定[J].世界最新医学信息文摘,2016,16(3):208-209.
- [7] 薛剑锋.枸杞生产、加工废弃物的可利用性研究[D].银川:宁夏大学农学院,2011.
- [8] 冯海萍,杨冬艳,白生虎,等.不同枸杞枝条粉含量的栽培基质对黄瓜生长发育的影响[J].福建农业学报,2017,32(12):1303-1308.
- [9] YEVICH R, LOGAN J A. An assessment of biofuel use and burning of agricultural waste in the developing world[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2003, 17(4):1095-1127.
- [10] PRILL T, AFIF R A, SCHAFFER S, et al. Reduced local emissions and long-term carbon storage through pyrolysis of agricultural waste and application of pyrolysis char for soil improvement[J]. Energy Procedia, 2017, 114(7):6057-6066.
- [11] HE K, ZHANG J, FENG J, et al. The impact of social capital on farmers' willingness to reuse agricultural waste for sustainable development[J]. Sustainable Development, 2016, 24(2):101-108.
- [12] GUPTA R, MUTIYAR P K, RAWAT N K, et al. Development of a water hyacinth based vermireactor using an epigeic earthworm *Eisenia foetida*[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(13):2605-2610.
- [13] HANSEN C L, CHEONG D Y. Agricultural waste management in food processing[J]. Handbook of Farm Dairy & Food Machinery, 2007, 609-661.
- [14] DAZA S L V, SOLARTE T J C, SERNA L S, et al. Agricultural waste management through energy producing biorefineries: The colombian case[J]. Waste & Biomass Valorization, 2016, 7(4):789-798.
- [15] MOHAN D, SINGH K P. Single- and multi-component adsorption of cadmium and zinc using activated carbon derived from bagasse-an agricultural waste[J]. Water Research, 2002, 36(9):2304-2318.
- [16] MOHAN D, SINGH K P, SINGH V K. Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth[J]. Journal of Hazardous Materials, 2006, 135(1-3):280-295.
- [17] FARSHID G, ALI MOHAMMAD S, MARYAM M. Production of silica nanoparticles from rice husk as agricultural waste by environmental friendly technique[J]. Environmental Studies of Persian Gulf, 2015(6):56-65.
- [18] VAIBHAV V, VIJAYALAKSHMI U, ROOPAN S M. Agricultural waste as a source for the production of silica nanoparticles[J]. Spectrochimica Acta Part A Molecular & Biomolecular Spectroscopy, 2015, 139(3):515-520.
- [19] FOO K Y, HAMEED B H. Utilization of rice husk ash as novel adsorbent: A judicious recycling of the colloidal agricultural waste[J]. Advances in Colloid & Interface Science, 2009, 152(1-2):39-47.
- [20] VAUGHN S F, DEPPE N A, PALMQUIST D E, et al. Extracted sweet corn tassels as a renewable alternative to peat in greenhouse substrates[J]. Industrial Crops & Products, 2011, 33(2):514-517.
- [21] RAVIV M, OKA Y, KATAN J, et al. High-nitrogen compost as a medium for organic container-grown crops[J]. Bioresource Technology, 2005, 96(4):419-427.
- [22] GRUDA N, SCHNITZLER W H. Suitability of wood fiber substrates for production of vegetable transplants II. The effect of wood fiber substrates and their volume weights on the growth of tomato transplants[J]. Entia Horticulturae, 2004, 100(1-4):333-340.
- [23] FENG C L, ZENG G M, HUANG D L, et al. Effect of ligninolytic enzymes on lignin degradation and carbon utilization during lignocellulosic waste composting[J]. Process Biochemistry, 2011, 46(7):1515-1520.
- [24] YU H, ZENG G, HUANG H, et al. Microbial community succession and lignocellulose degradation during agricultural waste composting[J]. Biodegradation, 2007, 18(6):793-802.
- [25] WANG H Y, LIU S, ZHAI L M, et al. Preparation and utilization of phosphate biofertilizers using agricultural waste[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2015, 14(1):158-167.
- [26] DING Y R, YUN H, MEI N A, et al. Experiment on the fattening effects of mixed silage of wolfberry branches on hybrid[J]. Agricultural Biotechnology, 2019, 8(6):61-62, 71.
- [27] ANA B G, Edmundo M. Life cycle assessment of second generation ethanol derived from banana agricultural waste: Environmental impacts and energy balance[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 174(2):710-717.
- [28] 冯海萍,杨志刚,杨冬艳,等.枸杞枝条基质化发酵工艺及参数优化[J].农业工程学报,2015,31(5):252-260.
- [29] 冯海萍,杨冬艳,白生虎,等.枸杞枝条发酵木质纤维素降解与微生物群落多样性研究[J].农业机械学报,2017,48(5):313-319.
- [30] 曲继松,张丽娟,朱倩楠,等.微生物菌剂对枸杞枝条粉发

- 酵堆体腐熟效果的影响[J]. 环境科学研究, 2019, 32(2): 332-339.
- [31] 冯海萍,李玉霞,杨冬艳,等. 氮素水平对日光温室枸杞枝条基质栽培西瓜生长及生理指标的影响[J]. 河南农业大学学报, 2018(4): 554-559, 565.
- [32] 曲继松,张丽娟,朱倩楠. 复配基质对茄子幼苗生长和光合参数的影响[J]. 中国瓜菜, 2019, 32(11): 53-58.
- [33] 曲继松,李堃,张丽娟,等. 枸杞枝条粉复配园艺基质对辣椒育苗的影响[J]. 西北农业学报, 2019, 28(7): 1119-1128.
- [34] 李堃,曲继松,张丽娟,等. 枸杞枝条复配基质对番茄幼苗生长和光合的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2018, 46(12): 74-81.
- [35] 王海霞,黄莉,李阿波,等. 枸杞枝屑作为平菇栽培基质配方优化试验[J]. 北方园艺, 2014(17): 140-142.
- [36] 杜鸿冰,蔡彦志. 一种枸杞枝条为原料的香菇培养基及其制备方法: CN201910368263. 0[P]. 2019-08-06.
- [37] 阎宏,任万哲,刘红霞. 枸杞生产加工废弃物饲用价值评价[J]. 饲料工业, 2009(23): 45-47.
- [38] 何红君. 宁夏枸杞主要经济性状与有效成分的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2007.
- [39] 侯鹏霞,马吉锋,曾燕霞,等. 枸杞各部位营养成分分析[J]. 营养研究, 2019(6): 72-74.
- [40] 杨其芳,陈开琼,苟琪,等. 宁夏枸杞徒长枝青贮研究[J]. 草业科学, 2020, 37(5): 1002-1009.
- [41] 王亚军,闫志英,周青青,等. 一种利用枸杞枝条制备生物饲料的工艺: CN201910279482. 1[P]. 2019-07-12.
- [42] 梁小军,安魏,刘竹青. 枸杞树平茬枝条作为饲料组成成分饲喂奶牛效果研究[J]. 甘肃畜牧兽医, 2008(3): 11-13.
- [43] 陈亮,张凌青,尹庆宁,等. 宁夏枸杞资源及饲料化利用现状及对策[J]. 饲料研究, 2015(22): 61-63.
- [44] 孙红亮. 枸杞叶的研究及利用[J]. 山西农业科学, 2017, 45(6): 1037-1039.
- [45] 杨建平,郭建来,聂芙蓉,等. 枸杞叶发酵物生物活性成分及营养成分的变化研究[J]. 中国饲料, 2018(12): 36-40.
- [46] 王凤宝,董立峰,付金锋,等. 枸杞混倍体中草药饲草型新品种天精 1 号选育研究[J]. 草业学报, 2011, 20(2): 140-146.
- [47] 肖爱国. 发酵枸杞枝条生产生物有机肥及其对枸杞的增产效果[J]. 中国化工贸易, 2018, 10(14): 212.
- [48] 高亮,李荷仙,朱彦华,等. 发酵枸杞枝条生产生物有机肥及其对枸杞的增产效果[J]. 中国科技成果, 2009, 10(7): 55-58.
- [49] 胡俊国. 浅谈关于枸杞枝条破碎发酵生产有机肥的技术应用[J]. 中国化工贸易, 2018, 10(14): 113.
- [50] 孙立东. 一种枸杞枝杈生物质颗粒及其制备方法: CN201610590878. 4[P]. 2017-01-04.
- [51] KANIMOZHI K, NAGALAKSHMI P K. Xylanase production from aspergillus niger by solid state fermentation using agricultural waste as substrate[J]. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2014, 3(3): 437-446.
- [52] ZENG G, YU M, CHEN Y, et al. Effects of inoculation with *Phanerochaete chrysosporium* at various time points on enzyme activities during agricultural waste composting[J]. Biore-source Technology, 2010, 101(1): 222-227.
- [53] SCHILLING C H, TOMASIK P, KARPOVICH D S, et al. Preliminary studies on converting agricultural waste into biodegradable plastics. part II: corncobs[J]. Journal of Polymers and the Environment, 2005, 13(1): 57-63.
- [54] KARMAKAR S, ADHIKARY M, GANGOPADHYAY A, et al. Impact of vermicomposting in agricultural waste management vis-à-vis soil health care[J]. Journal of Environmental Science and Natural Resources, 2015, 8(1): 99.
- [55] TUE K A, THWE M M. Recycle of plastic waste and agricultural waste[J]. Energy Research Journal, 2013, 4(1): 24-29.
- [56] ANGGRAINI S P A, YUNININGSIH S. Utilization of various types of agricultural waste became liquid smoke using pyrolysis process[J]. Chemical & Process Engineering Research, 2014, 28: 60-65.

Research Progress on Resource Utilization of Chinese Wolfberry Branch Waste

LI Miao¹, ZHENG Guo-bao¹, ZHU Jin-xia¹, FENG Rui²

(1. Agricultural Biotechnology Centre, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China; 2. Institute of Agricultural Economy and Information Technology, Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Science, Yinchuan 750002, China)

Abstract: In recent years, *Lycium barbarum* has been favored by the market because of its special functions, and the industrial scale is expanding day by day. It has become an inevitable requirement for the high-quality development of *Lycium barbarum* industry to make resource-based and efficient utilization of branch waste produced in the process of *Lycium barbarum* cultivation and production. In order to further broaden the industrial development path and promote the high-end, green and integrated development of *Lycium barbarum* industry, we summarized the development and research progress of *Lycium barbarum* branch waste in the direction of base material, feed, fertilizer and energy from the aspects of resource stock status, resource utilization mode and recycling effect, the main existing problems were analyzed, and the development trend and prospect of industry and related fields were prospected.

Keywords: *Lycium barbarum*; branch waste; resource utilization; circular agriculture