

DOI:10.11937/bfyy.201605051

我国黑果枸杞研究进展

王 琴, 王建友, 李 勇, 刘凤兰, 毛金梅, 韩宏伟

(新疆林业科学院 经济林研究所, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘 要:黑果枸杞集药用价值、经济价值、生态价值于一体, 开发应用潜力巨大。现从资源分布、栽培育种、化学成分、遗传学及产品加工等方面, 对近年来我国黑果枸杞研究进行了综述, 以期为黑果枸杞的进一步开发和利用提供参考依据。

关键词:黑果枸杞; 栽培育种; 化学成分; 花色苷; 研究进展

中图分类号:S 567.1⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)05-0194-06

黑果枸杞(*Lycium ruthenicum* Murr.) 属茄科(Solanaceae)枸杞属(*Lycium*) 落叶多棘刺灌木。黑果枸杞素有“软黄金”之称, 果实中含有丰富的氨基酸、花青素、维生素 C 和脂肪等, 保健和药用价值兼具^[1-3]。在藏药中, 其果实称“旁玛”, 味甘、性平, 清心热。《晶珠本草》中记录, 黑果枸杞可用于治疗心热病、心脏病、月经不调、停经等病症^[4]。根据《维吾尔药志》记载, 对于尿道结石、癰疽、齿龈出血等疾病, 黑果枸杞果实及根皮治疗效果显著, 民间多用作滋补强壮、明目降压^[5-6]。黑果枸杞不仅是重要的经济作物, 也是重要的生态作物。针对近年来我国黑果枸杞的研究, 现从资源分布、栽培育种、化学成分、遗传学及产品加工等角度对其进行综述,

以期为黑果枸杞的进一步开发和利用提供参考依据。

1 资源分布

黑果枸杞抗旱、抗寒、耐盐碱、根蘖性强, 常以群落形式在干旱、盐碱的荒漠与半荒漠地区分布。在我国, 青海、甘肃、宁夏、新疆、西藏、陕西、内蒙古等西北干旱地区均有生长^[7-9]。

在青海柴达木盆地, 黑果枸杞集中分布于格尔木、都兰、德令哈、乌兰等盆地中东部地区, 能抗风固沙, 是荒漠戈壁的重要建群植物^[10-11]。在荒漠草原、草原化荒漠和荒漠地区的盐湖、盐池、盐沼和河流、沟渠的外围或两侧较高的地段, 及半固定沙丘的下部或覆沙的丘间低地、路旁、田埂等处常见^[12]。汪智军等^[13]、闫凯等^[14]调查发现, 在北疆奇台县、石河子、精河县及南疆莎车县、尉犁县等地均有生长, 以塔里木盆地分布最广, 资源量最大。李涛等^[15]研究表明, 在塔里木河中游, 黑果枸杞群落能够最大耐受地下水碱胁迫。何文革等^[16]对新疆焉耆盆地黑果枸杞的自然分布进行研究, 发现其涵盖了焉耆盆地平原荒漠和低地草甸 2 类 8 个亚类的草地类

第一作者简介:王琴(1988-), 女, 硕士, 助理研究员, 现主要从事经济林等研究工作。E-mail: wangqin2567@126.com.

责任作者:王建友(1964-), 男, 本科, 研究员, 现主要从事经济林等研究工作。E-mail: almonds@126.com.

基金项目:中央财政林业科技推广资助项目; 自治区公益性科研院所基本科研资助项目(XMBM000002922)。

收稿日期:2015-12-14

Analysis and Suggestions for the Development of Korla Fragrant Pear in Bazhou Area of Xinjiang

MA Jianjiang, ZHANG Ping, XUE Gensheng

(Agricultural Scientific Institute, The Second Division of Xinjiang Corps, Korla, Xinjiang 841000)

Abstract: This study systemically introduced the status quo of cultivation area, yield, new variety breed and application, storage and preservation, further processed and market sale of korla fragrant pear in Bazhou area, and the problems of industrial development were analyzed, such as freeze injury, production management, market system and brand construction. Suggestions were put forward to popularize cold resistance varieties, strengthen standardized management and market system and brand construction etc.

Keywords: korla fragrant pear; industry; status; problem; suggestions

型,占盆地 10 个亚类草地类型的 80%,对焉耆盆地乃至巴州绿洲农区外围的生态屏障的构建发挥重要作用,潜在巨大的生态效益。阿力同·其米克等^[17]研究表明,传粉者与黑果枸杞有性生殖关系密切,传粉昆虫的多样性和丰富度是影响黑果枸杞繁殖成功的重要因素。风沙侵蚀和人为采伐是对植株造成破坏,影响果实产量的重要原因。在我国甘肃省,黑果枸杞主要分布于河西走廊、黑河流域沿岸及其湿地。因黑果枸杞最早于苏联的西伯利亚、高加索和中亚地区发现,所以其别名苏枸杞。此外,蒙古、地中海沿岸的北非,以及南欧各国也均有分布。

2 栽培及育种

2.1 组培

浩仁塔本等^[18]、陈海魁等^[19]的试验表明,对黑果枸杞带叶芽的嫩茎段,培养基 MS+6-BA 1.0 mg/L+NAA 0.2 mg/L+2.5%蔗糖+0.8%琼脂及 MS+6-BA 0.5 mg/L+NAA 0.2 mg/L+2.5%蔗糖+0.8%琼脂,均能产生愈伤组织,但繁殖系数不高。对于不定芽的增殖培养,MS+6-BA 0.5 mg/L+NAA 0.1 mg/L+2.5%蔗糖+0.8%琼脂、MS+6-BA 0.5 mg/L+NAA 0.2 mg/L+2.5%蔗糖+0.8%琼脂培养基中,繁殖系数均为 7,基部产生的愈伤组织较少。通过在生根培养基 1/2MS+NAA 0.5 mg/L+1.25%蔗糖+0.4%琼脂中培育,约 20 d 之后开始生根,生根率达到 88%以上,练苗后成活率可达 70%以上。

马彦军等^[20]研究发现,以黑果枸杞 1 年生苗的茎段为外植体,适合嫩茎段腋芽诱导与生长的培养基为 MS;愈伤组织诱导培养基为 MS+6-BA 1.0 mg/L+NAA 1.0 mg/L;愈伤组织诱导分化培养基为 MS+6-BA 0.2 mg/L;增殖培养基为 MS+6-BA 0.1 mg/L+NAA 0.2 mg/L;生根培养基为 MS+6-BA 0.4 mg/L+NAA 0.2 mg/L,所有培养基中均有 2.0%白砂糖+0.4%~0.5%琼脂。诱导生根的组培苗在实验室内打开瓶口练苗 7 d,移栽后成活率可达 93%。

2.2 育苗

目前,黑果枸杞主要采用实生播种进行苗木培育,也可用扦插进行育苗^[21-22]。对于实生播种,专利中一种黑果枸杞容器育苗方法(专利号为 201410647613.4,公开号为 CN 104351001 A),以及一种野生黑果枸杞种子萌发及育苗的方法(专利号为 201410350365.7,公开号为 CN 104081912 A)等均有报道^[23-24]。常彦莉等^[25]发现,采用自来水对黑果枸杞插穗浸泡 24 h,扦插于疏松透气的扦插基质上,成活率可达 83.33%。人工栽培后,黑果枸杞棘刺明显减少,叶片簇生数量增多,果柄变长,果实变大。这与卢文晋等^[26]的报道一致,为野生状态下单果

鲜质量的 1.86 倍,叶长、叶宽、叶面积明显增大,枝条生长加快,棘刺减少,易于果实采收。马金平等^[27]对采穗园的建立、嫩枝扦插育苗、种子繁殖育苗等快速繁殖手段进行研究。索朗次仁^[28]引种试验表明,西藏日喀则地区较适合黑果枸杞的生长。

2.3 水分胁迫

章英才等^[29]对生长在 2 种不同盐浓度环境中的黑果枸杞叶片进行研究,发现黑果枸杞为典型的贮盐植物,高盐浓度环境中其盐生植物特征更加突出。高质量浓度盐环境下,黑果枸杞叶表皮气孔密度小,表皮细胞及保卫细胞面积较大,角质膜厚度显著增加,利于水分蒸腾的减少。叶片厚、栅栏组织细胞层数多,肉质性更强。李永洁等^[30]研究发现,黑果枸杞幼苗在干旱胁迫时,利用渗透调节物的积累改变细胞渗透势,减少胞内水分流失,通过提高保护酶活性而减弱膜脂过氧化对自身的伤害,耐旱性突出。姜霞^[31]对黑果枸杞的耐盐性进一步研究表明,与根部相比,黑果枸杞叶片和茎耐盐性更强。王恩军等^[32]利用中性盐(NaCl)和碱性盐(Na₂CO₃)对黑果枸杞种子萌发及幼苗生长进行胁迫,结果表明低浓度的盐可促进黑果枸杞萌发,高浓度盐则抑制萌发,碱性盐更适合其生长。这与 CHEN 等^[33]对中性盐阈值的研究结果基本一致。通过对盐胁迫下黑果枸杞幼苗的生理响应及生态适应综合表现进行分析,发现黑果枸杞更适于碱性盐生长。耿生莲^[34]对黑果枸杞幼苗进行人工控水后,通过测定分析叶片光合参数规律,证明黑果枸杞为较耐旱树种。

3 化学成分

3.1 花色苷

3.1.1 成分及性质 黑果枸杞中的花色苷类色素大部分都具有酰化结构,包括矮牵牛素-3-O-半乳糖-5-O-葡萄糖苷、矮牵牛素-3-O-葡萄糖-5-O-葡萄糖苷。其中,矮牵牛色素占总色素的 95%,含量最高^[35-36]。闫亚美等^[37]通过对 26 个不同产地的黑果枸杞进行多酚组成分析,也证明酰化矮牵牛素花色苷在多酚类物质中最丰富。孙丽丽^[38]对黑果枸杞中主要花色苷进行纯化,得到花色苷 petunidin-3-O-[6-O-(4-O-E-p-coumaroyl-O- α -rhamnopyranosyl)- β -glucopyranoside]-5-O- β -glucopyranoside 的对照品 124.0 mg,纯度>98.0%。李进等^[39]研究表明,黑果枸杞色素易溶于水,酸性条件下,对热有一定的耐受性,耐可见光、耐紫外光性好。该色素稳定性不受蔗糖和防腐剂苯甲酸钠的影响,还原剂 Na₂SO₃ 对其影响不显著,但氧化剂 H₂O₂ 和金属离子 Fe²⁺、Fe³⁺、Cu²⁺ 以及 Sn²⁺ 离子对其有不良影响。

3.1.2 提取 溶剂提取法为黑果枸杞色素最常用的提取方法。李进等^[40-41]认为影响黑果枸杞色素提取效率

的因素为乙醇浓度>料液比>提取温度>提取时间,最佳提取工艺为用 pH=3.0 的 80%乙醇溶液,提取时间 3 h,提取温度 50℃,料液比 1:40 mg/L。柳福智等^[42]得到的最佳提取工艺为:采用溶剂比 1:1 的 5%盐酸和 85%乙醇混合溶剂做浸提剂,固液比 1:20 mg/L,于 70℃提取 4 h。张小敏等^[43]建立了黑果枸杞中花色素苷的 HPLC 半定量方法,在所用色谱条件下,花色苷分离效果好,黑果枸杞鲜果花色苷含量为(399.81±12.02)mg/100g。谭亮等^[44]采用紫外-可见光谱法并结合高效液相色谱-电喷雾串联质谱对黑果枸杞中花色苷的组成及结构进行了鉴定,无需对照品,为黑果枸杞质量控制提供了一定参考。张元德等^[45]利用微波辅助法获得最佳提取工艺:辐射功率 70 W 下,用 75%乙醇提取 20 min,料液比 1:50 mg/L,浸泡时间为 20 h。此外,马玉婷等^[46-47]采用酶解法,以黑果枸杞发酵后的皮渣为材料,获得最佳提取条件:以 pH 1.0 的蒸馏水为浸提剂,按料水比 1:40 mg/L,加果胶酶 0.8%,在 50℃下,酶解提取 60 min。

3.1.3 生物活性 1)抗氧化活性。自由基是一种化学性质非常活泼的物质,自由基过多,会引起心血管病、糖尿病、动脉硬化、白内障等疾病^[48-49]。张玲艳等^[50]发现,黑枸杞花青素具有较强清除·OH 和 DPPH·的能力,清除能力与花青素浓度成正比,抗氧化活性强,这与汪河滨等^[51]的报道相一致。闫亚美等^[52]研究报道,黑果枸杞总花色苷含量分别是葡萄、树莓、紫甘蓝、蓝莓和紫薯的 10.72、4.91、1.91、1.75、4.45 倍,其主要组分矮牵牛素衍生物体外抗氧化性强。陶大勇等^[53]的试验结果表明,黑果枸杞色素提取物粗品对动、植物性油脂均有抗氧化作用,相同剂量时,色素抗氧化性强于维生素 E、苯甲酸钠,低于维生素 C。林丽等^[54-55]、李进等^[56]研究表明,黑果枸杞花色苷对氧化低密度脂蛋白所损伤的人脐静脉内皮细胞具有保护作用,可以调节血脂,对高脂血症老鼠的保护作用,这与其抗氧化活性关联密切。2)安全性评价。韩彬^[57]、李进等^[58]、赵晓辉等^[59]通过毒理学安全性检测表明,黑果枸杞色素属于无毒级别,食用安全性较好,可作为药食两用的天然色素使用。

3.2 黄酮

3.2.1 提取 李淑珍等^[60-61]利用 AB-8 型大孔树脂,以黑果枸杞叶片为试材,获得提取和精制黄酮的工艺。该工艺稳定性强,可应用于实际生产。

3.2.2 生物活性 吕海英等^[62]的过薄层层析和高效液相色谱法,从黑果枸杞叶总黄酮中获得芦丁、槲皮素、木犀草素、异鼠李素和山奈素 5 种成分,占叶总黄酮含量的 37.14%,在抗氧化和降血脂活性方面发挥作用。李兆君等的^[63]研究表明,宁夏枸杞中总黄酮含量为 1.665%,黑果枸杞中总黄酮含量为 2.710%,宁夏枸杞和黑果枸杞都能有效清除 DPPH·,黑果枸杞清除自由基的能力

略高于宁夏枸杞。李进等^[64]、李淑珍等^[65-67]通过小鼠体内体外试验,发现黑果枸杞黄酮具有降血脂作用和抗氧化活性,可以作为预防动脉粥样硬化、高脂血症的新药来源。

3.3 原花青素

原花青素是一种天然的自由基清除剂和抗氧化剂,具有保护心血管、预防高血压、抗辐射、美容及增强视力等作用,应用前景广阔。陈晨等^[68]利用紫外-可见分光光度法测定黑果枸杞色素含量为 22 g/100g。任小娜等^[69]采用浓盐酸-香草醛法对 4 种不同产地黑果枸杞中原花青素的含量进行了测定,其中新疆塔县黑果枸杞中原花青素 2.99%,含量最高。孙楠等^[70]的试验报道,青海特产黑果枸杞、枸杞、黑加仑中,黑果枸杞中原花青素的含量相对最高为 5.04%,开发利用价值较大。王超等^[71]研究表明,黑果枸杞对急性酒精性肝损伤具有一定的保护作用,这可能与原花青素能够提高内源性抗氧化活性,抑制脂质过氧化有关。

3.4 单宁

房江育等^[72]发现,干燥方法与提取液、提取液与粉碎度间的搭配是影响黑果枸杞枝叶中缩合单宁提取量的关键因素。冷冻干燥、粉碎后过 80~100 目筛及用甲醇酸水溶液提取可获得最大提取量。孟庆艳等^[73]采用匀浆法提取黑果枸杞果实中的鞣质,并利用紫外-可见分光光度法测定含量,此法可用于黑果枸杞中鞣质的快速检测。

3.5 多糖

3.5.1 提取及纯化 黑果枸杞果实中含有鼠李糖、阿拉伯半乳糖。多糖为水溶性糖,常用的浸提方法主要有常热水浸提法、超声法、微波法、超声-微波协同萃取 4 种^[74-75]。汪河滨等^[76]利用超声-微波协同萃取法提取黑果枸杞多糖,较常规法高出 1.35%。陈亮等^[77]通过超声浸提法提取黑果枸杞多糖,并利用响应曲面法进行工艺优化。超声提取的最佳工艺条件:温度 72℃提取时间 29 min,液固比 30:1 mL/g,超声功率 198 W,多糖得率理论最大值可达 12.91%。彭强等^[78]首次对黑果枸杞水溶性多糖脱蛋白、脱色及纯化工艺进行研究,证明三氯乙酸法脱蛋白效果最佳,过氧化氢法为最佳脱色方法。徐金楠等^[79]通过采用中药指纹图谱技术结合相似度分析和聚类分析法,能够快速鉴别枸杞多糖,并且在相关产品质量控制方面加以应用。吕晓鹏^[80]对黑果枸杞多糖的分离纯化与结构表征进行研究,发现黑果枸杞多糖和红果枸杞多糖在理化性质、结构和免疫活性 3 个方面差异明显。

3.5.2 生物活性 多糖主要具有抗疲劳和降血糖的作用。江建红等^[81]、冯薇等^[82]通过黑果枸杞果实多糖对小白鼠运动的研究,均证明黑果枸杞果实多糖抗疲劳功

能明显。能够延长小鼠的游泳时间,使血清和肝匀超氧化物歧化酶(SOD)活性得到提高,降低丙二醛(MDA)含量,提高肝糖原、肌糖原的储备量,降低小鼠运动后血清尿素和血乳酸水平。陈晓琴^[83]、暴风伟等^[84]通过2种方式进行比较,一是对小鼠进行高、中、低3个黑果枸杞果实多糖剂量的灌胃再造模;二是对糖尿病小鼠灌胃高、中、低不同剂量黑果枸杞果实多糖溶液,再观察测定。结果表明黑果枸杞的多糖对糖尿病具有防治作用,能够缓解糖尿病的多饮多食、体重减轻等症状。

3.6 其它化合物

黑果枸杞中脂肪酸以不饱和脂肪酸为主,亚油酸含量最高。胡娜等^[85]利用柱前衍生 HPLC-MS 法测定黑果枸杞果实中脂肪酸,为其在食品、医药和保健方面的开发应用提供依据。黑果枸杞中含有17种氨基酸,以谷氨酸含量最高,胱氨酸含量最低^[86-87]。其微量元素丰富,除常量元素 Na、K、Mg、Ca、Fe 之外,还含有一定量的微量元素 Mn、Sr、Se、Zn、Cr、Cu 等^[88-89]。

4 遗传学

4.1 染色体核型分析

陈海魁等^[90]首次对黑果枸杞进行染色体核型分析,结果表明黑果枸杞染色体数为 $2n=24$,核型公式是 $2n=24=20m+2sm+2m(sat)$,全组染色体总长度 86.88 μm ,长臂总长 49.44 μm ,核型不对称系数(AS.K%)为 56.9%,总体积 127.58 μm^3 。

4.2 分子水平

艾则孜江·艾尔肯^[91]利用分子鉴定学方法,通过对比小檗科小檗、白刺、黑果枸杞的 ITS 序列,从分子生物学角度鉴别各不同产地黑果枸杞的真伪。顾选等^[92]通过应用 NCBI 核酸数据库中 ITS 序列,结合产地分析和形态分析,对新发现的黑果枸杞混伪品进行溯源研究,鉴定伪品为喀什小檗。李小刚^[93]测序和分析了10种枸杞属植物的 ITS 序列。聚类结果分析后发现,‘0901’与‘蒙杞1号’亲缘关系最近,‘宁杞3号’和‘宁杞7号’亲缘关系最近,‘宁杞5号’和青海诺木洪黑果枸杞单独为一分支,与其它几个枸杞品种的亲缘关系最远。汪亚娟^[94]运用 iTRAQ 技术对不同盐(NaCl)浓度处理下黑果枸杞蛋白质的表达进行研究,并鉴定出一些有价值的蛋白质。薛定磊等^[95]对黑果枸杞和宁夏枸杞的开花关键基因 *FT* 进行克隆及表达分析,为分子育种提供依据。刘晶星^[96]通过对宁夏枸杞和黑果枸杞叶绿体全基因组测序及基因注释分析,得到叶绿体基因组的完成图。邵千顺等^[97]利用 SSR 技术对17份枸杞材料进行遗传多样性分析,并以其中4对引物构建了17个枸杞种质的 DNA 指纹图谱。阿力同·其米克等^[98]以新疆南部黑果枸杞6个自然居群及甘肃2个自然居群黑果枸杞为试

材,通过 ISSR 分子标记对其进行了 DNA 多态性分析。结果表明,新疆南部黑果枸杞居群遗传多样性水平较高,居群间的遗传分化较小。

5 产品加工

目前,针对黑果枸杞在保健食品、药品及新茶方面的研究较为热门。陈海魁等^[99]对黑果枸杞果醋发酵的工艺进行研究,陈晨等^[100]摸索了黑果枸杞果汁生产工艺参数。张元德^[101]对新鲜黑果枸杞果色素的提取方法、抗氧化活性及微胶囊制备进行研究,并优化了微胶囊制备条件。金建华等^[102]研究了青海黑枸杞茶叶中茶多酚含量的提取工艺,何如喜^[103]探讨了利用亚临界萃取技术生产黑果枸杞花青素色素片可行性。

6 展望

黑果枸杞营养丰富,药食兼得,在食品、医药、保健行业潜力巨大。此外,作为西北地区特有的抗盐、耐旱野生植物种,对防风固沙具有重大意义。随着全面深入研究,未来黑果枸杞将会有更广阔的应用前景和开发空间。

参考文献

- [1] 韩丽娟,叶英,索有瑞.黑果枸杞资源分布及其经济价值[J].中国野生植物资源,2014(6):55-57.
- [2] 柴国贤.软黄金:青海野生黑枸杞[J].中国检验检疫,2013(12):45.
- [3] 匡可任,路安民.中国植物志[M].北京:科学出版社,1978:10.
- [4] 张绘芳,李霞,王建刚,等.塔里木河下游植物群落结构特征分析[J].生态环境,2007,16(4):1219-1224.
- [5] 刘永民.维吾尔药志(下)[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1999:478-485.
- [6] 新疆生物土壤沙漠研究所.新疆中草药[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1976:326.
- [7] 甘青梅,骆桂法,李普衍,等.藏药黑果枸杞开发利用的研究[J].青海科技,1997(1):17-19.
- [8] 匡可任,路安民.中国植物志[M].北京:科学出版社,1978:10.
- [9] 袁海静,安巍,李立会,等.中国枸杞种质资源主要形态学性状调查与聚类分析[J].植物遗传资源学报,2013(4):627-633.
- [10] 叶英,索有瑞,韩丽娟,等.柴达木枸杞研究开发现状及产业前景分析[J].食品工业,2014(2):210-213.
- [11] 中国科学院植物研究所.中国高等植物图鉴第3册[M].北京:科学出版社,1980:709.
- [12] BAI Y,XU H L,ZHANG P,et al. Species diversity and structural characters of desert plant communities in Lower Reaches of Tarim River[J]. Journal of Ecology and Rural Environ-ment,2012,28(5):486-492.
- [13] 汪智军,靳开颜,古丽森.新疆枸杞属植物资源调查及其保育措施[J].北方园艺,2013(3):169-171.
- [14] 闫凯,张洪江.新疆草原植物图册[M].北京:中国农业出版社,2011:32-34.
- [15] 李涛,尹林克,严成.塔里木河中游天然植被的数量分类与排序研究[J].干旱区地理,2003(2):173-179.
- [16] 何文革,那松曹克图,吾其尔,等.焉耆盆地黑果枸杞自然分布特点及其生物特性研究[J].现代农业科技,2015(13):91-96.
- [17] 阿力同·其米克,金晓芳,叶忠铭,等.新疆产药用植物黑果枸杞有

- 性生殖产出差异的繁殖生态学研究[J]. 植物科学学报, 2014(6):570-576.
- [18] 浩仁塔本,赵颖,郭永盛,等. 黑果枸杞的组织培养[J]. 植物生理学通讯, 2005(5):82.
- [19] 陈海魁,蒲凌奎,曹君迈,等. 黑果枸杞的研究现状及其开发利用[J]. 黑龙江农业科学, 2008(5):155-157.
- [20] 马彦军,程艳青,张荣梅. 黑果枸杞组织培养快繁技术研究[J]. 林业科技通讯, 2015(6):26-28.
- [21] 唐菊秀. 黑果枸杞的特性及育苗技术[J]. 农业科技与信息, 2014(19):9-11.
- [22] 巢强. 雪域圣果:黑果枸杞盐碱地种植技术[J]. 林业实用技术, 2013(11):62-64.
- [23] 马彦军,马瑞,苏世平,等. 一种黑果枸杞容器育苗方法[P]. 甘肃:CN104351001A, 2015-02-18.
- [24] 郭春秀,王理德,李发明,等. 一种野生黑果枸杞种子萌发及育苗的方法[P]. 甘肃:CN104081912A, 2014-10-08.
- [25] 常彦莉,谭雅茹. 不同处理条件对黑果枸杞插穗成活率的影响[J]. 农业科技与信息, 2014(20):48-50.
- [26] 卢文晋,王占林,樊光辉. 黑果枸杞在人工栽培条件下的形态变异[J]. 经济林研究, 2014(1):171-174.
- [27] 马金平,李建国,王孝,等. 黑果枸杞苗木快速繁育及建园技术[J]. 北方园艺, 2013(9):185-187.
- [28] 索朗次仁. 日喀则地区林技中心黑果枸杞引种试验研究[J]. 农民致富之友, 2014(18):151.
- [29] 章英才,张晋宁. 两种盐浓度环境中的黑果枸杞叶的形态结构特征研究[J]. 宁夏大学学报(自然科学版), 2004(4):365-367.
- [30] 李永洁,李进,徐萍,等. 黑果枸杞幼苗对干旱胁迫的生理响应[J]. 干旱区研究, 2014(4):756-762.
- [31] 姜霞. 黑果枸杞耐盐机理的相关研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2012.
- [32] 王恩军,李善家,韩多红,等. 中性盐和碱性盐胁迫对黑果枸杞种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014(6):64-69.
- [33] CHEN H K, ZHAO W H. Effects of NaCl stress on seed germination of *Lycium ruthenicum* Murr. [J]. Agricultural Science and Technology, 2010, 11(4):37-38.
- [34] 耿生莲. 不同土壤水分下黑果枸杞生理特点分析[J]. 西北林学院学报, 2012(1):6-10.
- [35] ZHENG J, DING C X, WANG L S, et al. Anthocyanins composition and antioxidant activity of wild *Lycium ruthenicum* Murr. from Qinghai-Tibet Plateau[J]. Food Chemistry, 2011, 126:859-865.
- [36] 余江琴,陈朋. 黑果枸杞色素的研究进展[J]. 现代中药研究与实践, 2014(2):70-72.
- [37] 闫亚美,戴国礼,冉林武,等. 不同产地野生黑果枸杞资源果实多酚组成分析[J]. 中国农业科学, 2014(22):4540-4550.
- [38] 孙丽丽. 黑果小檗实和枸杞花色苷类成分及其抗氧化活性研究[D]. 北京:中国医学科学院药物研究所, 2012.
- [39] 李进,赵红艳,原惠,等. 黑果枸杞色素性质研究[J]. 食品科学, 2006(10):146-151.
- [40] 李进,祝长青,原惠,等. 黑果枸杞色素最优提取工艺条件研究[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2005(1):62-69.
- [41] 李进,瞿伟菁,吕海英,等. 黑果枸杞色素的提取和精制工艺研究[J]. 天然产物研究与开发, 2006(4):650-654, 612.
- [42] 柳福智,师希雄. 黑果枸杞色素最佳提取工艺研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2012(9):68-70.
- [43] 张小敏,冉林武,曹有龙,等. 黑果枸杞花色苷 HPLC 半定量分析[J]. 食品工业, 2014(11):207-209.
- [44] 谭亮,董琦,曹静亚,等. 黑果枸杞中花色苷的提取与结构鉴定[J]. 天然产物研究与开发, 2014(11):1797-1802.
- [45] 张元德,白红进,殷生虎,等. 黑果枸杞花色苷色素微波辅助提取的优化[J]. 新疆农业科学, 2010(7):1293-1298.
- [46] 马玉婷,李进,陈敏,等. 酶解法提取黑果枸杞酒渣花色苷的工艺研究[J]. 食品科技, 2011(7):182-186.
- [47] 马玉婷. 黑果枸杞酒渣花色苷、多糖制备及其功能研究[D]. 乌鲁木齐:新疆师范大学, 2012.
- [48] PRYPR W A. Free radical biology; xenobiotics, cancer, and aging[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 1982, 393:1-22.
- [49] 崔剑,李兆陇,洪啸吟. 自由基生物抗氧化与疾病[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2000(6):9-12.
- [50] 张玲艳,王宏权. 黑枸杞花青素的提取及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业, 2014(12):88-91.
- [51] 汪河滨,白红进,王金磊,等. 黑果枸杞色素清除自由基活性的研究[J]. 食品研究与开发, 2006(11):8-10.
- [52] 闫亚美,代彦满,冉林武,等. 黑果枸杞与 5 种果蔬中花色苷组成及体外抗氧化活性比较[J]. 食品工业科技, 2014(16):133-136.
- [53] 陶大勇,王选东,陈荣,等. 黑果枸杞色素的体外抗氧化活性研究[J]. 中兽医医药杂志, 2007(4):15-17.
- [54] 林丽,李进,李永洁,等. 黑果枸杞花色苷对氧化低密度脂蛋白损伤血管内皮细胞的保护作用[J]. 中国药理学杂志, 2013(8):606-611.
- [55] 林丽,李进,吕海英,等. 黑果枸杞花色苷对小鼠动脉粥样硬化的影响[J]. 中国中药杂志, 2012(10):1460-1466.
- [56] 李进,瞿伟菁,刘丛,等. 黑果枸杞色素对高脂血症小鼠血脂及脂质过氧化的影响[J]. 食品科学, 2007(9):514-518.
- [57] 韩彬. 黑果枸杞 *Lycium ruthenicum* 色素的提取与食品安全性评价[D]. 乌鲁木齐:新疆师范大学, 2006.
- [58] 李进,原惠,曾献春,等. 黑果枸杞色素的毒理学研究[J]. 食品科学, 2007(7):470-475.
- [59] 赵晓辉,陶燕铎,邵贇,等. 黑果枸杞红色素毒理学安全性评价[J]. 时珍国医国药, 2011(2):373-375.
- [60] 李淑珍,李进,杨志江,等. 黑果枸杞类黄酮的提取和精制工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2008(8):82-87.
- [61] 李淑珍,李进,杨志江,等. 大孔树脂分离纯化黑果枸杞总黄酮的研究[J]. 食品科学, 2009(1):19-24.
- [62] 吕海英,林丽,潘云,等. 黑果枸杞叶总黄酮抗氧化和降血脂成分测定[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2012, 31(2):43.
- [63] 李兆君,丁润梅. 宁夏枸杞与黑果枸杞总黄酮含量及抗自由基活性的比较研究[J]. 食品研究与开发, 2014(24):39-41.
- [64] 李进,李淑珍,冯文娟,等. 黑果枸杞叶总黄酮的体外抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2010(13):259-262.
- [65] 李淑珍,李进. 黑果枸杞叶黄酮降血脂及抗氧化活性的研究[J]. 北方药学, 2011(11):23-24.
- [66] 李淑珍,李进. 黑果枸杞总黄酮对高脂模型小鼠抗氧化活性的影响[J]. 中国民族民间医药, 2012(8):48-50.
- [67] 李淑珍,李进. 黑果枸杞总黄酮降血脂作用[J]. 时珍国医国药, 2012(5):1072-1074.
- [68] 陈晨,文怀秀,赵晓辉,等. 黑果枸杞色素中原花青素含量测定[J]. 光谱实验室, 2011, 28(4):1767-1769.
- [69] 任小娜,陈志梅,曾俊,等. 黑果枸杞中原花青素提取条件的优化与含量测定[J]. 食品与发酵工业, 2015(1):147-150.
- [70] 孙楠,杜连平,孙跃宁,等. 黑果枸杞、枸杞、黑加仑中原花青素含量对比研究[J]. 食品与药品, 2013(4):275-277.
- [71] 王超,蒋宝平,龙军,等. 黑果枸杞对急性酒精性肝损伤的保护及其

- 抗氧化作用的影响[J]. 中药新药与临床药理, 2015(2):192-195.
- [72] 房江育, 马雪沆. 影响黑果枸杞缩合单宁测定的因素分析[J]. 中国农学通报, 2006(8):105-107.
- [73] 孟庆艳, 马国财, 白红进. 黑果枸杞中鞣质含量测定方法的优化[J]. 塔里木大学学报, 2011(1):9-14.
- [74] PENG Q, LYU X P, XU Q S, et al. Isolation and structural characterization of the polysaccharide LRGP1 from *Lycium ruthenicum* [J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 90(1):95.
- [75] 彭强, 白雪芳, 杜显光. 黑果枸杞多糖的研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2010(12):77-79.
- [76] 汪河滨, 白红进, 王金磊. 超声-微波协同萃取法提取黑果枸杞多糖的研究[J]. 西北农业学报, 2007(1):157-158.
- [77] 陈亮, 张炜, 陈元涛, 等. 响应曲面法优化黑果枸杞多糖的超声提取工艺[J]. 食品科技, 2015(1):220-227.
- [78] 彭强, 吕晓鹏, 黄琳娟, 等. 黑果枸杞多糖的纯化工艺研究[J]. 西北农业学报, 2012(2):121-126.
- [79] 徐金楠, 刘玮, 刘春晶, 等. 不同枸杞中多糖含量与结构特征的对比研究[J]. 中国食品学报, 2015(4):233-239.
- [80] 吕晓鹏. 黑果枸杞多糖的分离纯化与结构表征研究[D]. 西安: 西北大学, 2012.
- [81] 江建红, 陈晓琴, 张蔚俊. 黑果枸杞果实多糖抗疲劳生物功效及其机制研究[J]. 食品科技, 2009, 34(2):203-207.
- [82] 冯薇, 何恩鹏, 陈晓琴. 黑果枸杞果实多糖对小鼠运动能力影响及量效研究[J]. 干旱区研究, 2009, 26(4):586-590.
- [83] 陈晓琴. 黑果枸杞果实多糖的制备与抗疲劳、降血糖生物功效的研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆师范大学, 2007.
- [84] 暴风伟, 郭武艳, 邓馨, 等. 黑果枸杞的生物活性研究进展[J]. 中国执业药师, 2014(7):31-34.
- [85] 胡娜, 索有瑞, 韩丽娟, 等. 柱前衍生 HPLC-MS 法测定黑果枸杞果实中脂肪酸[J]. 分析试验室, 2014(6):698-701.
- [86] 陈红军, 侯旭杰, 白红进, 等. 黑果枸杞中的几种营养成分的分析[J]. 中国野生植物资源, 2002, 21(2):55.
- [87] 任小娜, 曾俊, 王玉涛. 黑果枸杞的植物化学成分及生物活性研究现状[J]. 食品工业, 2014(11):231-235.
- [88] 陈红军, 马玲, 孔星云. 黑果枸杞中十三种元素含量的测定[J]. 中国野生植物资源, 2002, 21(4):59-60.
- [89] 杨斌, 王向未. 黑果枸杞及其功能性成分在食品工业中的应用及开发进展[J]. 轻工科技, 2014(10):22-23.
- [90] 陈海魁, 曹君迈, 任贤, 等. 黑果枸杞染色体核型分析[J]. 北方园艺, 2008(7):207-209.
- [91] 艾则孜江·艾尔肯. 黑果枸杞的真伪鉴别及质量研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2014.
- [92] 顾选, 张晓芹, 宋晓娜, 等. 基于 DNA 条形码-产地-形态联用的药材溯源新方法研究-以黑果枸杞 1 种伪品为例[J]. 中国中药杂志, 2014(24):4759-4762.
- [93] 李小刚. 基于 nrDNA-ITS 序列的 10 种枸杞属植物亲缘关系研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2014.
- [94] 汪亚娟. 基于 iTRAQ 技术的盐 (NaCl) 胁迫下黑果枸杞蛋白质组学研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
- [95] 薛定磊, 曾少华, 王瑛. 黑果枸杞和宁夏枸杞 *FT* (Flowering Locus T) 基因的克隆及表达分析[J]. 基因组学与应用生物学, 2015(3):565-570.
- [96] 刘晶星. 宁夏枸杞和黑果枸杞叶绿体全基因组测序及基因注释分析[D]. 北京: 中国科学院北京基因组研究所, 2013.
- [97] 邵千顺, 高磊, 南雄雄, 等. 利用 SSR 技术对十七份枸杞材料进行遗传多样性分析及标准指纹图谱构建[J]. 北方园艺, 2015(12):91-95.
- [98] 阿力同·其米克, 王青锋, 杨春峰, 等. 新疆产药用植物黑果枸杞遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 植物科学学报, 2013(5):517-524.
- [99] 陈海魁, 刘雅琴. 黑果枸杞果醋发酵工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2009(32):16126-16127.
- [100] 陈晨, 刘增根, 张琳, 等. 黑果枸杞果汁生产工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2011(2):94-97.
- [101] 张元德. 黑果枸杞色素微胶囊的制备[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2010.
- [102] 金建华, 马金林. 青海黑枸杞茶叶中茶多酚含量的测定[J]. 安徽农业科学, 2014(36):13036-13037.
- [103] 何如喜. 亚临界萃取技术生产黑果枸杞花青素色素片可行性探讨[J]. 中国资源综合利用, 2014(5):34-36.

Research Progress on *Lycium ruthenicum* Murr. in China

WANG Qin, WANG Jianyou, LI Yong, LIU Fenglan, MAO Jinmei, HAN Hongwei

(Institute of Economic Forestry, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi, Xinjiang 830000)

Abstract: With the medicinal value, economic value and ecological value, *Lycium ruthenicum* Murr. had huge potential for development and application. The article reviewed the development of *Lycium ruthenicum* Murr. in China from five aspects, including resource distribution, cultivation and breeding, chemical composition, genetics and processed products.

Keywords: *Lycium ruthenicum* Murr.; cultivation and breeding; chemical composition; anthocyanin; research progress