

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2024.01.006

黑果枸杞栽培株行距研究

吴秀花^{1,2,3}, 杨荣^{1,2,3}, 杨宏伟^{1,2,3}, 张嘉益^{1,2}, 张颖^{1,2}, 姜永智⁴

(1. 内蒙古自治区林业科学研究院, 内蒙古 呼和浩特 010010; 2. 沙地生物资源保护与培育国家重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010010; 3. 内蒙古自治区黑果枸杞工程技术研究中心, 内蒙古 呼和浩特 010010; 4. 磴口县人民政府办公室, 内蒙古 巴彦淖尔 015200)

摘要:为确定黑果枸杞栽培的株行距,以黑果枸杞为试验材料,采用实生苗进行田间栽植,分别设置3个不同株距1、1.2、1.5 m,以及3个栽植株行距1.5 m×2 m、1.5 m×3 m和2 m×2.5 m,通过测定株高、冠幅、分枝数、侧枝数、侧枝长、尖削度、坐果率、果实参数、产量等,比较不同株距和栽植株行距对黑果枸杞生长发育及果实表型性状的影响。结果表明,黑果枸杞人工栽培的合适株距为1.5 m,行距2~3 m,在保持单株占地面积相近的情况下,可根据需要适当地调整株行距;栽植株行距为1.5 m×3 m时,果型变异小,果实纵径、横径、果型指数等表型特征较稳定。以期为人工栽培管理提供技术参考。

关键词:黑果枸杞;栽植密度;表型性状;变异分析

中图分类号:S725.71;S759.82 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2024)01-0028-06

引文格式:吴秀花,杨荣,杨宏伟,等.黑果枸杞栽培株行距研究[J].林业调查规划,2024,49(1):28-33.

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2024.01.006

WU Xiuhua, YANG Rong, YANG Hongwei, et al. Plant-row Spacing of *Lycium ruthenicum* Cultivation[J]. Forest Inventory and Planning, 2024, 49(1): 28-33. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2024.01.006

Plant-row Spacing of *Lycium ruthenicum* Cultivation

WU Xiuhua^{1,2,3}, YANG Rong^{1,2,3}, YANG Hongwei^{1,2,3}, ZHANG Jiayi^{1,2},
ZHANG Ying^{1,2}, JIANG Yongzhi⁴

(1. Inner Mongolia Academy of Forestry Sciences, Hohhot 010010, China;
2. Key Laboratory of Conservation and Cultivation of Desert Biological Resources, Hohhot 010010, China;
3. Inner Mongolia Engineering Technology Research Center of *Lycium ruthenicum*, Hohhot 010010, China;
4. General Office of the People's Government of Dengkou County, Bayannur, Inner Mongolia 015200, China)

Abstract: To determine the plant-row spacing of *Lycium ruthenicum*, the seedlings were used for field planting, with three different plant spacing of 1, 1.2, 1.5 m, and three plant-row spacing of 1.5 m×2 m, 1.5 m×3 m and 2 m×2.5 m, the effects of different plant-row spacing on the growth and phenotypic traits of *Lycium ruthenicum* were compared by measuring plant height, crown width, number of branches, number of lateral branches, length of lateral branches, tree tapering, fruit setting rate, fruit parameters and yield. The results showed that the proper plant spacing and row spacing for artificial cultivation of *Lycium*

收稿日期:2022-08-17.

基金项目:内蒙古自治区留学人员科技活动择优资助项目(201722);林业科研能力提升项目;内蒙古自治区应用技术与开发资金计划项目(201602083).

第一作者:吴秀花(1973-),女,甘肃静宁人,博士,研究员.主要从事森林经营和保护相关研究及推广. Email:wuxiuhua-73@163.com

ruthenicum were 1.5 m and 2–3 m respectively, and the plant–row spacing could be adjusted appropriately as required while in similar occupy area for individual plant; under the planting space of 1.5 m×3 m, the fruit variation of *Lycium ruthenicum* was small, fruit phenotypic characteristics such as longitudinal diameter, transverse diameter and fruit shape index were stable relatively. The results aim to provide technical references for artificial cultivation management.

Key words: *Lycium ruthenicum*; planting space; phenotypic traits; variation analysis

黑果枸杞 (*Lycium ruthenicum* Murray), 为茄科枸杞属多年生多棘刺灌木, 主要分布于中亚、高加索和欧洲, 我国分布于陕西北部、甘肃、宁夏、青海、新疆、西藏、内蒙古西部^[1–4]。黑果枸杞抗逆性及耐盐性强^[5–7], 常生于盐碱、盐化沙地等, 是温性荒漠草地的优势种和主要伴生种, 地下部分的生物量占总生物量的平均比值达 33.2%, 根系系统的供养率高^[8]; 有性繁殖种子的自然萌发率、成活率、成株率低, 但萌蘖能力强, 可通过无性繁殖方式补偿, 使后代得以延续和发展壮大^[9], 因而是理想的荒漠化治理、防沙治沙等生态用灌木树种。

黑果枸杞亦是药食同源的功能性树种, 《四部医典》《晶珠本草》《维吾尔药志》等藏族、维吾尔族药典著作均详细记载黑果枸杞的药用价值, 果实味甘、性平, 清心热, 具有明目、润肝、通经等作用, 果实及根皮可治疗尿道结石、癬疥、齿龈出血等症^[10–13]。果实富含蛋白质、脂肪、多糖、游离氨基酸、有机酸、矿物质、微量元素、生物碱、维生素 C、维生素 B₁、维生素 B₂ 等多种营养成分^[14]。果实花青素 (又称花色素, 是花色苷的前体物质) 含量高, 超声波辅助亚临界萃取提取得到野生黑果枸杞花青素提取率为 29 mg/g^[15], 花色苷能降低小鼠体内血脂水平, 预防动脉粥样硬化的生成^[16]。叶片提取的叶多糖 LR-LP3 具有较强的还原能力, 对 H₂O₂ 诱导的氧化损伤细胞模型具有一定保护作用, 对小鼠脾细胞增殖具有促进作用^[17]; 叶片总黄酮能显著抑制小鼠红细胞溶血, 增强小鼠血清抗活性氧能力, 抑制小鼠肝组织脂质过氧化产物丙二醛的生成^[18]。

黑果枸杞栽植当年即可挂果, 并形成产量, 可作为干旱区盐渍土改良、开发利用的可选经济树种之一, 在西部生态建设中具有很高的生态价值和经济开发潜力。目前黑果枸杞的相关研究涉及成分测定、提取工艺、生物活性、营养成分、内生菌、生理生化及遗传特性、苗木繁育等方面^[7, 19–27], 但作为经济林培育的栽培技术如整形修剪、栽培密度等相关研究报道较为缺乏。因而, 通过对黑果枸杞栽植株距、

栽植密度等进行了初步研究, 以期为人工栽培管理提供理论依据。

1 试验地与研究方法

1.1 试验地概况

试验地设于内蒙古阿拉善盟阿左旗敖伦布拉格黑果枸杞研究基地, 地处丘陵、平原地带, 地理位置为北纬 40°32', 东经 106°27', 属温带大陆性季风气候, 风大沙多, 降水稀少, 蒸发量大。年均降雨量 119.3 mm, 极端年最大降雨量 202.1 mm, 极端年最少降雨量 48.4 mm, 降水多集中在每年 7—9 月, 年均温 7.8℃, 极端最低温 -37.8℃, 极端最高温 39.4℃, 7 月均温 23.7℃。年均无霜期 134 d, 生长期平均 150 d, 年均日照时数 3 400 h 以上, 年太阳辐射量 160 kcal/cm², 非常适宜黑果枸杞生长。

1.2 研究方法

1.2.1 试验设计与数据测定

试验于 2015—2016 年实施。栽植苗木均为 2 年生实生苗, 南北行向栽植, 各小区水肥等管理条件均一致。

1) 栽植株距试验

行距 1.5 m, 株距设 3 个处理, 分别为 1、1.2、1.5 m, 每处理 1 个小区, 每小区面积 200 m², 各小区随机排列, 每木检尺测定株高、冠幅、分枝数。相关数据于栽植当年秋季测定。

2) 栽植株行距试验

3 个处理, 株行距分别为 1.5 m×2 m、1.5 m×3 m 和 2 m×2.5 m, 每处理 1 个小区, 每小区面积 300 m², 重复 3 次, 各小区随机排列。测定侧枝数、侧枝长、尖削度、坐果率、果实参数、鲜果及干果产量。相关数据于栽植当年秋季测定。

尖削度测定: 每株取 1 个优势枝, 游标卡尺分别测量优势枝的基部直径 (D_b) 和顶梢直径 (D_t), 卷尺测量基部至顶梢的长度 (L), 每个密度处理 30 个重复。尖削度 ($M, \%$) 计算公式为:

$$M = (D_b - D_t) / L \times 100\%$$

果实参数测定:采用游标卡尺测定果实最大长度和最大宽度为果实的纵径和横径,计算果形指数,每个密度处理 50 个重复;量取果实的百粒鲜重,自然干燥后测量百粒干重,每个株行距处理 3 个重复。

1.2.2 数据分析

试验数据应用 Excel 2010 和 IBM SPSS Statistics 19.0 软件统计分析, Duncan 新复极差多重比较。

2 结果与分析

2.1 栽植株距

不同株距栽植黑果枸杞生长情况见表 1。

表 1 不同株距栽植黑果枸杞生长状况
Tab. 1 Growth parameters of *Lycium ruthenicum* in different plant spacing

株距 /m	株数 /(株·hm ⁻²)	株高 /cm	冠幅 (南北) /cm	冠幅 (东西) /cm	分枝 数 /个	最少 分枝 数 /个	最多 分枝 数 /个
1.0	29.67	69.2± 1.55c	66.2± 1.54c	65.4± 1.51b	8.9± 0.32b	3	22
1.2	24.73	75.1± 1.41b	75.9± 1.66b	77.2± 1.53a	12.5± 0.46a	1	29
1.5	19.73	81.0± 2.37a	84.3± 2.46a	81.0± 2.39a	11.2± 0.64a	4	23

注:分枝数为从灌木基部开始分枝的枝条总数,包括最初栽植的主干;表中数据为平均值±标准误,同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

行距 1.5 m, 3 组不同株距 1、1.2、1.5 m 处理间相比较,株高差异显著,株距 1.5 m 的株高最高,为 81 cm,株距 1 m 的最低,为 75.1 cm,株距 1.2 m 的居中,为 69.2 cm ($F=9.069$, $df=2$, $P=0$);不同株距的南北向冠幅与株高的变化趋势类似,株距 1.5 m 的南北向冠幅值最大,为 84.3 cm,株距 1 m 的最低,为 66.2 cm,株距 1.2 m 的居中,为 75.9 cm,三者间差异显著 ($F=18.412$, $df=2$, $P=0$);东西向冠幅也有类似的变化趋势,1.5、1.2、1 m 东西向冠幅值分别为 81、77.2、65.4 cm,株距 1.5、1.2 m 与 1 m 之间差异显著,但株距 1.5 m 和 1.2 m 之间差异不显著 ($F=20.373$, $df=2$, $P=0$)。结果表明,3 个株距处理的单株冠幅值在 65.4~84.3 cm,株间距应在 1.31~1.69 m。

不同株距栽植黑果枸杞分枝数出现频率见图 1。

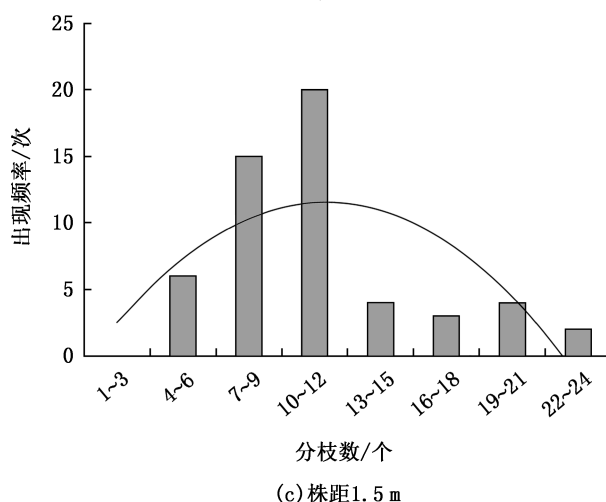
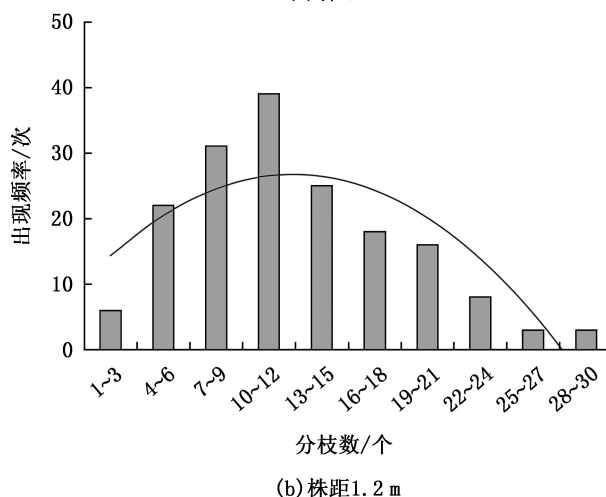
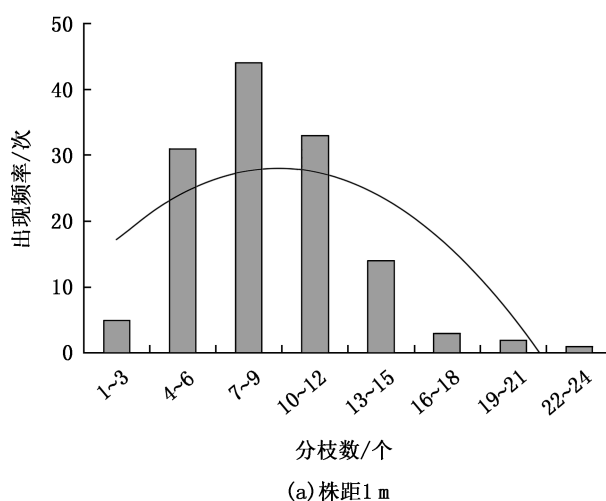


图 1 黑果枸杞植株分枝数出现频率

Fig. 1 Frequency distribution of branch number of *Lycium ruthenicum*

株距 1.2 m 处理的平均分枝数最多,为 12.5 个,株距 1.5 m 处理的次之,为 11.2 个,两者间无显著差异,株距 1 m 处理的最少,平均分枝数为 8.9 个,与前两者相比差异显著 ($F=19.026$, $df=2$, $P=$

0)。栽植株距 1 m 处理最少分枝数为 3 个,最多分枝数为 22 个,其中 7~9 个分枝出现频率最高,占 33.1%,其次为 10~12 个分枝和 4~6 个分枝,分别占 24.8%和 23.3%;栽植株距 1.2 m 处理最少分枝数为 1 个,最多分枝数为 29 个,其中 10~12 个分枝出现频率最高,占 22.8%,其次为 7~9 个分枝和 13~15 个分枝,分别占 18.1%和 14.6%;栽植株距 1.5 m 的最少分枝数为 4 个,最多分枝数为 23 个,其中 10~12 个分枝出现的频率高达 37%,其次为 7~9 个分枝占 27.8%,分枝数 7 以下和 12 个以上的占比较小。总体来看,株距 1 m 处理以分枝数 7~9 个的植株最多,株距 1.2 m 和 1.5 m 处理均以 10~12 个分

枝数的植株最多,表明相对较大的生长空间有利于黑果枸杞基部枝条的萌发。

结果表明,黑果枸杞基部分枝多,成枝力强,3 组栽植株距相比较,从株高、冠幅、分枝数的测定结果来看,较大的株距有利于黑果枸杞的生长和伸展。1.5 m 株距栽植的黑果枸杞有明显的扩展优势,植株生长空间较充足。综合考虑后期黑果枸杞的产量和质量,修剪、采摘、施药等田间管理、机械操作的方便性等,初步认为栽植株距 1.5 m 较为合适。

2.2 栽植株行距

不同株行距栽植黑果枸杞生长及产量情况见表 2。

表 2 不同栽植株行距黑果枸杞生长及产量

Tab. 2 Growth and yield parameters of *Lycium ruthenicum* in different plant-row spacing

株行距	株数 /(株·667 ⁻¹ ·m ⁻²)	单株占 地面积 /m ²	侧枝数 /个	侧枝长 /cm	尖削度 /%	坐果率 /%	鲜果产量 /(kg·667 ⁻¹ ·m ⁻²)	干果产量 /(kg·667 ⁻¹ ·m ⁻²)
1.5 m×2 m	222	3.0	14.3±6.06a	23.78±2.30b	0.507±0.08c	95.53±0.15a	36.55±9.94a	7.23±1.99a
1.5 m×3 m	148	4.5	14.3±3.48a	27.11±3.01b	0.637±0.08bc	89.97±2.11a	13.63±1.18a	2.70±0.23a
2 m×2.5 m	133	5.0	15.3±4.81a	43.89±2.31a	0.770±0.06ab	89.83±1.59a	14.92±0.66a	2.87±0.20a

注:侧枝数为优势分枝上的侧枝数量;侧枝长为优势分枝上 3 个优势侧枝的平均长度。

不同栽植株行距,单株优势枝上平均侧枝数为 14.3~15.3 个,处理间无显著差异;平均侧枝长 23.8~43.9 cm,总体趋势为栽植株行距越大,侧枝越长,侧枝株行距 2 m×2.5 m 与其他两个处理(1.5 m×2 m 和 1.5 m×3 m)相比差异显著,后两者之间差异不显著($F=17.76$, $df=2$, $P=0$)。

尖削度与栽植株行距成正相关,株行距越小,单株占地面积越小,尖削度越小,株行距 1.5 m×2 m 与 2 m×2.5 m 处理间差异显著,这两者与株行距 1.5 m×3 m 处理间差异均不显著($F=3.36$, $df=2$, $P=0.042$)。

3 个栽植株行距处理的坐果率、鲜果产量、干果产量间差异不显著,株行距 1.5 m×2 m 处理的坐果率、鲜果产量、干果产量均高于株行距 1.5 m×3 m 和 2 m×2.5 m 两个处理,后两个处理间相差不大($F=4.55$, $df=2$, $P=0.063$; $F=4.95$, $df=2$, $P=0.054$; $F=4.88$, $df=2$, $P=0.055$)。株行距 1.5 m×3 m 和 2 m×2.5 m 处理的果实横径较大,二者间差异不明显,但与株行距 1.5 m×2 m 处理相比,差异显著($F=10.28$, $df=2$, $P=0$)。

不同栽植株行距黑果枸杞果实参数及果型变异统计见表 3,表 4。

表 3 不同栽植株行距黑果枸杞果实参数

Tab. 3 Fruits parameters of *Lycium ruthenicum* in different plant-row spacing

株行距	果实 横径 /mm	果实 纵径 /mm	果型 指数	百粒 鲜果重 /g	百粒 干果重 /g
1.5 m×2 m	10.43± 0.25b	7.70± 0.12b	0.75± 0.01a	48.85± 0.92a	9.07± 0.54a
1.5 m×3 m	12.02± 0.23a	8.79± 0.12a	0.74± 0.01a	50.37± 3.78a	8.89± 1.12a
2 m×2.5 m	11.48± 0.28a	8.03± 0.18b	0.71± 0.01a	52.46± 1.39a	9.04± 0.31a

表 4 不同栽植株行距黑果枸杞果型变异

Tab. 4 Fruits variability of *Lycium ruthenicum* in different plant-row spacing

株行距	变异系数/%		
	果实横径	果实纵径	果型指数
1.5 m×2 m	17.00	10.69	11.68
1.5 m×3 m	13.34	10.03	11.62
2 m×2.5 m	17.03	16.13	14.93

3 个株行距处理的果实纵径与横径的变化趋势一致,株行距 1.5 m×3 m 处理最大,株行距 2 m×2.5 m 处理次之,株行距 1.5 m×2 m 处理最小,前者与后两者间差异显著($F=15.07$, $df=2$, $P=0$);不同处理的果实均为扁圆形,果型指数为 0.71~0.75,三者差异不显著($F=2.52$, $df=2$, $P=0.084$);百粒鲜果重为 48.85~52.46 g,百粒干果重为 8.89~9.07 g,三者间均无显著差异($F=0.58$, $df=2$, $P=0.59$; $F=0.02$, $df=2$, $P=0.98$)。

3 个株行距处理的果型变异程度不同,株行距 2 m×2.5 m 处理的果型变异系数为 14.93%,果型变异较大,另外两个处理(1.5 m×2 m 和 1.5 m×3 m)的果型变异系数约为 11.6%,果型变异相对较小;株行距 1.5 m×3 m 处理的果实横径变异系数为 13.34%,横径变异小于另外两个处理;株行距 2 m×2.5 m 处理的果实纵径变异系数为 16.13%,横径变异大于其他两个处理;总体来看,株行距 1.5 m×3 m 处理的果型表现较稳定。

结果表明,栽植株行距越大,越有利于黑果枸杞优势枝上侧枝的发生和生长,优势枝的尖削度也越大;栽植株行距与当年产量呈负相关,株行距小,产果量高;栽植株行距小,果实横径、纵径、百粒鲜果重均较小;适中的栽植密度下,果型变异小,表型特征较稳定;单株占地面积相近时,适当地调整株行距,对产量影响不大。

3 讨论与结论

本研究初步确定黑果枸杞人工栽培的合适株距为 1.5 m,行距为 2~3 m,在保持单株占地面积相近的情况下,可根据需要适当地调整株行距,较有利于修剪、用药、施肥、中耕、采收等田间操作和管理。试验开展时,黑果枸杞人工栽植技术研究还处于探索阶段,尚无较成熟的栽培管理技术可借鉴,仅查阅到相关文献中栽植株距为 0.7~1.2 m,行距 1.2~2.2 m,但均未做相应的深入研究来进一步支持其观点^[28-32]。因而本研究在前期实地调研、查阅文献的基础上,参照枸杞的栽培技术,结合实验培育黑果枸杞苗木的规格设计试验方案,采用株距 1~1.5 m,在确定 1.5 m 为适合株距后,采用行距 2~3 m,开展行距试验。此外,为初步了解单株占地面积近似的情况下,株行距的调整对植株生长、产量等的影响,设置了株行距 1.5 m×3 m 和 2 m×2.5 m 栽植处理。

栽植株行距的大小影响植株的养分吸收、光合作用、生长发育空间等,因而会直接影响果实产量。

合理的栽植株行距,能有效地利用土地和立体空间,提高植株的光合作用及单位面积产量,株行距过大或过小,均影响单位面积产量乃至果实质量^[33-35]。在本研究中,栽植株行距较小的黑果枸杞,前期产果量较高,但侧枝数少,侧枝长度短,优势枝的尖削度小,不利于保持优势枝的直立强壮和后期整形修剪,难以获得理想的树形。

表型是基因表达与所处环境交互作用动态表达的结果,是生物遗传受制于生态环境条件的遗传表征,形态特征的变化常可作为遗传变异的表征,一定程度上反映质量性状,变异的大小作为种质固有的特征,反映出种质差异的范围和程度,决定着资源选择余地的大小^[36]。从本研究中表型测定结果来看,不同栽植株行距黑果枸杞果实纵径的变异系数变化幅度大,表明果实纵径受栽植株行距等环境的影响较大,株行距大,单株占地面积大,果实形状的变异较丰富,栽植株行距适中,果型变异小,表型特征较稳定。因此,在栽培过程中,可依据实际需要调整栽植株行距,若以育种选择为目标,可适当地增加栽植株行距,增加单株可利用的生长空间,提高变异丰富度;若以商品销售为目标,则可选择适中的株行距,降低变异幅度,提高果实均匀度。然而,果实的变异较为复杂,栽培株行距仅是其中一个可能的影响因素,在生产上的精确应用还需进一步研究与实践。

黑果枸杞具有边开花边结果的特性,但较集中于夏秋两次。在试验区黑果枸杞于 5 月中旬初花,夏果大量成熟期约在 7 月初,秋果尾果成熟期约在 9 月下旬,但秋果产量较小,产量不足夏果(头茬果)的 1/3^[9]。因本研究中栽植苗木为野生黑果枸杞种子播种培育的实生苗木,人工栽培驯化程度低,与野生种相似,植株低矮,棘刺多,果实采收难度大,综合采收人工成本等因素,采用剪枝收获的方式,仅收获和统计了当年秋果的产量,因而果实总产量统计结果偏低实际水平。此外,由于采用剪枝收获果实,未对之后的产量进行逐年连续测定,株行距对不同树龄的黑果枸杞产量及果实品质的影响还有待于进一步研究完善。

参考文献:

- [1] 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,2004,67(1):10.
- [2] 内蒙古植物志[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1980.
- [3] 中国科学院西北高原生物研究所. 青海经济植物志[M]. 西宁:青海人民出版社,1987:510.

- [4] 中国科学院新疆综合考察队,中国科学院植物研究所. 新疆植被及其利用[M]. 北京:科学出版社,1978:198.
- [5] 杨志江,李进,李淑珍,等. 不同钠盐胁迫对黑果枸杞种子萌发的影响[J]. 种子,2008,27(9):19-22.
- [6] 姜霞,任红旭,马占青,等. 黑果枸杞耐盐机理的相关研究[J]. 北方园艺,2012(10):19-23.
- [7] 辛菊平. 盐胁迫下黑果枸杞生理特性及耐盐性研究[D]. 西宁:青海大学,2015.
- [8] 何文革,那松曹克图,吾其尔,等. 新疆焉耆盆地黑果枸杞灌丛与根系组成及分布特征[J]. 草业科学,2015,32(7):1192-1198.
- [9] 何文革,那松曹克图,吾其尔,等. 新疆焉耆盆地黑果枸杞自然分布特点及其生物特性[J]. 中国野生植物资源,2015,34(4):59-63.
- [10] 宇妥·元丹贡布. 四部医典[M]. 拉萨:西藏人民出版社,1981:72.
- [11] 帝玛尔·丹增彭措. 晶珠本草[M]. 北京:民族出版社,1986:215-216.
- [12] 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.
- [13] 甘青梅,左振常,昌也平,等. 藏药“旁玛”的考证及生药学研究[J]. 中国民族民间医药杂志,1995(12):31-33.
- [14] 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):17-18.
- [15] 金玲,姜涛涛,陈天强,等. 黑果枸杞色素研究进展[J]. 亚太传统医药,2016,12(5):80-83.
- [16] 林丽,李进. 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,2012,35(10):1460-1466.
- [17] 刘洋,殷璐,龚桂萍,等. 黑果枸杞叶多糖 LRLP3 的结构、抗氧化活性及免疫活性[J]. 高等学校化学学报,2016,37(2):261-268.
- [18] 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,2010,31(13):259-262.
- [19] 金红利. 藏药黑果枸杞化学成分的系统分离纯化与表征[D]. 大连:大连理工大学,2015.
- [20] 姜涛涛,金玲,陀扬凌,等. Box-Behnken 响应面法优化水浴恒温浸提法提取黑果枸杞色素工艺研究[J]. 亚太传统医药,2016,12(3):31-36.
- [21] 暴风伟,郭武艳,邵馨,等. 黑果枸杞的生物活性研究进展[J]. 中国执业药师,2014,11(7):31-34.
- [22] 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.
- [23] 李婷. 黑果枸杞内生真菌 R43 的次生代谢产物的研究[D]. 西安:陕西科技大学,2015.
- [24] 赵秀玲. 黑果枸杞生理活性成分研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2016,35(6):561-568.
- [25] 杨宏伟,郭永盛,刘博,等. 黑果枸杞硬枝扦插繁育技术研究[J]. 内蒙古林业科技,2016,42(4):33-35.
- [26] 杨荣,尚海军,任倩楠,等. 不同种源黑果枸杞种子特征及萌发试验研究[J]. 内蒙古林业科技,2020,46(3):19-22.
- [27] 杨宏伟,郭永盛,杨荣,等. 黑果枸杞播种育苗关键技术[J]. 内蒙古林业科技,2017,43(1):62-64.
- [28] 孙宁川,徐万里,刘会芳,等. 新疆黑果枸杞育苗和人工栽培关键技术[J]. 农村科技,2015(11):48-49.
- [29] 刘德喜. 西北地区黑枸杞栽培管理技术[J]. 现代农业科技,2015(14):76-77.
- [30] 郝玉兰,石元宁. 青藏高原黑枸杞栽培技术[J]. 现代农业科技,2012(9):138.
- [31] 郑卓然,邓娇娇,杨立新,等. 辽宁地区黑果枸杞的栽培技术[J]. 辽宁林业科技,2016(3):71-72.
- [32] 白生才,孙慧琴,杜希东,等. 黑果枸杞育苗及人工栽植新技术[J]. 林业科技通讯,2016(8):25-27.
- [33] 刘来馨,王福成,姜更生,等. 栽培密度和产量水平对酿酒葡萄含糖量的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2009(3):13-16.
- [34] 周宁. 栽植密度对华玉桃产量的影响[J]. 现代园艺,2013(11):5-6.
- [35] 李民吉,张强,李兴亮,等. 矮化中间砧‘宫藤富士’苹果栽植密度对树体生长、冠层光照和果实产量的影响[J]. 园艺学报,2020,47(3):421-431.
- [36] 王力荣,朱更瑞,方伟超. 桃种质资源若干植物学数量性状描述指标探讨[J]. 中国农业科学,2005,38(4):770-776.

责任编辑:陈旭