

# 产地差异对宁夏枸杞果实形态及糖分含量的影响

王亚军<sup>1,2</sup>, 梁晓婕<sup>2</sup>, 张波<sup>2</sup>, 尹跃<sup>2</sup>, 李越鲲<sup>2</sup>, 郭素娟<sup>1</sup>, 安巍<sup>2</sup>

(1.北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室,北京 100083;2.国家枸杞工程技术研究中心,宁夏 银川 750002)

**摘要:**本研究调查分析了内蒙、青海、宁夏、新疆、甘肃五省的7个不同枸杞产地的宁夏枸杞的果实外观形态以及枸杞多糖、总糖含量的差异;结合当地气象数据,分析了气象因子与枸杞果实外观形态的相关性,并采用主成分分析法对7个产地枸杞果实外观形态指标进行统计分析,对不同产地枸杞果实大小进行了排名。结果表明:青海诺木洪农场、甘肃白银市靖远县和新疆精河县的枸杞果实较大,而宁夏银川和中宁产枸杞较小;海拔和平均温度是影响枸杞果实形态的主导因子,海拔越高,平均温度越低则果实越大、越长;宁夏中宁县所产枸杞的枸杞多糖的含量最高,达到了 $7.525\text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ,显著高于其它产地( $P<0.05$ ),但总糖含量最低;内蒙杭锦旗、青海诺木洪农场和内蒙乌拉特前旗3个产地枸杞果实的总糖含量较高。该研究结果,将为药用枸杞栽培和种植区域的定位提供理论依据,为综合评价不同枸杞产区枸杞的品质提供数据基础。

**关键词:**枸杞;产地差异;果实形态;糖分

中图分类号:S567.1<sup>+</sup>9 文献标志码:A

## Effects of different habitats on the fruit morphology and sugar content of *Lycium Barbarum* L.

WANG Yajun<sup>1,2</sup>, LIANG Xiaojie<sup>2</sup>, ZHANG Bo<sup>2</sup>, YIN Yue<sup>2</sup>, LI Yuekun<sup>2</sup>, GUO Sujuan<sup>1</sup>, AN Wei<sup>2</sup>

(1.Key for Silviculture and Conservation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. National Wolfberry Engineering Research Center, Yinchuan, Ningxia 750002, China)

**Abstract:** The indexes of *Lycium barbarum*, morphological characteristics of fruits, and varieties of polysaccharide and total sugar contents from five provinces, Inner Mongolia, Qinghai, Ningxia, Xinjiang and Gansu with seven different producing areas in Ningxia, were investigated and analyzed. Based on the local meteorological data, the correlation between the meteorological factors and the morphological appearance of *Lycium barbarum* fruit was analyzed, and fruits' appearance indexes in seven producing areas were estimated using the principal component analysis, the fruit sizes were ranked. The results showed that the fruit of Nuomuhong farm, Jingyuan county and Jinghe county were relatively large, while Yinchuan and Zhongning county were relatively small. The altitude and mean temperature were the main factors influencing the fruit morphology. The higher the altitude, the lower the mean temperature, resulted in the bigger and longer the fruit; The fruit produced in Zhongning county of Ningxia had the highest content of polysaccharide reaching  $7.525\text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , which was significantly higher than that in other areas ( $P<0.05$ ), but the content of total sugar was the lowest. The content of total sugar in the fruit was higher in Inner Mongolia Hangjinhouqi, Nuomuhong farm of Qinghai and Wulateqianqi of Inner Mongolia. The findings would not only provide the theoretical basis for the positioning of medicinal *Lycium barbarum* cultivation and planting area, but also provide a data base for the comprehensive evaluation of *Lycium barbarum* quality in different wolfberry producing areas.

**Keywords:** *Lycium barbarum* L.; different habitats; fruit morphology; sugar content

收稿日期:2017-02-28

修回日期:2017-07-21

基金项目:国家自然科学基金项目(31460211);宁夏回族自治区农业育种专项(2013NYYZ0104);宁夏自治区一二三产业融合发展农业技术推广示范项目(YES-16-0404);宁夏农林科学院科技创新先导资金项目(NKYZ-16-04)

作者简介:王亚军(1979-),男,副研究员,从事枸杞育种和栽培技术研究。E-mail:yajun817@163.com

通信作者:郭素娟(1965-),女,教授,从事经济林(果树)培育与利用研究。E-mail:gwangzs@263.net

枸杞(*Lycium chinense* Mill.)系茄科(Solanaceae)枸杞属(*Lycium* L.)落叶灌木<sup>[1]</sup>,是西北干旱区的主要经济林木。枸杞子具有增强免疫力、抗衰老、抗肿瘤、抗氧化等多方面的药理作用,近代医学研究发现枸杞子内含有的枸杞多糖、枸杞总糖、甜菜碱、类胡萝卜素、黄酮、药用氨基酸等主要功效成分<sup>[2-4]</sup>。国内主要栽培的枸杞品种是“宁杞1号”,属于宁夏枸杞(*Lycium barbarum* L.)种,是全国种植面积最大的枸杞品种,占到总种植面积的80%以上。宁夏回族自治区作为枸杞的道地产区,将枸杞作为当地的特色优势战略性主导产业。在宁夏的带动下,逐步形成了以新疆、青海、内蒙、甘肃为产区的枸杞种植区。截止目前,全国枸杞面积已达到13.3万hm<sup>2</sup>。枸杞产业在全国尤其是西北干旱区的发展,不仅保护了宁夏及西部地区脆弱的生态环境,有效地增加了农民的经济效益,而且解决了剩余劳动力的就业问题,维护了社会稳定,其社会、经济、生态效益显著。

全国枸杞产区主要分布在西北地区。这些区域的生态环境和气候条件差异较大,如海拔、干旱、盐碱、日照时数、昼夜温差、土壤养分状况等立地质量的不同均影响着枸杞果实发育和内含功效成分的形成。董静洲等(2009年)测定分析了5个枸杞产区的枸杞的总黄酮含量发现,总黄酮含量高低次序为:宁夏中宁>内蒙沙海>青海诺木洪>新疆奇台>新疆精河>河北巨鹿<sup>[4]</sup>;Zheng G Q等测试分析了宁夏、内蒙、新疆和河北四个省份的2个枸杞品种果实中的糖分含量,结果发现不同产地土壤中的盐分、pH值、有机质和速效氮含量影响着果实中糖分含量的高低<sup>[5]</sup>;张磊等分析不同产地“宁杞1号”的干果百粒重发现,青海产枸杞果实百粒质量最高,河北最低,总体呈现青海>甘肃>新疆>宁夏>内蒙古>河北的变化趋势<sup>[6]</sup>;林楠等调查分析了宁夏、甘肃和青海3地的3个枸杞品种干燥果实的性状,发现不同产地的气候影响着枸杞的外观形态和内在品质的形成<sup>[7]</sup>;张波等调查了3个产地3个枸杞品种果实性状及内在养分含量,结果表明青海诺木洪产区较宁夏同心和新疆乌苏产区的“宁杞1号”、“宁杞7号”的百粒重大,果形指数较高,活性成分含量因产区不同而差异较大<sup>[8,9]</sup>;在宁夏的枸杞道地产区,土壤养分和盐碱程度也影响着枸杞的内在品质,不同种植区域其内在成分差异较大<sup>[10-14]</sup>。

纵观前人的研究成果,多集中在不同产地枸杞果实内在成分的调查,枸杞外观品质调查较少。同时,取样的样点数较少,取样方法交代不细致,对于

典型生态产区枸杞特征特性的代表性不够。本研究立足枸杞品质研究的现状,通过对典型生态区多样点取样,综合分析不同产地枸杞的果实性状,旨在揭示影响枸杞外观品质和内在品质的关键因子,为不同产区枸杞品质的综合评价提供理论依据。

## 1 研究地区与研究方法

### 1.1 样地概况

以宁夏、新疆、青海、内蒙、甘肃5个枸杞主产区为调查对象,调查样地为内蒙乌拉特前旗和杭锦后旗、宁夏银川市、宁夏中宁县、甘肃靖远县、青海诺木洪农场和新疆精河县7个枸杞生长的典型产地。各采样点信息见表1。

为了综合分析各样地的典型性,对各地30年气候数据进行了查询。数据来自中国气象数据网《中国地面累年值年值数据集(1981—2010年)》及《中国地面累年值月值数据集(1981—2010年)》,详见表2。

7个样点的海拔分布范围为290~2780m,年平均气温5.2~10.5℃,年降水量42.2~243.9mm,年日照时数2700~3220h,平均温差11.8~15.2℃。宁夏中宁县海拔高度居中,年均气温和年降雨量最高;海拔最高的青海诺木洪,年平均气温和年降雨量最低,平均温差最大。由此可见,7个样点的差异较大,能够反映国内枸杞种植分布情况。

### 1.2 试验设计

根据不同枸杞产区的枸杞采摘时间,采摘能代表当地枸杞特性的枸杞鲜果样品作为调查对象。青海产区年度采摘批次为3~4批,选择第1批为调查批次;其它产区年度采摘批次为8~10批,选择第3~4批为调查批次。分别对各样地“宁杞1号”枸杞的成熟果实性状进行调查。在调查样地随机选择6~10年的“宁杞1号”枸杞生产园6~12家,在生产园内,选择靠近园地中间连续种植的3棵正常植株,采集树体不同部位带果柄的枸杞鲜果,对样品进行编号,并记录样点的海拔、经纬度数据,调查枝条上单个芽眼坐果数,随机测量15粒鲜果的单果重、纵横径和果柄长。测量结束后,送至烘干房对枸杞样品进行及时烘干,并将烘干样品进行枸杞果实中总糖和枸杞多糖测试。

### 1.3 测定项目与方法

果形指标按照《枸杞种质资源描述规范和数据标准》<sup>[15]</sup>进行。调查指标包括成熟枸杞鲜果的单果重、纵径、横径和果形指数(纵横比)。糖分指标为总糖和枸杞多糖,测试方法依据GB/T 18672-2002执行<sup>[16]</sup>。

表 1 调查样地的基本情况  
Table 1 The basic condition of sample plots

产区 Producing region	样地 Sample plot	海拔 Altitude/m	经度 Longitude	纬度 Latitude
内蒙乌拉特前旗 Urad Front Banner, Inner Mongolia	乌拉特山镇联光一社 Lianguang No.1 Team, Wulateshan Town	1018.7	108°52'45.624"	40°35'54.790"
	先锋镇油坊社 Youfang Team, Xianfeng Town	1013.5	109°07'48.684"	40°36'50.154"
	先锋镇永福东社 Yongfu East Team, Xianfeng Town	1018.2	109°07'33.256"	40°36'38.910"
	先锋镇永福西社 Yongfu West Team, Xianfeng Town	1005.0	109°07'02.304"	40°36'41.850"
	先锋镇西坝头四队 Xibatou No.4 Team, Xianfeng Town	1018.5	109°06'30.768"	40°36'59.094"
	先锋镇西坝头三队 Xibatou No.3 Team, Xianfeng Town	1012.2	109°05'39.120"	40°36'53.928"
	内蒙杭锦后旗 Hanggin Rear Banner, Inner Mongolia	沙海乡前进八社 Qianjin No.8 Team, Shahai Village	1030.2	107°01'42.540"
沙海乡前进六社 Qianjin No.6 Team, Shahai Village		1032.2	107°00'51.204"	40°56'55.320"
沙海乡五星四队 Hongxing No.4 Team, Shahai Village		1033.5	106°59'46.414"	40°57'24.786"
沙海乡五星四队 Hongxing No.4 Team, Shahai Village		1036.0	106°59'30.108"	40°57'24.600"
沙海乡五星二队 Hongxing No.2 Team, Shahai Village		1030.5	106°59'13.980"	40°58'43.284"
沙海乡五星三队 Hongxing No.3 Team, Shahai Village		1031.0	106°59'20.730"	40°58'39.078"
宁夏银川市 Yinchuan, Ningxia	南梁农场基建队 Capital construction Team, Nanliang Farm	1216.0	106°11'28.68"	38°38'39.24"
	南梁农场一队 No.1 Team, Nanliang Farm	1101.0	106°10'46.01"	38°38'20.34"
	南梁农场四队 No.6 Team, Nanliang Farm	1111.0	106°08'5.22"	38°37'43.68"
	枸杞种质资源圃 Germplasm Bank of Lycium	1110.0	106°09'9.66"	38°38'48.24"
	枸杞种质资源圃 Germplasm Bank of Lycium	1109.0	106°09'7.98"	38°38'47.94"
	园林场 6 队 No.6 Team, Yuanlinchang Farm	1109.0	106°09'49"	38°39'15.18"
	宁夏中宁县 Zhongning, Ningxia	舟塔村一队 No.1 Team, Zhouta Hamlet	1185	105°37'39"
舟塔村十一队 No.11 Team, Zhouta Hamlet		1185	105°34'49.44"	37°28'36.06"
舟塔村十一队 No.11 Team, Zhouta Hamlet		1187	105°34'43.2"	37°28'23.7"
舟塔村十一队 No.11 Team, Zhouta Hamlet		1184	105°34'56.34"	37°28'18.6"
田滩村二队 No.2 Team, Tiantan Hamlet		1178	105°35'39.78"	37°30'3.84"
田滩村二队 No.2 Team, Tiantan Hamlet		1182	105°35'34.44"	37°30'1.5"

续表

产区 Producing region	样地 Sample plot	海拔 Altitude/m	经度 Longitude	纬度 Latitude
甘肃省靖远县 Jingyuan, Gansu	靖安乡新合村三队 No.3 Team, Xinhe Hamlet, Jingan Village	1762	105°12'46.32"	36°53'19.86"
	五合乡田窝村一队 No.1 Team, Tianwo Hamlet, Wuhe Village	1747	106°10'38.46"	36°53'42.3"
	五合乡二道渠村一队 No.1 Team, Erdaoqu Hamlet, Wuhe Village	1700	105°07'36.66"	36°57'12.96"
	东升乡唐庄一社 No.1 Team, Tangzhuang Hamlet, Dongsheng Village	1646	104°59'23.76"	37°00'30"
	东升乡东兴村一社 No.1 Team, Dongxing Hamlet, Dongsheng Village	1620	104°57'2.64"	37°01'24.3"
	东升乡新联村二队 No.2 Team, Xinlian Hamlet, Dongsheng Village	1623	104°57'53.34"	37°01'18.36"
	农场二大队 No.2 Team, Nomhon Farm	2293	96°26'19.560"	36°26'20.130"
	农场工副业大队 Industrial sideline Team, Nomhon Farm	2831	96°25'50.682"	36°26'34.542"
青海省诺木洪 Nomhon, Qinghai	农场工副业大队 Industrial sideline Team, Nomhon Farm	2787.5	96°25'50.124"	36°26'34.878"
	农场工副业大队 Industrial sideline Team, Nomhon Farm	2788	96°24'49.896"	36°26'42.114"
	农场三大队 No.3 Team, Nomhon Farm	2784	96°21'05.658"	36°26'25.074"
	农场四大队 No.4 Team, Nomhon Farm	2751.2	96°18'24.666"	36°25'48.654"
新疆精河县 Jinghe, Xinjiang	八家户农场 4 队 No.4 Team, Bajiahu Farm	289.0	82°45'27.06"	44°33'19.08"
	托里镇吾夏克巴依村 8 队 No.8 Team, Wuxiakebayi Hamlet, Tuoli Town	334.0	82°41'51.3"	44°32'52.26"
	茫丁乡东庄村五队 No.5 Team, Dongzhuang Hamlet, Mangding Village	307.0	82°54'43.86"	44°36'30.24"
	托里镇吾夏克巴依村 6 队 No.6 Team, Wuxiakebayi Hamlet, Tuoli Town	295.0	82°41'4.14"	44°34'2.22"
	托里乡六道桥 Liudaoqiao, Tuoli Village	290.0	82°41'39.84"	44°34'11.82"
	托里乡二牧场开发区 No.2 Pasture, Development Area, Tuoli Village	239.0	82°37'40.38"	44°40'43.5"

表 2 不同枸杞产地的气象资料数据

Table 2 The climatic conditions of different producing areas of *Lycium barbarum*

产地 Producing region	海拔 Altitude/m	年均气温/°C Mean temperature	年降水量/mm Annual precipitation	年日照时数/h Annual sunshine hours	平均温差/°C Mean emperature difference
内蒙乌拉特前旗 Urad Front Banner, Inner Mongolia	1012	8.4	216.3	3202	12
内蒙杭锦后旗 Hanggin Rear Banner, Inner Mongolia	1032	7.9	136.8	3220	13.2
青海诺木洪 Nomhon, Qinghai	2780	5.2	42.2	3158	15.2
宁夏银川市 Yinchuan, Ningxia	1080	10.1	180.0	2734	12.5
宁夏中宁县 Zhongning, Ningxia	1370	10.5	243.9	2970	13.4
新疆精河县 Jinghe, Xinjiang	290	8.2	112.3	2700	11.8
甘肃靖远县 Jingyuan, Gansu	1920	8.9	240.0	2700	13

## 1.4 数据分析

采用 Excel 和 SPSS 20.0 软件进行处理和绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 各产地枸杞样品对应的当季气象资料

为了分析气象因子对果实形态的影响,分阶段对产地的气象数据进行统计计算(表 3),所列数据均为对应样点枸杞样品的生长季节所对应的气象数据,使枸杞样品与气象数据形成一一对应的关系。各产地的平均海拔高度为该产地各样点实测数据的平均值,其它气象数据来源于中国气象局。

平均温度、平均温差和光照时数数据为当年 1 月份至枸杞采摘当月的数据。

表 3 的数值为影响当季枸杞样品的气象资料。可以看出,不同产区具体年份的气象数据有所变化,与表 2 的数值有所不同,但总体差异较小。为了切实反映气象数据对枸杞品质的影响,应以表 3 的数据来综合分析气象数据与枸杞品质之间的相关性。

### 2.2 各产地枸杞果实外观形态分析

目前已测定了不同样地 42 份枸杞样品的单果重、纵径、横径和果形指数(纵横径)。如表 4 所示。

表 3 不同产地枸杞样品对应的当季气象数据

Table 3 The climatic conditions of different producing areas of *Lycium barbarum* in season

产地 Producing region	时间 Time	海拔/m Altitude	生长季 均温/℃ Growing season mean temperature	生长季平 均温差/℃) Growing season mean temperature difference	生长季 日照时数/h Growing season sunshine hours	1月最低 温度/℃ Minimum temperature in january	1月平均 温度/℃ Mean temperature in january	采摘当月 最高温度/℃ Maximum temperature in picking month	采摘当月 平均温度/℃ Mean temperature in picking month
内蒙乌拉特前旗 Urad Front Banner, Inner Mongolia	2014 年 1-7 月	1014.4	10.8	12.2	2822	-17.9	-6.0	37.4	25.9
内蒙杭锦后旗 Hanggin Rear Banner, Inner Mongolia	2014 年 1-7 月	1032.2	9.8	14.0	2793	-20.9	-6.7	35.2	24.1
青海诺木洪 Nomhon, Qinghai	2016 年 1-7 月	2705.8	3.9	13.6	2300	-20.7	-8.3	28.5	15.6
宁夏银川市 Yinchuan, Ningxia	2015 年 1-7 月	1126.0	11.4	12.7	1796	-9.4	-4.3	31.3	24.8
宁夏中宁县 Zhongning, Ningxia	2016 年 1-6 月	1183.5	9.0	12.9	1565	-11.6	-7.2	30.9	23.4
新疆精河县 Jinghe, Xinjiang	2015 年 1-6 月	292.3	7.2	11.2	2022	-24.8	-11.6	36.6	25.0
甘肃靖远县 Jingyuan, Gansu	2016 年 1-6 月	1683.0	9.2	14.2	2364	-13.9	-3.6	31.9	21.4

表 4 不同产地枸杞果实外观形态比较

Table 4 The comparison of the appearance trait of *Lycium barbarum* in different producing areas

产地 Producing region	平均单果重/(g·粒 <sup>-1</sup> ) Mean fruit weight	平均纵径/cm Mean longitudinal diameter	平均横径/cm Mean transverse diameter	平均纵横比 Mean aspect ratio
内蒙乌拉特前旗 Urad Front Banner, Inner Mongolia	0.612±0.069c	1.924±0.142c	0.937±0.040bc	2.055±0.138bc
内蒙杭锦后旗 Hanggin Rear Banner, Inner Mongolia	0.622±0.082c	1.875±0.106cd	1.086±0.097a	1.740±0.200d
青海诺木洪 Nomhon, Qinghai	0.912±0.134a	2.630±0.200a	0.957±0.057bc	2.749±0.158a
宁夏银川市 Yinchuan, Ningxia	0.597±0.056c	1.688±0.071e	0.892±0.042cd	1.898±0.130cd
宁夏中宁县 Zhongning, Ningxia	0.599±0.069c	1.732±0.079de	0.832±0.023d	2.083±0.096bc
新疆精河县 Jinghe, Xinjiang	0.750±0.067b	1.727±0.058de	1.015±0.091ab	1.714±0.177d
甘肃靖远县 Jingyuan, Gansu	0.839±0.110ab	2.093±0.128b	0.949±0.029bc	2.208±0.169b

注:采用 S-N-K 单因素方差分析法,同列数值小写字母不同表示该指标差异显著,  $P < 0.05$ 。以下同。

Note: The data in the same column with different lowercase letter are significantly different at  $P = 0.05$  according to S-N-K ANOVA. The same below.

表4调查结果表明,不同产地枸杞的单果重差别较大( $F=13.119, P<0.05$ ),青海诺木洪枸杞的平均单果重最大,达0.912 g;甘肃靖远县和新疆精河县枸杞次之,两者之间差异不显著,但显著高于内蒙和宁夏四个产地;内蒙杭锦后旗、内蒙乌拉特前旗、宁夏中卫市中宁县、宁夏银川市西夏区之间差异不显著,其中宁夏银川市的平均单果重仅为0.597 g,是调查产区中最小的,仅占青海诺木洪农场的65.5%。总体来说,宁夏银川和中宁产枸杞果实较小。

在果实纵径方面,不同产地枸杞的纵径差异显著( $F=44.497, P<0.05$ )。其中青海诺木洪枸杞果实的纵径(2.630 cm)最大,明显长于其它产地,并达到显著性水平;甘肃靖远县的枸杞果实纵径次之,其次为内蒙乌拉特前旗和内蒙杭锦后旗,甘肃靖远枸杞明显长于内蒙乌拉特前旗和杭锦后旗;宁夏中宁县、新疆精河县和宁夏银川市的枸杞果实纵径较小,三者之间差异不显著,其中宁夏银川市的枸杞果实纵径最小。该结果与平均单果重的结果相似。

在果实横径方面,内蒙杭锦后旗枸杞的横径(1.086 cm)最大,显著高于其它6个产地;新疆精河县的枸杞果实横径次之,但与内蒙杭锦后旗枸杞的平均横径差异不显著;青海诺木洪、甘肃靖远县、内

蒙乌拉特前旗和宁夏银川市枸杞的平均横径分别为0.957、0.949、0.937 cm和0.892 cm,四者之间差异不显著;宁夏中宁县的枸杞果实平均横径最小,为0.832 cm,且与其它各产区之间达到显著差异水平。分析各产区果实单果重和纵横径的数据,表明宁夏枸杞果实较小,而青海枸杞最大。

果实纵横比是反映果形的重要指标。结果表明,青海诺木洪枸杞果实纵横比(2.749)最大,与其它6个产区差异显著,表明青海诺木洪的枸杞果实纵径长、横径短,整个果形修长,属长果形;甘肃靖远县、宁夏中宁县及内蒙乌拉特前旗的枸杞纵横比次之,果形较青海诺木洪枸杞的果形圆,长椭圆形果;宁夏银川市、内蒙杭锦后旗和新疆精河县的枸杞纵横比较小,说明此三地的果实为椭圆形。其中,新疆精河县的枸杞果实纵横比最小,说明该地的枸杞果实相对较圆。

### 2.3 枸杞果实外观形态与气象条件的相关性分析

以上分析表明,不同样地同一枸杞品种的果形指数差异较大,同时各地的气象条件也不同。为探究枸杞果实外观形态与气象条件之间的关系,采用双变量相关分析的方法,分析枸杞外观形态与气象条件之间的相关性,详见表5。

表5 气候条件与果实形态指标的相关性

Table 5 Correlation between climatic conditions and fruit morphological indicators

气象条件 Meteorologic condition	平均单果重/(g·粒 <sup>-1</sup> ) Mean fruit weight	平均纵径/cm Mean longitudinal diameter	平均横径/cm Mean transverse diameter	平均纵横比 Mean aspect ratio
海拔 Altitude	$R=0.649$	$R=0.903^{**}$	$R=-0.177$	$R=0.943^{**}$
生长季均温 Growing season mean temperature	$R=-0.812^*$	$R=-0.750$	$R=-0.163$	$R=-0.655$
生长季平均温差 Growing season mean temperature difference	$R=0.288$	$R=0.488$	$R=0.119$	$R=0.420$
生长季日照时数 Growing season sunshine hours	$R=0.104$	$R=0.332$	$R=0.680$	$R=0.012$
1月最低温度 Minimum temperature in January	$R=-0.388$	$R=-0.288$	$R=-0.778^*$	$R=0.064$
1月平均温度 Mean temperature in January	$R=-0.196$	$R=-0.017$	$R=-0.321$	$R=0.116$
采摘当月最高温度 Maximum temperature in picking month	$R=-0.427$	$R=-0.518$	$R=0.486$	$R=-0.715$
采摘当月平均温度 Mean temperature in picking month	$R=-0.822^*$	$R=-0.921^{**}$	$R=0.024$	$R=-0.897^{**}$

表5的分析结果表明,枸杞果实平均单果重与海拔高度、生长季平均温差和生长季日照时数呈正相关,其中与海拔高度相关系数 $R$ 为0.649,相关性较大;生长季均温、1月最低温度、1月平均温度、采摘当月最高温度和采摘当月平均温度均呈负相关,其中与生长季均温和采摘当月平均温度的相关性较大,且均达到显著程度。

枸杞果实纵径与海拔高度、生长季平均温差、生长季日照时数呈正相关,其中与海拔高度呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与生长季平均温差和日照时数相关性不大;与生长季均温、1月最低温度、1月平均温度、采摘当月最高温度和采摘当月平均温度呈负相关,其中与生长季均温、采摘当月最高温度、采摘当月平均温度相关性较大,与采摘当月平均温度达

到了极显著负相关。枸杞果实横径与生长季平均温差、生长季日照时数、采摘当月最高温度和采摘当月平均温度呈正相关,但相关性均不显著;与海拔高度、生长季均温、1月最低温度、1月平均温度呈负相关,且与1月最低温度的相关性达到显著水平。

纵横比与海拔高度、生长季平均温差、生长季日照时数、1月最低温度和1月平均温度呈正相关,除与平均海拔高度呈极显著正相关外,与其它几个气象指标相关性不大;纵横比与生长季均温、采摘当月最高温度和采摘当月平均温度之间呈负相关,且相关性较大,其中与采摘当月平均温度的相关性最大,达到极显著负相关。

综上所述,说明海拔高度、生长季均温、采摘当月最高温度及采摘当月平均温度对枸杞果实的外观形态影响相对较大;海拔越高的产区枸杞果实平均单果重越重、纵径越长、果形指数(纵横比)越大;生长季均温越低的产区平均单果重越重、果实纵径越长、果形指数(纵横比)越大;采摘当月最高温度越高的产区果实横径越大、果形指数(纵横比)越小;采摘当月平均温度越高的产区平均单果重越小、果实纵径越小、果形指数(纵横比)越小。

## 2.4 枸杞果实外观形态的综合评价

以  $X_1 \sim X_4$  依次代表单果重、纵径、横径和纵横比,采用 SPSS 20.0 主成分分析法对 7 个产地枸杞果实的 4 个指标进行计算。结果表明,第 1 主成分(PC1)和第 2 主成分(PC2)特征值都 > 1,并且累积方差贡献率达到 94.426%;前 2 个主成分反映了原始变量的绝大部分信息。因此提取前 2 个主成分代替原 4 个指标评价枸杞外观形态,由初始的 4 个指标降为 2 个彼此不相关的主成分,达到了降维的目的。主成分特征向量绝对值越大,其对该变量代表性越大。

表 6 2 个主成分的特征向量、特征值、贡献率和累计贡献率

Table 6 Eigenvectors, eigenvalues, account and total account of two principal components

项目 Item	PC1	PC2
$X_1$	0.893	0.243
$X_2$	0.974	0.096
$X_3$	0.010	0.992
$X_4$	0.927	-0.346
特征值 Eigenvalues	2.605	1.172
方差贡献率 Variance account/%	65.116	29.310
累计贡献率 Total account/%	65.116	94.426

第 1 主成分特征值为 2.605, 方差贡献率为 65.116%。在 PC1 中, 单果重、纵径、纵横比特征向量较大, 分别为 0.893、0.974 和 0.927, 它们共同构成

PC1 方差变异主要因素, 均与 PC1 呈正相关。PC1 较大时, 说明宁夏枸杞单果重、纵径和纵横比较大; 在 PC2 中, 横径特征向量较大, 为 0.992, 构成了 PC2 方差变异主要因素, 与 PC2 呈正相关, PC2 较大时, 说明枸杞横径较大。

利用 SPSS 20.0 数据处理系统得到主成分因子得分情况(表 7)。根据得分情况对其进行排序, 能够较为直观地揭示不同产地宁夏枸杞果实外观形态的优劣情况。由表 7 可知, 以第 1 主成分排序果实外观品质: 青海诺木洪 > 甘肃靖远县 > 内蒙乌拉特前旗 > 新疆精河县 > 宁夏中宁县 > 内蒙杭锦后旗 > 宁夏银川市。以第 2 主成分排序果实外观品质: 内蒙杭锦后旗 > 新疆精河县 > 甘肃靖远县 > 青海诺木洪 > 内蒙乌拉特前旗 > 宁夏银川市 > 宁夏中宁县。由于两个主成分的方差贡献率不同, 所以对其评价时, 以各个主成分的贡献率为权重, 由主成分得分和对应的权重相乘求和构建综合评价函数:  $F = 0.6512F_1 + 0.2931F_2$ 。因此, 在枸杞果实外观品质进行综合排名时, 4 种果实外形指标所占权重由大到小分别是: 纵径 > 纵横比 > 单果重 > 横径。

表 7 不同产地枸杞外观形态的综合排名

Table 7 The comprehensive Ranking of the appearance trait of *Lycium barbarum* in different producing areas

产地 Producing region	$F_1$	$F_2$	$F$	排名 Ranking
内蒙乌拉特前旗 Urad Front Banner, Inner Mongolia	-0.461	-0.333	-0.794	5
内蒙杭锦后旗 Hanggin Rear Banner, Inner Mongolia	-1.010	1.624	0.614	3
青海诺木洪 Nomhon, Qinghai	3.236	-0.032	3.204	1
宁夏银川市 Yinchuan, Ningxia	-1.215	-0.784	-1.999	6
宁夏中宁县 Zhongning, Ningxia	-0.830	-1.608	-2.438	7
新疆精河县 Jinghe, Xinjiang	-0.783	1.035	0.252	4
甘肃靖远县 Jingyuan, Gansu	1.064	0.099	1.163	2

在综合评价函数表达式中:  $F$  为不同产地枸杞 1 号枸杞果实外观形态综合评价得分, 根据综合评价模型, 计算出不同产地枸杞综合得分和排序结果, 七个枸杞产地的枸杞 1 号枸杞果实外观形态排名为: 青海诺木洪 > 甘肃靖远县 > 内蒙杭锦后旗 > 新疆精河县 > 内蒙乌拉特前旗 > 宁夏银川市 > 宁夏中宁县。

综上所述, 宁夏银川和中宁产的枸杞, 果实要小于其它产地, 而青海诺木洪产的枸杞果实较大。

此次调查就不同产地枸杞鲜果的形态进行了分析和排名,仅反映了不同产区鲜果的大小情况,可为枸杞鲜果市场开发提供原料选择的参考。

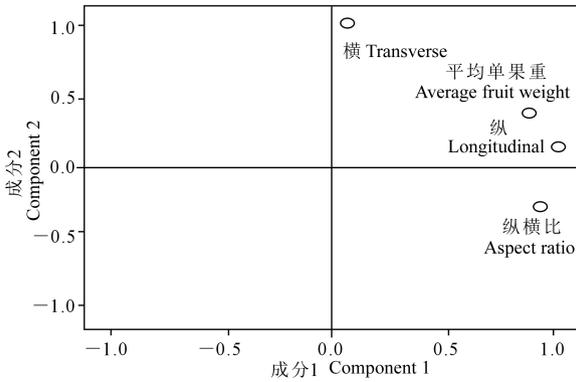


图 1 主成分载荷图

Fig.1 Principal component load chart

### 2.5 不同产地枸杞果实中枸杞多糖和总糖含量的差异

枸杞果实外观形态是决定其商品性的直观指标,但作为药食同源的枸杞,更应注重其内在功效成分的含量。本研究以各样点枸杞干果为试材,测定了枸杞果实中的多糖和总糖含量,详见表 8。

表 8 不同产地枸杞果实中枸杞多糖和总糖的含量

Table 8 The content of LBP and total sugar of *Lycium barbarum* in different producing areas

产地 Producing region	枸杞多糖 /(g · 100g <sup>-1</sup> ) LBP	总糖 /(g · 100g <sup>-1</sup> ) Total sugar
内蒙乌拉特前旗 Urad Front Banner, Inner Mongolia	4.372±0.413b	55.583±1.702b
内蒙杭锦后旗 Hanggin Rear Banner, Inner Mongolia	3.952±0.287b	61.933±5.279a
青海诺木洪 Nomhon, Qinghai	4.793±0.661b	56.887±4.259b
宁夏银川市 Yinchuan, Ningxia	3.947±0.286b	52.767±1.652bc
宁夏中宁县 Zhongning, Ningxia	7.525±2.110a	47.545±4.020c
新疆精河县 Jinghe, Xinjiang	3.737±0.464b	52.900±3.795bc
甘肃靖远县 Jingyuan, Gansu	4.872±0.577b	51.550±3.171bc

由表 8 可以看出,宁夏中宁县所产的枸杞果实中枸杞多糖的含量最高,为 7.525 g · 100g<sup>-1</sup>,并显著高于其它 6 个产地,达显著性水平;其它 6 个产区的枸杞多糖含量由大到小依次为:甘肃靖远县>青海诺木洪>内蒙乌拉特前旗>内蒙杭锦后旗>宁夏银川市>新疆精河县,但各产区差异不显著。不同产地的枸杞果实中总糖的含量由高到低依次为:内蒙杭

锦后旗>青海诺木洪>内蒙乌拉特前旗>新疆精河县>宁夏银川市>甘肃靖远县>宁夏中宁县,产地间显著差异 ( $F=9.408, P<0.05$ );内蒙杭锦后旗的枸杞果实中总糖的含量最高,为 61.933 g · 100g<sup>-1</sup>,明显高于其它各产地,其差异达显著水平;青海诺木洪和内蒙乌拉特前旗的枸杞果实中的总糖含量次之,分别为 56.887 g · 100g<sup>-1</sup>和 55.583 g · 100g<sup>-1</sup>;新疆精河县、宁夏银川市、甘肃靖远县和宁夏中宁县的枸杞果实中的总糖含量再次之;其中宁夏中宁县的枸杞果实中总糖的含量最低,为 47.545 g · 100g<sup>-1</sup>,占内蒙杭锦后旗枸杞果实总糖含量的 76.8%;宁夏中宁县枸杞果实中的总糖含量与内蒙杭锦后旗、青海诺木洪、内蒙乌拉特前旗的差异达显著水平。由此可见,枸杞道地产区宁夏中宁县的枸杞表现为高多糖、低总糖含量的特点。

### 3 结论与讨论

在国内,枸杞主要分布在西北干旱地区,是当地农民增加经济收入、实现脱贫致富的主要经济林木。在前期开展枸杞资源调查等科研实践中,发现不同产地枸杞的果实性状、口味和产量差异较大,但何种因子起了关键作用,一直未见定论。从 2014 年开始,选定五大产区开展系统的枸杞产地调研,结果发现青海诺木洪枸杞的果实最大、最长、长果形;甘肃靖远县、新疆精河县、内蒙杭锦后旗、内蒙乌拉特前旗果实居中;新疆精河县枸杞果实纵横径比最小,为各样地中枸杞果实最圆的样地;宁夏银川和中宁产枸杞果实较小、纵横径较短,属于椭圆形果。

枸杞产地主要集中在西北地区,不同产地的立地条件差异较大,海拔分布范围为 290~2 780 m,年平均气温 5.2~10.5℃,年降水量 42.2~243.9 mm,年日照时数 2 700~3 220 h,平均温差 11.8~15.2℃。这些不同的生态因子影响着枸杞果实形态和果实内糖分含量。调查发现,海拔高度、平均温度、采摘当月最高温度和采摘当月平均温度对枸杞果实外观形态影响较大。其中,海拔和平均温度为主导气象因子。海拔越高的产区枸杞果实平均单果质量越重、纵径越长、果形指数(纵横比)越大;平均温度越低的产区单果质量越大、果实纵径越长、果形指数(纵横比)越大。以果形指标对 7 个枸杞主产地进行排名,说明宁夏银川和中宁产的枸杞,果实要小于其它产地,而青海诺木洪产的枸杞果实较大。

枸杞多糖是公认的枸杞主要功效成分,调查发现宁夏中宁县所产的枸杞果实中枸杞多糖的含量最