

我国野生沙棘果叶资源基础数据测定分析

胡建忠^{1,2*}, 张 滨²

¹水利部沙棘开发管理中心, 北京

²国际沙棘协会秘书处, 北京

收稿日期: 2021年7月7日; 录用日期: 2021年8月19日; 发布日期: 2021年8月31日

摘 要

沙棘果实和叶子含有丰富的生物活性物质, 是十分重要的工业原料, 可以用来开发多种功能性食品和药品。为了科学推介我国沙棘属植物野生种(亚种)果实和叶子的基础参数, 对西藏、新疆、青海、甘肃等省区29个产地野生的中国沙棘(*Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*)、柳叶沙棘(*H. salicifolia*)、云南沙棘(*H. r. ssp. yunnanensis*)、蒙古沙棘(*H. r. ssp. mongolica*)、中亚沙棘(*H. r. ssp. turkestanica*)、江孜沙棘(*H. gyantsensis*)、肋果沙棘(*H. neurocarpa*)、西藏沙棘(*H. tibetana*)共8个种(亚种), 采摘果实和叶子样品并加以观察测定。结果表明, 沙棘果色除柳叶沙棘和江孜沙棘为橙黄色、云南沙棘为黄色、肋果沙棘为灰黑色外, 其余4种沙棘几乎均有红、橙红、橙、橙黄和黄色中不少于2种的果色。沙棘果形较为特殊的有2种——弯柱体(肋果沙棘)、阳桃形(江孜沙棘), 除此之外, 中国沙棘、云南沙棘多为扁球体, 其余4种沙棘多为榔球体。沙棘鲜果体积以蒙古沙棘最大(274.279 mm³), 肋果沙棘(23.202 mm³)最小。鲜果百果重依然是蒙古沙棘(30.07 g)位列第一, 西藏沙棘(26.71 g)第二, 肋果沙棘(2.16 g)位据最末。沙棘种子的(鲜)千粒重, 以江孜沙棘(18.19 g)、西藏沙棘(18.07 g)排在前2位; 云南沙棘(8.27 g)排在最后一位。沙棘叶子均为大小、长短不一的条形, 其中西藏沙棘为短条形, 中国沙棘、柳叶沙棘、云南沙棘、中亚沙棘为条形, 而蒙古沙棘、江孜沙棘和肋果沙棘为长条形。沙棘单叶叶面积, 以云南沙棘和柳叶沙棘最大, 达700 mm²左右, 属于大叶片沙棘; 而中亚沙棘、肋果沙棘、西藏沙棘单叶叶面积在140 mm²以下, 为小叶片沙棘; 其余3种均为中叶片沙棘。我国野生沙棘果叶资源基础参数的测定, 对于沙棘资源的规划、种植、生态经济价值的估算评价等, 均具有十分重要的意义。

关键词

沙棘, 野生资源, 果实, 叶子, 基础参数, 中国

Determination and Analysis on Basic Data of Fruits and Leaves Resources of Main Natural Seabuckthorn Resources in China

*第一作者。

Jianzhong Hu^{1,2*}, Bin Zhang²

¹China National Administration Center for Seabuckthorn Development, Beijing

²Secretariat of International Seabuckthorn Association, Beijing

Received: Jul. 7th, 2021; accepted: Aug. 19th, 2021; published: Aug. 31st, 2021

Abstract

The fruits and leaves of seabuckthorn, containing plentiful bio-active materials, were important industrial materials to develop a lot of functional food and drugs. In order to recommend the basic parameters of the fruits and leaves of seabuckthorn, the samples of fruits and leaves from 29 natural sites distributing 8 species and sub-species of seabuckthorn, namely, *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*, *H. salicifolia*, *H. r. ssp. yunnanensis*, *H. r. ssp. mongolica*, *H. r. ssp. turkestanica*, *H. gyantsensis*, *H. Neurocarpa*, *H. tibetana*, were collected in Tibet, Xinjiang, Qinghai, Gansu, and then observed, measured and calculated. The analysis showed that the fruit colors were orange yellow for *H. salicifolia* and *H. gyantsensis*, and yellow for *H. r. ssp. yunnanensis*, dark grey for *H. neurocarpa*, whereas the other 4 species or sub-species had less than 2 colors among the red, orange red, orange, orange yellow, and yellow colors. The fruit shape for *H. neurocarpa* and *H. gyantsensis* were curved column and carambola shape respectively, very special, but the other species and sub-species had normal shape, that were, oblate sphere for *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis* and *H. r. ssp. yunnanensis*, and a sphere for other 4 seabuckthorn. The fresh fruit volume for *H. r. ssp. mongolica* was the largest with 274.279 mm³, and least for *H. neurocarpa* with 23.202 mm³. The 100-fresh fruits weights were the highest for *H. r. ssp. mongolica* (30.07 g), and the runner-up for *H. tibetana* (26.71 g), and *H. neurocarpa* (2.16 g) the last. The 1000-fresh seeds weight for *H. gyantsensis* (18.19 g) was the highest, and *H. tibetana* (18.07 g) the second, and *H. r. ssp. yunnanensis* (8.27 g) the last. The leaves shape for seabuckthorn were different bar shape, among them short bar for *H. tibetana*, middle bar for *Hippophae rhamnoides* ssp. *sinensis*, *H. salicifolia*, *H. r. ssp. yunnanensis*, and *H. r. ssp. turkestanica*, and long bar for *H. r. ssp. mongolica*, *H. gyantsensis*, and *H. neurocarpa*. The single fresh leaf area of *H. r. ssp. yunnanensis* and *H. salicifolia* were at the highest level with 700 mm², belonging to large shape seabuckthorn, and that of *H. r. ssp. turkestanica*, *H. neurocarpa*, *H. tibetana* at the small level with under 140 mm², and that of the other 3 species and sub-species at the middle level. The determination of basic parameters of fruits and leaves materials of natural seabuckthorn had very important significance to carry out planning, planting, assessing the eco-economical values of seabuckthorn resources in China.

Keywords

Seabuckthorn, Natural Resources, Fruits, Leaves, Basic Parameters, China

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

沙棘属植物(*Hippophae*)在我国青藏高原的西藏、青海及周边的新疆、甘肃、四川、云南等地区不仅有丰富的自然资源[1], 而且人工种植面积也很大。沙棘经营者在采取果实和叶子两大类资源后, 开发出

琳琅满目的饮料食品、保健品、药品、化妆品等产品[2], 丰富了国内个市场, 增加了可观的经济收益。围绕沙棘果实、叶子的生物活性成分提取、开发的研究很多[3]-[8], 有力促进了沙棘果叶资源的开发利用, 进而推动了沙棘资源建设工作。沙棘资源的种植与开发相互推动, 相得益彰, 助推沙棘种植地区的经济社会高质量发展。但查阅文献时往往会发现, 涉及到主要野生沙棘种(亚种)果实、叶子的一些基础参数的系统测定和研究很少, 或被忽视, 而这些基础参数是十分有用的, 对于沙棘资源的规划、种植、生态经济价值的估算评价等, 均具有十分重要的意义。这也正是本文写作的初衷。

2. 材料与方方法

用于取样分析的沙棘果实和叶子来源于西藏、新疆、青海、甘肃等省区 29 个产地的天然沙棘林, 取样时间为 2019 年、2020 年的 9 月至 10 月。基本情况详见表 1, 涉及到中国沙棘、柳叶沙棘(*H. salicifolia*)、云南沙棘(*H. r. ssp. yunnanensis*)、蒙古沙棘、中亚沙棘(*H. r. ssp. turkestanica*)、江孜沙棘(*H. gyantsensis*)、肋果沙棘(*H. neurocarpa*)、西藏沙棘(*H. tibetana*)共 8 个种或亚种的果实和叶子样品。

Table 1. Basic information of fruits and leaves collecting locations of species and sub-species of seabuckthorn
表 1. 不同沙棘种(亚种)果叶资源采样地点基本信息

种、亚种名	测试编号	送样时间	采样地点	经度	纬度	海拔(m)
中国沙棘	QY1	2019.10.11	甘肃合水县连家砭林场	108°27'25"	36°02'11"	1209
中国沙棘	QY2	2019.10.11	甘肃合水县连家砭林场	108°27'27"	36°02'12"	1209
中国沙棘	QY3	2019.10.11	甘肃合水县连家砭林场	108°27'22"	36°02'08"	1218
中国沙棘	ZG1	2019.10.23	青海班玛县玛可河林场	100°52'11"	32°42'19"	3319
柳叶沙棘	MMX	2020.10.22	西藏错那县麻麻乡	91°48'06"	27°52'27"	2976
云南沙棘	LZ1	2019.10.16	西藏林芝市巴宜区	94°34'30"	29°33'51"	3879
云南沙棘	LZ2	2019.10.16	西藏林芝市巴宜区	94°30'40"	29°33'53"	3081
蒙古沙棘	ZYH	2019.09.18	新疆青河县塔克什肯口岸	90°48'26"	46°11'26"	1072
蒙古沙棘	SQH	2019.09.18	新疆青河县塔克什肯口岸	90°48'26"	46°11'26"	1071
中亚沙棘	ZD1	2019.09.21	西藏札达县桑达沟	79°48'04"	31°30'12"	3681
中亚沙棘	ZD2	2019.09.21	西藏札达县桑达沟	79°48'04"	31°30'12"	3680
中亚沙棘	ZD3	2019.09.21	西藏札达县象泉河	79°40'52"	31°28'45"	3590
中亚沙棘	ZD4	2019.09.21	西藏札达县象泉河	79°40'25"	31°28'59"	3585
中亚沙棘	ZY1	2019.11.06	新疆乌什县	79°14'27"	41°13'14"	1422
中亚沙棘	AX1	2019.11.01	新疆阿克陶县	75°52'00"	39°00'17"	1523
中亚沙棘	AX2	2019.11.01	新疆阿克陶县	75°41'51"	39°07'34"	1427
中亚沙棘	KS2	2019.10.26	新疆塔县塔干乡托格伦夏村	75°16'26"	37°46'37"	3073
中亚沙棘	KS3	2019.10.26	新疆塔县班迪尔乡巴扎尔村	75°20'56"	37°37'16"	3235
中亚沙棘	KS4	2019.10.26	新疆塔县提孜那甫乡兰杆村	75°13'24"	37°51'02"	3034
中亚沙棘	KS5	2019.10.26	新疆塔县塔干乡 3 村	75°20'26"	37°37'21"	3222
江孜沙棘	CN1	2019.10.16	西藏错那县曲卓木乡	91°48'09"	28°18'10"	4370
江孜沙棘	LZX1	2019.10.16	西藏隆子县隆子河	92°17'12"	28°27'10"	3980

Continued

江孜沙棘	HZ1	2019.10.16	西藏墨竹工卡县	91°56'11"	29°45'23"	3955
江孜沙棘	QSX1	2020.10.15	西藏曲水县	90°11'04"	29°25'36"	3775
江孜沙棘	QSX2	2020.10.15	西藏曲水县	90°11'04"	29°25'36"	3775
肋果沙棘	LG1	2019.10.09	青海门源县仙米林场	101°58'05"	37°24'23"	3115
肋果沙棘	XML	2020.10.06	青海门源县仙米林场	101°58'05"	37°24'23"	3068
西藏沙棘	PL1	2019.09.21	西藏普兰县仁贡村	81°06'20"	30°26'58"	4056
西藏沙棘	PL2	2019.09.21	西藏普兰县仁贡村	81°06'20"	30°26'58"	4052
西藏沙棘	NC1	2019.10.16	西藏墨竹工卡县念村	92°15'21"	29°41'29"	4322

沙棘果实和叶子取样后立即混入冰块, 装入抗压箱体, 快递至化验机构。然后采用钢卷尺、游标卡尺、分析天平、烘箱等常规仪器或设备, 分别量取和称取有关果实、叶子的一些尺寸和重量指标, 并用烘干前后果实(包括种子)和叶子样品重量, 计算有关含水率; 一些果叶形状、色泽等指标据实记录。

3. 结果与分析

3.1. 果实

沙棘为核果, 呈浆果状, 种子以外为果肉和外果皮, 其中果肉实际上也是肉质化的果皮, 以吸引动物帮助其完成传播种子的目的。沙棘果实的开发价值很大。下面是对野生沙棘果实有关基础数据的测定分析。

参试 8 个种或亚种沙棘的 24 个鲜果果实样品, 利用比色板确定了果色, 测定了果实纵、横径和果梗长, 计算了果纵横茎比, 据此确定了一些种(品种)的果形。全部测定和计算数据列于表 2。

Table 2. Dimension parameters of fresh fruits of species and sub-species of seabuckthorn
表 2. 参试沙棘种(亚种)鲜果果实的尺寸参数

种、亚种名	测试编号	鲜果色	鲜果形	鲜果纵径(mm)	鲜果横径(mm)	鲜果纵横径比	鲜果果梗长(mm)
	QY1	橙色	扁球体	5.37 ± 0.32	5.97 ± 0.22	0.90	2.84 ± 0.31
	QY2	橙红色	扁球体	5.61 ± 0.17	6.88 ± 0.19	0.82	1.25 ± 0.29
中国沙棘	QY3	橙黄色	扁球体	4.79 ± 0.19	6.23 ± 0.19	0.77	2.11 ± 0.24
	ZG1	黄色	圆球体	6.68 ± 0.09	6.79 ± 0.07	0.98	1.42 ± 0.10
	平均	-	扁球体	5.61 ± 0.19	6.47 ± 0.17	0.87	1.91 ± 0.24
柳叶沙棘	MMX	橙黄色	椭球体	7.71 ± 0.54	6.90 ± 0.77	1.12	2.00 ± 0.65
	LZ1	黄色	扁球体	5.70 ± 0.26	6.45 ± 0.34	0.88	2.24 ± 0.37
云南沙棘	LZ2	黄色	扁球体	5.04 ± 0.21	5.49 ± 0.44	0.92	1.21 ± 0.13
	平均	黄色	扁球体	5.37 ± 0.24	5.97 ± 0.39	0.90	1.73 ± 0.25
	SQH	橙红色	椭球体	10.04 ± 0.28	7.35 ± 0.23	1.37	3.16 ± 0.69
蒙古沙棘	ZYH	橙黄色	椭球体	8.71 ± 0.27	7.60 ± 0.18	1.15	2.06 ± 0.52
	平均	-	椭球体	9.38 ± 0.28	7.48 ± 0.21	1.25	2.61 ± 0.61

Continued

	ZD1	红色	圆球体	4.83 ± 0.08	4.73 ± 0.20	1.02	1.44 ± 0.28
	ZD2	橙黄色	椭球体	8.79 ± 0.13	5.79 ± 0.12	1.52	1.79 ± 0.26
	ZD3	红色	椭球体	8.12 ± 0.23	6.55 ± 0.19	1.24	1.89 ± 0.55
	ZD4	橙红色	椭球体	7.85 ± 0.39	6.84 ± 0.17	1.15	2.05 ± 0.33
	ZY1	橙红色	椭球体	4.50 ± 0.68	3.34 ± 0.78	1.35	3.64 ± 0.60
中亚沙棘	AX1	黄色	圆球体	7.16 ± 0.43	7.48 ± 0.46	0.96	3.93 ± 0.40
	AX2	红色	椭球体	7.52 ± 0.45	6.67 ± 0.40	1.13	4.29 ± 0.12
	KS2	橙黄色	椭球体	6.92 ± 0.11	5.93 ± 0.23	1.17	1.25 ± 0.22
	KS3	橙红色	椭球体	6.98 ± 0.06	5.82 ± 0.21	1.20	0.84 ± 0.06
	KS4	红色	椭球体	7.14 ± 0.09	6.02 ± 0.20	1.19	2.09 ± 0.46
	KS5	橙黄色	椭球体	7.27 ± 0.22	5.63 ± 0.11	1.29	1.08 ± 0.10
	平均	-	椭球体	7.01 ± 0.26	5.90 ± 0.28	1.19	2.21 ± 0.31
江孜沙棘	QS2	橙黄色	阳桃状	9.09 ± 0.12	4.02 ± 0.20	2.26	1.38 ± 0.49
肋果沙棘	XML	灰黑色	弯柱体	6.22 ± 0.21	2.67 ± 0.02	2.33	2.05 ± 0.26
西藏沙棘	PL1	橙色	椭球体	9.55 ± 0.25	6.72 ± 0.13	1.42	0.71 ± 0.14
	PL2	黄色	圆球体	7.94 ± 0.27	7.75 ± 0.17	1.02	1.23 ± 0.17
	平均	-	椭球体	8.20 ± 0.21	5.29 ± 0.13	1.22	1.34 ± 0.26

果色除柳叶沙棘和江孜沙棘为橙黄色、云南沙棘为黄色、肋果沙棘为灰黑色外,其余4种沙棘几乎均有红色、橙红色、橙色、橙黄色、黄色中的2种或2种以上的果色。在新疆、西藏采的中亚沙棘样品最多,达11个,其中果色呈红色的有4个,橙红色的有3个,橙黄色的有3个,黄色的有1个,总体感觉是中亚沙棘果色偏红的多(表2)。

与其他各种(亚种)不同的是,西藏沙棘果实顶端具星芒状饰纹,就像缩小的西红柿,这是与其他沙棘最为明显的区别之处。

按有关标准[9],将肋果沙棘果形定为“弯柱体”;而对江孜沙棘提出用“阳桃形”这一新的术语;对其余野生沙棘种(亚种),主要利用果实纵横茎比(LWR)这一指标来确定,即当 $LWR < 0.95$ 时,果形定为扁球体(也叫苹果形); $0.95 \leq LWR \leq 1.05$ 时,果形定为圆球体; $LWR > 1.05$ 时,果形定为椭球体(也叫梨形)。表2中沙棘果形为扁球体的有5个,圆球体的有4个,椭球体的有13个,弯柱体和阳桃形的各1个。椭球体多的原因是中亚沙棘样品多所致。事实上蒙古沙棘也以椭球体果形为多,只有中国沙棘、云南沙棘多为扁球体。

参试24个样品的果梗长测定结果(表2),从1mm多到4mm多(中亚沙棘)不等;按种(亚种)来看,蒙古沙棘最长,达2.61mm,中亚沙棘第二,达2.21mm;西藏沙棘最短,仅1.34mm。果梗越长,越方便采果,因此长果梗是一个有益性状。

从果实纵、横径两个指标的平均值(表2)来看,中国沙棘分别为5.61mm、6.47mm,柳叶沙棘分别为7.71mm、6.90mm,云南沙棘分别为5.37mm、5.97mm,蒙古沙棘分别为9.38mm、7.48mm,中亚沙棘分别为7.01mm、5.90mm,江孜沙棘分别为9.09mm、4.02mm,肋果沙棘分别为6.22mm、2.67mm,西藏沙棘分别为8.20mm、5.29mm。

不过用纵、横径两个值衡量果实大小不直观,因此采用修正椰球体公式计算得8个种(亚种)的单果平均体积:中国沙棘为 122.921 mm^3 ,柳叶沙棘为 192.199 mm^3 ,云南沙棘为 100.212 mm^3 ,蒙古沙棘为 274.279 mm^3 ,中亚沙棘为 127.560 mm^3 ,江孜沙棘为 76.916 mm^3 ,肋果沙棘为 23.202 mm^3 ,西藏沙棘为 120.135 mm^3 。可以看出,蒙古沙棘鲜单果体积最大,而江孜沙棘、肋果沙棘位居最末两位。但必须指出,江孜沙棘成熟后果实由椰球体快速变为阳桃状,横向收缩多,影响了体积的大小;肋果沙棘也有同样原因。

实际工作中,沙棘果实大小常用鲜果百果重来衡量。表3列出了参试8种(亚种)果实28个样品的百果重,并分为两个范畴,一个是鲜果,一个是干果。鲜果百果重是常用的概念,但由于采果时间前后时间不统一,差距会很大。因此,本文提出并计算了干果百果重,就像其他任何干基含量一样,各对比间才方便进行公平对比。

Table 3. Fruit weight parameters of species and sub-species of seabuckthorn

表 3. 参试沙棘种(亚种)果实的重量参数

种、亚种名	测试编号	鲜果百果重(g)	干果百果重(g)	鲜果含水率(%)	鲜果含籽率(%)
中国沙棘	QY1	10.51 ± 0.70	1.85 ± 0.12	82.39 ± 0.78	10.43 ± 0.66
	QY2	13.40 ± 1.03	2.19 ± 0.16	83.69 ± 0.50	8.11 ± 0.16
	QY3	8.04 ± 0.15	1.42 ± 0.03	82.29 ± 0.58	7.51 ± 0.64
	ZG1	21.84 ± 1.72	3.91 ± 0.30	82.09 ± 0.29	8.56 ± 0.10
	平均	13.45 ± 0.90	2.34 ± 0.15	82.62 ± 0.54	8.65 ± 0.39
柳叶沙棘	MMX	16.50 ± 2.62	2.69 ± 0.43	84.58 ± 0.67	6.87 ± 0.05
云南沙棘	LZ1	6.92 ± 0.42	0.77 ± 0.06	88.92 ± 0.20	6.11 ± 0.03
	LZ2	8.81 ± 0.31	1.31 ± 0.05	85.16 ± 0.78	8.00 ± 0.16
	平均	7.87 ± 0.37	1.04 ± 0.06	87.04 ± 0.49	7.06 ± 0.10
蒙古沙棘	SQH	31.52 ± 0.93	4.85 ± 0.14	84.61 ± 0.15	4.87 ± 0.39
	ZYH	28.62 ± 1.62	5.26 ± 0.31	81.62 ± 0.79	4.31 ± 0.38
	平均	30.07 ± 1.62	5.06 ± 0.23	83.12 ± 0.47	4.59 ± 0.39
中亚沙棘	ZD1	6.66 ± 0.33	1.26 ± 0.07	81.11 ± 1.22	9.43 ± 0.66
	ZD2	10.79 ± 0.26	1.98 ± 0.05	81.64 ± 1.56	5.23 ± 0.14
	ZD3	19.37 ± 1.61	3.72 ± 0.31	80.79 ± 1.26	8.73 ± 1.08
	ZD4	18.45 ± 0.32	3.68 ± 0.07	80.06 ± 0.30	6.50 ± 0.04
	ZY1	18.98 ± 1.07	3.37 ± 0.19	82.24 ± 1.16	4.74 ± 0.08
	AX1	19.73 ± 0.16	4.68 ± 0.05	76.26 ± 1.78	6.42 ± 0.78
	AX2	16.31 ± 1.54	4.24 ± 0.40	73.99 ± 0.28	6.12 ± 0.24
	KS2	12.46 ± 0.56	3.26 ± 0.15	73.84 ± 0.43	12.44 ± 0.09
	KS3	11.34 ± 0.45	3.07 ± 0.12	72.96 ± 0.52	10.26 ± 0.23
	KS4	11.40 ± 0.23	2.43 ± 0.06	78.69 ± 0.71	15.68 ± 0.43
	平均	14.55 ± 0.65	3.17 ± 0.15	78.16 ± 0.92	8.56 ± 0.38

Continued

江孜沙棘	CN1	2.97 ± 0.18	1.70 ± 0.11	42.84 ± 2.21	49.42 ± 0.93
	LZX1	2.44 ± 0.08	1.10 ± 0.05	55.11 ± 0.14	24.79 ± 2.28
	HZ1	3.54 ± 0.14	2.12 ± 0.08	40.01 ± 0.16	29.26 ± 0.70
	QS1	26.74 ± 0.05	7.21 ± 0.10	73.05 ± 0.235	19.96 ± 0.04
	QS2	4.03 ± 0.14	3.13 ± 0.12	22.32 ± 0.26	31.94 ± 0.06
	平均	7.94 ± 0.12	3.05 ± 0.08	46.67 ± 0.60	31.07 ± 0.80
肋果沙棘	LG1	2.11 ± 0.04	1.61 ± 0.04	23.58 ± 2.47	33.37 ± 0.82
	XML	2.22 ± 0.06	2.20 ± 0.07	0.81 ± 0.01	50.23 ± 1.34
	平均	2.16 ± 0.05	1.90 ± 0.06	12.20 ± 1.24	41.80 ± 1.08
西藏沙棘	PL1	28.21 ± 0.38	4.55 ± 0.05	83.87 ± 0.30	9.53 ± 0.03
	PL2	25.21 ± 1.33	2.96 ± 0.16	88.26 ± 0.41	6.51 ± 0.34
	平均	26.71 ± 0.86	3.76 ± 0.11	86.07 ± 0.36	8.02 ± 0.19

从鲜果百果重的平均值(表 3)来看, 中国沙棘为 13.45 g, 柳叶沙棘为 16.50 g, 云南沙棘为 7.87 g, 蒙古沙棘为 30.07 g, 中亚沙棘为 14.55 g, 江孜沙棘为 7.94 g, 肋果沙棘为 2.16 g, 西藏沙棘为 26.71 g。可以看出, 蒙古沙棘位列第一, 西藏沙棘第二; 而肋果沙棘占据最末一位。

而从干果百果重的平均值(表 3)来看, 中国沙棘为 2.34 g, 柳叶沙棘为 2.69 g, 云南沙棘为 1.04 g, 蒙古沙棘为 5.06 g, 中亚沙棘为 3.17 g, 江孜沙棘为 3.05 g, 肋果沙棘为 1.90 g, 西藏沙棘为 3.76 g。可以看出, 蒙古沙棘、西藏沙棘依然位列前两位, 不过云南沙棘顶替肋果沙棘占据了最末一位。这个排名, 解决了江孜沙棘、肋果沙棘这两种(亚种)由于果实成熟时失水严重, 所造成的鲜果百果重排位靠后问题。

而从表 3 中沙棘鲜果含水率这一指标, 还可以看出来果实采摘时期是否有所拖延。因为根据多年来的测定和常识, 沙棘属植物大部分鲜果含水率都应在 80%以上。表中大部分种(亚种)是符合这一规律的, 但中亚沙棘鲜果含水率平均为 78%, 是由于一些样品采样推迟了近 1 个月所致; 江孜沙棘含水率平均为 46.67%, 更是由于样品采样推迟了 1 个半月所致。2 个肋果沙棘鲜果含水率, 其中一个样品为 23.58%, 属于正常情况; 而另一个为 0.81%, 同样属于采样过迟造成。

表 3 中还列出了鲜果含籽率, 28 个鲜果样品平均约 15%, 当然其中一些果实采摘过迟造成果实较干, 人为造成了实测含籽率要实际上远高于这一平均值。因此, 如果剔除掉采样较迟的一些较干的沙棘样品, 沙棘鲜果的真实含籽率应在 8%上下。

3.2. 种子

沙棘种子起传播与繁殖后代的作用, 同时种子也是沙棘开发利用的主要器官。表 4 中列有 8 个种或亚种、26 个沙棘果实样品的种子重量测定有关数据。

Table 4. Seed weight parameters of species and sub-species of seabuckthorn

表 4. 参试沙棘种(亚种)种子的重量参数

种、亚种名	测试编号	(鲜)种子千粒重(g)	(干)种子千粒重(g)	种子含水率(%)
中国沙棘	QY1	7.78	6.23	19.92%
	QY2	6.85	5.89	14.01%
	QY3	5.96	4.42	25.84%
	ZG1	17.32	14.35	17.15%
	平均	9.48	7.72	18.52%

Continued

柳叶沙棘	MMX	12.24	8.59	29.82%
	LZ1	9.42	7.48	20.59%
云南沙棘	LZ2	7.11	6.05	14.91%
	平均	8.27	6.77	18.15%
蒙古沙棘	SQH	14.19	13.18	7.12%
	ZYH	5.61	5.31	5.35%
	平均	9.90	9.25	6.62%
中亚沙棘	ZD1	6.22	5.64	9.32%
	ZD2	11.07	10.38	6.23%
	ZD3	12.38	11.75	5.09%
	ZD4	12.16	11.37	6.50%
	ZY1	8.8	7.49	14.89%
	AX1	9.33	8.29	11.15%
	AX2	9.82	9.23	6.01%
	平均	9.97	9.16	8.07%
江孜沙棘	CN1	7.88	7.00	11.17%
	LZX1	8.14	6.59	19.04%
	HZ1	8.65	7.33	15.26%
	QS1	53.39	31.01	41.92%
	QS2	12.88	11.2	13.04%
	平均	18.19	12.63	30.58%
肋果沙棘	LG1	6.64	5.74	13.55%
	PL1	22.52	18.29	18.78%
	PL2	13.61	11.12	18.30%
	平均	14.26	11.72	17.82%
西藏沙棘	PL1	22.52	18.29	18.80%
	PL2	13.61	11.12	18.26%
	平均	18.07	14.71	18.53%

由于种子裹于果肉之间, 因此相对来说, 采样时间稍迟, 一般对种子含水率影响不是太大。从表 4 中采样较迟的江孜沙棘、肋果沙棘种子含水率来看, 反而远较其他各种(亚种)的含水率数值为大, 就是很好的佐证。

传统上说的千粒重, 实为(鲜)千粒重, 可以有保存不同时间的千粒重, 而以播种之前的千粒重最为重要, 因其为计算播种量的基础。从(鲜)千粒重(表 4)来看, 中国沙棘为 9.48 g, 柳叶沙棘为 12.24 g, 云南沙棘为 8.27 g, 蒙古沙棘为 9.90 g, 中亚沙棘为 9.97 g, 江孜沙棘为 18.19 g, 肋果沙棘为 14.26 g, 西藏沙棘为 18.07 g。江孜沙棘、西藏沙棘、肋果沙棘这 3 种的(鲜)千粒重排在前 3 位, 而云南沙棘排在最后一位, (鲜)千粒重不到江孜沙棘的一半。

不过干基的千粒重,才便于不同种(亚种)间直接对比。从(干)千粒重(表 4)来看,中国沙棘为 7.72 g,柳叶沙棘为 8.59 g,云南沙棘为 6.77 g,蒙古沙棘为 9.25 g,中亚沙棘为 9.16 g,江孜沙棘为 12.63 g,肋果沙棘为 11.72 g,西藏沙棘为 14.71 g。(干)千粒重 10 g 以上的有西藏沙棘、江孜沙棘和肋果沙棘;云南沙棘仍然排在最末位,(干)千粒重还不到西藏沙棘的一半。

3.3. 叶子

叶子是沙棘进行光合作用的主要场所,同时因含有重要生物活性成分而成为开发利用的重要材料。按 8 种(亚种)沙棘将 23 个叶子样品的测定数据列于表 5。

Table 5. Dimension parameters of fresh leaves of species and sub-species of seabuckthorn
表 5. 参试沙棘种(亚种)叶子的尺寸参数

种、亚种名	测试编号	叶形	叶长(mm)	叶宽(mm)	叶长宽比	叶柄长(mm)	叶含水率(%)
中国沙棘	QY1	条形	61.38 ± 6.08	8.33 ± 0.83	7.37	1.44 ± 0.06	40.78 ± 1.10
	QY2	长条形	48.50 ± 4.52	5.97 ± 0.36	8.12	2.25 ± 0.41	35.84 ± 0.83
	QY3	条形	44.56 ± 6.65	8.39 ± 0.48	5.31	1.89 ± 0.21	23.69 ± 2.26
	平均	条形	51.48 ± 5.75	7.56 ± 0.56	6.81	1.86 ± 0.23	33.44 ± 1.40
柳叶沙棘	MMX	条形	66.31 ± 6.14	10.42 ± 1.55	6.36	2.43 ± 0.32	53.41 ± 0.77
云南沙棘	LZ1	条形	62.50 ± 3.69	11.08 ± 1.68	5.64	2.18 ± 0.43	50.55 ± 1.28
	LZ2	短条形	55.01 ± 3.37	12.92 ± 0.31	4.26	2.04 ± 0.30	47.61 ± 3.77
	平均	条形	58.76 ± 3.53	12.00 ± 1.00	5.34	2.11 ± 0.37	49.08 ± 2.53
蒙古沙棘	ZYH	长条形	50.95 ± 6.45	5.70 ± 0.67	8.94	2.76 ± 0.67	58.45 ± 1.58
	SQH	长条形	63.49 ± 4.19	6.99 ± 0.28	9.08	2.67 ± 0.62	72.01 ± 0.54
	平均	长条形	57.22 ± 5.32	6.35 ± 0.48	9.02	2.72 ± 0.65	65.23 ± 1.06
中亚沙棘	ZD1	短条形	18.37 ± 1.87	3.47 ± 0.13	5.29	2.08 ± 0.83	26.48 ± 0.57
	ZD2	短条形	20.86 ± 1.79	3.06 ± 0.13	6.82	1.45 ± 0.26	32.09 ± 4.32
	ZD3	短条形	18.63 ± 4.35	3.70 ± 0.38	5.04	1.25 ± 0.10	43.96 ± 2.28
	ZD4	短条形	24.45 ± 3.27	4.24 ± 0.55	5.77	1.59 ± 0.27	40.32 ± 2.38
	AX1	条形	60.21 ± 5.05	5.13 ± 1.14	11.74	2.65 ± 0.42	32.89 ± 0.59
	AX2	条形	41.91 ± 2.85	6.02 ± 0.50	6.96	5.34 ± 0.12	41.32 ± 1.18
	平均	条形	30.74 ± 3.20	4.27 ± 0.47	7.20	2.39 ± 0.33	36.18 ± 1.89
江孜沙棘	CN1	长条形	64.41 ± 2.70	6.34 ± 0.75	10.16	1.79 ± 0.24	21.74 ± 1.87
	LZX1	短条形	20.24 ± 2.33	7.38 ± 1.19	2.74	2.41 ± 0.26	37.39 ± 0.66
	HZ1	长条形	44.89 ± 2.12	4.79 ± 0.31	9.37	1.66 ± 0.40	12.24 ± 0.31
	QS2	长条形	48.11 ± 4.83	3.36 ± 1.53	14.32	1.65 ± 0.062	20.37 ± 0.09
	平均	长条形	44.41 ± 3.00	5.47 ± 0.94	8.12	1.88 ± 0.24	22.94 ± 0.73
肋果沙棘	LG1	长条形	29.79 ± 2.62	3.29 ± 0.08	9.05	1.32 ± 0.22	43.91 ± 2.15
	XML	长条形	29.72 ± 1.84	3.00 ± 0.51	9.91	1.83 ± 0.13	1.85 ± 0.06
	平均	长条形	29.76 ± 2.23	3.15 ± 0.30	9.46	1.58 ± 0.18	22.88 ± 1.11

Continued

西藏沙棘	PL1	短条形	18.24 ± 0.69	3.97 ± 0.39	4.59	1.44 ± 0.11	61.58 ± 0.23
	PL2	短条形	16.31 ± 0.92	3.70 ± 0.22	4.41	1.23 ± 0.04	38.24 ± 1.19
	NC1	条形	19.00 ± 1.22	3.44 ± 0.29	5.52	1.46 ± 0.34	9.89 ± 0.06
	平均	短条形	17.85 ± 0.94	3.70 ± 0.30	4.82	1.38 ± 0.16	36.57 ± 0.49

本文按叶长宽比小于 5、5~8、大于 8 的范围, 将所有参试沙棘的叶形分为短条形、条形、长条形 3 类。经统计发现, 23 个叶样中, 短条形的 8 个, 条形的 7 个, 长条形的 8 个, 3 类拥有的数量几乎相同。从各种(亚种)的叶长宽比平均值来看, 西藏沙棘为短条形, 中国沙棘、柳叶沙棘、云南沙棘、中亚沙棘为条形, 蒙古沙棘、江孜沙棘和肋果沙棘为长条形。

从表 5 中也可以看出, 虽然肋果沙棘为长条形, 但只是按长宽比例来定的, 就实际的叶长来看, 仅 29.76 mm, 只比短条形的西藏沙棘叶长(17.85 mm)大 11.91 mm。而中亚沙棘虽然从平均值来看为条形, 但 6 个样品中就有 4 个为短条形, 因此, 西藏沙棘、肋果沙棘和中亚沙棘这 3 种(亚种), 均可视为小叶片的沙棘。这点还可以通过各种(亚种)叶长、叶宽平均值, 来计算出叶面积来看出来, 一目了然:

中国沙棘: 391.57 mm²;

柳叶沙棘: 690.92 mm²;

云南沙棘: 705.06 mm²;

蒙古沙棘: 363.06 mm²;

中亚沙棘: 131.25 mm²;

江孜沙棘: 242.83 mm²;

肋果沙棘: 93.58 mm²;

西藏沙棘: 66.10 mm²。

其中: 云南沙棘、柳叶沙棘属于大叶片沙棘(单叶叶面积在 700 mm² 左右); 中国沙棘、蒙古沙棘、江孜沙棘属于中叶片沙棘(单叶叶面积为 240~400 mm²); 中亚沙棘、肋果沙棘、西藏沙棘为小叶片沙棘(单叶叶面积在 140 mm² 以下)。

表 5 中还显示出, 野生沙棘叶子平均含水率一般为 37% 左右, 但江孜沙棘有 1 个叶样含水率为 12.24%, 西藏沙棘有 1 个叶样含水率为 9.89%, 肋果沙棘有 1 个叶样含水率为 1.85%, 这些样品均由于各种原因失去了过多的水分, 造成叶样的含水率很低。不过前述 37% 的含水率, 也是样品邮寄途中以及测试前有所损耗所致, 因为一般野外采集叶样后, 如果立即测试, 叶子含水率应为 60% 左右(56%~64%) [10]。

4. 讨论

沙棘果实色泽随着成熟过程, 一般由初期的绿色, 逐渐向成熟时的黄、橙、红等各色变化。西藏沙棘果实是一特例, 果实色泽变化十分奇特, 果实由最初的浅绿色, 向绿果带有纵向深绿爪瓣长条纹、黄橙果带有纵向深绿爪瓣短条纹(亦称顶端星芒状饰纹)、橙色或橙红色果带有很短星芒状饰纹变化[11]。在青海省祁连县发现过几乎无星芒状饰纹的西藏沙棘成熟果实。据此推断, 西藏沙棘果实的星芒状饰纹, 在温度适宜且成熟期未遭遇突然降温时, 随着果实逐步成熟应该会完全消失。

文献中常说的沙棘百果重, 虽然没有前置定语, 但肯定指的是鲜果百果重。果实成熟过程中, 鲜果百果重一直在发生着变化, 通过测定可以确定其变化过程, 这是显而易见的。同一沙棘种(亚种)在不同生境, 特别是在干湿两极生境上, 百果重相差很大。我们野外考察中发现, 沙棘百果重在干旱生境上往往只占湿润生境上的一半不到, 差距很大。而在不同年份间, 水分条件造成的沙棘百果重变化更为悬殊。

我们在新疆额敏 170 团考察时注意到, 几株蒙古沙棘由于没有灌溉, 百果重不到 10 g, 而在此前一年有灌溉条件时百果重为 35 g。所有这些说明: 一是鲜果百果重一定要同时注明果实含水率, 才有参考价值; 二是本文提出了干果百果重, 就像其他许多干基含量一样, 才是衡量沙棘果实的适宜指标。工作中应该重视沙棘干果百果重这一数据的应用。

中国沙棘与云南沙棘(干)千粒重较为接近, 从这一指标来看, 这两个亚种间果然有着相似之处, 因为许多资料发现这两个亚种较为接近。如有研究用贝叶斯聚类分析, 将中国沙棘和云南沙棘归为一组[12]; 还有研究发现, 云南沙棘 cpDNA 来源的一支与中国沙棘完全相同的, 推测中国沙棘有可能是云南沙棘杂种形成的双亲之一[13]; 21 个沙棘样品的全谱区间研究结果显示, 中国沙棘、卧龙沙棘、柳叶沙棘、云南沙棘的样品间具有较好的相似性[14], 等等。我们在野外也常感觉到中国沙棘与云南沙棘十分相似, 幸好中国沙棘主要分布在黄土高原, 云南沙棘主要分布于西南地区, 不过在川西这 2 个亚种都有分布的区域, 就不易辨识了。

实地考察中注意到, 属于大叶片沙棘的云南沙棘、柳叶沙棘, 多为乔木或小乔木, 树高一般在 6 m 以上; 属于中叶片沙棘的中国沙棘、蒙古沙棘和江孜沙棘, 多为乔木、小乔木或大灌木、灌木, 树高一般在(2 m) 3 m 以上; 属于小叶片的 中亚沙棘、肋果沙棘和西藏沙棘, 多为大灌木、灌木或小灌木, 树高一般在 3 m 以下[15]。沙棘叶片大小与树冠体积、生物量等呈正相关。树体高大的沙棘种(亚种), 往往叶片也大; 而树体矮小的沙棘种(亚种), 叶片也往往较小。此外, 沙棘树干基部所发新条的叶子、萌蘖而生枝条的叶子, 一般叶面积较大, 而老龄沙棘植株的叶子, 树干顶部的叶子, 一般叶面积也较小。这些都是应该注意加以甄别的。

沙棘属植物中的蒙古沙棘、中亚沙棘、柳叶沙棘和西藏沙棘这 4 个种(亚种)在国外也有分布。蒙古沙棘中优选出的品种为大果沙棘, 实为多年来我国从俄罗斯、蒙古等国引种的主要目标, 具有果大、果柄长、无刺等特征。如 2013 年我们从俄罗斯引进的 21 个雌株大果沙棘无性系, 百果重平均 55~67 g, 比我国自然分布蒙古沙棘的 30 g 大 25~37 g。蒙古大湖区野生蒙古沙棘的百果重达 30 g, 种子千粒重 12.7 g [16], 百果重与我国相同, 千粒重比我国的 9.90 g 大 2.8 g。后 3 个种在印度、巴基斯坦和尼泊尔等国自然分布, 但研究工作较粗, 只有涵盖所有沙棘的混合资料, 很难查到分种的详细资料。目前查到的资料显示, 印度喜马拉雅邦分布的柳叶沙棘, 果色纯黄, 与我国完全相同; 而包含 3 个种(亚种)的百果重为 10~25 g [17]。

沙棘属植物中我国仅没有海滨沙棘(*H. r. ssp. rhamnoides*)、溪生沙棘(*H. r. ssp. fluviatilis*)、喀尔巴千山沙棘(*H. r. ssp. carpatica*)和高加索沙棘(*H. r. ssp. caucasia*)4 个亚种的分布。这些亚种均分布在欧洲或欧亚交界(高加索)处, 研究工作较为薄弱, 无资料可查。从国内出版书籍[18]有关百果重资料来看, 海滨沙棘为 20~53 g (瑞典), 溪生沙棘为 20~30 g (西欧多地), 喀尔巴阡山沙棘为 30 g (罗马尼亚), 百果重明显高于同种的中国沙棘(13.45 g); 从考察得到的溪生沙棘的有关指标[19]来看, 位于德国多瑙河支流莱希河北岸的溪生沙棘天然林, 果实卵形, 橙红色, 纵径 7~10 mm, 横径 5~8 mm, 百果重约 30 g, 果柄长 3~4 mm; 位于法国阿尔卑斯山的野生溪生沙棘林, 果实呈圆球形, 有橙色和桔黄色, 百果重约 20 g。从百果重这一指标来比例, 我国自然分布的沙棘属植物中, 仅有蒙古沙棘(30.07 g)、西藏沙棘(26.71 g)与其相当, 其余各种(亚种)均小于溪生沙棘。

5. 结论

果色是沙棘果实给人的第一印象, 除柳叶沙棘和江孜沙棘为橙黄色、云南沙棘为黄色、肋果沙棘为灰黑色外, 其余 4 种(亚种)沙棘几乎均有红色、橙红色、橙色、橙黄色、黄色中的 2 种或 2 种以上的果色。五艳六色的果实不仅赏心悦目, 具有美化功能, 而且也为加工不同色泽的果汁、果酱等产品提供了基础。

沙棘果形是十分重要的分类特征, 其中较为特殊的有 2 种——弯柱体(肋果沙棘)和阳桃形(江孜沙棘), 除此之外, 纵径小于横径的扁球体果实多属于中国沙棘和云南沙棘, 纵径大于横径的槲球体果实多为柳叶沙棘、蒙古沙棘、中亚沙棘和西藏沙棘所具有。

沙棘果梗长从 1 mm 多到 4 mm 多不等, 果梗越长, 采摘越方便。按种(亚种)来看, 蒙古沙棘最长, 达 2.61 mm, 中亚沙棘第二, 达 2.21 mm; 肋果沙棘(2.05 mm)、柳叶沙棘(2.00 mm)、中国沙棘(1.91 mm)、云南沙棘(1.73 mm)居于三至六位; 江孜沙棘(1.38 mm)、西藏沙棘(1.34 mm)分列最末两位。

果大、果重是沙棘经营所追求的基本经济性性状指标。沙棘鲜果体积以蒙古沙棘最大(274.279 mm³), 柳叶沙棘次之(192.199 mm³); 中亚沙棘(127.560 mm³)、中国沙棘(122.921 mm³)、云南沙棘(100.212 mm³)、西藏沙棘(120.135 mm³) 4 种(亚种)居中; 而江孜沙棘(76.916 mm³)、肋果沙棘(23.202 mm³)位居最末两位, 果实体积属于最小的两种(亚种)。实际工作中常用鲜果百果重表示果实大小, 从这一指标来看, 蒙古沙棘(30.07 g)依然位列第一, 西藏沙棘(26.71 g)第二; 柳叶沙棘(16.50 g)、中亚沙棘(14.55 g)、中国沙棘(13.45 g)居中; 而江孜沙棘(7.94 g)、云南沙棘(7.87 g)、肋果沙棘(2.16 g)占据最后 3 位。

沙棘种子的千粒重一般用鲜粒含量, 是计算播种量的主要指标。参试 8 种(亚种)沙棘, (鲜)千粒重以江孜沙棘(18.19 g)、西藏沙棘(18.07 g)、肋果沙棘(14.26 g)、柳叶沙棘(12.24 g)这 4 种排在第 4 位; 而中亚沙棘(9.97 g)、蒙古沙棘(9.90 g)、中国沙棘(9.48 g)这 3 种相差不多, 排在中游; 云南沙棘(8.27 g)排在最末一位, (鲜)千粒重不到江孜沙棘的一半。

叶子是沙棘进行光合作用、增加生物产量的主要器官。沙棘叶子均为长短不一的条形, 其中西藏沙棘叶子为短条形(叶长宽比小于 5); 中国沙棘、柳叶沙棘、云南沙棘和中亚沙棘叶子为条形(叶长宽比等于 5~8); 蒙古沙棘、江孜沙棘和肋果沙棘叶子为长条形(叶长宽比大于 8)。沙棘单叶以云南沙棘、柳叶沙棘的叶面积最大, 达 700 mm²左右, 属于大叶片沙棘; 中国沙棘、蒙古沙棘、江孜沙棘叶面积为 240~400 mm², 属于中叶片沙棘; 中亚沙棘、肋果沙棘、西藏沙棘叶面积在 140 mm²以下, 为小叶片沙棘。沙棘属植物的叶子大小与树冠体积基本上呈相关。

基金项目

水利部财政项目“水土保持业务”(126216223000200001)。

参考文献

- [1] 廉永善, 陈学林, 于倬德, 等. 沙棘属植物起源的研究[J]. 沙棘, 1997, 10(2): 1-7.
- [2] 胡建忠. 沙棘工业原料林资源建设与开发利用[M]. 北京: 中国环境出版集团, 2019: 35-54.
- [3] 胡建忠, 邵源临, 李永海. 砒砂岩沙棘生态控制系统工程及产业化开发[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2015: 261-332.
- [4] 董诗婷, 陈云, 高群玉. 沙棘果生物活性成分及其功能的研究进展[J]. 中国酿造, 2020, 39(2): 26-32.
- [5] 张程慧, 祁玉霞, 程康蓉, 冯叙桥, 陈叙生. 沙棘的综合价值研究进展[J]. 食品工业科技, 2017, 38(22): 331-335.
- [6] 张逸, 黄凤洪, 马方励, 臧茜茜, 陈鹏, 魏晓珊, 等. 沙棘油提取工艺研究进展[J]. 中国油脂, 2016, 41(3): 16-20.
- [7] 胡建忠, 张东为, 闫晓玲. 3 类沙棘叶片主要保健成分在生长季的变化节律[J]. 林业世界, 2021, 10(3): 126-134. <https://doi.org/10.12677/wjf.2021.103015>
- [8] 胡建忠, 卢顺光, 温秀凤. 我国主要野生沙棘资源的叶片保健成分研究[J]. 食品与营养科学, 2021, 10(3): 190-198. <https://doi.org/10.12677/hjfn.2021.103022>
- [9] 国家林业局. LY/T 2287-2014 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南沙棘[S]. 2014.
- [10] 胡建忠, 卢顺光. 沙棘杂种 F₁ 代无性系区域试验示范[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2020: 139.
- [11] 胡建忠. 青藏高原的天然沙棘资源[J]. 中国水土保持, 2019(5): 彩插(共 4 页).
- [12] 王罗云, 何彩云, 罗红梅, 张建国, 段爱国, 曾艳飞. 沙棘 7 个亚种与 26 个重要品种的遗传多样性[J]. 浙江农林

大学学报, 2019, 36(4): 670-677.

- [13] 周道珊. 中国沙棘和云南沙棘的遗传多样性研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国林业科学研究院, 2005.
- [14] 王丽. 沙棘的氢核磁共振图谱——多元统计分析研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川大学, 2007.
- [15] 胡建忠. 我国自然分布的沙棘属植物资源[J]. 植物学研究, 2021, 10(4): 453-467.
<https://doi.org/10.12677/br.2021.104060>
- [16] Dorjderem, B., Tuvshinsanaa, E., Ariunbaatar, T., 等. 蒙古大湖区低地天然沙棘的分布及特点研究[C]//国际沙棘协会秘书处, 水利部沙棘开发管理中心. 国际沙棘研发新进展 ISA-2018 论文集. 北京: 中国水利水电出版社, 2020: 53-58.
- [17] Singh, V. (2010) Seabuckthorn: An Introduction. CSK Himachal Pradesh Agricultural University, Palampur, 2+10.
- [18] 廉永善. 沙棘属植物生物学和化学[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2000: 33-34.
- [19] 吕荣森, 李永海, 金争平, 张广军, 邵则夏, 慕长龙. 德国与法国的沙棘开发与利用[J]. 沙棘, 2000, 13(1): 44-46.