

引进和杂交两类沙棘果实 β -胡萝卜素含量测定分析

胡建忠^{1*}, 赵越², 闫晓玲³

¹水利部沙棘开发管理中心, 北京

²青海省农林科学院, 青海 西宁

³黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站, 甘肃 庆阳

收稿日期: 2022年2月7日; 录用日期: 2022年3月14日; 发布日期: 2022年3月21日

摘要

为了系统掌握引进沙棘和杂交沙棘果实的 β -胡萝卜素含量, 对“三北”地区的黑龙江、辽宁、甘肃、青海和新疆5地的沙棘果实于2017年采摘后, 立即采用紫外分光光度计做了测定分析, 结果表明: 干全果 β -胡萝卜素含量平均值, 引进沙棘为32.92 mg/100g, 而杂交沙棘为35.70 mg/100g, 较引进沙棘高8%, 两类间平均值较为接近; 引进沙棘干全果 β -胡萝卜素含量, 以甘肃最高, 达43.97 mg/100g, 为含量最低的青海的2.18倍; 杂交沙棘干全果 β -胡萝卜素含量, 以辽宁最高, 达47.41 mg/100g, 为含量最低的青海的1.98倍。产自青海的两类引进和杂交沙棘干全果 β -胡萝卜素含量在各试点间均为最低。引进沙棘和杂交沙棘果实的生物活性成分很多, 功能也多种多样, β -胡萝卜素含量方面所做的一些测试分析, 将为全面衡量沙棘果实营养成分、开展有关开发利用以及确定合理育种方案等都提供科学依据。

关键词

引进沙棘, 杂交沙棘, 果实, β -胡萝卜素, 三北地区

Determination and Analysis of Fruits β -Carotene Contents of Introduced and Hybrid Seabuckthorn

Jianzhong Hu^{1*}, Yue Zhao², Xiaoling Yan³

¹China National Administration Center for Seabuckthorn Development, Beijing

²Qinghai Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Xining Qinghai

³Xifeng Experimental Station on Soil and Water Conservation of Yellow River Conservancy Commission, Qingyang Gansu

*第一作者。

Abstract

In order to systematically master the β -carotene content of seabuckthorn fruits, fruits of introduced and hybrid seabuckthorn in Heilongjiang, Liaoning, Gansu, Qinghai and Xinjiang in the "Three North" areas of China were measured and analyzed by UV spectrophotometer immediately after picking in 2017. The results showed that the average dry whole fruit β -carotene content of introduced seabuckthorn was 32.92 mg/100g and that of hybrid seabuckthorn was 35.70 mg/100g, which was 8% higher than that of introduced seabuckthorn; the β -carotene content of dried whole fruit of introduced seabuckthorn in Gansu was the highest, up to 43.97 mg/100g, which was 2.18 times than that in Qinghai; the β -carotene content of dried whole fruit of hybrid seabuckthorn in Liaoning was the highest, up to 47.41 mg/100g, which was 1.98 times than that in Qinghai. The contents of β -carotene of two kinds (introduced and hybrid) of dried whole fruits of seabuckthorn from Qinghai were the lowest among the experimental sites. The introduced seabuckthorn and hybrid seabuckthorn fruits have many bioactive components and a lot of functions; those tests and analysis on β -carotene content would provide a scientific basis for comprehensively measuring the nutritional components of seabuckthorn fruits, carrying out relevant development and utilization of them, and determining a reasonable breeding skeleton frame for seabuckthorn.

Keywords

Introduced Seabuckthorn, Hybrid Seabuckthorn, Fruits, β -Carotene, Three North Areas of China

Copyright © 2022 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

我国围绕植物保健的研究[1] [2] [3]一直没有停顿,很好地促进了植物资源保健成分及其利用价值的研发进展。以维生素为例,这类物质是人和动物为维持正常的生理功能,而必须从食物中获得的一类微量有机物质,其在人体和动物生长、代谢、发育过程中发挥着十分重要的作用。维生素在体内既不参与构成体细胞,也不提供能量[4]。在日常生活中,人体对脂溶性维生素的需求量较少,日常均衡的饮食已经基本能够满足人体的需求,刻意超量服用反而会造成伤害[5]。 β -胡萝卜素是一种广泛存在于自然界的类胡萝卜素,是机体维生素 A 的重要来源[6] [7]。 β -胡萝卜素具有多种生物活性,包括清除自由基、猝灭单线态氧、抑制炎症信号传导,其应用从最初的食物着色,逐渐转向医药、化妆品、保健品和动物饲料等多个领域[8]。

沙棘属(*Hippophae*)植物[9]原产于我国,且在青藏高原及周边地区广为分布或种植。中国沙棘在黄土高原地区自然分布最多,人工种植面积最大,适应性强,生长迅速[10]。国外引进的大果沙棘,实为蒙古沙棘的选育栽培品种[11],在我国黑龙江和新疆等地以种植园的形式营建,近年来面积逐年上升[12] [13] [14],较好地支撑了我国沙棘企业的加工利用工作。而利用中国沙棘(雄)适应性强、引进大果沙棘亦即蒙古沙棘(雌)结实多的特点,进而在这 2 个亚种间开展杂交诞生的蒙中杂交沙棘近年来崭露头角,逐渐成为了种植园建设的新军[15]。

目前国内对沙棘 β -胡萝卜素方面开展了一些研究[16] [17], 但对引进俄罗斯第三代沙棘(简称引进沙棘)和蒙中杂交沙棘(简称杂交沙棘) β -胡萝卜素的研究还未见, 因此本文针对引进沙棘和杂交沙棘这两类目前我国沙棘种植园建设的主要材料, 重点研究果实 β -胡萝卜素含量及其变化规律, 以期推动这两类沙棘果实资源能够上大众餐桌, 或以保健品甚至药品方式为改善我国居民的身体健 康有所作用和贡献。

2. 材料与方法

2.1. 材料

2017 年取样测定沙棘无性系果实的地点包括位于“三北”地区的东北黑土区的黑龙江绥棱、华北土石山区的辽宁建平、黄土高原沟壑区的甘肃庆阳、祁连山南麓的青海大通、西北戈壁滩的新疆额敏 5 地; 2018 年果实样品只取了黑龙江绥棱 1 地。5 地自然概况见表 1。

Table 1. Basic information of 5 test localities

表 1. 引种试验 5 地基本情况

项目	辽宁朝阳	黑龙江绥棱	甘肃庆阳	青海大通	新疆额敏
东经	120°21'52"	127°3'36"	107°32'13"	101°33'16"	84°36'45"
北纬	41°29'08"	47°8'28"	35°42'5"	37°02'55"	47°19'32"
海拔高度(m)	186	200	1030	2573	650
日照时数(h)	2752	2822	3060	2671	2941
年均气温(°C)	8.3	2.0	8.3	2.0	4.1
极端最高气温(°C)	43.3	37.7	39.6	29.0	41.1
极端最低气温(°C)	-34.4	-42.4	-22.6	-33.0	-42.0
≥10°C 积温(°C)	3500	2460	3000	1510	2673
无霜期(d)	155	127	162	100	135
年均降水量(mm)	450	570	562	510	200
年均蒸发量(mm)	2000	1242	1475	1800	2300
土壤	潮土	黑土	灌淤土	潮土	灌漠土

沙棘雌株无性系包括引进沙棘和杂交沙棘两大类, 2017 年对 5 地已成熟果实进行取样, 2018 年只对黑龙江绥棱 1 地成熟果实进行取样。

2.1.1. 引进沙棘

引进沙棘指于 2013 年底从俄罗斯引进的第三代沙棘雌株 21 个无性系果实材料, 依次编号为“201301” “201302” …… “201322”, 其中“201306”为雄株, 不在 21 个无性系中, 其余雌株因分配苗木不同、结实时间不同, 而使各点的取样无性系也不相同。

2017 年: 辽宁朝阳有 8 个无性系, “201301” “201302” “201303” “201304” “201305” “201307” “201308” “201309”; 黑龙江绥棱有 19 个无性系, 少了“201302” “201316” 2 个无性系; 甘肃庆阳有“201304” “201305” 2 个无性系; 青海大通有“201301” “201302” “201304” “201305” “201308” 5 个无性系; 新疆额敏有“201301” 至“201322”的全部 21 个雌株无性系。

2018 年: 黑龙江绥棱有除“201302” “201314” “201321”之外的其余 18 个雌株无性系。

2.1.2. 杂交沙棘

杂交沙棘全称蒙中杂雌沙棘无性系，系用蒙古沙棘(引进大果沙棘)做母本、中国沙棘做父本杂交而来的无性系，其中：

2017年：辽宁朝阳、黑龙江绥棱、甘肃庆阳和新疆额敏均有“杂雌优01号”“杂雌优10号”“杂雌优12号”“杂雌优54号”4个无性系；青海大通只有“杂雌优01号”“杂雌优10号”2个无性系。

2018年：黑龙江绥棱有“杂雌优01号”“杂雌优10号”“杂雌优12号”“杂雌优54号”4个无性系。

2.2. 方法

按照食品安全国家标准(GB5009.83-2016)测定[18]。试样经皂化使胡萝卜素释放为游离态，用石油醚萃取二氯甲烷定容后，采用反相色谱法分离，外标法定量。

3. 结果与分析

3.1. 引进沙棘不同无性系干全果 β -胡萝卜素含量对比

引进沙棘2017年取样的为全部5地21个无性系的55个样品；2018年取样仅为黑龙江的18个无性系样品。有关引进沙棘干全果 β -胡萝卜素含量测定结果详见表2。

Table 2. β -carotene contents of dried whole fruits among different clones of introduced seabuckthorn sampling in 2017

表 2. 2017年引进沙棘不同无性系干全果 β -胡萝卜素含量

无性系编号	样品数	β -胡萝卜素含量(mg/100g)	
		平均值	标准差
201322	2	64.97	24.64
201320	2	59.99	42.09
201321	2	54.76	43.80
201318	2	46.05	13.32
201312	2	42.29	0.44
201304	5	40.32	15.58
201310	2	38.42	13.96
201314	2	35.51	14.63
201307	3	34.70	14.40
201303	3	32.34	4.15
201305	5	28.11	6.85
201311	2	27.50	3.41
201313	2	26.10	16.41
201302	3	25.35	0.90
201315	2	23.84	5.04
201309	3	22.94	6.31
201308	4	22.72	11.42
201301	4	21.99	17.46

Continued

201317	2	21.04	2.15
201319	2	20.84	23.23
201316	1	20.78	0.00
合计或平均	55	32.92	12.76

从引进沙棘 21 个无性系干全果 β -胡萝卜素含量平均值来看, 55 个样品的总体平均值为 32.92 mg/100g; 21 个无性系间测定结果平均值相差很大, 从平均值最小的“201316”的 20.78 mg/100g, 到最大的“201322”的 64.97 mg/100g, 后者是前者的 3.13 倍。

引进沙棘干全果 β -胡萝卜素含量在 40 mg/100g 以上的有“201322”“201320”“201321”“201318”“201312”“201304”6 个无性系。

3.2. 不同产地间引进沙棘果实 β -胡萝卜素含量对比

引进沙棘定植在我国从东到西的黑龙江、辽宁、甘肃、青海和新疆 5 地。对于同一品种, 由于自然条件和人为栽培措施的综合影响, 综合反映在 5 地引进沙棘无性系果实 β -胡萝卜素含量上。利用 2017 年在 5 地采到的 55 个果实样品测定数据, 整理的 5 地引进沙棘无性系鲜全果、干全果 β -胡萝卜素含量统计值列于表 3 中。

Table 3. β -carotene contents of whole fruits of introduced seabuckthorn clones in different test localities sampling in 2017
表 3. 2017 年不同产地引进沙棘无性系果实 β -胡萝卜素含量

产地	β -胡萝卜素含量(mg/100g)		备注
	鲜全果	干全果	
黑龙江	6.23 \pm 3.33	34.75 \pm 15.73	19 个样品
辽宁	5.87 \pm 1.81	36.84 \pm 8.58	8 个样品
甘肃	8.03 \pm 2.69	43.97 \pm 14.81	2 个样品
青海	3.88 \pm 0.78	20.13 \pm 4.75	5 个样品
新疆	6.33 \pm 2.35	31.76 \pm 11.74	21 个样品
合计或平均	6.07 \pm 2.57	32.92 \pm 12.76	55 个样品

从 5 地引进沙棘果实 β -胡萝卜素含量的测定结果来看, 鲜全果、干全果总体排列次序基本上差不多, 只有个别数据间不一致。下面仅以干全果 β -胡萝卜素含量结果来加以说明, 甘肃数值最高, 达 43.97 mg/100g, 辽宁数值位居第二, 为 36.84 mg/100g; 黑龙江第三, 为 34.75 mg/100g; 新疆第四, 为 31.76 mg/100g; 青海居最末位, 仅 20.13 mg/100g。引进沙棘干全果 β -胡萝卜素含量, 含量最高的甘肃为含量最低的青海的 2.18 倍。

3.3. 杂交沙棘不同无性系干全果 β -胡萝卜素含量对比

经对 2017 年 5 个杂交沙棘无性系在 5 个点取样测定数据的统计, 得到不同品系干全果 β -胡萝卜素含量的平均值详见表 4。

Table 4. β -carotene contents of dried whole fruits among different clones of hybrid seabuckthorn sampling in 2017
表 4. 2017 年不同杂交沙棘无性系干全果 β -胡萝卜素含量

无性系编号	样品数(个)	β -胡萝卜素含量(mg/100g)	
		平均值	标准差
杂雌优 54 号	7	49.28	13.2
杂雌优 1 号	4	34.01	27.52
杂雌优 12 号	4	30.43	15.84
杂雌优 10 号	5	22.25	5.49
合计或平均	20	35.7	15.5

杂交沙棘 4 个无性系干全果 β -胡萝卜素含量平均值为 35.70 mg/100g。4 个无性系间测定结果平均值相差较大,从平均值最小的“杂雌优 10 号”的 22.25 mg/100g,到最大的“杂雌优 54 号”的 49.28 mg/100g,后者是前者的 2.21 倍。“杂雌优 1 号”“杂雌优 12 号”干全果 β -胡萝卜素含量平均值比总体平均值略小。

3.4. 不同产地间杂交沙棘果实 β -胡萝卜素含量对比

杂交沙棘 2017 年在 5 地采到的 20 个果实样品测定数据,经整理得到 5 地杂交沙棘无性系鲜全果、干全果 β -胡萝卜素含量统计值,列于表 5 中。

Table 5. β -carotene contents of whole fruits of hybrid seabuckthorn clones in different test localities sampling in 2017
表 5. 2017 年不同产地杂交沙棘无性系果实 β -胡萝卜素含量

产地	β -胡萝卜素含量(mg/100g)		备注
	鲜全果	干全果	
黑龙江	6.23 \pm 3.33	30.93 \pm 11.54	4 个样品
辽宁	5.87 \pm 1.81	47.41 \pm 17.26	6 个样品
甘肃	8.03 \pm 2.69	38.32 \pm 12.94	4 个样品
青海	3.88 \pm 0.79	23.96 \pm 9.85	2 个样品
新疆	6.33 \pm 2.35	25.93 \pm 8.92	4 个样品
合计或平均	6.27 \pm 2.74	32.92 \pm 12.76	20 个样品

2017 年 5 地杂交沙棘果实 β -胡萝卜素含量的测定结果,鲜全果、干全果的排列次序不同。下面仅以干全果 β -胡萝卜素含量结果来排序,辽宁数值最高,达 47.41 mg/100g;第二位为甘肃的 38.32 mg/100g;黑龙江第三,为 30.93 mg/100g;新疆第四,为 25.93 mg/100g;青海居最末位,仅 23.96 mg/100g。杂交沙棘干全果 β -胡萝卜素含量,含量最高的辽宁是含量最低的青海的 1.98 倍。除辽宁与甘肃互换位置外,其余排序与引进沙棘完全相同。

3.5. 不同年份间引进沙棘无性系干全果 β -胡萝卜素含量对比

引进沙棘还于 2018 年在黑龙江取样再次做了取样测定,以便开展不同年份间的比较,连同 2017 年的统计值列于表 6。

Table 6. β -carotene contents of dried whole fruits of introduced seabuckthorn clones in Heilongjiang in different test years
表 6. 不同年份黑龙江引进沙棘无性系干全果 β -胡萝卜素含量对比

年份	干全果 β -胡萝卜素含量(mg/100g)	
	平均值	标准差
2017 年	31.29	12.70
2018 年	11.53	5.00
2017 年/2018 年	2.71	-

从表中可以看出 2017 年的来自黑龙江产地的引进沙棘 β -胡萝卜素含量平均值远较 2018 年为大(相当于 2.71 倍), 从图 1 可以更加直观地看到两者间各无性系 β -胡萝卜素含量的变动情况, 2017 年各点数值更高, 均在 2018 年各点的上方。

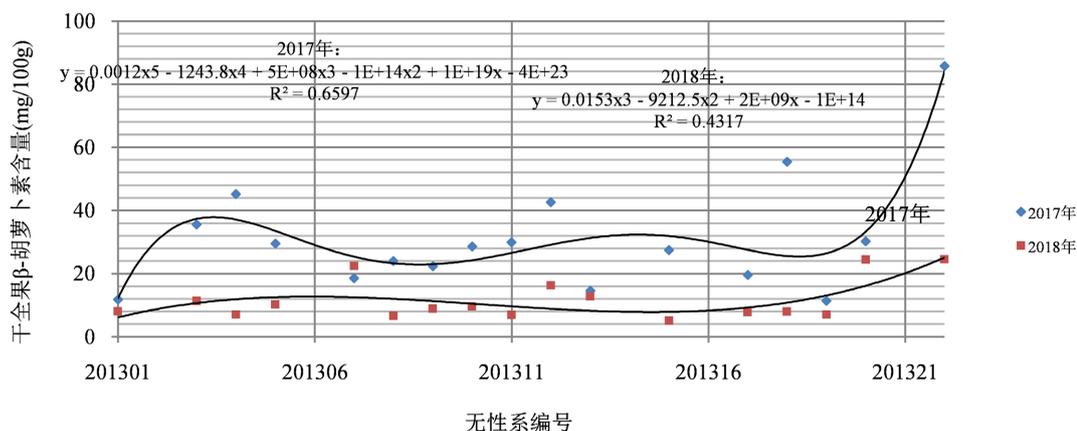


Figure 1. β -carotene contents of dried whole fruits of every introduced seabuckthorn clones in 2017 and 2018
图 1. 2017 和 2018 两年引进沙棘各无性系的干全果 β -胡萝卜素含量

3.6. 引进沙棘与杂交沙棘 2 类无性系干全果 β -胡萝卜素含量对比

2017 年 5 个产地引进沙棘与杂交沙棘干全果 β -胡萝卜素含量的统计值, 两类间平均值相差不大, 杂交沙棘只比引进沙棘高 8% (表 7)。

Table 7. β -carotene contents of dried whole fruits of introduced and hybrid seabuckthorn clones sampling in 2017
表 7. 2017 年引进与杂交沙棘 2 类无性系干全果 β -胡萝卜素含量

沙棘类别	样品数	干全果 β -胡萝卜素含量(mg/100g)	
		平均值	标准差
引进沙棘	55	32.92	12.76
杂交沙棘	20	35.70	15.50
杂交/引进	-	1.08	-

4. 讨论

中国农科院对采自多地的 19 个沙棘样品做了 β -胡萝卜素等测定, 结果发现, 来自河北、山西和四川的中国沙棘 β -胡萝卜素含量分别为 25.91 mg/100g、45.22 mg/100g、13.33 mg/100g, 平均 28.15 mg/100g;

来自新疆的中亚沙棘 β -胡萝卜素含量分别为 36.53 mg/100g; 其余 15 个样品主要来自新疆, 全为引进或选育大果沙棘, 即蒙古沙棘, 其 β -胡萝卜素含量为 11.66~158.96 mg/100g, 平均 65.56 mg/100g [19]。本文所测引进沙棘 β -胡萝卜素干基含量平均为 32.92 mg/100g、杂交沙棘 β -胡萝卜素干基含量平均为 35.70 mg/100g, 两类均远远小于前述引进或选育大果沙棘(蒙古沙棘)平均值(但也高于一些产地的一些品种), 只是高于中国沙棘平均值, 也比中亚沙棘(就 1 个样品)略低。

就引进大果沙棘来说, 本文所测与前述中国农科院所测 β -胡萝卜素含量相差 1 倍以上, 原因很多, 事实上在该篇论文中已经有了一些答案。他们以新疆阿勒泰地区种植最为广泛的“深秋红”品种为研究对象, 从 9 月初开始每隔半个月采集一次样品, 对其 4 种类胡萝卜素的含量进行分析, 发现 4 种类胡萝卜素的含量均呈先升高后降低的趋势, 且在 11 月中旬到达峰值。说明随着沙棘果实逐渐成熟, 其类胡萝卜素的含量逐渐增高, 到 12 月份以后, 沙棘中的类胡萝卜素含量呈明显下降趋势, 因此在 11 月中旬左右采摘的沙棘果, 从类胡萝卜素方面来说质量最优。而本文所测沙棘, 引进沙棘基本上是在 7 月(辽宁朝阳、甘肃庆阳、青海大通、新疆额敏)或 8 月(黑龙江绥棱)成熟或近成熟取样, 杂交沙棘是在 8 月(辽宁朝阳、甘肃庆阳、青海大通、新疆额敏)或 9 月(黑龙江绥棱)成熟或近成熟取样, β -胡萝卜素含量尚未到达最高值, 这也正是两者间出现较大差距的主要原因所在。而在新疆阿勒泰地区, 引进沙棘和杂交沙棘果实成熟期相较于新疆额敏还要基本上晚一个月即到 9 月, 而“深秋红”在北疆的阿勒泰也要 9 月才成熟, 不过这个品种挂果期很长, 成熟后能在树体上再挂果两三个月, 果实基本上仍呈膨胀状态。这也正是中国农科院观察“深秋红”果实成熟时期、测得类胡萝卜素含量有关结果的原因所在。

对于大部分沙棘品种来说, 从工艺采收时间来看, 以近成熟时期最好, 这时的产量及大部分营养成分含量都比较理想。而有些采收时期成分虽然高, 但产量降低了, 往往也得不偿失, 需要综合评判采收时间。

有关植物果实年内逐月间成分的变化方面的报道[20] [21]挺多, 而年度间的文献少之有少。事实上年度间果实产量变化很大, 是有规模可循的, 比如“大小年”、天灾人祸等。而对于沙棘果实所含营养成分, 年度间的未知成分太多, 涉及到树体的营养供给、果实产量高低、气象条件适宜等因素, 有些时候还与不同批次的化验因素有关。因此, 本文虽然对年度之间沙棘果实 β -胡萝卜素含量做了有关探讨, 但也只是两年之间果实所含成分的简单对比, 其深层次机理还需要专题多年(至少四五年)开展研究才行。

植物营养成分检测方法的可靠、有效及先进性, 是研究数据的准确性和精确性的保证。显然, 这毋庸置疑。有人甚至说, 目前用分光光度计分析 β -胡萝卜素含量, 方法陈旧、专一性差、抗干扰能力差, 近年来已无文献使用, 而主流文献多采用高液相色谱法或高液相色谱-质谱联用法来分析 β -胡萝卜素含量等。这也基本上是对的, 有条件能用 LC-MS, 当然最好。但如果条件不具备, 用分光光度计也不失为一种选择。这种方法比起目前的先进仪器设备是有一些缺点和不足, 但也不是不能用, 只要规范操作, 还是可以备选。

此外, β -胡萝卜素虽然是 VA 的前体, 但与 VC、VE 一样, 都有阻抑自由基活动、保护人体细胞的作用, 但功效还是各自不同。 β -胡萝卜素监管低氧部位, 如肌肉的微细血管, 对于眼球、肺等微细血管较多的部位最具保护功效; VC 为水溶性, 能在细胞内的液体里和血液里循环流动; VE 为脂溶性, 能保护人体内不饱和脂肪酸免受自由基的破坏, 而不饱和脂肪酸具有保护内脏的功能。而每一种抗氧化剂发挥最佳功效的部位不同, β -胡萝卜素与 VE、VC 一起相互补充, 协同作战[22] [23], 才能达到全面保护人体的作用。沙棘富含各类维生素, 这也正是沙棘在医疗保健方面得到格外关注的原因所在。

5. 结论

引进沙棘和杂交沙棘果实的生物活性成分很多, 功能多样。本文只是在 β -胡萝卜素含量方面所做的

一些测试分析,旨在为全面衡量沙棘果实营养成分、确定合理育种方案等提供 β -胡萝卜素方面的有关科学依据。主要研究结论有以下5个方面。

1) 5地引进沙棘干全果 β -胡萝卜素含量平均值为32.92 mg/100g, 21个无性系测定结果平均值相差很大,从平均值最小的“201316”的20.78 mg/100g,到最大的“201322”的64.97 mg/100g,相差2倍以上。引进沙棘干全果 β -胡萝卜素含量在40 mg/100g以上的有“201322”、“201320”、“201321”、“201318”、“201312”、“201304”6个无性系。

2) 5地杂交沙棘干全果 β -胡萝卜素含量平均值为35.70 mg/100g, 4个无性系测定结果平均值也相差较大,从平均值最小的“杂雌优10号”的22.25 mg/100g,到最大的“杂雌优54号”的49.28 mg/100g,相差1.21倍。

3) 5地杂交沙棘干全果 β -胡萝卜素含量较引进沙棘高8%,两类间平均值较为接近。

4) 引进沙棘干全果 β -胡萝卜素含量,以甘肃最高,达43.97 mg/100g,辽宁位居第二,为36.84 mg/100g;黑龙江第三,为34.75 mg/100g;新疆第四,为31.76 mg/100g;青海居最末位,仅20.13 mg/100g。干全果 β -胡萝卜素含量最高的甘肃是含量最低的青海的2.18倍。

5) 杂交沙棘干全果 β -胡萝卜素含量,以辽宁最高,达47.41 mg/100g;第二为甘肃的38.32 mg/100g;黑龙江第三,为30.93 mg/100g;新疆第四,为25.93 mg/100g;青海居最末位,仅23.96 mg/100g。干全果 β -胡萝卜素含量最高的辽宁是含量最低的青海的1.98倍。

基金项目

中央预算行政事业类项目“水土保持业务”(126216223000210001)。

参考文献

- [1] 余熠杨,邓源喜,徐情,等. 胡萝卜的营养保健功能及其开发应用进展[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(17): 129-131.
- [2] 马斌,陈胜文,吴有恒,等. 木槿花基质栽培技术与营养保健功效[J]. 长江蔬菜, 2021(1): 23-24.
- [3] 邵翠翠,邓源喜,杨蓓蓓,等. 枸杞的营养保健功能及其应用进展[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(7): 217-224.
- [4] 聂洪勇,黄伟坤,唐英章,等. 维生素及其分析方法[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 1-87.
- [5] 吴晓东,徐超峰,楼坚聪,等. 脂溶性维生素的合理应用[J]. 化工管理, 2017(14): 77-78.
- [6] 孙宁. 维生素营养补充剂对运动员运动能力的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(10): 225-226.
- [7] 许占斌,倪钰飞,徐小晶,等. 南通市0~6岁儿童血清维生素A、维生素E营养现况[J]. 中国妇幼健康研究, 2020, 31(11): 1541-1544.
- [8] 左珊珊,李阳,马露,等. β -胡萝卜素的生物活性研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(21): 7694-7699.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 国家外国专家局培训中心. 大果沙棘引种与栽培(第2版)[M]. 北京: 世界图书出版公司, 2000: 64-94.
- [12] 赵军,郭春华,孙晓春,牟悦春,赵文娟. 大果沙棘良种引种选育研究简报[J]. 沙棘, 1996, 9(4): 12-14.
- [13] 阿宾,崔东. 青河县沙棘资源调查[J]. 新疆林业, 2009(1): 38-39.
- [14] 卢顺光,胡建忠,闫晓玲,等. 青甘川滇四省开展沙棘资源建设与开发利用工作的调研与建议[J]. 中国水土保持, 2021(9): 7-11.
- [15] 胡建忠,蔡建勤,闫晓玲,等. 广适优质高产沙棘杂交新品种选育与应用[J]. 中国科技成果, 2021, 22(16): 27-29+32.
- [16] 王启林,袁木荣. 沙棘类胡萝卜素研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2016, 35(1): 37-39+45.
- [17] 邹德喜,严彪,李贺. 不同品种沙棘果实的 β -胡萝卜素测定与分析[J]. 辽宁农业科学, 2013(3): 22-24.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督检验管理总局. 食品安全国家标准食品中胡萝

卜素的测定: GB5009.83-2016[S]. 2017.

- [19] 严华, 别玮, 崔凤云, 等. 高效液相色谱法分析沙棘中类胡萝卜素的含量[J]. 食品质量安全检测学报, 2021, 12(11): 4459-4466.
- [20] 谢国芳, 王玉波, 孔德银, 等. 金刺梨果实发育期间营养成分及抗氧化能力变化[J]. 食品与机械, 2018, 34(9): 73-76.
- [21] 王彬, 郑伟, 蔡永强. 火龙果果实发育期间营养元素含量的变化[J]. 热带作物学报, 2015, 36(7): 1242-1246.
- [22] 张世平, 张颖, 栗学军, 等. β -胡萝卜素和维生素 E 抗辐射作用的临床研究[J]. 白求恩医科大学学报, 2000(5): 509-510.
- [23] 任方奎, 潘雪男, 罗静如, 等. 补充维生素 E、维生素 C 和 β -胡萝卜素对母猪产后抗氧化/氧化性能的影响[J]. 国外畜牧学(猪与禽), 2020, 40(8): 67-72.