

黄连木优株果实品质及结实特性研究

齐国辉, 李保国, 郭素萍, 齐 昆, 赵占永

(河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000)

摘 要:在河北省武安市和涉县自然分布的黄连木天然林中选出 18 个优株。对 18 个优株的结实情况、出仁率、脂肪含量、蛋白质含量进行了测定。结果表明, 18 个黄连木优株中, W14、Sh6、Sh11 为大粒优株, 果实千粒干重在 80 g 以上; Sh4、Sh5、Sh6、Sh7、Sh8、Sh9、W11、W12 为高含油优株, 果实脂肪含量在 40% 以上; W11、W15、Sh10 为高蛋白优株, 果实蛋白质含量在 9% 以上; 果实可溶性蛋白质含量以 Sh1、Sh10、W2、W11、W14、W15 含量较高, 在 3% 以上; Sh2、Sh3、W10、W13 无特殊优异性状, 为可以淘汰的单株。

关键词:黄连木; 优株; 脂肪含量; 蛋白质含量; 出仁率

中图分类号:S722.33 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)02-0070-05

Fruit Quality and Fruiting Characteristics of Superior Strains of *Pistacia chinensis*

QI Guo-hui, LI Bao-guo, GUO Su-ping, QI Kun, ZHAO Zhan-yong
(College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

Abstract: Eighteen superior strains of *Pistacia chinensis* were selected from natural forest in Wu'an and Shexian, Hebei Province, China. Fruiting characteristics, kernel percent, oil and soluble protein contents in seed were determined. The results showed that W14, Sh6, Sh11 were strains with big granule; their thousand seed weight were up to 80 g. Sh4, Sh5, Sh6, Sh7, Sh8, Sh9, W11, and W12 were strains with high oil content; their seed oil contents were more than 40%. W11, W15, Sh10 were strains with high protein content; their seed protein contents were more than 9%. Seed soluble protein contents in Sh1, Sh10, W2, W11, W14, and W15 were higher than others; up to 3%. No special superior properties were found in Sh2, Sh3, W10, and W13, belonging to eliminating strains.

Key words: *Pistacia chinensis*; superior strains; oil content; protein content; kernel percent

黄连木(*Pistacia chinensis*)属漆树科黄连木属, 对土壤要求不严, 微酸性、中性和微碱性的沙质、粘质土均能适应, 耐干旱瘠薄, 能在石灰岩干旱阳坡正常生长, 是太行山石灰岩低山区主要的森林植被^[1], 是石灰岩山地阳坡造林的良好树种, 果实含油率在 35% 左右, 种子含油率达 40% 左右^[2-4]。黄连木种子油可用于制肥皂、润滑油、照明、治牛皮癣, 也可食用, 油饼可作饲料和肥料。随着经济的快速发展, 对能源的需求量将逐渐增加, 能源供需矛盾日益显现, 特别是石油供需矛盾将为突出, 石油供应安全问题凸现^[5]。在能源短缺和环境污染不断加剧的今天,

以生物质燃料油替代石油燃料已成必然趋势。用黄连木油脂生产的生物柴油碳链长度集中在 C17~C20 之间, 与普通柴油主要成分的碳链长度极为接近, 因此非常适合用来生产生物柴油。目前已受到广泛重视, 成立了多家以黄连木为原料的生物柴油加工企业, 并且黄连木已被多个省区列为生物柴油原料林加以大力发展^[6-7], 因此, 黄连木的开发利用具有重要的意义。

尽管我国有丰富的黄连木资源, 但对黄连木资源的研究极少, 而黄连木在自然授粉情况下, 其后代为异交系, 由于长期在不同环境下实生繁殖, 各种性

状变异幅度很大。然而,目前尚未开展对黄连木种质资源的收集、评价和利用的研究,严重制约了黄连木的生产和研究^[8]。为了充分利用石灰岩山区的特殊资源,进行生物能源林高效栽培,必需选育适应性强的高含油的黄连木品种或品系,以便大面积进行人工生物能源林建设。为此,于 2008—2009 年,在河北省黄连木主产区——武安市和涉县,通过广泛调查走访,对黄连木进行了优株选择,并对所选优株结实特性和果实品质进行分析,以便对这些优株进行评价,进而为这些优株的生产应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用黄连木果实采自河北省涉县和武安市黄连木优良单株,从产量、抗逆性入手,初选优良单株 18 个,其中 Sh1~Sh11 为涉县优株,W2~W15 为武安市优株。每个优株采摘部分果穗,采后首先对其结实特性进行测定,然后脱粒、晒干备用。

1.2 测定方法

1.2.1 黄连木不同优株结实特性研究 选择优株的同时,调查每个果枝着生的果穗数、每穗粒数、果前梢长度等,测定果穗长度、果柄长度、果穗形状等。

1.2.2 黄连木不同优株果实性状研究 计算红粒(被黄连木种子小蜂危害)百分率,测定 500 粒混合果实、500 蓝粒,500 红粒的鲜、干质量,计算含水率和千粒重;各取出 25 粒果实测定纵、横、侧径;称取

10 g 果实,剥取种仁,测定出仁率。

1.2.3 黄连木不同优株果实品质测定 果实(种仁、种皮、果实)总蛋白质含量的测定采用凯氏法;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 比色法;粗脂肪含量测定采用索氏抽取法。

2 结果与分析

2.1 不同黄连木优株结实特性

由表 1 可知,优株结实特性方面存在明显差异,如 Sh1 的结果枝穗数为 3.87 个,而 W10 仅为 1.67 个,多数优株的结果枝穗数约为 3;果穗长度以 Sh9 最大,达 22.2 cm,Sh3 仅为 13.27 cm,18 个优株中 Sh4、Sh9、Sh10、Sh11、W14 的果穗长度在 18 cm 以上,为大穗优株;果前梢长度以 Sh10 较长,达到 9.4 cm,表明长势较强,而 Sh11 仅为 1.4 cm;穗粒数是与产量密切相关的性状,18 个优株中以 Sh10 最多,达到 277.3 粒,最少的 Sh3 仅为 58.7 粒,W2、W15 穗粒数也在 200 粒以上。黄连木种子一旦被黄连木种子小蜂危害,则果实变为红色,无种仁,没有利用价值。在同样管理条件下,红粒比例较小的单株有可能较抗种子小蜂。因此,测定了 18 个优株果穗上红粒百分率,结果表明,优株间红粒百分数差别明显,以 Sh4 红粒百分数最低,仅为 10.5%,Sh10 最高,达到 38.0%;Sh4 有可能为抗种子小蜂的优株,还需进一步鉴定。

表 1 不同黄连木优株结实特性

Table 1 Fruiting characteristics of superior strains of *P. chinensis*

优株号	结果枝穗数	果穗长度/cm	果柄长度/mm	果前梢长度/cm	穗粒数	每穗红粒数	红粒百分率/%
Sh1	3.87	16.54	3.346	8.8	101.9	21.7	21.3
Sh2	3.00	13.46	2.963	4.5	126.7	27.6	21.8
Sh3	3.56	13.27	2.058	5.1	58.7	14.9	25.4
Sh4	2.10	18.50	3.618	8.9	156.4	16.4	10.5
Sh5	3.24	16.00	3.988	6.9	95.9	21.8	22.7
Sh6	2.27	17.00	4.453	5.1	139.2	37.5	26.9
Sh7	3.17	15.60	4.252	5.2	175.8	33.1	18.8
Sh8	3.25	16.42	3.170	8.3	143.6	32.3	22.5
Sh9	3.67	22.20	4.225	5.4	102.5	32.9	32.1
Sh10	3.40	18.58	3.913	9.4	277.3	105.5	38.0
Sh11	3.33	19.40	3.885	1.4	114.9	22.4	19.5
W2	2.92	17.50	2.544	4.6	202.8	32.8	16.2
W10	1.67	13.70	1.988	2.7	187.7	26.3	14.0
W11	3.75	14.30	5.007	4.1	74.3	15.9	21.4
W12	3.06	14.16	2.416	2.9	130.4	28.0	21.5
W13	3.00	13.55	2.772	3.8	113.1	17.0	15.0
W14	2.09	20.27	6.705	7.6	161.7	28.7	17.7
W15	2.50	17.43	3.468	6.7	254.7	84.0	33.0

2.2 不同黄连木优株果实外在质量

2.2.1 不同黄连木优株果实千粒重及含水率 表 2 表明, 优株果实的千粒重存在着明显的差异, W14 的千粒干重最高, 高达 93.2 g, 而 Sh10 的千粒干重仅为 33.6 g; Sh4、Sh6、Sh11、W13、W14 这 5 个优株的千粒干重均在 75 g 以上, 明显高于其他几个优株, 为大粒优株。被种子小蜂危害后的黄连木果实

千粒重明显低于未被危害的蓝色果实, 仅为蓝色正常果实千粒干重的 43%~65%, 因此, 生产中应积极防治黄连木种子小蜂, 不但提高黄连木的经济价值, 而且提高种子产量, 进而提高黄连木生产的经济效益。18 个黄连木优株果实的含水率相差不大, 普遍在 45% 左右, 只有 W15 比较大, 高达 53.71%, 远远高出其他优株, 而 40% 以下的有 Sh6 和 Sh8。

表 2 不同黄连木优株果粒千粒重及含水率

Table 2 The thousand seed weight and water content in fruit of superior strains of <i>P. chinensis</i>								
优株号	千粒 鲜重/g	千粒 干重/g	蓝粒千粒 鲜重/g	蓝粒千粒 干重/g	红粒千粒 鲜重/g	红粒千粒 干重/g	红粒千粒干重/ 蓝粒千粒干重	含水率 /%
Sh1	96.2	56.4	104.4	65.8	70.0	36.0	0.55	41.37
Sh2	98.8	53.2	106.4	59.0	75.5	36.0	0.61	46.15
Sh3	129.6	73.2	143.8	88.8	95.5	43.0	0.48	43.52
Sh4	132.6	77.6	140.0	85.2	98.5	36.5	0.43	41.48
Sh5	100.0	57.4	107.8	71.4	86.0	36.5	0.51	42.60
Sh6	127.4	80.4	142.8	96.6	99.5	43.0	0.45	36.89
Sh7	118.4	69.4	129.6	80.2	83.0	37.5	0.47	41.39
Sh8	109.0	69.0	116.8	76.8	77.5	34.0	0.44	36.70
Sh9	105.0	54.8	115.4	66.4	64.0	30.0	0.45	47.81
Sh10	66.2	33.6	74.4	42.4	64.0	25.0	0.59	49.24
Sh11	148.2	85.6	164.4	97.0	111.0	60.5	0.62	42.24
W2	123.8	72.8	133.8	79.4	100.0	52.0	0.65	41.20
W10	117.0	66.0	132.6	79.6	86.0	40.5	0.51	43.59
W11	128.8	68.2	136.0	79.2	98.0	48.0	0.61	47.05
W12	123.8	68.4	137.0	86.8	99.5	48.0	0.55	44.75
W13	134.8	75.6	144.2	85.6	96.5	42.5	0.50	43.92
W14	175.6	93.2	184.2	102.4	122.0	49.0	0.48	46.92
W15	134.8	62.4	161.6	85.0	115.0	48.5	0.57	53.71

2.2.2 不同黄连木优株果实三径及出仁率 表 3 表明, 优株间出仁率差异明显, 最高的 Sh3 为 34.96%, 比最低的 Sh7 的 22.31% 高出 12.65%。表中的数据可以看出, Sh1、Sh2、Sh3、Sh5、W12、W15 这 6 优株的出仁率比较高, 均在 31% 以上, 明显高于其他优株的出仁率。果实的三径大小反映出果实的大小, 三径值与千粒重大小基本一致。同千粒重一样, 被黄连木种子小蜂危害的红粒果实三径值均低于相应正常果实。

2.3 不同黄连木优株果实内在质量

2.3.1 不同黄连木优株果实粗脂肪含量 表 4 表明, 优株间种仁粗脂肪存在显著差异, 以 Sh3 最高, 达 59.05%, 显著高于 Sh2、Sh6、Sh7、Sh8、Sh9、Sh10 和 W11, 比最低的 Sh8 的 54.09% 高 4.96%, 二者存在极显著差异。种皮(包括种壳)的粗脂肪含量比种仁的粗脂肪含量明显低, 各优株间存在显著或极显著差异, 最高为 Sh7, 种皮粗脂肪含量高达 37.77%, 比最低的 Sh2 的 17.26% 高出 20.51%; 其中大部分优株种皮的粗脂肪含量在 25%~30%。生产中黄连木是以完整果实来榨油, 因此完整果实的粗脂肪含量高低在生产中意义更大。表 4 表明, 完整果实粗脂肪含量优株间存在显著或极显著差

异, 最高为 Sh6, 达到 45.34%, 最低的为 Sh2, 仅为 32.72%; 其中 Sh4、Sh6、Sh7、Sh8、Sh9、W11 粗脂肪含量明显要高于其他的优株, 均达到了 42% 以上, 表明它们是脂肪含量高的优株。

2.3.2 不同黄连木优株果实总蛋白质含量 表 4 表明, 各个优株种仁蛋白质含量明显高于种皮(包括种壳), 完整果实的蛋白质含量介于二者之间。优株间果实蛋白质含量存在着显著或极显著差异, 种皮中蛋白质含量最高的是 Sh3 和 Sh6, 均达到了 7.76%, 比最低的 W15 的 2.24% 高 5.52%; Sh2、Sh3、Sh4、Sh5、Sh6、Sh7、Sh8 等 7 个优株的种皮蛋白质含量显著或极显著高于其他优株。种仁蛋白质含量最高的优株为 W15, 高达 23.36%, 比最低的 Sh8(13.59%) 高 9.77%, 二者存在极显著差异; Sh9、W10、W15 的种仁蛋白质含量均在 22% 以上。完整果实蛋白质含量优株间存在显著或极显著差异, 以 W11 最高, 达到 10.33%, 显著高于 Sh1~Sh9、W2、W10、W12~W14 等 14 个优株, 比蛋白质含量最低的 Sh8(5.32%) 高 5.02%。综合分析认为, Sh10、Sh11、W11、W15 等 4 个优株果实的蛋白质含量显著或极显著高于其他优株, 达到 8% 以上, 是蛋白质含量较高的优株。这为开发利用黄连木果实饼粕提供了依据。

表 3 不同黄连木优株果粒三径及出仁率

Table 3 The fruit vertical,transverse and side diameters and kernel percent of superior strains of <i>P. chinensis</i>									
优株号	红粒横径 /cm	红粒侧径 /cm	红粒纵径 /cm	蓝粒横径 /cm	蓝粒侧径 /cm	蓝粒纵径 /cm	红粒三径 平均/cm	蓝粒三径 平均/cm	出仁率 /%
Sh1	0.496	0.392	0.566	0.542	0.438	0.485	0.485	0.488	33.88
Sh2	0.489	0.368	0.497	0.520	0.441	0.526	0.451	0.496	31.93
Sh3	0.557	0.402	0.619	0.602	0.464	0.526	0.526	0.531	34.96
Sh4	0.495	0.382	0.570	0.588	0.481	0.628	0.482	0.566	24.80
Sh5	0.511	0.511	0.418	0.536	0.520	0.480	0.480	0.512	31.71
Sh6	0.544	0.397	0.552	0.606	0.502	0.617	0.498	0.575	23.58
Sh7	0.537	0.411	0.572	0.602	0.506	0.507	0.507	0.538	22.31
Sh8	0.477	0.384	0.553	0.543	0.470	0.528	0.471	0.514	23.97
Sh9	0.479	0.393	0.500	0.522	0.454	0.457	0.457	0.478	25.00
Sh10	0.427	0.338	0.458	0.464	0.417	0.475	0.408	0.452	29.06
Sh11	0.561	0.434	0.614	0.604	0.492	0.536	0.536	0.544	30.40
W2	0.506	0.399	0.570	0.574	0.448	0.593	0.492	0.538	29.27
W10	0.501	0.395	0.533	0.566	0.472	0.476	0.476	0.505	30.00
W11	0.513	0.389	0.604	0.557	0.437	0.608	0.502	0.534	30.08
W12	0.523	0.411	0.551	0.579	0.465	0.495	0.495	0.513	31.62
W13	0.512	0.402	0.532	0.584	0.483	0.586	0.482	0.551	25.41
W14	0.581	0.430	0.590	0.641	0.522	0.534	0.534	0.566	28.33
W15	0.558	0.419	0.566	0.617	0.492	0.580	0.514	0.563	31.07

2.3.3 不同黄连木优株果实可溶性蛋白质含量

表 4 表明,优株间种皮中可溶性蛋白质含量存在显著或极显著差异,最高的为 Sh6,含量达到 1.3%,显著高于 Sh1~Sh5、Sh7、Sh9、Sh11、W2、W11~W15 等 14 个优株。种仁中可溶性蛋白质含量优株间存在显著或极显著差异,最高的优株是 Sh11,含量为 11.09%,比最低的 Sh4(2.49%)高出 8.6%。完整果实可溶性蛋白质含量优株间存在显著或极显著差

异,以 W2 的可溶性蛋白质含量最高,为 4.81%,显著高于 Sh1~Sh9、Sh11、W10~W14 等 15 个优株,比最低的 Sh5 的 1.21%高出 3.70%,存在极显著差异,而大多数优株果实可溶性蛋白含量在 2%。综合分析认为,W2、W15、W14、Sh10 这 4 个优株中果实可溶性蛋白质含量显著高于其他优株,是可溶性蛋白质含量高的优良单株。

表 4 不同黄连木优株果实品质测定结果

Table 4 The seed qualities of superior strains of <i>Pistacia chinensis</i>									
优株号	粗脂肪含量/%			总蛋白含量/%			可溶性蛋白含量/%		
	种皮 (包括种壳)	种仁	完整果实	种皮 (包括种壳)	种仁	完整果实	种皮 (包括种壳)	种仁	完整果实
Sh1	28.30cdeBCDE	58.91aAB	38.23bcdefBCDE	4.22bcdefABCD	21.00bBC	6.20deCD	0.08jI	3.40hiGH	3.10bcdABCD
Sh2	17.26gF	54.26cdeAB	32.72fE	7.04abcABC	18.36cdDEF	6.96cdeBCD	0.18hijHI	5.93efDE	2.20cdeBCD
Sh3	22.63efDEF	59.05aA	37.79cdefBCDE	7.76aA	16.98deF	5.64eD	0.2hijHI	5.87efDE	1.81deCD
Sh4	31.98abcdABC	57.29abcdeAB	42.28abcAB	6.17abcdeABCD	16.39efFG	6.48deCD	0.25hijGHI	2.49iH	2.44bcdBCD
Sh5	27.28defBCDE	58.55abAB	40.56abcdABC	6.83abcdABC	16.81deF	6.65cdeCD	0.16ijHI	6.86cdeCD	1.21eD
Sh6	28.42cdeBCDE	54.54bcdeAB	45.34aA	7.76aA	14.61gGH	6.71cdeCD	1.30aA	9.10bB	2.72bcdeBCD
Sh7	37.77aA	54.70bcdeAB	43.67abAB	7.54abAB	20.55bC	6.54deCD	0.77cdeCDE	5.50fgEF	2.25cdeBCD
Sh8	34.93abAB	54.09eB	42.26abcAB	5.29abcdefABCD	13.59gH	5.32eD	1.12abAB	7.66cC	2.41bcdeBCD
Sh9	34.07abcAB	54.63bcdeAB	42.65abcAB	3.69cdefABCD	22.87aAB	5.92deD	0.32ghijGHI	7.65cdC	1.78deCD
Sh10	22.92efgDEF	54.67bcdeAB	35.27defCDE	3.29efCD	20.18bCD	9.26abcABC	1.25aA	5.99efDE	3.44abcABC
Sh11	25.21efCDE	55.27abcdeAB	33.63efDE	3.04efCD	20.97bBC	8.42abcdABCD	0.71defCDEF	11.09aA	2.60bcdeBCD
W2	25.78defCDE	58.26abcAB	38.73bcdeABCDE	3.37defBCD	18.00cdeEF	6.71cdeCD	1.00bcABC	6.60cdeCD	4.81aA
W10	25.97defCDE	58.21abcdeAB	37.84cdefBCDE	3.33efCD	23.06aA	6.13deCD	0.41ghFGH	4.44ghFG	1.85deCD
W11	21.02fgEF	54.16deAB	43.45abAB	3.62cdefABCD	20.66bC	10.33aA	0.69efDEF	4.23ghFG	3.05bcdABCD
W12	22.84efgDEF	57.64abcdeAB	40.70abcdABC	3.41defBCD	19.63bcCDE	6.21deCD	0.38ghiGHI	4.46ghFG	2.05cdeBCD
W13	27.69cdeBCDE	58.32abcAB	32.97fE	2.91efCD	14.76fgGH	6.19deCD	0.52fgEFG	6.53deCDE	2.16cdeBCD
W14	25.74defCDE	55.92abcdeAB	39.88abcdABCD	2.35fD	19.44bcCDE	7.45bcdeABCD	0.78cdeCDE	7.79cC	3.32abcdABC
W15	28.92bcdeBCD	55.93abcdeAB	39.97abcdABCD	2.24fD	23.36aA	10.1abAB	0.94bcdBCD	6.87cdC	3.87abAB

注:表中同一列不同大小写字母表示差异极显著($p<0.01$)或差异显著($p<0.05$)。

3 结论与讨论

试验通过测定 18 个黄连木优株的果实的多个性状、生长状况等,结合果实粗脂肪含量、蛋白质含量、可溶性蛋白质含量等主要性状,得出在 18 个黄连木优株中,W14、Sh6、Sh11 为大粒优株,千粒重在 80 g 以上;Sh4、Sh5、Sh6、Sh7、Sh8、Sh9、W11、W12 为高含油优株,果实脂肪含量在 40% 以上;W11、W15、Sh10 为高蛋白优株,果实蛋白质含量在 9% 以上;果实可溶性蛋白质含量以 Sh1、Sh10、W2、W11、W14、W15 含量较高,在 3% 以上。Sh2、Sh3、W10、W13 无特殊优异性状,为可以淘汰单株。

根据钱建军^[9]等人的研究表明,黄连木是我国主要的木本油料资源之一,主要分布在河北、河南、陕西、四川、贵州、云南、浙江、江苏、山东、安徽、福建、广东等地。黄连木籽油资源的开发除供食用外,可广泛用于油脂工业制取脂肪酸、润滑油和制皂等,其综合利用价值极高,有必要进行开发利用并加以推广。而李晓旭^[10]等人的研究则表明海拔高度、胸径大小与含油量指标并不成明显线性趋势图,但总体来说,含油量随海拔升高逐步降低,海拔 200~500 m 之间含油量均较高。2007 年,胡小泓^[11]等采用国家标准方法对黄连木籽油的理化指标、饼粕的质量和脂肪酸组成进行了分析测定,结果表明,黄连木籽含油 34.46%,不饱和脂肪酸高达 81.58%,是一种优良的油脂资源。按性状相关表现,果穗阔圆柱形、348~357 粒/穗、362 个果穗/株、果柄长 0.32 cm、8.7 g/百粒鲜果重、56.8 g/种子千粒重、果实含油率 32.13% 的单株,属优良型母株^[12]。选优标准如下:在 3 个产量决定因素(果穗多少、果穗种子数、种子千粒重)确定的基础上选择树体健壮、无病虫害的单株建立种子园,或就地对该处林分进行疏伐改造、建立母树林^[1]。

目前,虽然在黄连木育苗、种植、林分改造^[11]等方面取得了一定的进展,但对黄连木选种、育种工作还未展开,与杨树、核桃、苹果等树种相比差距甚远,致使黄连木栽培品种极少,甚至还没有真正意义上的品种。作为油料树种,种子脂肪含量直接关系到单位生产面积油料产量的高低,因此,筛选高含油黄连木单株应用于生产具有重要意义;同时,通过测定发现,黄连木种子除含有较高脂肪外,蛋白质含量也非常丰富,单株间也存在显著或极显著差异,因此,筛选出高蛋白含量的优良单株,可以用于开发饲料,这为合理开发利用黄连木提供了依据。

关于黄连木优株优良特性的稳定性还有待于进

一步研究。

参考文献:

[1] 牛正田,李涛,菅根柱,等. 黄连木资源概况、栽培技术及综合利用前景[J]. 经济林研究,2005,23(3):68-71.
NIU Z T, LI T, JIAN G Z, *et al.* Resource survey, cultivation techniques and multipurpose utilization of *Pistacia chinensis* Bunge[J]. Economic Forest Researches, 2005,23(3):68-71. (in Chinese)

[2] 郝荣庭,曲宪忠. 河北经济林[M]. 北京:中国林业出版社,2001:415.

[3] 肖彦荣,常剑文. 石灰岩山地干旱阳坡造林的先锋树种—黄连木[J]. 河北林业科技,1995(4):25-26.

[4] 马蓁,朱玮,尉芹. 木本油料生产生物柴油研究[J]. 西北林学院学报,2007,22(6):125-130.
MA Z, ZHU W, WEI Q. Advances in the researches of biodiesel from woody oil-bearing plants[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007,22(6):125-130. (in Chinese)

[5] 郭卫军,闵恩泽. 发展我国生物柴油产业的初探[J]. 石油学报(石油加工),2003,19(2):1-6.
GUO W J, MIN E Z. An investigation on developing china's biodiesel industry[J]. Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section), 2003,19(2):1-6. (in Chinese)

[6] 罗振冲. 那坡县发展生物能源林的几种树种[J]. 广西热带农业,2008(3):45-46.

[7] 刘虎岐,刘亚军,李保军,等. 秦巴山区能源植物资源及利用潜力调查[J]. 西北林学院学报,2010,25(2):146-151
LIU H Q, LIU Y J, LI B J, *et al.* Energy plants in Qinba mountain areas and their potential application value[J]. Journal of Northwest Forestry University,2010,25(2):146-151. (in Chinese)

[8] 齐国辉,李保国,黄瑞虹,等. 河北省黄连木生产中存在的问题及解决途径[J]. 西北林学院学报,2009,24(1):102-106.
QI G H, LI B G, HUANG R H, *et al.* Problems and counter-measures in the production of *Pistacia chinensis* in Hebei Province[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009,24(1):102-106. (in Chinese)

[9] 钱建军,张存劳,姚亚利,等. 黄连木油料资源的开发与利用[J]. 中国油脂,2000,25(3):49.

[10] 李晓旭,栗宏林,林善枝,等. 不同种源黄连木种子百粒重及含油量的比较分析[J]. 现代农业科技,2008,15(6):11-12.
LI X X, LI H L, LIN S Z, *et al.* Comparative analysis on 100-seed weight and oil content of *Pistacia chinensis* seed from different provenances [J]. Modern Agricultural Sciences, 2008,15(6):11-12. (in Chinese)

[11] 胡小泓,倪武松,周艺,等. 黄连木籽油的理化特性及其脂肪酸组成分析[J]. 武汉工业学院学报,2007,26(3):4-5,20.
HU X H, NI W S, ZHOU Y, *et al.* Analytical study on the physical and chemical index and the composition of FA of *Pistacia chinensis* seed oil[J]. Journal of Wuhan Polytechnic University,2007,26(3):4-5,20. (in Chinese)

[12] 刘新,梁博,徐昌建,等. 滕州市黄连木优良单株选择[J]. 山东林业科技,2007(3):30-31.