

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2018.03.007

# 黄土高原地区油松种实主要性状特征<sup>①</sup>

裴 乔, 王乃江

西北农林科技大学 林学院/陕西省林业综合实验室, 陕西 杨凌 712100

**摘要:** 为研究黄土高原不同区域油松人工林更新状况, 对油松种实质量进行差异性比较, 结合前人研究成果筛选种实质量评价指标, 于 2015 年 9 月—11 月在黄土高原地区 10 个区域(富县、甘泉县、河曲县、华亭县、黄陵县、黄龙县、吉县、泾源县、西峰区、旬邑县)采集成熟的油松球果, 在 15 ℃ 以下的环境中风干贮藏, 测定油松球果长、宽、长宽比、质量、含水量; 种子种翅长、种子长、宽、长宽比、厚、百粒质量、成熟比及种子活力、生活力、发芽率、发芽势、场圃发芽率等 17 个指标, 用主成分分析和聚类分析等方法对测得数据进行分析. 结果表明: 油松分布区油松种实质量差异很大, 评价指标间差异趋势不一致, 评价油松种实质量各指标间相对独立又密切相关, 以 2 个主成分代表 17 个测定指标反应的油松样品信息, 结合聚类分析方法对 10 个油松区域种子优劣进行评价, 泾源地区种实质量高, 河曲地区油松种实质量低. 针对油松种实现状, 分析种实与自然更新关系, 以为油松人工林经营管理和可持续生长提供参考.

**关键词:** 油松; 种实特性; 主成分分析; 聚类分析

**中图分类号:** Q949.66<sup>+5</sup>

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2018)03-0048-06

油松 *Pinus tabulaeformis* 为松科松属的常绿针叶树种, 喜光、耐寒、耐旱、耐贫瘠、根系发达、适应性强, 在调节洪水、涵养水源、保持水土及改善生态环境等方面都有重要作用, 是黄土高原防风固沙、水土保持的先锋树种<sup>[1]</sup>, 广泛分布于我国河南、山西、内蒙古、陕西、甘肃、宁夏、青海等省区<sup>[2-4]</sup>. 目前, 针对这些人工林长期经营管理的技术和措施还相对缺乏<sup>[5]</sup>, 人工更新由于受环境条件的变化等影响, 存在造林成活率低、成林困难等突出问题, 成为典型的低产低效林<sup>[6]</sup>. 为解决这一突出问题, 在人工林分布区开展油松人工林天然更新的调查研究十分必要.

油松人工林能否良好更新, 种子是不可或缺的物质和材料保证. 油松天然落种、自然出苗能力强, 只要条件具备, 就能实现天然更新, 可以形成新的油松林, 而且林地生产力得到较大的提高<sup>[7-8]</sup>. 在长期的经营管理中, 不同种植区的油松在形态、生理、物候、抗性 & 生长上产生了明显的地理变异<sup>[9]</sup>. 在黄土高原不同气候区的油松人工林, 结实情况、球果特性都有一定的差异<sup>[10-12]</sup>. 对于不同区域油松的研究主要集中在种源间抗逆性的比较<sup>[13-14]</sup>, 在最基础的种实特性方面研究较少, 尤其在区域间质量差异及评价方面未见报道, 因而无法确保人工林良好更新, 形成人工林的持续生长.

为了研究区域间油松的自我更新能力, 本文以不同区域油松种实为研究对象, 探讨确定油松更新物质基础. 本研究从黄土高原主要分布区收集油松人工林种子 10 份, 系统地研究不同区域间油松人工林种子的种实特性, 利用隶属函数计算并运用主成分分析、聚类分析、综合评等统计分析法对其归类和分级, 评价各区域油松种子质量, 以为油松人工林经营管理和可持续生长提供参考.

① 收稿日期: 2017-03-06

基金项目: 科技部国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD22B03-03).

作者简介: 裴 乔(1992-), 女, 山西晋城人, 硕士, 主要从事森林培育研究.

通信作者: 王乃江, 博士, 副教授.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

10 个区域分布在黄土高原地区(富县、甘泉县、河曲县、华亭县、黄陵县、黄龙县、吉县、泾源县、西峰区、旬邑县, 采样地基本情况见表 1), 采样地立地条件基本相似, 随机选取 10 株以上母树采集球果, 采回的油松球果放置在实验室, 晒干, 于 15 °C 干燥处保存, 备用。

表 1 采样地基本情况

地点	经度	纬度	年均降水/mm	年均温度/°C	采样时间/月·日
富县	108°44'54.60"	35°59'16.84"	550.0	8.1	10.25
甘泉县	109°21'03.67"	36°16'35.49"	571.2	8.6	10.24
河曲县	111°08'18.50"	39°23'04.14"	426.0	8.8	10.24
华亭县	106°39'11.37"	35°13'05.85"	602.5	7.7	10.19
黄陵县	109°15'46.66"	35°34'45.94"	596.3	9.4	10.22
黄龙县	109°50'25.34"	35°35'04.08"	602.0	9.5	10.17
吉县	110°40'54.35"	36°05'53.48"	579.1	10	10.23
泾源县	106°19'50.33"	35°29'38"	651.9	5.7	10.21
西峰区	107°39'03.88"	35°43'50.35"	500.0	10.0	10.18
旬邑县	108°20'02.35"	35°06'43.12"	603.8	9.1	11.25

### 1.2 试验方法

测定及分析其果实<sup>[15]</sup>(球果长、球果宽、球果质量、含水量、长宽比), 种子<sup>[16]</sup>(种翅长、种子长、种子宽、种子厚、种子长宽比、百粒质量、成熟比), 种子活力<sup>[17-19]</sup>(生活力、活力、发芽率、发芽势)等指标。

#### (1) 球果性状

球果采回后分地区将球果晒干, 每个地方选取 9 颗大小均匀的新鲜未开裂球果测定球果的长、宽及湿质量, 并记录, 进行标号后装入信封单独晒干. 晒干后, 称取晒干时的球果和种子质量, 计算球果含水量, 并通过计算得出球果长宽比。

#### (2) 种子性状

种子性状及活力发芽指标的测定, 严格按照国家种子检验的最新标准进行试验。

① 种子形态特征: 每个地区选定 20 颗种子测定其种翅长, 种子长、宽、厚形态指标; 并通过计算得出种子长宽比。

② 种子百粒质量: 通过人工计数百粒油松种子, 称质量; 重复 8 次。

③ 种子成熟比: 根据每个信封中的种子数计算种子成熟比。

#### (3) 活力发芽指标

① 种子生活力与活力: 运用 TTC 染色法对种子生活力及活力进行测定。

② 种子发芽率与发芽势: 种子提前浸泡 24 h, 每个地方选取 200 粒种子, 每个重复 50 粒, 置于发芽床, 温度设定为 25 °C, 日照 8 h, 每天观察并记录发芽情况, 13 d 后种子发芽数处于稳定, 观察时间持续到 15 d, 最终得到发芽率, 并计算发芽势。

③ 种子场圃发芽率: 2 月初, 选取 100 粒种子在大田中做垄条播, 定期记录发芽数, 最终计算发芽率。

### 1.3 数据处理

采用 SPSS 20.0 统计软件, 对 10 个区域油松种子若干指标结果用平均值和标准误差来表示, 并在  $p = 0.05$  水平进行 LSD 多重差异比较. 另外, 对不同区域的性状指标进行相关分析及隶属函数<sup>[20]</sup>确定, 并进行主成分分析<sup>[21-23]</sup>和聚类分析<sup>[24-25]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同区域油松种实质量差异性分析

10 个采样地在 16 个评价指标间都存在显著差异(表 2). 球果长度在 39.46~65.02 mm 之间, 西峰

和泾源地区球果长度较大, 显著高于其他地区, 河曲地区球果长度最小; 泾源地区球果宽度最大为 42.37 mm, 富县地区最小为 22.43 mm; 富县地区球果长宽比最大达到 2.15, 河曲最小仅为 1.47, 球果长、宽影响球果长宽比; 西峰地区球果质量最大为 32.32 g, 河曲最小为 11.34 g; 黄陵地区含水量最大, 华亭最小; 泾源地区种翅及种子均最长, 河曲最小, 较长的种翅含有较长的种子; 泾源地区种子最宽为 5.23 mm, 西峰地区最小为 4.10 mm; 种子长和宽会影响种子长宽比, 泾源地区长宽比最小为 1.52; 泾源种子厚度最大为 3.32 mm, 河曲最小为 2.57 mm; 泾源地区百粒质量最大为 5.43 g, 甘泉最小为 2.94 g; 吉县成熟比最大为 0.97, 黄陵最小为 0.56; 河曲地区生活力、活力、发芽率、发芽势及场圃发芽势均最小, 而对应最大地区有所不同; 整体来看, 河曲地区品质较差。

表 2 种实品质分析

地点	球果长/ mm	球果宽/ mm	球果 长宽比	球果质量/ g	含水量	种翅长/ mm	种子长/ mm	种子 长宽比	种子宽/ mm	种子厚/ mm	百粒质量/ g	成熟比	生活力	活力	发芽率	发芽势
富县	44.34± 3.73de	22.43± 3.49c	2.15± 0.18a	20.58± 1.05de	0.32± 0.02bc	18.41± 0.36d	7.59± 0.14bc	1.65± 0.03cde	4.62± 0.12bc	2.75± 0.06cd	3.64± 0.06c	0.87± 0.03ab	0.89± 0.04a	21.33± 2.31c	0.72± 0.02b	0.32± 0.02bc
	55.66± 1.50b	35.56± 0.83b	1.57± 0.06bc	24.28± 1.27cd	0.36± 0.01abc	21.36± 0.30a	7.96± 0.16ab	1.85± 0.04ab	4.35± 0.14cd	2.80± 0.04cd	2.94± 0.09e	0.70± 0.09bc	0.84± 0.03ab	44.70± 5.93a	0.71± 0.03b	0.36± 0.02b
河曲	39.46± 0.69e	26.91± 0.47c	1.47± 0.02c	11.34± 0.69g	0.35± 0.01abc	14.46± 0.19f	6.80± 0.09e	1.61± 0.03de	4.24± 0.10d	2.57± 0.04d	2.98± 0.05e	0.95± 0.03ab	0.60± 0c	18.17± 2.28c	0.47± 0.05c	0.08± 0.02e
	55.22± 1.11b	33.00± 0.50b	1.67± 0.02bc	14.29± 0.69fg	0.09± 0.02e	19.73± 0.22bc	7.75± 0.10ab	1.89± 0.04a	4.13± 0.09d	2.89± 0.07bcd	3.73± 0.03c	0.80± 0.10abc	0.80± 0.05ab	21.74± 1.59c	0.95± 0.01a	0.86± 0.02a
黄陵	47.58± 2.08cd	34.05± 3.88b	1.47± 0.10c	17.81± 1.44ef	0.41± 0.01a	17.40± 0.25e	7.13± 0.12de	1.73± 0.04bcd	4.15± 0.08d	3.04± 0.30abc	3.44± 0.04d	0.56± 0.12c	0.83± 0ab	19.44± 1.60c	0.76± 0.04b	0.30± 0.05bcd
	57.46± 0.96b	36.49± 0.49b	1.58± 0.02bc	28.58± 1.78b	0.37± 0.02ab	18.81± 0.38cd	7.01± 0.09de	1.69± 0.04cd	4.18± 0.09d	2.66± 0.07d	3.76± 0.04c	0.77± 0.05abc	0.76± 0.01b	22.00± 0.62c	0.51± 0.05c	0.24± 0.05cd
吉县	52.60± 0.64bc	35.57± 2.66b	1.52± 0.08c	20.27± 0.90de	0.31± 0.03bcd	18.58± 0.36d	7.83± 0.14ab	1.68± 0.02cd	4.67± 0.07b	3.14± 0.05ab	4.67± 0.07b	0.97± 0.01a	0.79± 0.01ab	28.00± 4.44bc	0.78± 0.02b	0.35± 0.03b
	62.81± 1.54a	42.37± 0.86a	1.48± 0.02c	27.88± 1.88bc	0.23± 0.05d	22.14± 0.22a	8.04± 0.08a	1.52± 0.03e	5.32± 0.09a	3.32± 0.04a	5.43± 0.11a	0.75± 0.14abc	0.78± 0.05ab	37.44± 7.35ab	0.89± 0.01a	0.83± 0.01a
西峰	65.02± 1.34a	36.22± 0.56b	1.79± 0.02b	32.37± 0.96a	0.34± 0.03abc	21.24± 0.42a	7.27± 0.20cd	1.77± 0.03abc	4.10± 0.10d	2.76± 0.06cd	3.67± 0.06c	0.86± 0.03ab	0.75± 0.02b	19.48± 1.20c	0.76± 0.02b	0.39± 0.03b
	55.03± 2.13b	35.09± 1.07b	1.57± 0.06bc	21.79± 1.96de	0.28± 0.03cd	20.01± 0.48b	7.55± 0.18bc	1.75± 0.10abcd	4.11± 0.11d	2.80± 0.06cd	3.33± 0.04d	0.82± 0.04ab	0.82± 0.05ab	21.59± 2.08c	0.76± 0.01b	0.21± 0.01d

注: 采用 LSD 进行方差分析, 数值表示平均值±标准误, 同一列不同字母表示差异具有统计学意义 ( $p < 0.05$ )。

## 2.2 油松种实质量指标相关分析

Pearson 两尾测验关联分析结果表明(表 3), 测试的 10 个地区油松种实主要性状间存在不同程度的相关性, 相关系数在 0.04~0.89 之间。在 153 个对应指标间, 相关系数小于 0.5 的有 103 对, 占总数的 67.3%, 有 17 个是同一指标间相关系数为 1, 相关系数在 0.5~1 之间的有 33 个, 占总数的 21.6%, 说明测定指标间相互独立, 重复的信息较少。

种子长同种子宽、生活力相关性较高, 长度较大的种子一般情况下种子宽度也较大, 种子饱满, 质量较好, 生活力较大。种翅长、种子长同活力、发芽率、发芽势相关性较高, 较长的种翅可以包裹较长的种子, 种子长度和宽度相关性较大, 种子质量较好, 活力较高, 发芽率、发芽势也较大。种翅长、种子长与场圃发芽率的相关性和其他活力指标不一致, 说明在场圃发芽过程中要受到管理方式、气候、土壤等条件的干扰。

表 3 种子品质评价指标间相关系数

指标	球果长 (A)	球果宽 (B)	球果长 宽比(C)	球果 质量(D)	球果含 水量(E)	种翅长 (F)	种子长 (G)	种子宽 (H)	种子长 宽比(I)	种子厚 (J)	百粒质 量(K)	种子成 熟比(L)	生活力 (M)	活力 (N)	发芽率 (O)	发芽势 (P)	场圃发 芽率(Q)	
球果长	1																	
球果宽	0.62	1																
球果长宽比	-0.09	-0.52	1															
球果质量	0.82	0.40	0.15	1														
球果含水量	-0.20	-0.63	0.06	0.14	1													
种翅长	0.89	0.55	0.11	0.73	-0.28	1												
种子长	0.43	0.29	0.09	0.20	-0.34	0.73	1											
种子宽	0.17	0.03	-0.01	0.21	0.09	0.33	0.60	1										
种子长宽比	0.17	0.07	0.11	-0.09	-0.24	0.23	0.11	-0.70	1									
种子厚	0.36	0.34	-0.30	0.15	-0.07	0.44	0.65	0.70	-0.30	1								
百粒质量	0.46	0.25	-0.11	0.35	-0.05	0.42	0.51	0.82	-0.56	0.82	1							
种子成熟比	-0.19	-0.21	0.24	-0.16	-0.17	-0.27	-0.05	0.09	-0.22	-0.26	0.10	1						
生活力	0.16	0.11	0.45	0.21	-0.19	0.48	0.58	0.13	0.31	0.34	0.10	-0.42	1					
活力	0.37	0.24	-0.23	0.31	0.09	0.61	0.75	0.56	0	0.44	0.28	-0.25	0.26	1				
发芽率	0.46	0.30	0.10	0.07	-0.45	0.63	0.75	0.32	0.26	0.71	0.50	-0.22	0.55	0.26	1			
发芽势	0.52	0.14	0.04	0.12	-0.27	0.60	0.66	0.46	0.10	0.62	0.61	-0.20	0.26	0.35	0.83	1		
场圃发芽势	0.04	0.06	0.28	0.09	-0.12	0.28	0.58	0.43	-0.07	0.53	0.45	-0.20	0.83	0.26	0.45	0.29	1	

### 2.3 油松种实性状主成分与聚类分析

从图 1 可以看出,第一主成分、第二主成分、第三主成分和第四主成分贡献率分别为 52.6%,18.2%,12.7%和 6.8%,累积贡献率达到 90.2%,提取较为完全,可保留 90.2%的遗传信息,这说明这 4 个主成分可以代表 17 个测定指标反应的油松样品信息。

尽管随着地区不同,油松测定指标出现差异,但是仍有部分地区油松聚在一起,这些地区油松种实差异不大.河曲地区明显地被区分出来,实际上通过各指标间的比较,也能够得到同样的结论,虽然河曲各指标均比较低,但是由于指标对最终得分基本都是负影响,所以河曲地区油松得分较高。

主成分所采用的分类可以通过对主成分因子的载荷图做出解释<sup>[21-23]</sup>.主成分 1 主要是球果长、宽及球果长宽比,由于这些指标对结果是负影响,这些指标越小,主成分 1 就越大,代表了油松球果性状.结合这些解释,可以知道涇源地区种实品质高,河曲地区油松种实品质低。

### 2.4 油松种子质量评价指标的聚类分析

由图 2 可知,不同区域油松在遗传距离 15 处分为 3 类:第 1 类油松种子品质高,来自涇源地区,在所调查样本的西南地区,气候条件较好,种子品质较高;第 2 类种子品质差,来自河曲地区,地处北方,土壤水肥品质较差;其余地方油松为第 3 类,油松品质中等.这一评价结果与主成分分析评价结果一致,说明油松种实品质区分合理。

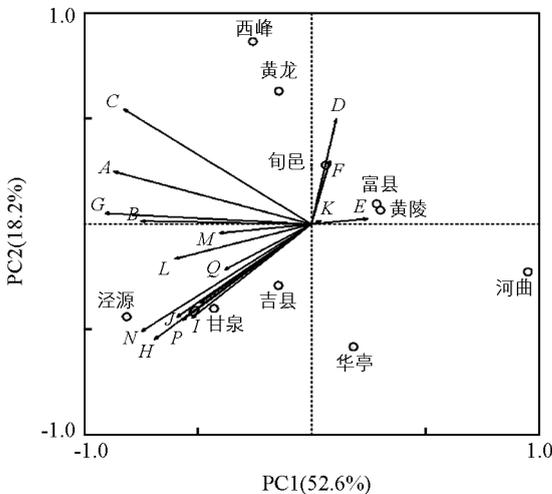


图 1 种实性状指标的主成分分析

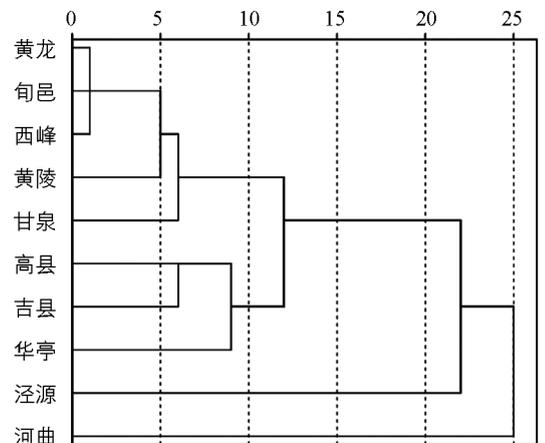


图 2 种实指标的聚类图

### 3 结论与讨论

结合前人研究成果筛选种子质量评价指标,通过对黄土高原地区10个油松区域的油松球果长、宽、长宽比、质量、含水量、种子种翅长、种子长、宽、长宽比、厚、百粒质量、成熟比、种子活力、生活力、发芽率、发芽势、场圃发芽率等17个指标的测定与分析,采用综合主成分分析法,通过降维把多个指标转化为少数几个综合指标,以2个主成分代表17个测定指标反应的油松样品信息,结合聚类分析方法对10个油松区域种子优劣进行评价,得出泾源地区种实品质高,河曲地区油松种实品质低。在气候条件优越和气候条件较差的地区,油松开始结实的年龄、球果的大小及球果中种子的数量都有一定的差异,这在一定程度上可能会引起种子品质的差异,进而对林下幼苗更新也可能会有更为明显的影响。

幼苗萌发及幼苗存活率与种实品质联系紧密,而种实品质在不同油松分布区差异很大,应该加强对低效人工林的抚育,改善林分的光照环境,提高油松结实率及种实品质,改善油松幼苗的存活率。

种实品质与气候、土壤、坡度、坡位、海拔等很多因素相关,已有文献发现球果长度、宽度、长宽比指标随着海拔的升高而减小,是植物对环境适应性的表现<sup>[26-27]</sup>。除了海拔不同所引起的温度、湿度、光照、紫外线等环境因子的变化之外,不同植株之间的年龄差异、林木个体生长状况及土壤差异也会对种子和球果性状产生影响。在样品采集过程中并没有考虑所有的因素,因而会造成一定误差,但分析结果可以客观地反映所测采集样本性状的品质差异,为油松种实性状分析提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 刘史力. 黄土高原人工种植油松幼苗的生长特性 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2013.
- [2] 褚洪龙, 李莎, 唐明. 黄土高原油松根际土壤酶活性及真菌群落多样性研究——以黄龙山林场为例 [J]. 土壤学报, 2015, 52(1): 154-161.
- [3] 李雪林, 樊娟. 油松大田容器育苗技术要点 [J]. 陕西林业科技, 2014(1): 106-107.
- [4] 梁非凡, 朱清科, 王露露, 等. 陕北黄土区油松径向生长对气候因子的响应 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2015, 43(5): 33-41.
- [5] 宋爱云, 董林水, 周金星, 等. 晋西黄土丘陵边缘区油松人工林密度调控与生物量特征 [J]. 西北林学院学报, 2016, 31(4): 7-11.
- [6] 张英豪, 毛炎新, 奉国强. 不同密度控制下油松人工林的生态效益评估 [J]. 中国水土保持科学, 2015, 13(4): 80-85.
- [7] 鞠文鹏. 天然更新油松林木生长进程分析 [J]. 山东林业科技, 2016, 46(1): 67-69.
- [8] 王梅, 张文辉. 陕北黄土高原油松人工种群结实与更新 [J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2009, 45(5): 88-93.
- [9] 蒋思思, 魏丽萍, 杨松, 等. 不同种源油松幼苗的光合色素和非结构性碳水化合物对模拟氮沉降的短期响应 [J]. 生态学报, 2015, 35(21): 7061-7070.
- [10] 姬明飞, 张晓玮, 韩瑾, 等. 油松天然群体的种实性状表型多样性研究 [J]. 西北植物学报, 2013, 33(9): 1898-1905.
- [11] WANG M B, GAO F Q. Genetic Variation in Chinese Pine (*Pinus tabulaeformis*), a Woody Species Endemic to China [J]. Biochemical Genetics, 2009, 47(2): 154-164.
- [12] 王磊, 樊军锋, 刘永红, 等. 我国油松主要分布区种质资源遗传多样性 [J]. 东北林业大学学报, 2009, 37(12): 3-7.
- [13] 王琰, 狄晓艳, 马建平, 等. 8个油松种源抗旱性的比较研究 [J]. 水土保持通报, 2009, 29(4): 46-50.
- [14] 王琰, 陈建文, 狄晓艳. 不同油松种源光合和荧光参数对水分胁迫的响应特征 [J]. 生态学报, 2011, 31(23): 7031-7038.
- [15] 马诗钰. 华山松种实相关数量性状研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2014.
- [16] 黄雨洁. 云南松针叶与油松种实性状的种群变异研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2015.
- [17] 马书燕. 柔枝松引种及苗期抗逆性研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [18] 方芳. 刺槐、栓皮栎种子活力与萌发特性研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [19] 王梅. 陕北黄土高原油松人工林生物学特性与天然化发育评价 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [20] 申惠翡, 赵冰, 徐静静. 15个杜鹃花品种叶片解剖结构与植株耐热性的关系 [J]. 应用生态学报, 2016, 27(12): 3895-3904.

- [21] 李俊芳, 马永昆, 张 荣, 等. 不同果桑品种成熟桑椹的游离氨基酸主成分分析和综合评价 [J]. 食品科学, 2016, 37(14): 132–137.
- [22] 邵威平, 李 红, 张五九. 主成分分析法及其在啤酒风味评价分析中的应用 [J]. 酿酒科技, 2007(11): 107–110.
- [23] 张 玥, 王朝辉, 张亚婷, 等. 基于主成分分析和判别分析的大米产地溯源 [J]. 中国粮油学报, 2016, 31(4): 1–5.
- [24] 蒋 卉, 韩爱芝, 蔡雨晴, 等. 新疆引进红枣中微量元素和重金属含量的测定与聚类分析 [J]. 食品科学, 2016, 37(6): 199–203.
- [25] 罗 凯, 卢会翔, 吴正丹, 等. 中国西南地区甘薯主要育种亲本的遗传多样性及群体结构分析 [J]. 中国农业科学, 2016, 49(3): 593–608.
- [26] 马绍宾, 姜汉侨. 小檗科鬼白亚科种子大小变异式样及其生物学意义 [J]. 西北植物学报, 1999, 19(4): 715–724.
- [27] 渠纪腾, 阎毛毛, 戴晓港, 等. 马尾松、黄山松及其杂种域球果形态和种子性状变异 [J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2012, 36(6): 143–146.

## The Main Characters of Fruit and Seed of *Pinus tabulaeformis* in the Loess Plateau

PEI Qiao, WANG Nai-jiang

College of Forestry, Northwest A & F University/Comprehensive Laboratory of Forestry in  
Shaanxi Province, Yangling Shaanxi 712100, China

**Abstract:** *Pinus tabulaeformis* is the main afforestation species in loess plateau regions. In order to understand the present situation of artificial *Pinus tabulaeformis* forest renewal on the loess plateau, mature *P. tabulaeformis* cones were collected in 10 counties/districts of Shaanxi province and air dried at  $<15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Then their 17 indicators were determined, and principal component analysis and cluster analysis were made of the data obtained. The results showed great difference in fruit and seed quality among various regions. The indicators were relatively independent and closely related. Based on the *P. tabulaeformis* sample information reflected by 2 principal components, which were taken to represent the 17 indicators determined, clustering analysis was employed to evaluate *P. tabulaeformis* quality in the 10 counties/districts. The quality of fruit and seed of *P. tabulaeformis* in JingYuan was the best, while that in Hequ was low. According to the current situation of *P. tabulaeformis*, natural regeneration was discussed to provide a reference for *P. tabulaeformis* plantation management and sustainable development.

**Key words:** *Pinus tabulaeformis*; characters of fruit and seed; principal component analysis; cluster analysis

责任编辑 夏 娟

