

油松不同种源种子萌发特性

汪 洋¹, 闫慧娟², 张国君¹, 丁凤霞³, 张 锐¹, 杨俊明¹

(1. 河北科技师范学院 园艺科技学院, 河北 昌黎 066600; 2. 河北省怀来县沙城四中, 河北 怀来 075400;
3. 鹿邑县第一职业中等专业学校, 河南 鹿邑 477200)

摘 要:为了研究油松种源的遗传变异, 确定种子调拨区划, 为开展高世代育种提供遗传基础广泛且品质优良的育种群体。从油松分布区 5 个种子区内的种子园、母树林和人工林(对照)收集种源 30 份, 分析了不同种源种子特性的差异。结果表明, 不同种源种子在长、宽、千粒质量、饱满率、发芽率、发芽势、发芽指数、发芽时间和圃地发芽率间差异均显著; 种子的长宽、千粒质量、发芽率、发芽速度基本符合地理变异规律; 发芽指数与饱满率、发芽率、发芽势及圃地发芽率均相关, 千粒质量仅与种子长和种子宽正相关; 根据油松种源种子的发芽指数, 河北平泉(种子园、母树林、人工林)、甘肃省正宁县、河北阜平县和山西隰县人工林种源的萌发表现最佳。

关键词:油松; 种源; 种子; 发芽率; 发芽指数

中图分类号:S791.254 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)06-0143-04

Seed Germination Characteristics of Different Provenances of *Pinus tabulaeformis*

WANG Yang¹, YAN Hui-juan², ZHANG Guo-jun¹, DING Feng-xia³, ZHANG Rui¹, YANG Jun-ming¹

(1. College of Horticulture Science and Technology, Hebei Normal University of Science & Technology, Changli, Hebei 066600, China;
2. Shacheng Fourth Middle School, Huailai, Hebei 075400, China; 3. Luyi First Vocational School, Luyi, Henan 477200, China)

Abstract: Genetic variations of *Pinus tabulaeformis* provenances were studied to determine seed allocation zones, and more importantly, to provide genetic basis widely and good quality breeding population for high generation. There were 30 provenances of *Pinus tabulaeformis* including seed orchard, seed production stand and planted forest (controls) from five seed zones. Seed length, width, thousand seed weight, seed plumpness, germination rate, germination potential, germination index, germination time and nursery germination rate were analyzed. The results showed that differences between different provenances in seed length, seed width, thousand seed weight, seed plumpness, germination rate, germination potential, germination index, germination time and nursery germination rate were significant. Seed length, seed width, thousand seed weight, germination rate, germination time were largely in line with the geographic variation law. Germination indices were positively correlated with seed plumpness, germination rate, germination potential and nursery germination rate; thousand seed weight were positive correlated with seed length and seed width. According to seed germination index of *P. tabulaeformis*, provenances Pingquan of Hebei (seed orchard, seed production stand and planted forest), Zhengning of Gansu, Fuping of Hebei and Xixian of Shanxi performed excellently.

Key words: *Pinus tabulaeformis*; provenance; seed; germination rate; germination index

油松(*Pinus tabulaeformis*)为松科松属的常绿 针叶树种, 自然分布范围位于 31°—44°N 和 101°30′

收稿日期: 2015-01-10 修回日期: 2015-03-07

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201004021); 河北科技师范学院博士基金(2012-02)。

作者简介: 汪 洋, 女, 硕士, 讲师, 研究方向: 园林植物应用。E-mail: wangyang9518@163.com

* 通信作者: 张国君, 男, 博士, 副教授, 研究方向: 园林植物遗传育种。E-mail: zhangguojun-8@163.com

—124°25′E 的广大区域内^[1]；其树干挺拔苍劲，姿态奇特，可用于园林绿化；其根系发达，具有良好的水土保持功效；其木材较坚硬，强度大，可作建筑、农具、造纸和人造纤维等；且其可采松脂提炼松节油和松香，是很好的经济树种；因此，油松是我国重要的用材、园林绿化和经济树种，尤其是北方荒山绿化不可取代的重要用材和防护林乡土树种^[2]。

种源选择不仅是科学调拨种子的主要依据，也是最基础、最速效的树种改良措施，同时也是进行优良家系、优良单株、优良杂交和无性系繁殖等育种研究工作和加速良种化进程的基础^[3]。因此，我国油松自 20 世纪 70 年代末、80 年代初，开展了大规模的种源试验、优树选择，以及后代测定工作^[4-7]。然而，由于第 1 代种子园营造时间早，受当时优树的限制，总的选优水平较低使目前的良种满足不了不同立地，不同材种培育目标的要求。积极利用遗传基础广泛且品质优良的育种群体开展高世代育种和组建高世代种子园已成为发展油松的迫切需要。

长期以来，由于油松分布区环境条件的多样性、

选择压力的不同等因素，从而导致其种源间丰富的遗传变异，具有很大的遗传改良潜力。然而，多年来对自然种质资源的研究较多，对分布区种子区内的种子园或母树林的研究甚少^[8-10]。为了研究各种源的遗传变异，确定种子调拨区划，更重要的是为开展高世代育种提供遗传基础广泛且品质优良的育种群体。本研究从全国油松主要分布区 5 个种子区的种子园、母树林和人工林(对照)收集种源 30 份，从种子萌发特性方面开展油松遗传变异的研究，以期为选育油松优良种源提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

30 份不同种源的种子是依据种子调拨区划，来自北京、甘肃、河北、辽宁、内蒙古、山西和陕西 5 个种子区的母树林和种子园(表 1)。每份种子含 20 株以上平均木等比例混合的种子，采种母树间距在 5 倍树高以上。

表 1 油松 30 个种源信息

Table 1 Information of 30 provenances of *Pinus tabulaeformis*

编号	种源	种子区	编号	种源	种子区	编号	种源	种子区
1	北京市昌平	东部区	11	河北平泉母树林	东部区	21	山西浑源县	东北区
2	甘肃省正宁县	中西区	12	河北平泉人工林	东部区	22	山西沁水县	中部区
3	河北赤城县	东北区	13	河北平泉种子园	东部区	23	山西隰县母树林	中部区
4	河北丰宁县	东北区	14	河北围场母树林	东北区	24	山西隰县人工林	中部区
5	河北抚宁县	东部区	15	河北围场人工林	东北区	25	山西隰县种子园	中部区
6	河北阜平县	中部区	16	辽宁北票	东部区	26	山西兴县	东北区
7	河北平泉 120	东部区	17	内蒙古宁城母树林	东北区	27	陕西黄陵县	中西区
8	河北平泉 39	东部区	18	内蒙古宁城种子园	东北区	28	陕西陇县	中西区
9	河北平泉 41	东部区	19	山西安泽县	中部区	29	陕西省洛南县	南部区
10	河北平泉 89	东部区	20	山西和顺县	中部区	30	陕西周至县	南部区

1.2 测定方法

千粒质量：称重法，参照“林木种子检验规程”(GB 2772-1999)^[11]；饱满率：铺白纸碾压法，每种源每次测 30 粒，重复 3 次；种子长宽：每种源测定 30 粒；发芽率：室内发芽法，采用随机区组试验设计，3 次重复，50 粒小区。种子萌发过程中每 24 h 观测记录 1 次种子的发芽情况。当胚根长度达到与种子等长时，作为种子萌发标准。在发芽末期，当连续 5 d 发芽粒数平均不足供试种子总数的 1% 时计算发芽率。圃地发芽率：采用随机区组试验设计，3 次重复，1 个月后调查圃地发芽率。

1.3 计算

发芽率=(正常发芽种子粒数/参试种子总粒数)×100% (1)

发芽势=(正常到达高峰时正常发芽种子粒数/

参试种子总粒数)×100% (2)

发芽指数=∑(G_i/D_i) (3)

平均发芽时间=∑(G_i×D_i)/∑G_i (4)

式中：G_i 为第 i 天发芽种子数，D_i 为天数。

1.4 数据分析

用统计软件 SPSS16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 的 GLM 对试验数据进行了分析，模型如下：

$$Y_{ij}=\mu+R_i+P_j+\epsilon_{ij}$$
 (5)

式中：Y_{ij} 待检测的因变量，μ 是总平均值，R_i 是重复效应(i=1,2,3 或 i=1,2,3,⋯30)，P_j 是种源效应(j=1,2,3,⋯30)，ε_{ij} 为残差。结果用平均值和标准误差(Se)来表示，并在 0.05 水平进行了多重差异(Duncan)比较。另外对不同种源种子的数据进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 种源间的差异

不同种源种子在长、宽、千粒质量、饱满率、发芽率、发芽势、发芽指数、发芽时间和圃地发芽率间差异均显著($p<0.05$)。内蒙古宁城种源(东北区)种子的长宽和千粒质量均较大,陕西洛南(南部区)和甘肃正宁(中西区)的种源种子大小和千粒质量均较小;河北阜平(中部区)和甘肃正宁(中西区)的种源种子发芽率较高,发芽速度较快,陕西洛南(南部区)和陕西周至(南部区)的种源种子发芽率较低,发芽速度较慢;各种源种子的室内发芽率均位于 28.67%~88.67%,平均发芽时间主要集中在 6~9 d 内,圃地发芽率处于 36%~90% 范围内(表 2)。

表 2 油松 30 个种源种子的性状

Table 2 Seed characteristics of 30 provenances

编号	种长 /mm	种宽 /mm	千粒质量 /g	饱满率 /%	发芽率 /%	发芽势 /%	发芽时间 /d	圃地发芽率/%
1	7.04	4.08	30.100	77.78	37.33	22.00	8.95	55.00
2	7.39	3.98	36.906	100.00	81.33	64.00	6.42	73.00
3	7.49	3.87	30.425	88.89	64.00	46.00	7.45	63.00
4	7.28	4.12	35.391	92.22	33.33	21.33	8.62	56.00
5	6.86	3.95	33.985	97.78	48.67	38.00	6.09	53.00
6	7.56	4.34	39.101	95.56	83.33	66.67	6.56	75.00
7	7.80	4.01	32.681	86.67	61.33	42.67	7.06	
8	7.98	4.40	41.698	86.67	37.33	32.00	6.40	
9	7.02	4.06	35.287	90.00	44.00	34.00	5.64	
10	8.89	4.56	52.385	87.78	50.67	29.33	5.93	
11	7.11	3.86	33.421	98.89	66.00	52.00	5.70	79.00
12	7.14	3.81	33.341	98.89	70.00	54.67	6.12	80.00
13	7.86	4.23	40.637	94.44	88.67	66.00	6.08	79.00
14	8.08	4.70	40.744	94.44	28.67	18.00	10.97	38.00
15	8.36	4.72	40.932	96.67	70.00	44.00	8.09	72.00
16	7.36	4.06	34.867	98.89	61.33	38.00	7.74	74.00
17	8.71	4.82	44.723	94.44	72.67	53.33	7.05	66.00
18	8.88	4.94	48.122	93.33	44.67	30.00	8.21	42.00
19	7.80	4.26	36.834	85.56	61.33	44.00	7.38	66.00
20	7.65	4.44	42.065	100.00	40.00	30.00	6.06	56.00
21	7.62	4.31	40.754	90.00	62.00	33.33	8.36	66.00
22	8.00	4.63	43.486	98.89	72.67	54.00	7.12	90.00
23	7.96	4.58	48.869	91.11	71.33	54.00	8.11	78.00
24	8.52	4.80	48.552	95.56	71.33	52.00	6.15	72.00
25	8.12	4.67	48.931	94.44	40.00	32.00	6.60	57.00
26	8.16	4.53	48.504	91.11	60.67	38.00	8.09	72.00
27	8.09	4.68	40.462	86.67	61.33	46.00	7.03	58.00
28	8.05	4.37	38.874	87.78	50.00	27.33	8.84	50.00
29	6.93	4.03	32.971	98.89	40.00	24.00	7.80	66.00
30	7.27	4.05	34.564	100.00	40.00	20.67	9.25	36.00
Se	0.15	0.09	0.539	2.73	4.77	4.72	0.53	8.46

2.2 性状间相关分析

不同种源种子各性状间的相关分析(表 3)表

明,千粒质量与种子长、种子宽均极显著正相关($p<0.01$);发芽率与生活力、发芽势、发芽指数及圃地发芽率均显著正相关;发芽指数与饱满率显著正相关($p<0.05$),与发芽势及圃地发芽率均极显著正相关;而平均发芽时间与发芽率、发芽势、发芽指数、圃地发芽率均极显著负相关。

2.3 萌发特性分析

按照发芽指数对各种源进行萌发特性综合分析(图 1)表明,河北平泉(种子园、母树林、人工林)、甘肃省正宁县、河北阜平县和山西隰县人工林种源的萌发特性表现最佳;河北围场母树林、河北丰宁县、北京市昌平和陕西周至县种源种子的萌发表现最差。

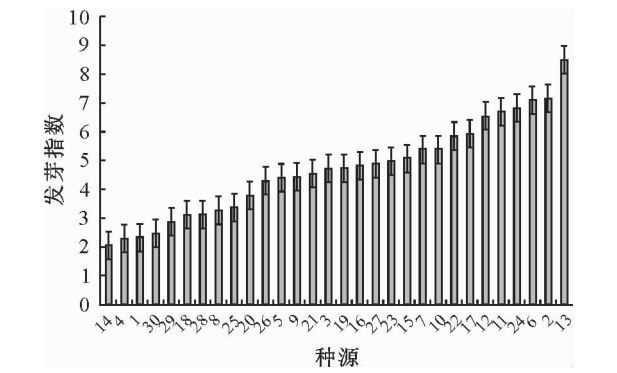


图 1 油松 30 个种源种子发芽指数的比较

Fig. 1 Germination index of 30 provenances

3 结论与讨论

不同种源种子在长、宽、千粒质量、饱满率、发芽率、发芽势、发芽指数、发芽时间和圃地发芽率间差异均显著。在陕西油松天然分布区内,油松种长、种厚和种宽在种源间及种源内家系间都存在极显著差异,表现出较为丰富的多样性^[5,12]。这与国内对其他树种种子性状的种源变异研究基本类似^[13-16]。

内蒙古宁城种源(东北区)种子的长宽和千粒质量均较大,陕西洛南(南部区)和甘肃正宁(中西区)的种源种子大小和千粒质量均较小;河北阜平(中部区)和甘肃正宁(中西区)的种源种子发芽率较高,发芽速度较快,陕西洛南(南部区)和陕西周至(南部区)的种源种子发芽率较低,发芽速度较慢。这基本符合油松种源的地理变异规律,即种子大小的变异趋势从东往西逐次而小,受经度影响较大;种子千粒重的变异趋势是由西南向东北逐渐由小变大,变异较缓慢,受纬度影响较大^[5];中部型、中西型和西南型发芽率高,发芽速度快,东部型和东北型发芽率亦较高,发芽速度亦较快,而西北型和南部型发芽率较低,发芽也慢^[17]。另外,河北围场母树林种源种子的发芽率最低,仅为 28.67%,这可能是受其他环境

表 3 油松种子不同性状间的相关分析
Table 3 Correlation coefficients between seed traits

	种长	种宽	千粒质量	饱满率	发芽率	发芽势	发芽指数	发芽时间
种宽	0.575**							
千粒质量	0.474**	0.468**						
饱满率	0.125	0.140	0.033					
发芽率	0.083	0.038	0.063	0.152				
发芽势	0.050	0.002	0.044	0.167	0.924**			
发芽指数	0.049	-0.034	0.073	0.208*	0.927**	0.921**		
发芽时间	0.063	0.139	-0.073	-0.194	-0.359**	-0.515**	-0.609**	
圃地发芽率	-0.186	-0.171	0.074	0.184	0.654**	0.588**	0.637**	-0.394**

注: * 表示在 0.05 水平显著, ** 表示在 0.01 水平显著。

或营养等因子的影响^[18-20]。

发芽指数与饱满率、发芽率、发芽势及圃地发芽率均相关,千粒质量仅与种子长和种子宽正相关。对北美乔松半同胞家系种子研究也发现,种子千粒质量与发芽率、发芽速度和圃地发芽率不相关,却影响苗木的早期大小^[21]。根据油松种源种子的发芽指数分析,河北平泉(种子园、母树林、人工林)、甘肃省正宁县、河北阜平县和山西隰县人工林种源的萌发表现最佳。

参考文献:

[1] 徐化成,孙肇凤,郭广荣,等. 油松天然林的地理分布和种源区的划分 [J]. 林业科学, 1981, 17(3):258-270.
XU H C, SUN Z F, GUO G R, *et al.* Geographic distribution of *Pinus tabulaeformis* Carr. and classification of provenance regions [J]. Scientia Silvae Sinicae, 1981, 17(3):258-270. (in Chinese)

[2] 徐化成. 油松[M]. 北京:中国林业出版社, 1993:18-40.

[3] CALLAHAM R Z. Provenance research: investigation of genetic diversity associated with geography [J]. Unasylva, 1964, 18(2/3):40-50.

[4] 李书靖,周建文,王芳,等. 甘肃地区油松种源选择的研究 [J]. 林业科学, 2000, 36(5):40-46.
LI S J, ZHOU J W, WANG F, *et al.* Study on provenance selection of *Pinus tabulaeformis* Carr. in Gansu Province [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2000, 36(5):40-46. (in Chinese)

[5] 李世杰,赵鸿宾. 油松全分布区地理种源各形态性状特征地理变异和生长规律[J]. 辽宁林业科技, 1992(2):5-13.

[6] 油松种源试验协作组. 油松种源试验 [J]. 林业科技通讯, 1984(3):1-4.

[7] 翁殿伊,王同立,杨景泉. 油松优树子代测定初报 [J]. 林业科技通讯, 1987(1):21-24.

[8] WANG M B, GAO F Q. Genetic variation in Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*), a woody species endemic to China [J]. Biochemical Genetics, 2009, 47(1/2):154-164.

[9] WANG M B, HAO Z Z. Rangewide genetic diversity in natural populations of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis*) [J]. Biochemical Genetics, 2010, 48(7/8):590-602.

[10] 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.

WANG L, FAN J F, LIU Y H, *et al.* Genetic polymorphism of *Pinus tabulaeformis* from main distribution areas in China [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2009, 37(12):3-7. (in Chinese)

[11] GB 2772—1999, 林木种子检验规程 [S]. 北京:中国标准出版社, 2000.

[12] 刘永红,杨培华,韩创举,等. 油松不同种源种实性状的变异分析 [J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(2):163-168.
LIU Y H, YANG P H, HAN C J, *et al.* Phenotypic variation in seed cones and seeds of species and families in different provenances of *Pinus tabulaeformis* [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2008, 25(2):163-168. (in Chinese)

[13] MUGHAL A H, THAPLIYAL R C. Provenance variation in cone and seed characteristics of *Cedrus deodara* (D. DON) G. DON in Jammu and Kashmir [J]. Forestry Studies in China, 2012, 14(3):193-199.

[14] VASQUES A, MAIA P, PEDRO M, *et al.* Germination in five shrub species of maritime pine understory—does seed provenance matter? [J]. Annals of Forest Science, 2012, 69(4):499-507.

[15] 杜坤,王军辉,贾子瑞,等. 不同种源砂生槐种子及幼苗生长变异研究 [J]. 西北林学院学报, 2012, 27(4):144-148.
DU K, WANG J H, JIA Z R, *et al.* Variations of the seed and seedling growth of *Sophora moorcroftiana* from different provenances [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(4):144-148. (in Chinese)

[16] 罗建勋,顾万春. 云杉天然群体种实性状变异研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2004, 32(8):60-66.
LUO J X, GU W C. Cone and seed variation of natural population in *Picea asperata* [J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry: Natural Science Edition, 2004, 32(8):60-66. (in Chinese)

[17] 徐化成,唐季林. 油松种子发芽的生态学及其与种源的关系 [J]. 林业科学, 1989, 25(6):493-501.
XU H C, TANG J L. Seed germination ecology of *Pinus tabulaeformis* in relation to their provenances [J]. Scientia Silvae Sinicae, 1989, 25(6):493-501. (in Chinese)

[18] LIU X D. Effect of trace elements on growth of *Pinus tabulaeformis* seedling [J]. Journal of Forestry Research, 2002, 13(4):285-288.

Chinese)

[12] 谢开雯. 多元酚-甲醛树脂中游离酚、游离醛含量的测定[J]. 贵州化工, 1996(1):42-44.

XIE K W. Determination of free phenol and aldehyde in polyphnols-formaldehyde resin[J]. Guizhou Chemical Industry, 1996(1):42-44. (in Chinese)

[13] NORDIN M Y, VENKATESH V C, SHARIF S, *et al.* Application of response surface methodology in describing the performance of coated carbide tools when turning AISI 104 steel[J]. Mater Process Technol. , 2004, 145:46-58 .

[14] CZEMIK S, BRIDGWATER A V. Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil[J]. American Chemical Society, 2004, 18(2): 590-598.

[15] PIZZI A. Kinetics of the metal-catalyzed condensations of phenols and polyelavonoid tannins with formaldehyde [J]. Journal of Applied Polymer Science, 1980, 18 (12): 3447-3454.

[16] 陈祥宝. 高性能树脂基体[M]. 北京:化学工业出版社,1999.

[17] PIZZI A, STEPHANOU A. On the chemistry, behavior, and cure acceleration of phenol-formaldehyde resins under very alkaline conditions[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1993, 49(12):2157-2170.

[18] 刘长春,李安平. 脲—酚—醛树脂粘合剂研究初探[J]. 包装工程,1995,16(3):22-24.

LIU C C, LI A P. Preliminary study of urea-phenol-formaldehyde resin adhesives[J]. Packaging Engineering, 1995, 16 (3): 22-24. (in Chinese)

[19] OLDORP K, MARUTZKY R. Investigations on particle boards made with urea modified PF-resins [J]. Holz Als Roh-Und Werkstoff, 1998, 56(1):75-77.

[20] GHOSH P, SWATI, THAKUR I S. Enhanced removal of COD and color from landfill leachate in a sequential bioreactor [J]. Bioresource Technol. , 2014, 170:10-19.

[21] 申迎华. 尿素改性苯酚-甲醛树脂胶粘剂的研究[J]. 中国胶粘剂,1999,8(3):16-19.

SHEN Y H. Study on PF resin modified by urea [J]. China Adhesives, 1999, 8(3):16-19. (in Chinese)

[22] 伏传龙,鲁 钢,魏无际,等. 低游离醛高羟甲基含量酚醛树脂的合成[J]. 热固性树脂,2004,19(5):17-19.

FU C L, LU G, WEI W J, *et al.* Synthesis of PF resin containing high methylol group content and low free formaldehyde content[J]. Thermosetting Resin, 2004, 19(5):17-19. (in Chinese)

(上接第 146 页)

[19] 钮世辉,李伟,李悦. 油松种子园无性系自由授粉子代测定与种子批稳定性分析 [J]. 西北林学院学报, 2013, 28(2): 66-69.

NIU S H, LI W, LI Y. Open pollinated progeny test and stability analysis of seedlot from clonal seed orchard [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(2):66-69. (in Chinese)

[20] 谢斌,郭俊荣,杨培华,等. 影响油松种子园产量的因素及提高对策 [J]. 西北林学院学报, 2007, 22(6):74-77.

XIE B, GUO J R, YANG P H, *et al.* Factors affecting the seed yield of *Pinus tabulaeformis* seed orchard and countermeasures [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(6):74-77. (in Chinese)

[21] PARKER W C, NOLAND T L, MORNEAULT A E. The effects of seed mass on germination, seedling emergence, and early seedling growth of eastern white pine (*Pinus strobus* L.) [J]. New Forests, 2006, 32(1):33-49.