

# 青海云杉无性系种子园开花习性

雷 军, 张宏斌, 范菊萍

(甘肃省祁连山水源涵养林研究院, 甘肃 张掖 734000)

**摘 要:**通过对张掖市龙渠国家青海云杉无性系种子园青海云杉球花的发育过程及开花规律, 雌、雄球花的空间分布特征等开花习性进行了观察调查, 研究结果表明: 1) 青海云杉雌、雄球花 4 月下旬至 5 月上旬进入授粉期和散粉期, 授粉期持续 6~11 d, 散粉期可持续 8~13 d。2) 青海云杉种子园各无性系间雌、雄球花数量存在极显著差异。3) 青海云杉雌球花主要分布在树冠中上部外缘枝条上, 雄球花则基本着生在树冠中下部内膛细弱枝条上; 该分布规律说明青海云杉雌、雄球花的分布是自然选择的结果, 有利于传粉授粉和种子飞散传播。雌球花的分化和发育需要充足的光照和营养, 而雄球花的分化和发育则对光照和营养的要求不严。在水平分布上, 光照对雌球花的分布也有一定影响, 雌球数量南面较其他 3 个方位稍大, 雄球花的分布则比较均衡。在垂直方向上, 90% 以上的雌球花分布在树冠中上部, 而 90% 的雄球花分布在树冠的中下部, 雌雄球花比表现为上层 > 中层 > 下层。

**关键词:**青海云杉; 无性系种子园; 开花习性

**中图分类号:**S791.18      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2012)06-0070-05

## Blooming and Fruiting Characteristics in Clonal Seed Orchard of *Picea crassifolia*

LEI Jun, ZHANG Hong-bin, FAN Ju-ping

(Academy of Water Resources Conservation Forests in Qilian Mountains of Gansu Province, Zhangye, Gansu 734000, China)

**Abstract:** An observation was carried out on the flowering and fruiting features of *Picea crassifolia* occurring in a clonal seed orchard located in Longqu of Zhangye, Gansu Province, China. The results were reported as follows. 1) The pollination and shedding period of *P. crassifolia* male and female flowers were between late April and early May, pollination period sustained 6—11 days and shedding period was 8—13 days. 2) The quantity between male and female flower balls was significantly different. 3) Female cones mainly distributed in the top of the branches in the middle or upper layers of the crown, the male cone however, in the middle of the weak branches in the middle or lower layers of the crown. The distribution was the result of natural selection, which was favorable for the pollination and seed distributing. Plenty of light and nutrients were required for the differentiation of female flowers, but male cone differentiation and development needed less light and nutrition. In the horizontal distribution, light exhibited some influences on the female cone distribution, the number of female cone on the south side was more than on that in the other sides. For male cone distribution, relative balances in the number of the cones were observed in each side. In the vertical direction, more than 90% of female ball flowers distributed in the upper crown, and 90% of the male flowers distributed in the middle or lower part of the crown, the ratio of female to male was in the order of upper crown > middle crown > low crown.

**Key words:** *Picea crassifolia*; clonal seed orchard; flowering habit

青海云杉(*Picea crassifolia*)是我国特有树种,是祁连山、寿鹿山、贺兰山、大青山水源涵养林的主要组成群系,分布广阔,是具有很大优势而又相当稳定的基本森林类型<sup>[1]</sup>。随着天然林保护工程及退耕还林还草工程的实施,甘肃省对优质青海云杉造林用种的需求进一步扩大,优质种子已远不能满足造林用种的需求。青海云杉的遗传改良研究起步较晚,种子园一系列的管理和研究工作还处于起始阶段。种子园内各组成亲本开花结实的不平衡性直接影响种子园种子的产量和品质<sup>[2]</sup>。

张掖市龙渠国家青海云杉无性系种子园自建立以来,1984—1990 年第 1 阶段,主要完成青海云杉无性系种子园的营建等。1992—1998 年第 2 阶段,主要完成青海云杉无性系种子园的续建、优树收集区的建立,青海云杉子代测定林育苗及造林等,已取得多项成果<sup>[2-5]</sup>。目前种子园已初步结果,但种子产量不高,既不能满足造林用种的需求,也不利于该种子园的发展。因此对该种子园云杉优树开花习性进行研究,为种子园花粉管理、树体管理、去劣疏伐及无性系再选择提供理论依据<sup>[6-7]</sup>,从而提高该种子园种子产量和品质,满足生产需求,推动青海云杉良种化进程,具有十分重要的现实意义,也是当前亟待解决的问题。

### 1 种子园概况

青海云杉无性系种子园位于 38°48′41″N、100°13′42″E,地处祁连山脚、黑河出山口东侧的冲击扇上,地势平坦,海拔 1 700 m,是干旱、少雨、温差大、风大的典型大陆荒漠气候。年均气温 7.4℃,最高

气温 33℃,最低气温 -26.5℃,年降雨量 193 mm,年蒸发量 1 653 mm,相对湿度 51%,无霜期 140 d,年日照时数 2 435.6 h,平均风速 2.2 m·s<sup>-1</sup>,最大风速 12.0 m·s<sup>-1</sup>。由于地处冲击扇,土壤剖面结构复杂,有壤土、粘土,有时夹杂着砂土,表土质地较为粘重,易发生板结,偏碱,pH8.0~8.3,有机质含量低,缺磷少氮。青海云杉无性系种子园营建亲本主要来源于祁连山的哈溪、大河口、寺大隆、西营河、古城、大黄山、西水、连城、东大山、隆畅河林场,共选优树 260 株,260 个无性系<sup>[5]</sup>。1984 年定砧,1986—1987 年嫁接,密度 5 m×5 m,现已初具规模,建成青海云杉无性系种子园 13.6 hm<sup>2</sup>。

### 2 研究方法

#### 2.1 开花习性研究

无性系种子园 3 个大区内随机调查 15 个无性系,每个无性系调查 3 株,在树冠中部标定花芽,进入开花期后每天 9:00、14:00 对其进行形态详细描述,形态发育阶段划分,确定每个无性系散粉、授粉期的日期和长短,绘制无性系间、无性系内花期同步性图,以了解种子园雌、雄球花开放规律<sup>[8-10]</sup>。雌雄球花观测标准见表 1。

#### 2.2 雌、雄球花产量及分布

选取 15 个无性系,各无性系 3 株,从树冠的东、南、西、北 4 个方位和上、中、下 3 个冠层选取具代表性的侧枝作为标准枝,分别统计雌球花和雄球花数量,其中雄球花是以单个雄球花序作为计量单位<sup>[11-12]</sup>。分不同部位,不同枝条记录,以了解各无性系雌雄球花产量的变异和球花在树体上的分布规律。

表 1 青海云杉球花各开放阶段雌雄球花特征

Table 1 Characters of <i>P. crassifolia</i> male and female cone flowers in flowing period		
球花类型	花期	特 征
雌球花	始花期	雌球花不断膨大,冲破苞鳞外露,顶部已从芽苞内伸出,可以分辨其颜色的类型。
	盛花期	雌球花继续延长,至全部从芽苞内伸出,芽苞反卷,鳞片张开已达最大距离,为最佳授粉期。
	闭花期	珠鳞增厚,裂口全部闭合
雄球花	始花期	雄球花冲破芽鳞,从可见到变色,发育圆满,达到完全成熟,逐渐失水变软,小孢子囊从基部开始绽开,并有少量花粉散出,此时摇动树枝开见花粉飞散,散粉量不超过 15%
	盛花期	从开始散粉至 15%花粉未散为止,此阶段时微风下花自动飞散。
	闭花期	小孢子囊全部破裂,花粉散尽,雄球花干瘪枯萎脱落。

### 3 结果与分析

#### 3.1 无性系散粉、授粉日期

种子园各无性系开始授粉到授粉存在一定差异(表 2)。所调查的 15 个无性系花期较长,各无性系间授粉期和散粉期的始期及持续时间并不相同,15 个无性系散粉时间持续了 19 d(4 月 26 日—5 月 14 日),平均为 10.7 d,散粉盛期有 4.5 d; 15 个无性

系授粉时间最长持续了 16 d(4 月 27 日—5 月 12 日),雌球花可授粉期平均为 9.1 d。26 号与 28 号无性系开花同步性差,主要是因种源地不同而造成的差异。

#### 3.2 无性系间花期同步性

花期同步性包括同一无性系雌雄花期的相遇程度和无性系间雌雄花期的重叠度两个含义<sup>[13]</sup>。对青海云杉不同无性系雌球花授粉期和雄球花散粉期

花期同步性观察结果(图 1)可见,虽然各无性系间授粉期和散粉期的始期及持续时间并不相同,但总的来说,彼此间花期存在一定程度的同步性,一些无

性系间雄球花散粉期和雌球花受粉期重叠度较大,无性系间有充分的机会进行相互异型交配,有效地降低自交率,说明该种子园自由授粉良好。

表 2 无性系花期观测统计

Table 2 Statistics of clones in flowing period

无性系号	雌球花				雄球花			
	初期 (日/月)	盛期 (日/月)	末期 (日/月)	受粉期 /d	初期 (日/月)	盛期 (日/月)	末期 (日/月)	散粉期 /d
14	28/04	01/05—04/05	08/05	11	26/04	28/04—03/05	08/05	13
20	01/05	03/05—06/05	10/05	10	27/04	30/04—03/05	07/05	11
24	03/05	07/05—09/05	12/05	10	28/04	02/05—07/05	10/05	13
26	04/05	06/05—08/05	09/05	6	06/05	08/05—10/05	14/05	9
28	27/04	30/04—02/05	05/05	9	29/04	02/05—05/05	09/05	11
35	01/05	04/05—06/05	08/05	8	03/05	05/05—09/05	12/05	10
36	30/04	01/05—03/05	05/05	6	01/05	03/05—08/05	11/05	11
40	30/04	02/05—06/05	09/05	10	28/04	30/04—04/05	08/05	11
44	02/05	04/05—07/05	11/05	10	03/05	06/05—09/05	13/05	11
50	04/05	06/05—09/05	12/05	9	01/05	03/05—06/05	10/05	10
87	30/04	02/05—05/05	08/05	9	02/05	04/05—07/05	10/05	9
90	30/04	02/05—05/05	10/05	11	28/04	30/04—04/05	09/05	12
105	29/04	01/05—03/05	06/05	8	01/05	03/05—06/05	11/05	11
108	01/05	03/05—06/05	08/05	8	28/04	01/05—03/05	05/05	8
119	01/05	04/05—07/05	11/05	11	03/05	06/05—09/05	12/05	10

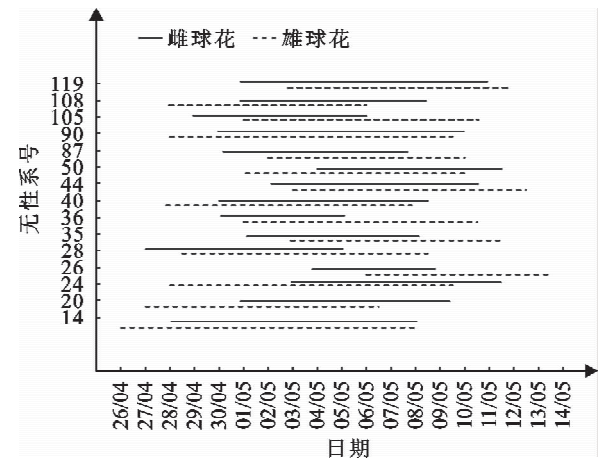


图 1 无性系间花期同步性

Fig. 1 Synchronous of flowing stage among clones

3.3 无性系分株间花期的同步性

将 15 个无性系中具有 3 个以上株系的无性系花期绘成图 2,显而易见,由于环境的影响,同一无性系不同株系间的花期并不完全一致,但具有很大的同步性,这为自交创造了条件。因此,在进行无性系配置建园时相同无性系株系间要尽量保持最大距离,以尽可能减少自交的程度。

3.4 雌、雄球花量在无性系间的差异

供试 15 个无性系雌雄球花的数量实测统计结果方差分析表明,无性系间雌球花、雄球花以及雌雄球花比均存在极显著差异( $p<0.01$ ),无性系内差异不显著。

由表 3 表明,各无性系雄、雌球花量相差悬殊,

在 15 个无性系组成的种子园中,雄球花量较高的 30%的无性系(19、47、98、153 号和 156 号)可提供 80%左右的雄球花量。雌球花偏少的 25%的无性系(19、45、98 号和 103 号)雌球花量仅占总花量的 12%。可见,青海云杉无性系存在偏雄变异的趋势。

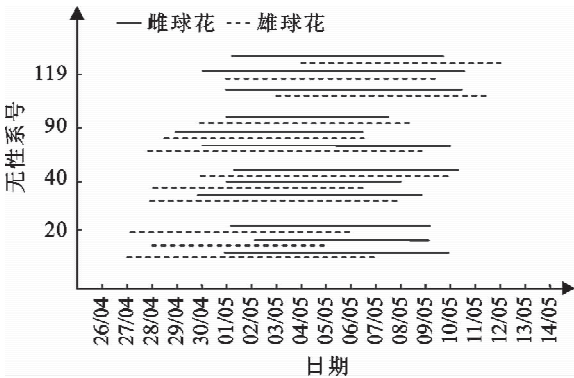


图 2 无性系内花期同步性

Fig. 2 Synchronous of flowing stage in clones

3.5 雌、雄球花量在无性系内的差异

雌、雄球花产量在各无性系内分株间存在一定的差异,比无性系间的差异小(表 4)。

3.6 不同树冠层雌、雄球花数量的分布

在树冠的不同层次,花量的分布有所不同<sup>[14-15]</sup>,据样株和样枝的观测数据计算出各无性系树冠不同层次的雌雄球花数量,并转换为百分率进行分析(表 5)。可见雌球花在冠层上下分布不均,表现为雌球花在树冠上部分布最多,占 55%,中部次之,占 35%,下部最少,仅占 10%;雄球花从上至下的分布

比例为 9%、33%、58%;即 90%的雌球花集中分布在树冠的中上部,而 90%的雄球花则集中分布在树冠的中下部,雌、雄球花比为上层>中层>下层。雌、雄球花在不同的高度上有显著差异( $p<0.05$ )。

雌、雄球花的分布可能是青海云杉自然选择的结果,有利于其传粉授粉和种子飞散传播。青海云杉雌、雄球花的分化和发育需要充足的光照和营养,而雄球花的分化和发育则对光照和营养的要求不严。

表 3 各无性系单株雌雄球花量均值及雌雄球花比  
Table 3 Average yield and rate of male and female flowers in a single plant

无性系号	雌球花		雄球花		雌雄球花比
	数量/个	百分比例/%	数量/个	百分比例/%	
8	109.6	9.83	202.2	1.25	0.542
19	40.0	3.59	1 868.6	11.54	0.021
45	34.4	3.08	117.2	0.72	0.294
47	75.2	6.74	1 722.2	10.64	0.044
56	49.0	4.39	114.0	0.70	0.430
59	52.8	4.73	175.4	1.08	0.301
61	140.6	12.61	315.8	1.33	0.652
87	64.2	5.76	134.0	0.83	0.479
98	36.2	3.25	2 474.0	15.28	0.015
100	196.0	17.58	411.2	2.54	0.477
103	25.8	2.31	50.4	0.31	0.512
124	109.8	9.85	329.6	2.04	0.333
126	74.8	6.71	931.6	5.75	0.080
153	45.4	4.07	3 395.8	20.97	0.013
156	61.4	5.51	4 051.6	25.02	0.015
平均值	73.3	—	1 086.2	—	0.267
变异系数	0.63	—	1.21	—	0.79

表 4 无性系内分株间雌、雄球花量的分析  
Table 4 Yield analysis of male and female flowers among single plant in clones

无性系号	雌球花			雄球花		
	平均/个	变幅/个	变异系数/%	平均/个	变幅/个	变异系数/%
2	25.6	10~81	88.26	436.1	244~836	27.65
22	65.0	16~187	78.47	1 047.6	254~3 048	106.35
23	105.6	31~143	30.31	1 826.3	67~3 144	52.66
32	83.4	44~137	43.67	533.9	257~1 148	83.62
43	69.4	16~120	48.29	721.6	204~2 112	90.45
46	25.3	17~124	108.62	2 291.1	412~4 438	59.43
50	136.0	71~215	32.64	969.4	158~2 640	81.43
86	40.6	7~68	50.27	779.4	218~2 397	89.46
89	50.1	17~195	99.30	1 600.4	841~2 876	38.43
99	114.2	41~188	41.72	632.8	331~1 845	77.32
101	44.1	22~63	26.91	1 542.8	427~3 667	80.07
134	85.7	34~142	40.43	957.3	194~1 436	39.62
157	36.0	6~81	58.17	1 407.6	45~2 946	70.28
162	70.1	28~234	76.38	1 348.6	337~2 864	86.23
164	10.2	5~67	104.62	2 548.7	408~4 856	57.69
平均	64.1	5~234	61.87	1 242.9	45~4 856	69.38

3.7 不同树冠方位雌、雄球花数量的分布

雌、雄球花在树冠的不同方位分布比例较为接近,变异幅度较小,无显著性差异(图 3)。

4 结论与讨论

4.1 青海云杉种子园雌、雄球花授粉特点

青海云杉雌、雄球花 4 月下旬至 5 月上旬进入授粉期和散粉期,各无性系间雌雄花期虽然具一定的同步性,但散粉期一般比授粉期早 2~4 d,无性系

开始授粉到授粉存在一定差异。无性系间雄球花散粉期和雌球花受粉期重叠度较大,无性系间有充分的机会进行相互异型交配,有效地降低自交率。表明该种子园自由授粉良好。

4.2 青海云杉种子园雌、雄球花数量存在极显著差异

种子园是要为生产造林提供大量的优质种子。种子园无性系开花习性是影响种子园种子产量的重要因素之一。从随机选取进行调查的无性系看,青

海云杉种子园各无性系间雌、雄球花数量存在极显著差异。各无性系花粉产量相差悬殊,花粉组成极不均衡,累计花量多的 30% 的无性系可提供总雄球花量的近 80%,雌球花数量在各无性系间的差异也大,累计花量多的 25% 的无性系可占总花量的 50%。

表 5 观测无性系树冠不同层次雌、雄球花量的分布率

无性系号	Table 5 Distribution characters of male and female ball flowers in the crown at different layers %					
	上部		中部		下部	
	雌球花	雄球花	雌球花	雄球花	雌球花	雄球花
8	24	8	20	28	4	59
14	38	11	17	15	3	46
20	44	18	30	46	7	64
24	18	4	22	51	1	76
34	29	13	15	25	5	43
36	52	9	27	40	12	68
50	34	3	26	30	3	82
99	26	7	14	44	1	87
100	60	26	42	64	14	119
103	14	2	6	28	5	47
114	47	10	24	50	3	60
119	56	16	34	40	10	55
124	39	7	30	31	8	67
139	40	2	27	28	5	48
165	45	13	35	50	9	72
平均	38	10	25	38	6	66

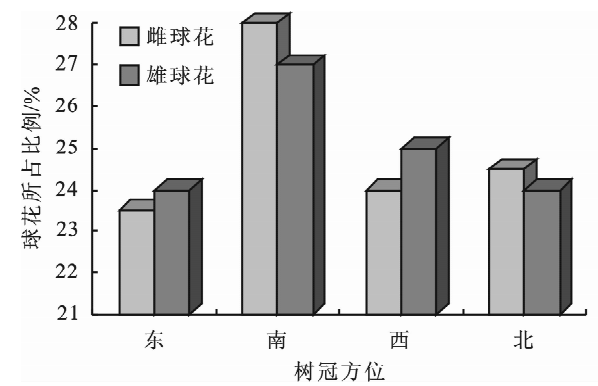


图 3 不同方位雌、雄球花数量分布

Fig. 3 Distribution characters of male and female ball flowers in the crown at different directions

4.3 青海云杉种子园雌、雄球花分布特点

青海云杉雌球花主要分布在树冠中上部外缘枝条上,雄球花则基本着生在树冠中下部内膛弱枝条上。该分布规律说明青海云杉雌、雄球花的分布是自然选择的结果,有利于传粉授粉和种子飞散传播。青海云杉雌、雄球花的分化和发育需要充足的光照和营养,而雄球花的分化和发育则对光照和营养的要求不严。在油松、华山松上有类似规律<sup>[6,13]</sup>。在水平分布上,光照对雌球花的分布有一定影响,雌球数量南面较其他 3 个方位稍大,雄球花的分布则

比较均衡。在垂直方向上,90% 以上的雌球花分布在树冠中上部,而 90% 的雄球花分布在树冠的中下部,雌、雄球花比表现为上层>中层>下层。

参考文献:

[1] 刘兴聪. 青海云杉[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 1992.

[2] 孔东升, 马力, 邓延安, 等. 青海云杉半同胞子代测定初探[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(1): 59-62.

KONG D S, MA L, DENG Y A, *et al.* A preliminary study on *Picea crassifolia* half sib progeny test[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2007, 22(1): 59-62. (in Chinese)

[3] 孔东升, 邓延安, 马力. 青海云杉祁连圆柏幼树施肥试验研究[J]. 甘肃林业科技, 1995(4): 13-16.

[4] 邓延安, 张卫强. 青海云杉嫁接技术的研究[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(6): 88-90.

DENG Y A, ZHANG W Q. Study on grafting skill of *Picea crassifolia* Kom[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2003, 25(6): 88-90. (in Chinese)

[5] 孔东升, 马力, 孟好军, 等. 青海云杉无性系种子园营建技术研究[J]. 张掖科技, 1992(2): 17-20.

[6] 王秀荣, 赵杨, 孙文生. 华山松种子园无性系开花习性研究[J]. 吉林林业科技, 2007(5): 1-6.

[7] 伍孝贤, 周运超, 金天喜, 等. 华山松种子园开花结实量调查研究[J]. 种子, 1998(1): 50-54.

[8] 沈熙环, 李悦, 王晓茹. 辽宁兴城油松种子园无性系开花习性的研究[J]. 北京林业大学学报, 1985, 7(3): 4-13.

SHEN X H, LI Y, WANG X R. Study of flowering habit of *Pinus tabulaeformis* Carr. in the seed orchard located in Xingcheng county, Liaoning Province[J]. Journal of Beijing Forestry University, 1985, 7(3): 4-13. (in Chinese)

[9] 李悦, 李红云, 沈熙环, 等. 疏伐及修剪对油松无性系开花和树体的影响[J]. 北京林业大学学报 1998, 20(1): 7-13.

LI Y, LI H Y, SHEN X H, *et al.* Effect of roguing and pruning in a seed orchard of *Pinus tabulaeformis* [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1998, 20(1): 7-13. (in Chinese)

[10] 秦国峰, 汪名昌. 马尾松开花结实规律的初步研究[J]. 林业科学研究, 1991, 4(3): 328-332.

QIN G F, WANG M C. A preliminary study on the flowering and fruitfulness in *Pinus massoniana* [J]. Forest Research, 1991, 4(3): 328-332. (in Chinese)

[11] 伍孝贤, 周运超, 金天喜, 等. 提高华山松种子园开花结实量试验研究[J]. 中南林学院学报, 2000, 20(4): 88-91.

WU X X, ZHOU Y C, JIN T X, *et al.* A study of raising flowering and seed-bearing yield of *Pinus armandii*[J]. Journal of Central South Forestry University, 2000, 20(4): 88-91. (in Chinese)

[12] 方乐金, 施季森, 胡德活. 杉木无性系年龄段球果分布规律研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14 (4): 425-429.

FANG L J, SHI J S, HU D H. A study on the cone distribution of Chinese fir clone in different age phases[J]. Forest Research, 2001, 14 (4): 425-429. (in Chinese)