

## 福建建瓯水青冈种子雨特征研究

陈国兴

(福建省建瓯市林业局, 福建 建瓯 353100)

**摘要:** 2018年9月14日至11月28日, 在福建省建瓯市水青冈 *Fagus longipetiolata* 天然林内选取42株不同胸径( $D$ )成年水青冈进行种子雨收集, 研究水青冈的种子雨时序特征。结果表明: (1) 水青冈种子雨从9月中旬开始持续至11月下旬, 共76 d; (2) 水青冈种子降落的时序特征随着时间推移呈波浪式变化, 降落高峰出现在种子雨后期, 有活力的种子降落高峰也出现在种子雨后期; (3)  $40\text{ cm} \leq D < 50\text{ cm}$ ,  $50\text{ cm} \leq D < 60\text{ cm}$ 的水青冈种子雨密度高于 $D < 40\text{ cm}$ 和 $D \geq 60\text{ cm}$ 的; (4) 种子雨密度大于 $200\text{ 粒}\cdot\text{m}^{-2}$ 时, 在空间上呈聚集分布, 种子雨密度小于 $150\text{ 粒}\cdot\text{m}^{-2}$ 时, 在空间上呈随机分布。

**关键词:** 水青冈; 种子雨; 时序特征; 空间分布

中图分类号: S792.16 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2020)04-0044-05

## Research on Characteristics of Seed Rain in *Fagus longipetiolata*

CHEN Guo-xin

(Jian'ou Forestry Bureau of Fujian, Jian'ou 353100, China)

**Abstract:** During September 14<sup>th</sup> and November 28<sup>th</sup> 2018, 42 seed trees of *Fagus longipetiolata* with different DBH were selected at natural forest in Jian'ou, Fujian province for seed collection. The results showed that seed rain continued from mid-September to late November for a total of 76 days. The temporal characteristics of seed rain were changed with time; the peak of viable seed was at the later stage of seed rain. The seed rain density of seed trees with  $40\text{ cm} \leq D < 50\text{ cm}$  and  $50\text{ cm} \leq D < 60\text{ cm}$  was higher than that with  $D < 40\text{ cm}$  and  $D \geq 60\text{ cm}$ . The experiment demonstrated that seed trees had seed rain density more than  $200\text{ seeds/m}^2$ , the spatially distribution was aggregated, and that less than  $150\text{ seeds/m}^2$ , the spatially distribution was random.

**Key words:** *Fagus longipetiolata*; seed rain; temporal characteristics; spatially distribution

种子是植物生长周期中重要的阶段, 它对于种群个体繁殖、种群扩展、种群遭破坏后的恢复及抵抗不良环境有着重要的意义。种子或果实依靠自身的重力和外界力量(如风力等)散落到地表的过程, 被形象地称为种子雨<sup>[1]</sup>。种子以种子雨散落的历程虽然时间短暂, 却关系到植物种群的散布和定居, 影响种群的结构组成和发展。近年来, 不少国内外的学者都在关注这一领域, 尹华军等对不同年龄的云杉 *Picea asperata* 人工林和天然林种子雨进行了研究, 刘彤等对不同年龄的蒙古栎 *Quercus mongolica* 林种子雨进行了研究, 发现不同年龄的母树种子雨强度不同<sup>[2-3]</sup>; 黄红兰等经研究认为红椿 *Toona ciliata* 种子雨降落特征与母树所处海拔、距母树距离有关<sup>[4]</sup>; 张健等、刘济明等对同一林分中种子雨中的各树种组成情况进行了研究<sup>[5-6]</sup>; 费世民等、黄雍容等分别对高山栲 *Castanopsis delavayi*, 福建青冈 *Cyclobalanopsis chungii* 种子雨的时序特征和种子组成进行了研究<sup>[7-8]</sup>。

水青冈 *Fagus longipetiolata* 是壳斗科 Fagaceae 水青冈属 *Fagus* 落叶乔木, 产于秦岭以南、五岭南坡以北各地, 生于海拔 300~2 400 m 的山地杂木林中, 多见于向阳坡地, 与常绿或落叶树混生, 常为上层树种<sup>[9]</sup>。由于

收稿日期: 2019-12-30; 修回日期: 2020-04-28

作者简介: 陈国兴, 高级工程师, 从事森林资源培育与林下经济研究; E-mail: 18950665477@163.com。

人类高强度干扰活动的影响, 自然状态的水青冈群落已罕见, 导致目前对水青冈的研究较少。2017 年, 作者在地处福建省建瓯市境内发现了一片面积约 15 hm<sup>2</sup> 以水青冈为优势树种的天然林群落, 经初步观察, 该片水青冈群落的一些特征不同于汪正祥等发现的湖北省七姊妹山自然保护区内的水青冈林<sup>[10]</sup>。因此, 本研究对福建建瓯地区水青冈种子雨特征进行研究, 对深入分析福建地区水青冈种群更新对策和维持机制具有重要意义。

## 1 研究区概况

研究区位于福建省建瓯市龙村乡小东游村, 地理坐标为 118°33'56"E, 27°15'52"N, 整个森林群落面积约 15 hm<sup>2</sup>, 分布在海拔 800 ~ 1 000 m 的山地, 群落内的水青冈多为大树, 基本未受人为干扰。属中亚热带海洋性季风气候, 年降水量为 1 710 mm, 雨季集中在 5-7 月; 年平均温度为 14.9℃。水青冈为群落的优势树种, 伴生的乔木树种有甜槠 *Castanopsis eyrei*, 秀丽锥 *C. jucunda*, 栲 *C. fargesii*, 石楠 *Photinia serratifolia*, 树参 *Dendropanax dentiger*, 新木姜子 *Neolitsea aurata*, 少叶黄杞 *Engelhardtia fenzlii*, 马银花 *Rhododendron ovatum*; 林下灌木有草珊瑚 *Sarcandra glabra*, 山血丹 *Ardisia lindleyana* 等; 林下草本有狗脊 *Woodwardia japonica*, 里白 *Diplopterygium glaucum* 等。

## 2 研究方法

### 2.1 母树选择和种子收集器的设置

在研究区内随机选取 42 株水青冈母树, 以母树的胸径级代表年龄级来研究水青冈种子雨特征<sup>[11]</sup>, 所选母树的胸径分布在 28~94 cm 范围内。根据母树胸径 ( $D$ ) 大小将其分成 4 组: ①  $D < 40$  cm; ②  $40$  cm  $\leq D < 50$  cm; ③  $50$  cm  $\leq D < 60$  cm; ④  $D \geq 60$  cm (见表 1)。每棵母树下设置 1 个种子收集器, 共设置 42 个种子收集器。种子收集器在母树所在坡的下方、母树树冠范围内随机布设。种子收集器的框架是用 PVC 管搭成。种子收集面是用孔径为 1 mm 的玻纤窗纱做成, 收集面为 1 m  $\times$  1 m 的正方形, 中间窗纱放低, 形成一个中间低、四周高的正方形种子收集面, 以防止种子或果实掉落反弹出收集器。种子收集器四周边缘距离地面 80 ~ 100 cm, 以保持种子收集器中心距离地面高度在 60 cm 以上。

表 1 母树胸径分布情况

Table 1 Diameter distribution of seed trees

代码	胸径	株数/株
①	$D < 40$ cm	10
②	$40$ cm $\leq D < 50$ cm	13
③	$50$ cm $\leq D < 60$ cm	11
④	$D \geq 60$ cm	8
合计		42

### 2.2 种子收集时间和种子分类

种子收集从发现有个别种子或果实掉落开始收集到基本无种子或果实掉落为止, 种子或果实收集时间为 2018 年 9 月 14 日至 11 月 28 日, 每隔 3 d 收集一次 (其中, 9 月 23 日因刮大风、下大雨, 未收集到种子或果实)。水青冈壳斗内一般有 2 颗三棱形的坚果, 每颗饱满的坚果内有一粒种子, 因此, 本研究中坚果数即代表种子数。据初步观察, 福建(建瓯)水青冈坚果的干瘪率很高, 同时, 研究区内水青冈树上栖息有较多鼯鼠 *Rodentia*, 对水青冈坚果取食率高。因此, 根据掉落坚果的外观将坚果分成 4 种类型: 健康型 (果壳光泽度好、颗粒饱满); 破损型 (果壳有被鼠类危害过的痕迹、或有明显的虫蛀痕迹、或坚果已开裂种子灭失); 干瘪型 (坚果干瘪不够饱满); 其他型 (坚果有发霉或发黑等其他现象)。

### 2.3 数据分析方法

采用 Excel 2007 软件进行有关数据计算。

种子雨密度、强度计算公式:

种子雨密度 = 收集种子数量 (粒) / 收集器面积

种子雨强度 = 收集种子数量 (粒) / 收集器面积 / 收集天数

种子下落的空间分布采用分布指数 (Index of Dispersion,  $ID$ ) 和集聚指数 (Index of Clumping,  $IC$ ) 来衡量和比较种子雨的空间分布格局<sup>[12]</sup>, 其计算公式如下:

$$ID = S^2/x$$

$$IC = S^2/x - 1$$

上述公式中,  $S^2$  为方差,  $x$  为均值。对于随机格局其  $IC$  为 0, 当有最大的规则性时其  $IC$  为 -1, 当有最大的集聚性时其  $IC$  为  $n - 1$  ( $n$  为样本中的个体总数)。

### 3 结果与分析

#### 3.1 水青冈种子雨密度及其组成

从 2018 年 9 月 14 日发现水青冈种子个别降落开始收集降落的种子, 到 2018 年 11 月 28 日后连续 2 次无种子收集到时结束种子收集工作, 收集时间共 76 d。42 株母树在 76 d 内共收集到坚果(种子) 9 303 粒, 总种子雨密度达 221.50 粒·m<sup>-2</sup>, 种子雨强度为 2.91 粒·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup> (见表 2)。健康型、破损型、干瘪型坚果(种子) 数分别为 863 粒、3 812 粒、4 617 粒, 分别占总收集种子数的 9.3%, 41.0%, 49.6%, 其他型坚果极少仅 11 粒占总收集种子数的 0.1%。其中, 以 40 cm ≤  $D$  < 50 cm 水青冈种子的收集数量最大, 其种子雨密度达 285.2 粒·m<sup>-2</sup>, 种子雨强度为 3.8 粒·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>; 50 cm ≤  $D$  < 60 cm 水青冈种子的收集数量次之, 其种子雨密度为 256.0 粒·m<sup>-2</sup>, 种子雨强度为 3.4 粒·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>;  $D$  ≥ 60 cm 水青冈种子的收集数量再次之, 其种子雨密度为 194.5 粒·m<sup>-2</sup>, 种子雨强度为 2.6 粒·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>;  $D$  < 40 cm 水青冈种子的收集数量最少, 其种子雨密度为 122.4 粒·m<sup>-2</sup>, 种子雨强度为 1.6 粒·m<sup>-2</sup>·d<sup>-1</sup>。

表 2 水青冈种子雨密度、强度和各类型种子组成  
Table 2 Density, intensity and composition of seed rain

种子类型	收集种子数/粒						种子雨密度/(粒·m <sup>-2</sup> )				种子雨强度/(粒·m <sup>-2</sup> ·d <sup>-1</sup> )					
	小计	占比	①	②	③	④	小计	①	②	③	④	小计	①	②	③	④
健康型	863	0.093	106	371	251	135	20.5	10.6	28.5	22.8	16.9	0.3	0.1	0.4	0.3	0.2
破损型	3 812	0.410	465	1 396	1 177	774	90.8	46.5	107.4	107.0	96.8	1.2	0.6	1.4	1.4	1.3
干瘪型	4 617	0.496	652	1 939	1 382	644	109.9	65.2	149.2	125.6	80.5	1.4	0.9	2.0	1.7	1.1
其他型	11	0.001	1	1	6	3	0.3	0.1	0.1	0.5	0.4	0	0	0	0	0
合计	9 303	1.000	1 224	3 707	2 816	1 556	221.5	122.4	285.2	256.0	194.5	2.9	1.6	3.8	3.4	2.6

#### 3.2 水青冈种子雨的时序特征

由图 1 可知, 水青冈种子总数随着时间进程表现出多波动的时序特征: ①无活力种子数的变化趋势与种子总数相似, 出现 3 个降落高峰, 分别为 9 月 29 日、11 月 1 日和 11 月 10 日; ②有活力种子的变化总体较平缓, 但种子降落后期也出现 3 个小的降落高峰, 分别为 11 月 10 日、11 月 22 日和 11 月 28 日。

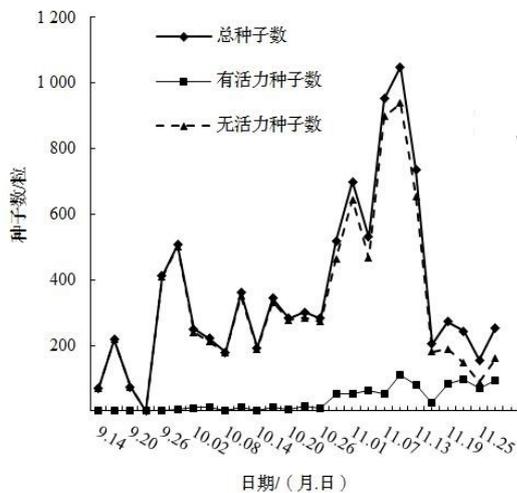


图 1 水青冈种子雨时序特征

Figure 1 Temporal characteristics of seed rain of *F. longipetiolata*

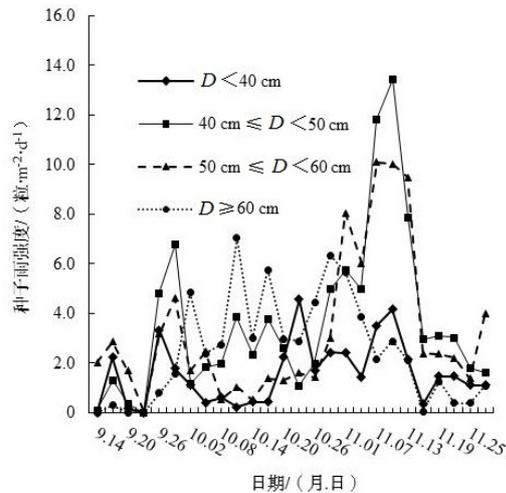


图 2 各径级水青冈种子雨强度时序特征

Figure 2 Temporal characteristics of seed rain of different diameter class

由图 2 可知, 4 种径级水青冈种子雨强度也是随时间进程表现出多波动的时序特征: ① $D < 40$  cm 水青冈种子雨强度出现了 3 个降落高峰, 分别在 9 月 26 日、10 月 23 日和 11 月 10 日, 且 10 月 23 日与 11 月 10 日的峰值相近, 都明显高于 9 月 26 日; ② $40 \text{ cm} \leq D < 50$  cm 水青冈种子雨强度出现了 2 个高峰, 分别是在 9 月 29 日、11 月 10 日, 其中, 11 月 10 日的峰值比 9 月 29 日的高出较多, 是最高峰值; ③ $50 \text{ cm} \leq D < 60$  cm 水青冈种子雨强度出现了 3 个降落高峰, 分别是在 9 月 29 日、11 月 1 日和 11 月 7 日, 其中 11 月 7 日的峰值比 9 月 29 日高出较多, 是最高峰值; ④ $D \geq 60$  cm 水青冈种子雨强度出现了 4 个降落高峰, 分别是在 10 月 2 日、10 月 11 日、10 月 17 日和 10 月 29 日, 4 个峰值相近, 但以 10 月 11 日的峰值为最高; ⑤除  $D < 40$  cm 径级外,  $40 \text{ cm} \leq D < 50$  cm,  $50 \text{ cm} \leq D < 60$  cm,  $D \geq 60$  cm 水青冈种子雨强度的降落最高峰值都在出现种子雨的中后期, 在 10 月下旬和 11 月上、中旬。

### 3.3 水青冈种子雨的空间分布特征

由表 3 可知, 各径级水青冈种子雨的降落高峰期及前后的集聚指数和分布指数均较大。 $D < 40$  cm 水青冈种子雨在降落高峰前的 10 月 20 日其集聚指数最大 ( $IC$  为 48.05), 分布指数也最大 ( $ID$  为 49.05);  $40 \text{ cm} \leq D < 50$  cm 水青冈种子雨在降落高峰 9 月 29 日其集聚指数最大 ( $IC$  为 71.86)、分布指数也最大 ( $ID$  为 72.86);  $50 \text{ cm} \leq D < 60$  cm 水青冈种子雨在降落高峰后 11 月 10 日其集聚指数最大 ( $IC$  为 59.85)、分布指数也最大 ( $ID$  为 60.85);  $D \geq 60$  cm 水青冈种子雨在降落高峰 10 月 2 日集聚指数最大 ( $IC$  为 21.62)、分布程指数也最大 ( $ID$  为 22.62)。

表 3 水青冈种子雨的空间分布特征  
Table 3 Spatial distribution characteristics of seed rain

日期/(月.日)	$D < 40$ cm		$40 \text{ cm} \leq D < 50$ cm		$50 \text{ cm} \leq D < 60$ cm		$D \geq 60$ cm	
	$ID$	$IC$	$ID$	$IC$	$ID$	$IC$	$ID$	$IC$
09.14	0	0	2.77	1.77	57.03	56.03	0	0
09.17	30.75	29.75	8.91	7.91	45.37	44.37	2.61	1.61
09.20	4.50	3.50	6.46	5.46	24.37	23.37	0	0
09.23	0	0	0	0	0	0	0	0
09.26	29.52	28.52	29.41	28.41	16.39	15.39	2.69	1.69
09.29	19.74	18.74	72.86	71.86	68.41	67.41	2.38	1.38
10.02	5.84	4.84	8.47	7.47	11.30	10.30	22.62	21.62
10.05	3.30	2.30	7.18	6.18	7.78	6.78	12.36	11.36
10.08	3.09	2.09	17.26	16.26	2.14	1.14	12.04	11.04
10.11	1.16	0.16	31.00	30.00	3.03	2.03	32.58	31.58
10.14	5.55	4.55	17.48	16.48	1.93	0.93	18.64	17.64
10.17	2.32	1.32	44.81	43.81	13.93	12.93	20.33	19.33
10.20	49.05	48.05	31.15	30.15	9.14	8.14	21.51	20.51
10.23	44.95	43.95	3.15	2.15	10.07	9.07	16.30	15.30
10.26	17.08	16.08	6.40	5.40	4.56	3.56	15.54	14.54
10.29	6.74	5.74	5.27	4.27	14.71	13.71	2.73	1.73
11.01	3.63	2.63	10.47	9.47	38.41	37.41	5.98	4.98
11.04	2.93	1.93	14.57	13.57	21.45	20.45	5.62	4.62
11.07	19.15	18.15	50.45	49.45	51.92	50.92	3.20	2.20
11.10	12.76	11.76	48.58	47.58	60.85	59.85	4.06	3.06
11.13	16.44	15.44	29.42	28.42	39.94	38.94	15.25	14.25
11.16	2.40	1.40	13.09	12.09	9.74	8.74	0.70	-0.30
11.19	6.65	5.65	10.44	9.44	5.88	4.88	4.09	3.09
11.22	6.60	5.60	6.91	5.91	6.72	5.72	1.14	0.14
11.25	6.91	5.91	4.39	3.39	4.24	3.24	0.61	-0.39
11.28	3.46	2.46	4.46	3.46	38.42	37.42	5.46	4.46

## 4 结论与讨论

福建(建瓯)水青冈种子雨降落的时间为 9 月中旬初到 11 月下旬, 共 76 d。水青冈种子雨降落的时序特征

为随着时间推移呈波浪式变化, 峰值高的降落高峰出现在种子降落的后期, 无活力种子降落的时序特征也是如此。种子降落初期, 降落的种子基本上都是无活力种子, 有活力的种子降落高峰全部出现在种子降落后期(11月中、下旬)。出现这种现象, 可能有2个原因: ①水青冈存在某种生理特性, 易造成其坚果干瘪率高, 且结实前期干瘪率高于结实后期; ②研究区内以水青冈坚果为食的动物较多, 特别是栖息在本研究地中的鼯鼠较多, 结实前期的少量颗粒饱满的坚果易被其取食。至于水青冈存在何种生理特性, 易造成坚果干瘪率高, 需进一步的研究。

不同径级的水青冈种子雨表现出不同的时序特征:  $40\text{ cm} \leq D < 50\text{ cm}$  水青冈的种子雨密度最高, 为  $285.2\text{ 粒}\cdot\text{m}^{-2}$ ;  $50\text{ cm} \leq D < 60\text{ cm}$  水青冈的种子雨密度次之, 为  $256.0\text{ 粒}\cdot\text{m}^{-2}$ ;  $D \geq 60\text{ cm}$  水青冈种子雨密度再次之, 为  $194.5\text{ 粒}\cdot\text{m}^{-2}$ ;  $D < 40\text{ cm}$  水青冈种子雨密度最低, 为  $122.4\text{ 粒}\cdot\text{m}^{-2}$ 。这是因为水青冈结实的特征随着其径级增加呈现出正态分布, 也就是随着水青冈树龄的增大其结实率也呈递增趋势, 当水青冈树龄达到某一龄级时, 其结实率最高, 当水青冈树龄超过该龄级后, 随着水青冈树龄的增大其结实率也递减。当然, 水青冈的种子产量、质量是受多种因素影响的, 需要进一步研究才能揭示其规律。

#### 参考文献:

- [1] 陈国兴. 福建(建瓯)赤皮青冈种子雨特征[J]. 福建林学院学报, 2011, 31(2): 161-164.
- [2] 尹华军, 刘庆. 川西米亚罗亚高山云杉林种子雨和土壤种子库研究[J]. 植物生态学报, 2005, 29(1): 108-115.
- [3] 刘彤, 周志强. 蒙古栎种群种子雨与地表种子库[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(5): 22-23.
- [4] 黄红兰, 张露, 廖承开. 毛红椿天然林种子雨、种子库与天然更新[J]. 应用生态学报, 2012, 23(4): 972-978.
- [5] 张健, 郝占庆, 李步杭, 等. 长白山阔叶红松林种子雨组成及其季节动态[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2445-2454.
- [6] 刘济明, 钟章成. 梵净山栲树群落的种子雨、种子库及更新[J]. 植物生态学报, 2000, 24(4): 402-407.
- [7] 费世民, 彭镇华, 杨冬生, 等. 川西南山地高山栲树种群种子雨和地表种子库研究[J]. 林业科学, 2006, 42(2): 49-55.
- [8] 黄雍容, 马祥庆, 庄凯, 等. 福建闽清福建青冈天然林种子雨和种子库[J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(1): 68-74.
- [9] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第22卷[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 5-7.
- [10] 何俊, 汪正祥, 张柳, 等. 湖北七姊妹山长柄水青冈群落学特征研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(26): 10676-10678.
- [11] 谢健. 赤皮青冈种群的生态分析[J]. 福建林学院学报, 2011, 31(3): 254-256.
- [12] 邹莉, 谢宗强, 李庆梅, 等. 神农架巴山冷杉种子雨的时空格局[J]. 生物多样性, 2007, 15(5): 500-509.