

## 栓皮栎橡子虫蛀特征与种子雨进程的关系

曹令立, 董 钟, 刘文静, 雷晶洁, 申 圳, 杨月琴\*

(河南科技大学 农学院, 河南 洛阳 471003)

**摘要:** 为了解栓皮栎(*Quercus variabilis*)种子雨过程及昆虫捕食特征, 于 2008 年和 2009 年秋季在洛阳天池山次生林中, 对栓皮栎种群的种子雨过程和象甲虫的寄生特征进行了调查研究。结果表明, 2008 年和 2009 年栓皮栎的种子雨分别发生在 8 月 24 日—9 月 24 日、8 月 22 日—9 月 28 日, 密度分别为  $(18.33 \pm 10.05)$  粒/ $\text{m}^2$ 、 $(26.42 \pm 14.27)$  粒/ $\text{m}^2$ , 2009 年种子雨产量显著大于 2008 年。2 a 的种子雨构成比例有较大差异。2008 年, 完好种子、败育种子和虫蛀种子的比例分别为 24.09%、55.90% 和 20.01%; 2009 年, 完好种子比例为 50.16%, 显著高于 2008 年, 败育种子比例为 30.28%, 显著低于 2008 年, 而虫蛀种子比例为 19.56%, 2 a 间无显著性差异。象甲幼虫寄生率与橡子大小呈显著正相关, 说明象甲虫喜欢寄生较大的橡子。

**关键词:** 栓皮栎; 种子雨; 象甲虫; 虫蛀

**中图分类号:** S763.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2013)01-0077-05

## Relationship between Insect Infestation and Seed Rain Dynamics of Oriental Cork Oak (*Quercus variabilis*)

CAO Ling-li, DONG Zhong, LIU Wen-jing, LEI Jing-jie,  
SHEN Zhen, YANG Yue-qin\*

(College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

**Abstract:** The seed rain dynamics of *Quercus variabilis* and the characteristics of weevil infestation were investigated in 2008 and 2009 in Luoyang Tianchi mountain forests. Our results showed that the seed rain of *Quercus variabilis* began from 24 August and ceased on 24 September, with seed density of  $(18.33 \pm 10.05)$  acorn/ $\text{m}^2$  in 2008. In 2009, the seed rain began from 22 August and ceased on 28 September, with seed density of  $(26.42 \pm 14.27)$  acorn/ $\text{m}^2$ , significantly larger than that in 2008. In addition, large difference was also found in the composition of seed rain in the two years. In 2008, the proportions of sound acorns, aborted acorns and insect-infested acorns were 24.09%, 55.90% and 20.01%, respectively. In 2009, however, the corresponding proportions were 50.16%, 30.28% and 19.56%, respectively. The proportion of sound acorns in 2009 was significantly higher than that in 2008, while the proportion of aborted acorns in 2009 was significantly lower than that in 2009, but no significant difference was found in the proportion of insect-infested acorns between the two years. A significant positive relationship was found between infestation rate and acorn size, indicating that female weevils preferred larger acorns over smaller ones to oviposit.

**Key words:** *Quercus variabilis*; seed rain; weevil; infestation

被子植物的生活史是指种子萌发、幼苗生长、成熟直至死亡的全过程, 在此过程中种子起到了关

键作用。种子作为植物有性生殖的生殖器官, 既是植物生活史的起点和终点, 又是植物在空间和时间

收稿日期: 2012-06-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(31172101)

作者简介: 曹令立(1980—), 女, 河南南阳人, 在读硕士研究生, 研究方向: 动植物间的相互关系。E-mail: caolingli1980@163.com

\* 通讯作者: 杨月琴(1975—), 女, 青海乐都人, 高级实验师, 在读博士研究生, 主要从事动植物间相互关系的研究。

E-mail: yxfeng1975@126.com



变迁上的关键,还是许多植物更新过程中的重要凭证<sup>[1-2]</sup>。种子雨是指在特定时间和特定空间内,一定数量的种子从母株散落到地表的过程,呈现季节性变化和年际性变化<sup>[3]</sup>。尽管种子雨持续时间相对短暂,但却影响着植物种群的散布和定居,所以对种子雨进程中变化规律的研究,已成为植物种群生态学和群落生态学研究的重要内容之一<sup>[4]</sup>,具有十分重要的意义。

壳斗科(Fagaceae)植物是北半球亚热带森林和温带森林的重要成分之一,栎属(*Quercus*)是壳斗科中植物种类最多、分布最广的属<sup>[5]</sup>。我国栎属植物资源丰富,有 60 余种,全国各省区均有分布<sup>[5]</sup>。研究显示<sup>[6-8]</sup>,栎属种子(又叫橡子或橡果)富含淀粉等多种营养物质,常常被啮齿类和鸟类等动物优先捕食,因此,有人推测啮齿类和鸟类动物过度消耗橡子影响了它的成苗数量和更新。同时,通过大量解剖辽东栎种子发现,昆虫幼虫或虫卵寄生会消耗种子内的营养成分,导致种子过早下落或者颗粒不饱满<sup>[9]</sup>。因此,昆虫寄生可能严重影响种子萌发而不利栎林更新。

栓皮栎(*Quercus variabilis*)为落叶乔木,其木材坚硬,纹理直,结构粗,为优良木材树种。树高达 25 m,胸径可达 1 m;壳碗状,径 2 cm,包坚果 2/3 以上,苞反曲;坚果椭圆形,直径 1.5~2.3 cm,顶圆微凹<sup>[10]</sup>。在我国,栓皮栎产于辽宁省以南直到广东省<sup>[11]</sup>,以鄂西、秦岭、大别山区为其分布中心<sup>[12-14]</sup>。分布海拔 50~2 800 m,喜光,生于向阳山坡,对温度的适应范围广,适生于各种土壤<sup>[11]</sup>。栓皮栎是我国暖温带落叶阔叶林、亚热带常绿落叶林的主要树种之一,因根系发达,适应性强,树皮不易燃烧,是营造防风林、水源涵养林及防护林的优良树种。在适宜地区营造栎林,将对保持林地生产力、减少病虫害、改善生态环境、提高经济效益等起到很大作用<sup>[15-16]</sup>。在栎属植物中,栓皮栎种子较大,淀粉含量也高,因此更能吸引昆虫的捕食和寄生。以往对栓皮栎的研究多侧重于昆虫寄生对其幼苗建成的影响<sup>[17-19]</sup>,而对种子雨进程中昆虫的捕食特征却鲜有报道<sup>[20-21]</sup>。因此,以洛阳天池山主要植被栓皮栎为研究对象,探讨其种子雨进程中种子雨密度、种子雨构成比例和种子大小等特点,同时探讨象甲虫寄生量和寄生率与种子雨进程及种子大小间的关系,以期揭示栓皮栎种子雨进程中的昆虫捕食特征。

## 1 材料和方法

### 1.1 样地选择

天池山森林公园位于河南省洛阳市嵩县西北部,

属于伏牛山系,地理位置为 33°45'~33°85'N, 111°75'~112°45'E,年均降水量 812 mm,年最高气温 28℃<sup>[20]</sup>。嵩县有“九山半岭半分川”之称,是北亚热带向暖温带过渡的分界线,四季分明,雨量充沛,气候温凉湿润,森林覆盖率达 98.7%,栓皮栎是其优势树种之一。天池山最高海拔 1 800 m,海拔不超过 500 m 的为新积土,以农田为主要利用形式;海拔在 500~1 500 m 区域为褐土,主要覆盖着栓皮栎(*Q. variabilis*)、槲栎(*Q. aliena*)、枹栎(*Q. serrata*)、榛(*Corylus* spp.)、毛栗(*Castanea mollissima* Blume)、野核桃(*Juglans cathayensis* Dode)等落叶阔叶林,或栓皮栎萌生丛等自然植被。

样地选在海拔 1 400 m 左右的向阳山坡,土壤为山地褐壤,枯枝落叶层的平均厚度为 3~5 cm,土壤层厚度 30 cm 左右,土壤潮湿、微酸性,土壤小动物和微生物数量很大。其内群落组成呈现明显的垂直分布:乔木层主要有栓皮栎、槲栎、板栗、云杉、油松、核桃、柿树等,相对密度和盖度均达 80% 以上,平均高度在 15 m 左右,平均胸径约 20 cm,绝大多数都已成熟结实<sup>[20]</sup>;灌木层主要有山茱萸、六道木等,平均盖度约 30%;草本层有苔草及其他一些中生草本植物。

### 1.2 样方设置及调查方法

栓皮栎的落果期为 8~9 月,因此,分别于 2008 年和 2009 年的 8 月 21 日在栓皮栎成熟林内随机设置样方 24 个,即选择 24 株平均胸径为 32.8 cm 的栓皮栎,用于种子雨的调查统计<sup>[20]</sup>。选样原则:首先要做到随机取样,这样可以使调查具有代表性;其次,为避免收集框内混入其他栓皮栎的果实,选样时要保证样树之间、样树与其他未入选的栓皮栎植株之间保持一定的距离;第三,样树的主枝不能被遮蔽,以保证调查结果能体现该样树的整体情况;第四,样树周围的地势不能过于陡峭,以保证调查人员的人身安全。

收集框按照 Shaw<sup>[22]</sup>介绍的方式制作,用铁丝(直径为 5 mm)做框架,用尼龙网做成框底,框口直径为 79.8 cm,整个框的面积为 0.5 m<sup>2</sup>,网眼大小为 2 mm×2 mm。种子雨收集前 1 d,在 24 个收集框上做与母树对应的标记(包括树种和该树的编号),然后用 3 根 1.2 m 长的竹竿做支架撑起收集框,置于母树的主枝下方。框内尼龙网保持放松降低,使网底离地面均达到 1 m 以上<sup>[23]</sup>,以防止种子下落后反弹或被啮齿类和鸟类等动物捕食。

从架框完成后的第 2 天开始进行调查统计,每天上午 10 时左右调查 1 次(除大雨天气外),直到种子雨结束。调查时,用已标好序号的 24 个自封袋分别将每个收集框内包括壳斗在内的种子收集带回,以统计数据。统计时,将所收集的种子分为 4 类<sup>[20-21]</sup>:完好(子



叶完好,新鲜,具有萌发能力)、虫蛀(种皮上存在虫蛀孔,或切开后发现虫或卵)、败育(种子和壳斗未发生分离,种子未发育成熟且明显小于完好种子,其壳斗不另外计数)、壳斗(包托种子呈杯状的部分)。分别统计以下参数:完好种子的长径、短径、质量;虫蛀种子的长径、短径、质量、每个虫蛀种子的虫卵数、伤害等级和寄生部位;败育种子和壳斗的个数;种子大小按椭球体积公式  $4/3\pi ab^2$  计算<sup>[20]</sup>( $a$  为长径, $b$  为短径)。

### 1.3 数据统计与分析

2 a 间栓皮栎种子下落量、种子大小、种子雨构成(完好种子、虫蛀种子和败育种子比例)之间的差异均在 SPSS 16.0 统计分析软件中采用 Independent-Sample T Test 分析完成,种子内象甲虫卵数与种子

大小间的关系使用 Pearson correlation 进行分析<sup>[20]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 栓皮栎种子雨动态分析

2009 年和 2008 年的栓皮栎种子雨动态基本一致(图 1),从 8 月下旬开始,到 9 月底基本结束,2 a 具体发生期分别在 8 月 22 日—9 月 28 日、8 月 24 日—9 月 24 日。8 月份下落的种子多为败育种子,9 月初开始有完好种子下落。完好种子量所占比例分别为 78.1%(2008 年)和 75.9%(2009 年)。2 a 中,栓皮栎的种子雨密度分别为  $(18.33 \pm 10.05)$  粒/ $\text{m}^2$  (2008 年)和  $(26.42 \pm 14.27)$  粒/ $\text{m}^2$  (2009 年),2008 年栓皮栎种子雨量显著小于 2009 年( $t=3.432, df=1, P=0.007$ )。

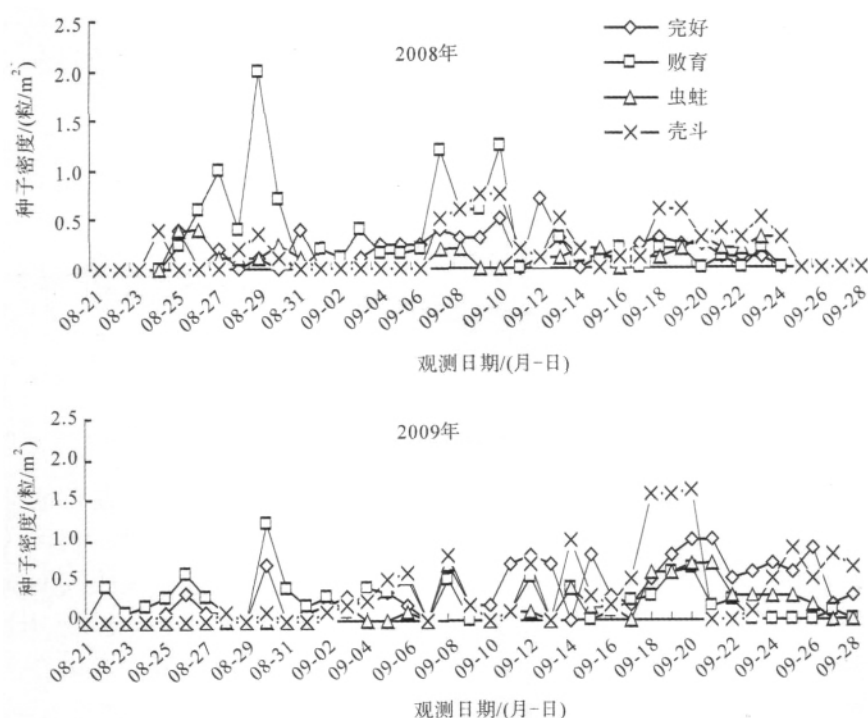


图 1 2008 年和 2009 年栓皮栎种子雨进程

### 2.2 栓皮栎种子雨构成比例

2 a 间栓皮栎种子雨构成比例差异较大(图 2): 2008 年,败育种子、完好种子和虫蛀种子的比例分别为 55.90%、24.09%和 20.01%;2009 年,完好种

子比例为 50.16%,显著高于 2008 年( $P=0.002$ ),而败育种子比例只有 30.28%,显著低于 2008 年( $P=0.003$ ),虫蛀种子比例为 19.56%,2 a 间无显著性差异( $P=0.416$ )。

### 2.3 栓皮栎种子大小与种子命运的关系

2008 年的虫蛀和完好种子大小分别为  $(2.67 \pm 0.65) \text{ cm}^3$  和  $(2.30 \pm 1.0) \text{ cm}^3$  (图 3),两者间无显著性差异( $P=0.427$ ),2009 年的虫蛀和完好种子大小分别为  $(2.90 \pm 0.86) \text{ cm}^3$  和  $(2.69 \pm 0.73) \text{ cm}^3$ ,也无显著性差异( $P=0.381$ )。2009 年和 2008 年种子的平均大小分别为  $(2.83 \pm 0.84) \text{ cm}^3$  和  $(2.49 \pm 0.84) \text{ cm}^3$ ,2008 年的种子显著小于 2009 年( $P=0.041$ )。

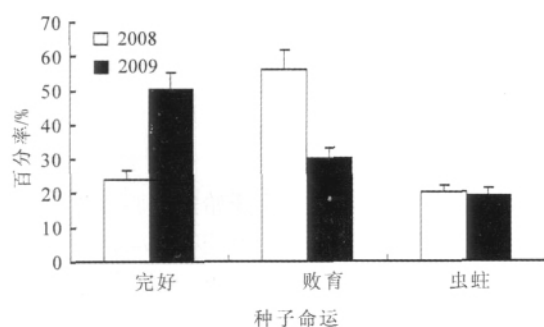


图 2 栓皮栎的种子雨组成



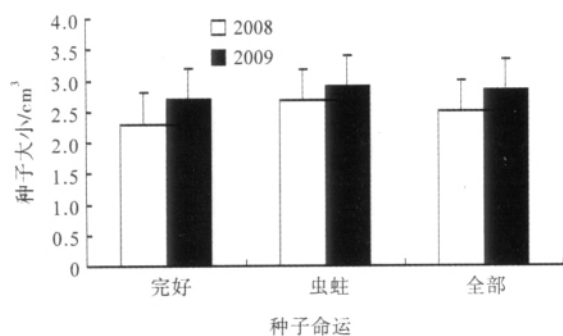


图 3 栓皮栎种子命运与种子大小之间的关系

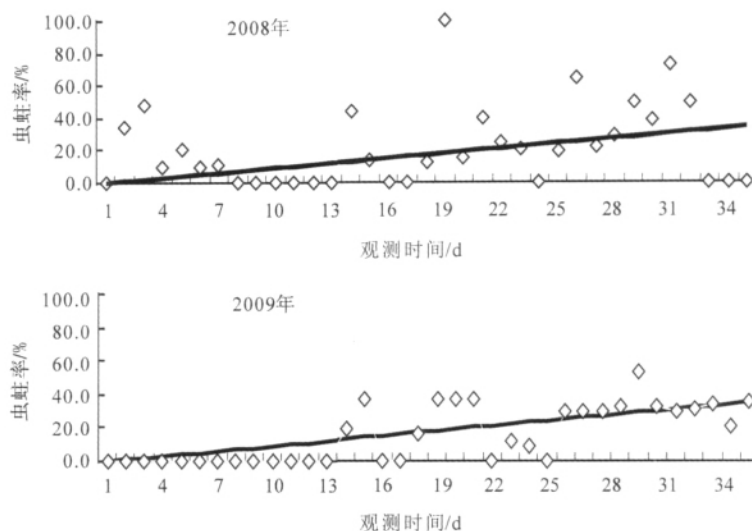


图 4 栓皮栎虫蛀率随种子雨进程的变化

卵的虫蛀种子大小仅为  $(2.25 \pm 1.24) \text{ cm}^3$  (图 5), 二者差异显著 ( $P=0.004$ )。2009 年每个虫蛀种子内平均寄生虫卵数为  $(1.32 \pm 0.50)$  个, 最多的可达到 4 个, 寄生 2 个虫卵的种子大小为  $(3.09 \pm 1.00) \text{ cm}^3$ , 寄生 1 个虫卵的种子大小为  $(2.53 \pm 0.73) \text{ cm}^3$  (图 5), 二者存在显著差异 ( $P=0.042$ )。回归分析表明, 虫蛀种子内寄生的象甲虫卵数与种子体积呈显著正相关, 即象甲虫偏好选择大种子产卵。

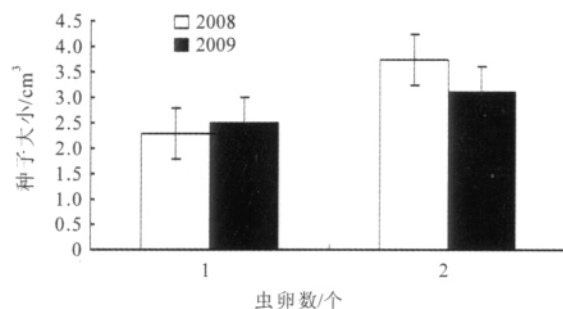


图 5 栓皮栎种子大小与寄生虫卵数的关系

### 3 结论与讨论

在栓皮栎种子雨的下落过程中, 4 类种子 (或壳斗) 表现为不同的动态: (1) 壳斗: 数目很多, 仅次于

### 2.4 象甲虫寄生变化规律及寄生偏好

2008 年、2009 年种子雨进程中 (图 4), 栓皮栎种子虫蛀率均显著上升 ( $P_{2008}=0.012$ ;  $P_{2009}=0.005$ ), 初期的虫蛀率大部分在 20% 以下, 随后逐步上升, 2008 年虫蛀率多数达 40% 以上, 2009 年虫蛀率在 30% 左右。

2008 年栓皮栎每个虫蛀种子内象甲虫卵数平均为  $(1.47 \pm 0.66)$  个, 最多可达 4 个, 含 2 个虫卵的虫蛀种子大小为  $(3.87 \pm 0.61) \text{ cm}^3$ , 而含有 1 个虫

完好种子。大量的壳斗出现可能是因为种子下落前, 遭到鸟类或啮齿类动物的捕食, 从而造成林冠层的种子丢失; (2) 虫蛀种子: 比完好种子先下落。产生这种现象的原因可能是栓皮栎对昆虫寄生的一种防御机制, 可使植物代谢过程中营养物质重新配置, 从而避免向虫蛀橡子的无效投入, 有利于能量向后期健康橡子的输入<sup>[24]</sup>; (3) 完好种子: 比其他 3 类果实或壳斗较晚下落, 并且在 9 月 15 日前后出现下落高峰, 高峰期持续大约 1 周。完好种子集中下落可能是应对动物取食的一种策略; (4) 败育种子: 产生的败育种子较少, 并呈 2 个下落高峰。第 1 个下落高峰产生的原因可能为: 开花授粉期间出现阴湿天气, 降低了柱头的授粉率; 低密度种群导致近交比例增加, 或树种自身的遗传学特性 (如自交不育或弱育), 均会降低种子发育成熟的几率。有研究<sup>[25]</sup>表明, 栲树 (*Castanopsis fargesii*) 种子在雌花形成后到种子形成阶段因授粉不足造成败育。第 2 个下落高峰产生的原因可能是: 昆虫卵在幼果中发育造成一定比例的种子败育, 如滇青冈中的象鼻虫 (*Curculia* spp.); 种子间的竞争作用也会导致养分争夺产生败育的种子<sup>[21]</sup>。



有研究发现,在都江堰亚热带常绿阔叶林,大种子的栓皮栎比小种子的青冈树被象甲虫产卵的数量多<sup>[26]</sup>。这提示昆虫选择大种子产卵有较高的适应性:一方面,在大种子内发育的象甲幼虫可获得更多的营养,成熟后个体通常较大,从而在存活和繁殖等方面有较大的适合度;另一方面,幼虫在大种子内孵化或发育比在小种子内有利于降低它们之间的竞争强度,从而保证所有或大多数个体的存活和发育完全<sup>[20-21]</sup>。此外,对植物而言,大种子比小种子更能容忍昆虫的部分取食,如果部分取食没有伤害到种子的胚,那么部分受损的种子仍能萌发并长成有活力的幼苗<sup>[27-28]</sup>。本试验的研究结果也与此相符,大种子对动物捕食的耐受性较大,昆虫的寄生率和平均寄生量也显著高于小种子。

很多试验证明,败育种子会在种子雨初期提前下落<sup>[29-30]</sup>,本试验结果也验证了这个结论。有研究表明,先期下落的非完好种子能够使取食种子的动物得到部分食物,使取食者得到暂时“饱足”<sup>[31]</sup>,从而利于保护后期饱满成熟、有萌发能力的种子存留在土壤种子库中,在一定程度上减少完好种子被捕食的压力,同时可以提高完好种子的幼苗建成率。因此,虫蛀和败育种子提前下落可能对完好种子的存活和幼苗建成具有促进作用<sup>[9,32]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张文,莫本田,张建利. 土壤种子库研究进展与展望[J]. 现代农业科技,2011(10):188-190.
- [3] Harper J L. Population biology of plants[M]. London: Academic Press,1977:83-147.
- [4] 于顺利,郎南军,彭明俊,等. 种子雨研究进展[J]. 生态学杂志,2007,26(10):1646-1652.
- [5] 吴媛,包志毅. 栎属植物资源及其在园林中的应用[J]. 北方园艺,2008(7):179-182.
- [6] 王巍,马克平. 岩松鼠和松鸦对辽东栎坚果的捕食和传播[J]. 植物学报,1999,41(10):1142-1144.
- [7] 王巍,马克平,高贤明. 东灵山地区脊椎动物对辽东栎坚果捕食的时空格局[J]. 植物学报,2000,42(3):289-293.
- [8] Zhang Z B. Effect of burial and environmental factors on seedling recruitment of *Quercus liaotungensis* Koidz[J]. Acta Ecologica Sinica,2001,21(3):374-384.
- [9] 马杰,闫文杰,李庆芬,等. 东灵山辽东栎虫损种子调查[J]. 生态学杂志,2008,27(2):282-285.
- [10] 王宗训. 栓皮栎[J]. 植物学杂志,1974(3):7-9.
- [11] 张文辉,卢志军. 栓皮栎种群的生物学生态学特性和地理分布研究[J]. 西北植物学报,2002,22(5):1093-1101.
- [12] 李冬,郑道爽. 栓皮栎的特征特性及栽培技术[J]. 现代农业科技,2010(5):189.
- [13] 郑万钧. 中国树木志(第2卷)[M]. 北京:中国林业出版社,1985:23-30.
- [14] 傅焕光,于光明. 栓皮栎栽培和利用[M]. 北京:中国林业出版社,1978:7-10.
- [15] 徐德平,乔国壮,班龙海,等. 豫南山区栓皮栎生物防火林带营造技术[J]. 现代农业科技,2009(21):1800.
- [16] 孙明洋,王振龙,王永红,等. 昆虫寄生对栓皮栎坚果特征和萌发行为的影响[J]. 昆虫学报,2011,54(3):320-326.
- [17] 张洪茂. 北京东灵山地区啮齿动物与森林种子间相互关系研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2007.
- [18] 李宏俊,张知彬. 动物与植物种子更新的关系 II. 动物对种子的捕食、扩散、贮藏及与幼苗建成的关系[J]. 生物多样性,2001,9(1):25-37.
- [19] Tanouchi H, Sato T, Takeshita K. Comparative studies on acorn and seedling dynamics of four *Quercus* species in evergreen broad-leaved forest[J]. Journal of Plant Research,1994,107(6):153-159.
- [20] 刘文静,汪广银,牛可坤,等. 槲栎种子雨进程中昆虫的捕食特征[J]. 兽类学报,2010,53(4):436-441.
- [21] 刘文静. 种子大小和昆虫寄生对槲栎和栓皮栎种子命运的影响[D]. 洛阳:河南科技大学,2010.
- [22] Shaw M W. Factors affecting the natural regeneration of *Sessile oak* in North Wales: A preliminary study of acorns production, viability and losses[J]. Journal of Ecology,1968,56(3):565-583.
- [23] 刘足根,朱教君,袁小兰,等. 辽东山区长白山落叶松种子雨和种子库[J]. 生态学报,2007,27(2):579-587.
- [24] 李新岗,刘惠霞,黄建. 虫害诱导植物防御的分子机理研究进展[J]. 应用生态学报,2008,19(4):893-900.
- [25] 陈波,达良俊,宋永昌. 常绿阔叶树种栲树开花物候动态及花的空间配置[J]. 植物生态学报,2003,27(2):249-255.
- [26] Xiao Z S, Harris M, Zhang Z B. Acorn defenses to herbivory from insects: implications for the joint evolution of resistance, tolerance and escape[J]. Forest Ecology and Management,2007,38:302-308.
- [27] Hou X G, Yi X F, Yang Y Q, et al. Acorn germination and seedling survival of *Q. variabilis*: Effects of cotyledon excision[J]. Annals of Forest Science,2010,67(7):1-7.
- [28] Yi X F, Zhang Z B. Influence of insect-infested cotyledons on early seedling growth of Mongolian oak, *Quercus mongolica* [J]. Photosynthetica,2008,46(1):139-142.
- [29] Yu X D, Zhou H Z, Luo T H. Spatial and temporal variations in insect-infested acorn fall in a *Quercus liaotungensis* forest in North China[J]. Ecological Research,2003,18:155-164.
- [30] Boucher D H, Sork V L. Early drop of nuts in response to insect infestation[J]. Oikos,1979,33:440-443.
- [31] 王巍,马克平,高贤明. 东灵山地区脊椎动物对辽东栎坚果捕食的时空格局[J]. 植物学报,2000,42(3):289-293.
- [32] 孙书存,陈灵芝. 东灵山地区辽东栎种子库统计[J]. 植物生态学报,2000,24(2):215-221.