

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.01.010

石子俊, 张博, 陈晓宁, 等. 秦岭壳斗科四种植物种子雨组成及其动态变化[J]. 广西植物, 2014, 34(1): 51–55

Shi ZJ, Zhang B, Chen XN, et al. Composition and dynamics of seed rain in four species of Fagaceae in Qinling Mountains[J]. *Guihaia*, 2014, 34(1): 51–55

秦岭壳斗科四种植物种子雨组成及其动态变化

石子俊¹, 张博¹, 陈晓宁², 廉振民¹, 常罡^{1,2*}

(1. 陕西师范大学 生命科学学院, 西安 710062; 2. 陕西省动物研究所, 西安 710032)

摘要: 种子雨组成及其动态变化是植物种群自然更新的一个关键阶段。2011年和2012年8–12月,在秦岭南坡佛坪国家级自然保护区内对壳斗科的四种优势植物(板栗、锐齿栎、栓皮栎和小橡子)的种子雨组成及其动态变化进行了调查研究。结果表明:(1)壳斗科四种植物的种子雨均起始于8月中上旬,至11月中下旬结束,种子掉落高峰集中在9月下旬至10月中旬之间,其中板栗的各类型种子雨掉落高峰均要早于其它三种植物;(2)无论2011年还是2012年,锐齿栎、栓皮栎和小橡子的各种种子雨类型在时间动态上均存在极显著差异,而板栗的各种种子雨类型在时间动态上则差异并不显著;(3)四种植物的种子雨动态在年际间存在显著差异,2011年各类型种子雨掉落密度远远大于2012年(栓皮栎除外),推测2011年可能是种子产量的相对丰年。

关键词: 壳斗科; 种子雨; 自然更新; 秦岭山区

中图分类号: Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2014)01-0051-05

Composition and dynamics of seed rain in four species of Fagaceae in Qinling Mountains

SHI Zi-Jun¹, ZHANG Bo¹, CHEN Xiao-Ning²,
LIAN Zhen-Min¹, CHANG Gang^{1,2*}

(1. College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an 710032, China)

Abstract: The composition and dynamic of seed rain is a key stage in plant regeneration. From August to December in 2011 and 2012, the seed rain of four Fagaceae species (*Castanea mollissima*, *Quercus variabilis*, *Q. aliena*, *Q. glandulifera*) were investigated in the Foping Nature Reserve in southern slope of Qinling Mountains. The results were as follows: (1) The seed rain of these four species began in the middle of August, and finished in the end of November. The fall peaks of seed rain were in late September to middle October, and the fall peak of each seed rain category in *C. mollissima* was earlier than other three species; (2) Whether in 2011 or 2012, there were significant differences in each seed rain category dynamics among *Q. variabilis*, *Q. aliena* and *Q. glandulifera*, but each seed rain category dynamic in *C. mollissima* was not significantly different; (3) There were significant differences in seed rain dynamics of these four species between years, and the seed rain density of each category was higher in 2011 than in 2012 (except for *Q. variabilis*). This result conjectured that 2011 might be the relatively mast seeding year for these species.

Key words: Fagaceae; seed rain; natural regeneration; Qinling Mountains

收稿日期: 2013-07-26 修回日期: 2013-10-21

基金项目: 国家自然科学基金(31100283); 陕西省科学院科技计划项目(2011K-07); 陕西省自然科学基金(2011JQ3003); 中央高校基本科研业务费专项(GK200902035)。

作者简介: 石子俊(1985-), 男(土家族), 重庆市酉阳县人, 硕士研究生, 主要研究方向为动植物相互关系, (E-mail) jun021222@163.com。

*通讯作者: 常罡, 博士, 副研究员, 主要研究方向为动植物相互关系, (E-Mail) snow1178@snnu.edu.cn。

在森林生态系统中,自然更新是植物进行自我繁衍和恢复的主要手段。由于许多壳斗科(Fagaceae)植物,特别是栎属(*Quercus*)植物,在实现种群更新的过程中,表现出较低的自然更新率,因此国内外生态学家对于有关壳斗科植物更新的研究非常关注(Harmer,1994; Sun *et al.*,2000; Li *et al.*,2003; Xiao *et al.*,2004,2005; Zhang *et al.*,2008; Chang *et al.*,2012)。种子雨是指在特定的时间和空间内,从母树上掉落的种子数量,是对种子或繁殖体向周围扩散的形象描述(Happer,1977; Fenner *et al.*,2005)。种子雨作为物种扩散的起始,是植物种群更新的一个关键阶段。针对种子雨的组成及其动态变化的研究,对于深入研究植物种群有性繁殖能力和更新策略、发展动态和植被恢复等具有重要意义。

壳斗科植物是温带和亚热带最重要的森林树种之一,在生态环境保护、减少水土流失等方面发挥重要作用(周元,2001)。目前,对秦岭壳斗科植物种子雨的研究主要集中在单一物种上(吴敏等,2011;赵永华等,2003),而有关群落内多种植物种子雨动态比较的研究则相当缺乏。因此,本研究对秦岭地区壳斗科四种常见植物的种子雨组成及其动态变化进行了比较分析,以期揭示秦岭壳斗科植物群落自然更新与演替的规律提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究地区概况

本研究在秦岭南坡的佛坪国家级自然保护区内进行。该保护区地理位置为 $107^{\circ}40' \sim 107^{\circ}55' E$, $33^{\circ}33' \sim 33^{\circ}46' N$,气候处于北亚热带向暖温带过渡区的北缘,年平均气温 $11.4^{\circ}C$,年平均降水 $943 mm$ 。本区植被可分为3个垂直自然带:低中山典型落叶阔叶林带(海拔 $2000 m$ 以下,栎林带),中山落叶阔叶小叶绿林带(海拔 $2000 \sim 2500 m$,桦林带)和亚高山针叶林带(海拔 $2500 m$ 以上,巴山冷杉林带)(Chang *et al.*,2012;常罡等,2011)。本研究在海拔 $1250 m$ 左右的落叶阔叶林中进行,以该林带内的常见的优势壳斗科树种板栗(*Castanea mollissima*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、锐齿栎(*Q. aliena*)和小橡子(*Q. glandulifera*)为研究对象。

1.2 研究方法

2011年8月中旬在研究地区内随机选择32棵样树,其中板栗、锐齿栎、栓皮栎和小橡子各8棵样

树。选定的样树要求 $15 m$ 范围内没有其他相同树种干扰,并对样树进行编号。每棵样树下设置1收集框,收集框用长 $3.54 m$ 铁丝(直径为 $5 mm$)围成直径为 $1.12 m$ 的圆,整个收集框的面积约为 $1 m^2$ 。框底用网眼为 $2 mm \times 2 mm$ 的尼龙网做成,四周用粗麻线进行固定。在样点周围选择 $3 \sim 4$ 棵小树用于固定收集框,使框面保持水平,框内尼龙网放松自然下垂,网底离地面 $60 cm$ 以上,以防种子掉入框内后反弹出框和减少动物的取食干扰(肖治术等,2001)。收集框安放在树叶比较密集的枝条下面,保证收集种子雨的质量和数量。

种子雨调查时间为2011年和2012年,每年自8月20日起,每隔 $6 d$ 收集1次,至11月24日种子雨再无掉落而结束。对种子进行收集时,先将框内的落叶树枝以及其他杂物取出,然后将框内的种子以及壳斗全部收集起来装入带有编号的密封袋中,当天调查结束后进行统计。种子雨组成为完好种子、虫蛀种子、败育种子和壳斗四种类型。所有收集的种子首先通过浮水法鉴定,浮在水面上的通常为败育种子。然后用小刀再切开每一粒种子,进一步判断种子类型(完好、虫蛀或败育)。

1.3 数据分析

所有数据均在IBM SPSS for windows(Ver 18.0)软件上进行分析。广义线性模型(General Linear Model)用来比较每一种壳斗科植物种子雨组成在不同时间动态上的差异,也同样用来比较壳斗科4种植物在各个种子雨组成动态上的差异。其中,种子雨密度=种子数量/收集框面积。

2 研究结果

2.1 板栗的种子雨动态

从图1看出,板栗种子雨从9月初开始,至11月初结束,持续时间大约 $60 d$,2011年的各类型种子雨密度均高于2012年。尽管2011年板栗的种子雨类型在时间动态上没有显著差异($F=2.470, df=3, P=0.061$),但是败育和壳斗两种类型种子掉落高峰明显早于完好和虫蛀种子,并且都呈双峰曲线。同样,2012年板栗的种子雨类型在时间动态上也无显著差异($F=0.391, df=3, P=0.760$)。

2.2 锐齿栎的种子雨动态

从图2看出,锐齿栎的种子雨从8月中旬一直持续到11月上旬。2011年锐齿栎的种子雨类型在

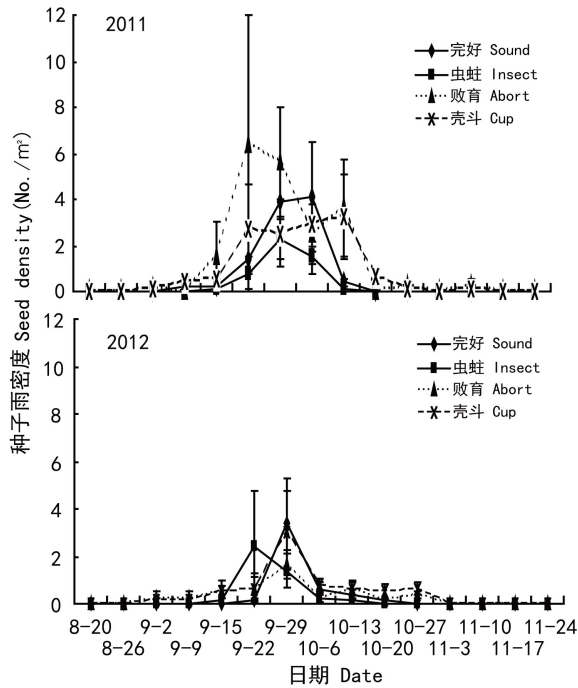


图 1 板栗的种子雨动态

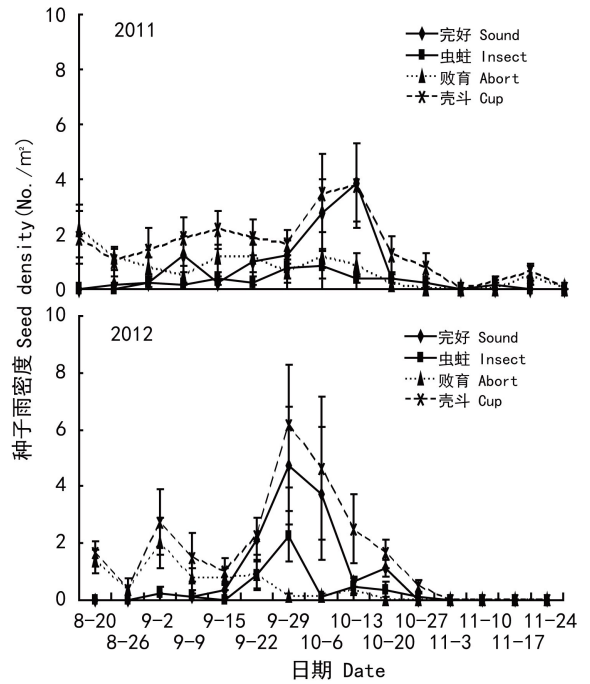
Fig. 1 Dynamics of *Castanea mollissima* seeds rain

图 3 栓皮栎的种子雨动态

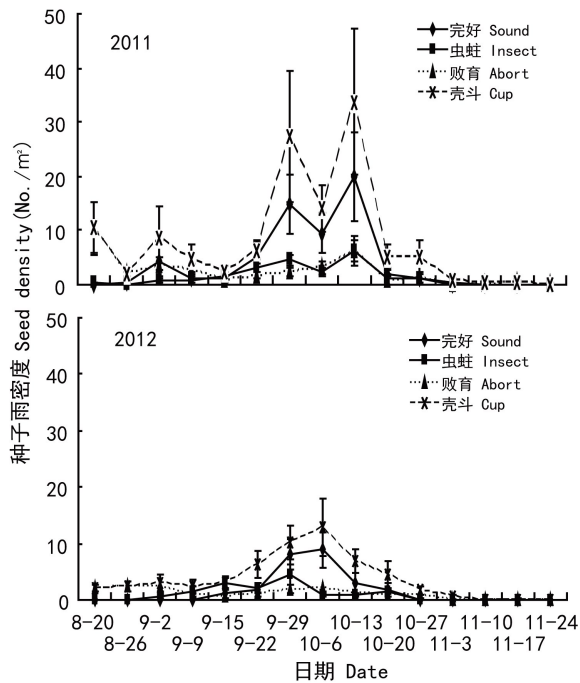
Fig. 3 Dynamics of *Q. variabilis* seeds rain

图 2 锐齿栎的种子雨动态

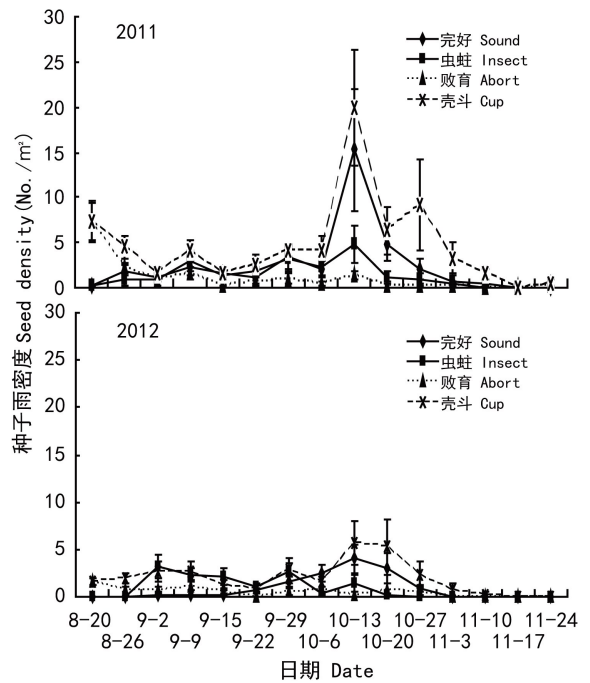
Fig. 2 Dynamics of *Quercus aliena* seeds rain

图 4 小橡子的种子雨动态

Fig. 4 Dynamics of *Q. glandulifera* seeds rain

时间动态上存在极显著的差异 ($F=12.529, df=3, P<0.01$), 壳斗和完好种子的下落过程呈双峰曲线, 而虫蛀和败育种子则在整个种子雨下落过程中,

密度较低, 曲线比较平缓。2012 年与 2011 年类似, 种子雨类型在时间动态上也存在极显著的差异 ($F=16.158, df=3, P<0.01$)。

2.3 栓皮栎的种子雨动态

从图 3 看出,栓皮栎的种子雨从 8 月中旬持续到 11 月中旬。2011 年栓皮栎的种子雨类型在时间动态上存在极显著的差异($F=13.098, df=3, P<0.01$),壳斗和败育种子的下落明显早于完好和虫蛀种子。与 2011 年类似,2012 年栓皮栎的种子雨类型在时间动态上也存在极显著的差异($F=11.315, df=3, P<0.01$)。所不同的是 2011 年虫蛀种子密度较低,无明显掉落高峰,而 2012 年虫蛀种子则具有明显的掉落高峰。

2.4 小橡子的种子雨动态

从图 4 看出,小橡子的种子雨起始时间要稍早于调查时间,至 11 月中旬才逐渐结束。2011 年和 2012 年小橡子的种子雨类型在时间动态上都存在极显著的差异($F=15.114, df=3, P<0.01; F=10.547, df=3, P<0.01$)。壳斗和完好种子均存在高峰期,不过 2011 年的高峰更明显,在 10 月 15 日有较大峰值。虫蛀和败育两种类型种子在两年中密度都较低,种子雨掉落曲线较平滑。

3 结论与讨论

在本研究中,除了板栗种子雨开始于 9 月初,结束于 11 月初外,其他栎属的 3 种植物的种子雨都集中在 8 月中旬至 11 月中下旬这个期间,并且种子掉落高峰几乎都是在 9 月下旬至 10 月中旬。由此可见,栗属和栎属植物的种子雨动态存在一定的差异。这种差异不仅与植物的自身结实特点有关,而且还反映了不同植物对环境的适应策略(刘双等,2008)。

在种子的形成过程中,理论上植物的壳斗与种子之间应该存在一一对应的关系。然而在本研究中,锐齿栎、栓皮栎和小橡子这三种栎属植物的壳斗密度都比其他三种类型的种子雨密度要大。本研究推测这种现象可能是由于在种子还未掉落时,已经被松鼠或鸟类在树上取食,导致只有壳斗掉落。而且在调查过程中,确实在收集框中,发现过种子的外壳残片。板栗种子由于被壳斗完全包裹,而且每个壳斗内含有多个种子,因此板栗的壳斗密度要小于种子密度。

种子雨中完好、虫蛀、败育和壳斗四种类型的掉落时间与种子雨的质量和物种的生存策略有很大的关系。Tanouchi *et al.*(1994)在调查栎属植物的种子雨掉落过程中,发现未成熟种子的掉落时间主要

集中在 7~10 月之间,而成熟种子的掉落时间则相对滞后。在本研究中,壳斗科四种植物的败育种子的掉落高峰要早于完好和虫蛀种子,而且板栗、锐齿栎和小橡子的虫蛀种子的掉落高峰也早于完好种子。这或许是植物适应动物捕食的一种自我保护策略(Sun *et al.*,2000; Shi *et al.*,2010)。啮齿动物捕食者不能在地面上直接分辨种子是否有虫或发育不良,因此对虫蛀种子也进行搬运取食(Semel *et al.*,1988; Weckerly *et al.*,1989)。对早期虫蛀或败育种子的捕食消耗了动物的部分捕食能力,有利于保护中后期完好种子的扩散,降低了完好种子被大量捕食的风险,为其实现生苗更新提供了坚实的基础。

种子雨掉落除了受到自身特点以及风向、风速等因素影响外,与母树所在地形也有很大关系。在山脊、山坡和沟谷中的同样一个树种,其种子雨的掉落时间和数量却存在显著差异(沈泽昊等,2004)。在本研究中,相对于其它两种植物,板栗和栓皮栎的种子雨产量比较低,例如完好种子的平均密度分别为每平方米 10.25 和 11.38 粒(2011)以及 4.63 和 13.13 粒(2012),而锐齿栎和小橡子密度则比较大,完好种子的平均密度分别为每平方米 59.50 和 37.25 粒/ m^2 (2011)以及 24.75 和 13.25 粒(2012)(表 1)。

表 1 壳斗科四种植物各类型种子雨平均密度

Table 1 Mean density of each seed rain category in four species

种类 Species	种子雨类型 Seed rain category	2011 年密度 Density in 2011	2012 年密度 Density in 2012
板栗 <i>Castanea mollissima</i>	完好 Sound	10.25	4.63
	虫蛀 Insect-infested	4.75	4.25
	败育 Abort	20.25	4.63
	壳斗 Cup	13.25	6.88
锐齿栎 <i>Quercus aliena</i>	完好 Sound	59.50	24.75
	虫蛀 Insect-infested	22.63	14.88
	败育 Abort	35.13	16.25
	壳斗 Cup	121.50	56.00
栓皮栎 <i>Q. variabilis</i>	完好 Sound	11.38	13.13
	虫蛀 Insect-infested	3.75	4.63
	败育 Abort	10.00	6.75
	壳斗 Cup	21.88	24.88
小橡子 <i>Q. glandulifera</i>	完好 Sound	37.25	13.25
	虫蛀 Insect-infested	21.00	13.63
	败育 Abort	16.63	8.38
	壳斗 Cup	70.75	29.75

这种差异一方面可能与所选样树的位置有关。在实验区内,选择母树时考虑到了距离因素,相距都比较远。但是在地形上由于受条件限制,选择母树时难

以选择同一地形。受阳光、水份等各种因素的影响, 各样树的产量有较大的区别。本研究中选择 3 棵栓皮栎样树在 2011 年几乎没有掉落种子, 从而导致了平均种子雨产量较低的现象。另一方面可能与物种的受破坏程度有关。例如实验地区内野生板栗树的受破坏程度比较严重, 仅森林深处存留少量野生树种, 因此对样树的选择受到限制。

本研究发现壳斗科的四种植物各种子雨类型之间存在显著的差异。板栗的完好种子掉落高峰要早于其它壳斗科的三种植物, 而锐齿栎和小橡子完好种子的掉落密度却要远远大于板栗和栓皮栎。2011 年栓皮栎和板栗虫蛀种子的掉落高峰要早于锐齿栎和小橡子, 但是掉落密度却远远少于锐齿栎和小橡子。而 2012 年小橡子虫蛀种子的掉落高峰却远远早于其它三种植物。2011 年板栗的败育种子掉落时间要早于其它三种植物, 而 2012 年栓皮栎的败育种子掉落高峰要远早于其它三种植物。板栗的壳斗掉落高峰要早于其它三种植物, 而锐齿栎的壳斗密度却要远远高于其它三种植物。

许多壳斗科植物的种子产量由于受环境、气候等多方面因素的影响, 在年际间会有很大的变化, 产量丰年一般每隔两年至数年发生一次 (Koenig *et al.*, 1994; Tanouchi *et al.*, 1994; Crawley *et al.*, 1995)。在本研究中, 除了栓皮栎外, 其它三种植物各类型种子雨的产量在两年间均存在显著的差异, 表现在 2011 年产量均远远大于 2012 年。以锐齿栎为例, 其 2011 年完好、虫蛀和败育种子的平均密度分别为每平方米 59.50、22.63 和 35.13 粒, 而 2012 年的平均密度则分别下降为每平方米 24.75、14.88 和 16.25 粒 (表 1)。根据本研究结果推测 2011 年可能为种子相对大年。然而, 由于本研究对壳斗科四种植物的种子雨仅仅观测了两年, 其大小年周期性变化规律还需要进一步长期的调查研究。

参考文献:

Chang G, Jin TZ, Pei JF, *et al.* 2012. Seed dispersal of three sympatric oak species by forest rodents in the Qinling Mountains, central China[J]. *Plant Ecol*, **213**:1 633-1 642

Chang G (常罡), Tai FD (邵发道). 2011. Effects of seasonal change on dispersal of *Quercus aliena* seeds (季节变化对锐齿栎种子扩散的影响)[J]. *Chin J Ecol (生态学杂志)*, **30** (1): 189-192

Crawley MJ, Long CR. 1995. Alternate bearing, predator satiation and seedling recruitment in *Quercus robur* [J]. *J Ecol*, **83**: 683-696

Fenner M, Thompson K. 2005. *The Ecology of Seeds* [M]. Cambridge: Cambridge University of Press

Happer JL. 1977. *Population Biology of Plants* [M]. London: London Academic Press

Harmer R. 1994. Natural regeneration of broad-leaved trees in Britain: II. Seed production and predation [J]. *Forestry*, **67**: 275-286

Koenig WD, Mumme RL, Carmen WJ. 1994. Acorn Production by oaks in central coastal California: variation within and among years [J]. *Ecology*, **75**: 99-109

Li HJ, Zhang ZB. 2003. Effects of rodents on acorn dispersal and survival of the Liaodong oak (*Quercus liaotungensis* Koidz) [J]. *For Ecol Manag*, **176**: 387-396

Semel B, Andersen DC. 1988. Vulnerability of acorn weevils (*Coleoptera: Curculionidae*) and attractiveness of weevils and infested *Quercus alba* acorns to *Peromyscus leucopus* and *Blarina brevicauda* [J]. *Am Midl Nat*, **119**: 385-393

Shi GL, Bai B, Lu CH. 2010. Seed rain and seed bank of Chinese yew (*Taxus chinensis* var. *mairei*) population in Tianmu Mountain [J]. *Acta Ecol Sin*, **30**: 276-279

Sun SC, Chen LZ. 2000. Seed demography of *Quercus liaotungensis* in Dangling Mountain region [J]. *Acta Phytoecol Sin*, **24**: 215-221

Shen ZH (沈泽昊), Lü N (吕楠), Zhao J (赵俊). 2004. The topographic pattern of seed rain of a mountain mixed evergreen and deciduous forest community (山地常绿落叶阔叶混交林种子雨的地形格局) [J]. *Acta Ecol Sin (生态学报)*, **24**(9): 1 981-1 987

Tanouchi H, Sato T, Takeshita K. 1994. Comparative studies on acorn and seedling dynamics of four *Quercus* species in evergreen broad-leaved forest [J]. *J Plant Res*, **107**: 153-159

Weckerly FW, Nicholson KE, Semlitsch RD. 1989. Experimental test of discrimination by squirrels for insect infested and noninfested acorns [J]. *Am Midl Nat*, **122**: 412-415

Wu M (吴敏), Zhang WH (张文辉), Zhou JY (周建云), *et al.* 2011. Dynamics of *Quercus variabilis* seed rain and soil seed bank in different habitats on the north slope of Qinling Mountains (秦岭北坡不同生境栓皮栎种子雨和土壤种子库动态) [J]. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, **22**(11): 2 807-2 814

Xiao ZS, Zhang ZB, Wang YS. 2004. Dispersal and germination of big and small nuts of *Quercus serrata* in subtropical evergreen broadleaved forest [J]. *For Ecol Manag*, **195**: 141-150

Xiao ZS, Zhang ZB, Wang YS. 2005. Effect of seed size on dispersal distance in five rodents-dispersed fagaceous species [J]. *Acta Oecol*, **28**: 221-229

Xiao ZS (肖治术), Wang YS (王玉山), Zhang ZB (张知彬). 2001. Seed bank and the factors influencing it for three Fagaceae species in Dujiangyan Region, Sichuan (都江堰地区三种壳斗科植物的种子库及其影响因素研究) [J]. *Biodiv Sci (生物多样性)*, **9**(4): 373-381

Zhang HM, Chen Y, Zhang ZB. 2008. Differences of dispersal fitness of large and small acorns of Liaodong oak (*Quercus liaotungensis*) before and after seed caching by small rodents in a warm temperate forest, China [J]. *For Ecol Manag*, **255**: 1 243-1 250

Zhao YH (赵永华), Lei RD (雷瑞德), Jia X (贾夏), *et al.* 2003. Quantitative analysis on sharp-tooth oak stands in Qinling Mountains (秦岭锐齿栎群落数量特征的研究) [J]. *Chin J Appl Ecol (应用生态学报)*, **14**(12): 2 123-2 128

Zhou Y (周元). 2001. The resources and exploitation of *Quercus* in Yunnan (云南栎属植物资源及开发利用) [J]. *Guihaia (广西植物)*, **21**(4): 330-334