

黄土高原马栏林区辽东栎更新特性研究

田 丽, 王孝安*, 郭 华, 朱志红

(陕西师范大学 生命科学学院, 西安 710062)

摘 要: 研究了黄土高原马栏林区主要植被类型中的辽东栎幼苗的数量特征, 更新层幼苗、幼树的实生和萌生特性及其辽东栎在垂直结构上的数量分布。结果表明: (1) 辽东栎幼苗在黄土高原马栏林区分布广泛且数量充足。不同的植被类型中辽东栎种群表现出不同的大小级结构, 在油松—辽东栎混交林、油松林和辽东栎林中辽东栎种群的幼苗、幼树和成树均占一定的比例, 而在油松—白桦混交林、白桦林、山杨林和山杨—白桦混交林中辽东栎种群则以幼苗和幼树为主。表明辽东栎种群在该地区植被的发展过程中将产生重要的作用。(2) 辽东栎在这一地区是由实生和萌生的个体混合组成的。在各种植被类型中实生植株的密度都高于萌生植株, 辽东栎种群的更新在该地区可能主要是通过实生植株来完成的, 即辽东栎实生植株在更新过程中起重要的作用。但萌生植株作为辽东栎顺利通过瓶颈的一种手段, 作为辽东栎种群繁衍和稳定的一种途径, 在辽东栎种群的更新中也起着一定的作用。

关键词: 马栏林区; 辽东栎; 更新; 实生植株; 萌生植株

中图分类号: Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)02-0191-06

Studies on the regenerative characteristics of *Quercus wutaishanica* in Malan Forest Region on the Loess Plateau

TIAN Li, WANG Xiao-An*, GUO Hua, ZHU Zhi-Hong

(College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: In this paper, the quantitative characteristics of *Quercus wutaishanica* seedlings, the seedling and sprout of seedlings and saplings in regenerative layer and its quantitative distribution in vertical structure were studied in the main vegetation types of Malan Forest Region on the Loess Plateau. The results showed that: (1) *Q. wutaishanica* seedlings widely distributed and their numbers were enough in this area. *Q. wutaishanica* populations had different size class structure in different vegetation types, the seedlings, saplings and adults of *Q. wutaishanica* populations all distributed in *Pinus tabulae formis*—*Q. wutaishanica* mixed forest, *P. tabulae formis* forest and *Q. wutaishanica* forest. Seedlings and saplings mainly distributed in *P. tabulae formis*—*Betula platyphylla* mixed forest, *B. platyphylla* forest, *Populus davidiana* forest and *P. davidiana*—*B. platyphylla* mixed forest. This indicated *Q. wutaishanica* populations had an important effect on the development of vegetation in this region. (2) *Q. wutaishanica* were composed of both individuals from seedling and sprout. The densities of seedling crops were higher than that of sprout crops in different vegetation types. Its regeneration would rely mainly on seedling crops. Seedling crops would play an important role on the regeneration of *Q. wutaishanica*. As a means of passing all right bottleneck and keeping propagation and stability of *Q. wutaishanica* populations, sprout crops also had a certain effect on the regeneration of

收稿日期: 2005-11-20 修回日期: 2006-08-25

基金项目: 国家重点基础研究与发展规划(973)项目(2002CB111505); 陕西师范大学研究生培养创新基金(2006CXSO24)[Supported by the National Key Basic Research and Development Program of China(2002CB111505); Graduate Innovation Foundation of Shaanxi Normal University (2006CXSO24)]

作者简介: 田丽(1982-), 女, 陕西榆林人, 硕士, 主要从事植物生态学研究。

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: wangxa@snnu.edu.cn)

Q. wutaishanica.

Key words: Malan Forest Region; *Quercus wutaishanica*; regeneration; seedling crop; sprout crop

自 Watt(1919)对英国栎(*Quercus*)林更新研究进行了系统的总结以来,栎林的更新一直受到生态学界的广泛关注,研究内容涉及栎树的结实性(Sork等,1993;Koenig等,1994;Matsuda,1982)、动物对栎类坚果的捕食、搬运与传播(Fox,1982;Crow,1988)、昆虫和真菌的危害(Andersson,1992;Negi等,1996;Humphrey等,1997a)、幼苗发芽、越冬与环境 and 地被植物的关系(Matsuda,1985;Tripathi等,1999;Espelta等,1995;Negi等,1996;Humphrey等,1997b)等方面。由于栎树具有很强的萌生能力,其实生苗的存在及其作用在较早的生态学研究和森林经营过程中往往被忽视(Espelta等,1995)。国内对栎林天然更新的研究主要集中在栎林结构、功能和更新过程更新的研究(王巍等,1999;刘峰等,2000),动物捕食过程中对栎树种子的搬运、掩藏对栎树的更新和散布的重要性(王巍等,2000;孙书存等,2001),栎树的萌蘖更新对策、以及更新苗的起源、年龄结构及其实生和萌生的生态学意义(王巍等,2000;孙书存等,2001;高贤明等,2001;王中磊等,2005),林窗、林缘、采伐迹地等在栎类更新中起重要作用(王巍等,2000)和栎类的种子库动态(孙书存等,2000)等几个方面。就黄土高原的辽东栎(*Q. wutaishanica*)而言,前人曾经对辽东栎的植物多样性、群落组成与地带性特征和群落土壤肥力进行过研究(朱志诚,1982;岳明,1998;陈云明等,2002;孙晓霞,2006),但对辽东栎在不同植被类型中的更新状况却未见研究报道。

辽东栎是暖温带落叶阔叶林地带性植被类型的主要树种,对暖温带落叶阔叶林的外貌、结构、动态、甚至种类组成都有重要作用(王巍等,1999)。辽东栎是黄土高原的主要优势树种,且构成相对稳定的优势天然群落,该群落对黄土高原的水源涵养、水土保持等方面都具有十分重要的意义和作用。本研究以黄土高原子午岭地区的马栏林区为基地,研究该林区主要的典型植被类型中辽东栎的更新状况,旨在为该地区森林生态系统的保育、植被的恢复和重建提供理论依据。

1 研究地区自然概况

马栏林区位于黄土高原中部的陕西省旬邑县的

东北部,地处 $108^{\circ}27' \sim 108^{\circ}52' E$, $35^{\circ}9' \sim 35^{\circ}33' N$, 东西宽近 40 km, 南北长近 43 km, 海拔为 1 200~1 700 m, 相对高差 200~400 m, 一般坡度在 25° 左右, 总地势特点是东北高西南低, 属泾河水系。该区成土母质为风积黄土, 土层深 50 cm 左右, 结构疏松, 机械组成多为中壤, 富含钙质, $pH7 \sim 8$ 。荒山灌丛地为碳酸盐褐土, 厚度不一。林下土壤为棕色森林土, 枯枝落叶多, 但腐化不好, 土层较薄。本区属暖温带半湿润地区, 年均气温 $7^{\circ}C$, 极端最低气温 $-28^{\circ}C$, 1 月份平均气温 $-7^{\circ}C$, 无霜期 140~160 d, 晚霜在 5 月上旬, $\geq 0^{\circ}C$ 积温 $3 134^{\circ}C$; 年雨量 580 mm, 多集中在 7、8、9 三个月, 干旱季节由当年 12 月至来年 2 月。总气候特点是光照充足, 湿热同期, 利于林木生长, 但降水季节分布不均, 旱涝相间, 易出现春旱和伏旱, 影响林木种子的发芽和造林成活率, 对森林更新有所影响(陕西省林业厅, 1964)。

马栏林区是黄土高原目前保存较好的林区之一, 位于子午岭南部末梢, 是黄土高原中部地区重要的生态公益林。现今分布于马栏林区的森林大部分是天然次生林, 是原始林经过采伐或受多次干扰破坏后自然恢复的森林。自 20 世纪 60 年代以来, 马栏林区实行了封山育林和人工造林, 其森林面积不断增大, 主要造林树种为油松(*Pinus tabulaeformis*), 主要的天然分布树种是辽东栎、白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)、油松等。这些树种大多形成纯林, 或几个树种混生形成混交林。其主要群落类型有油松—辽东栎混交林、辽东栎林、油松林, 分布面积较少的群落类型油松—白桦混交林、白桦林、山杨林和山杨—白桦混交林等。

2 研究方法

在对该林区进行全面考察的基础上, 选择典型的植被类型(辽东栎林、油松林、油松—辽东栎混交林、油松—白桦的混交林、白桦林、山杨林、山杨—白桦混交林)7 个作为研究对象。

根据不同植被类型在该林区分布的多少, 选择具有代表性的地段共建立了 18 个 $20 m \times 20 m$ 样地。在样地中对高度大于 2 m 的辽东栎进行每木检测, 记录其胸径、树高、冠幅、坐标等; 同时记录样

地的海拔高度、坡向、坡度、坡位、枯枝落叶层厚度、腐殖质厚度等环境特征。采用高度分级划分辽东栎的种群大小结构,树高(H)小于 50 cm 记为幼苗(Seedling, $H \leq 50$ cm),树高大于 50 cm 但小于 2 m 记为幼树(Sapling, $200 \text{ cm} \geq H > 50$ cm),大于 2 m 记为成树(Adult, $H > 200$ cm)。

应用样方法对幼苗和幼树进行调查和测定,样方的大小为 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$,数量依辽东栎的更新状况而定,一般为 30~40 个(徐振邦,2001)。在 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 的小样方中记录高度小于 2 m 的所有的辽东栎的株数、高度、盖度,并确定其为实生植株还是和萌生植株。萌生植株按萌生根计数,实生植株按幼苗数量计。

计算每一个样地中成树、幼树、幼苗、高度小于 2 m 的实生植株和萌生植株的平均密度,并按高度将 2 m 以下的实生植株和萌生植株分为 5 个等级,分别为 $\leq 0.4 \text{ m}$ 、 $0.4 \sim 0.8 \text{ m}$ 、 $0.8 \sim 1.2 \text{ m}$ 、 $1.2 \sim 1.6 \text{ m}$ 、 $1.6 \sim 2.0 \text{ m}$,绘制实生植株和萌生植株的大小级结构图。

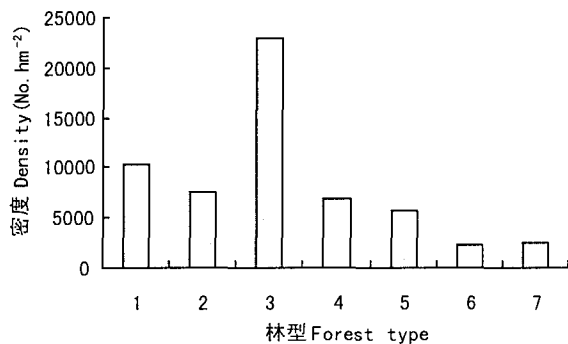


图 1 几种植被类型中辽东栎幼苗的数量分布
Fig. 1 Number distribution of *Q. wutaishanica* seedlings in several forest types

1. 油松—辽东栎混交林; 2. 油松林; 3. 辽东栎林; 4. 油松—白桦混交林; 5. 白桦林; 6. 山杨林; 7. 山杨—白桦混交林。

1. *P. tabulaeformis*-*Q. wutaishanica* mixed forest; 2. *P. tabulaeformis* forest; 3. *Q. wutaishanica* forest; 4. *P. tabulaeformis*-*B. platyphylla* mixed forest; 5. *B. platyphylla* forest; 6. *P. davidiana* forest; 7. *P. davidiana*-*B. platyphylla* mixed forest.

3 结果与分析

3.1 辽东栎幼苗在不同植被类型中的分布

在不同植被类型中,辽东栎幼苗的密度变化如图 1 所示。辽东栎幼苗在油松—辽东栎混交林、油松林、辽东栎林、油松—白桦混交林、白桦林、山杨

林、山杨—白桦混交林 7 种植被类型中均有分布,其密度(单位:株· hm^{-2})分别为 10 273、7 579、22 821、6 786、5 761、2 250 和 2 417。辽东栎林中的幼苗密度最高,山杨林中的则最低。可以看出辽东栎幼苗是可以在该地区不同植被类型的林下稳定存在,辽东栎种群天然更新所需的幼苗是可以持续得到补充的。说明辽东栎在该地区的广适性以及成为优势植被类型的可能性。

3.2 辽东栎实生和萌生植株的数量分布

在不同植被类型中,辽东栎实生和萌生植株的大小结构如图 2、3 所示。在油松—辽东栎混交林、油松林、辽东栎林、油松—白桦混交林、白桦林、山杨—白桦混交林 7 种植被类型中只有山杨林中没有萌生植株的分布,其它植被类型中辽东栎实生和萌生植株均有分布。这不仅可看出动物对辽东栎坚果的捕食、搬运和扩散将对栎类的更新产生重要的作用,而且还可看出辽东栎是适应该地区生长的。更新层中辽东栎实生植株的密度(单位:株· hm^{-2})分别为 6 873、6 704、14 607、4 429、4 783、2 250 和 1 750。各个植被类型中实生植株的密度变化较大,辽东栎林中最高,山杨—白桦混交林中最低。从实生植株的大小级分布,可以看出实生植株随着高度级的增加,其数量逐渐减少。在油松—白桦混交林、山杨林和山杨—白桦混交林中,更新层中实生植株在 5 个径级中都有不同程度的缺失,但在其它的 4 个植被类型中实生植株的各个径级都有分布。在各个植被类型的更新层中辽东栎萌生植株的密度(单位:株· hm^{-2})分别为 5 084、4 775、10 536、2 500、1 957 和 667。萌生植株在 7 个植被类型的密度变化也比较大,在辽东栎林中最高,在山杨—白桦林中最低。这和更新层中实生植株变化是一致的,但萌生植株随高度级的增加没有呈现明显的变化规律。在油松—辽东栎混交林、油松林和辽东栎林中萌生植株在各个径级上都有分布,但在油松—白桦混交林、山杨林和山杨—白桦混交林中萌生植株都有一定的缺失。在这 7 个植被类型中辽东栎实生植株密度总体上比萌生植株的密度高。可看出在该地区辽东栎实生植株对辽东栎种群更新的作用可能比萌生植株大,辽东栎种群的更新可能是通过实生植株来完成的。

3.3 辽东栎在垂直结构上的数量分布

在油松—白桦混交林、白桦林、山杨林和山杨—白桦混交林中辽东栎不是主要的建群种,因此辽东栎的成树在其中分布较少甚至没有,但在这些植被

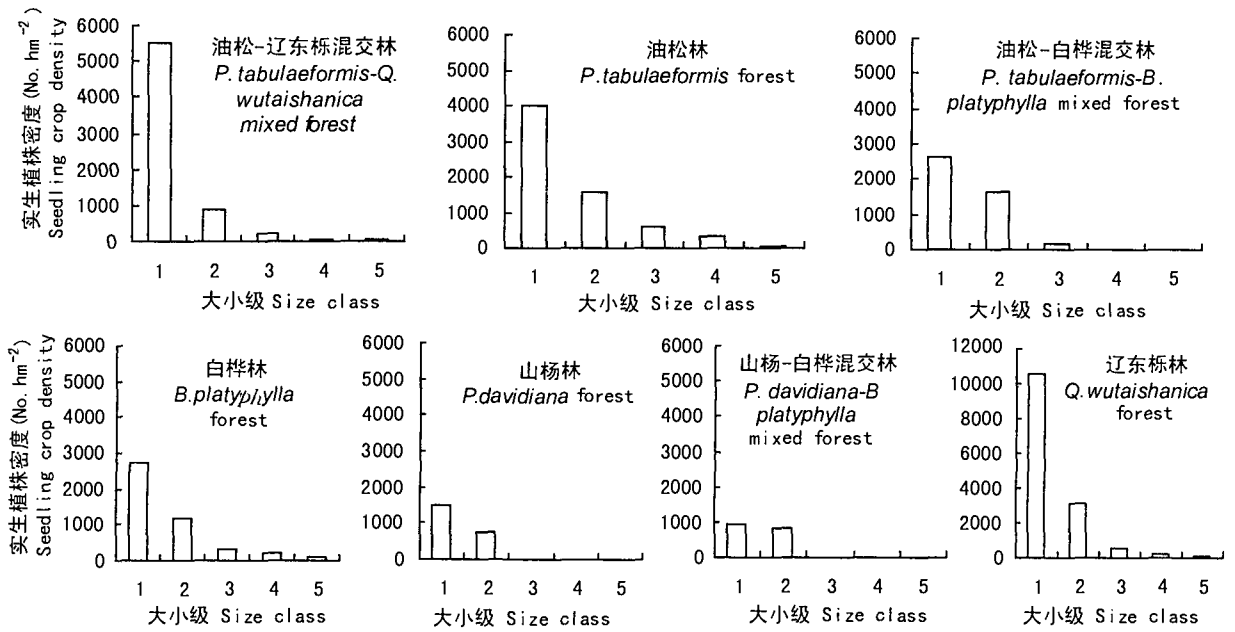


图 2 几种植被类型中辽东栎实生植株的大小级频度分布

Fig. 2 Frequency distribution of size class for *Q. wutaishanica* seedling crops in several forest types

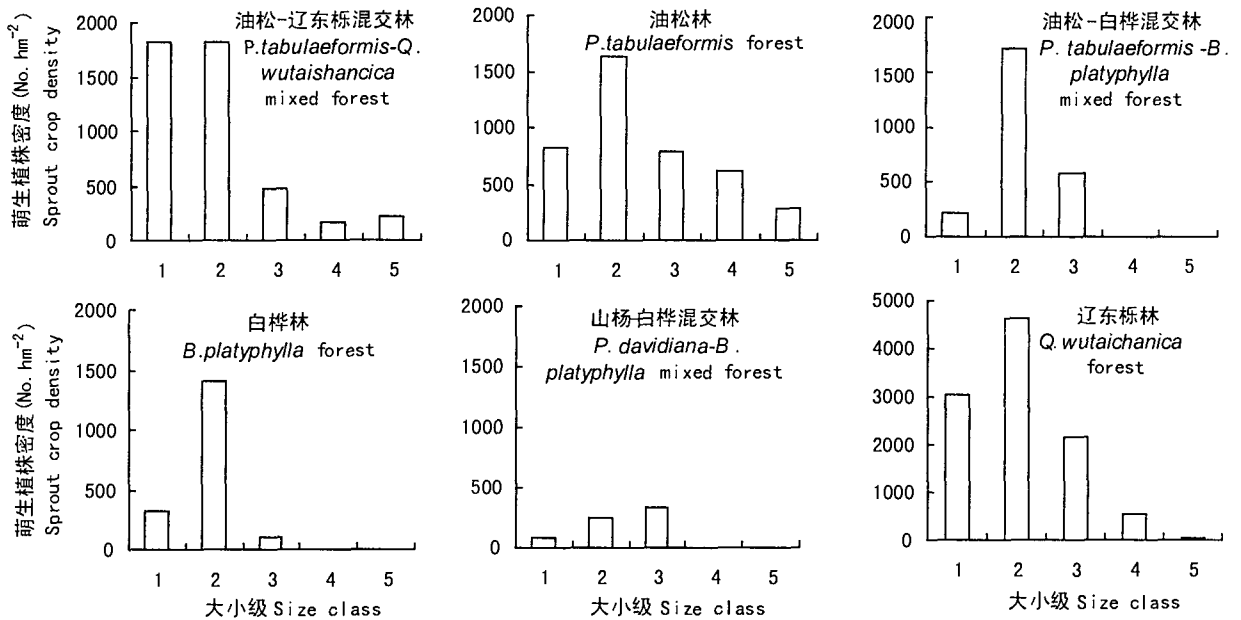


图 3 几种植被类型中辽东栎萌生植株的大小级频度分布

Fig. 3 Frequency distribution of size class for *Q. wutaishanica* sprout crops in several forest types

类型中却分布着相对较多的辽东栎的幼苗和幼树。这就说明辽东栎种群在这些植被类型中正处于增长状态,从种群发展的趋势看辽东栎种群在这些植被类型中为增长型种群。在野外调查中发现这 4 个植被类型中建群种的幼苗、幼树很少,特别是白桦幼苗,它的实生苗几乎没有,只有少量的母树基部萌发

的萌生苗。这就预示着这 4 个植被类型中的辽东栎种群会在群落以后的发展中发挥重要的作用。在油松—辽东栎混交林、油松林和辽东栎林中辽东栎幼苗的数量较多,从辽东栎的大小在垂直结构上的数量分布可以看出辽东栎的更新状况(图 4)。辽东栎在这 3 个植被类型中的变化趋势基本一致,幼苗较

多,幼树和成树所占的比例较少,符合理想的异龄林分结构分布的规律(郭正刚等,2003)。从种群的发展趋势来看,辽东栎种群在这3个植被类型中为稳定发展的种群。从图4中还可看出辽东栎幼苗在油松—辽东栎混交林和辽东栎林中的数量虽然很充

足,但辽东栎幼树的分布却相对要少,说明辽东栎的幼苗在向幼树的发育过程中,有死亡高峰期出现,即辽东栎的更新存在瓶颈现象(王巍等,1999;高贤明等,2001),其原因有待进一步研究。

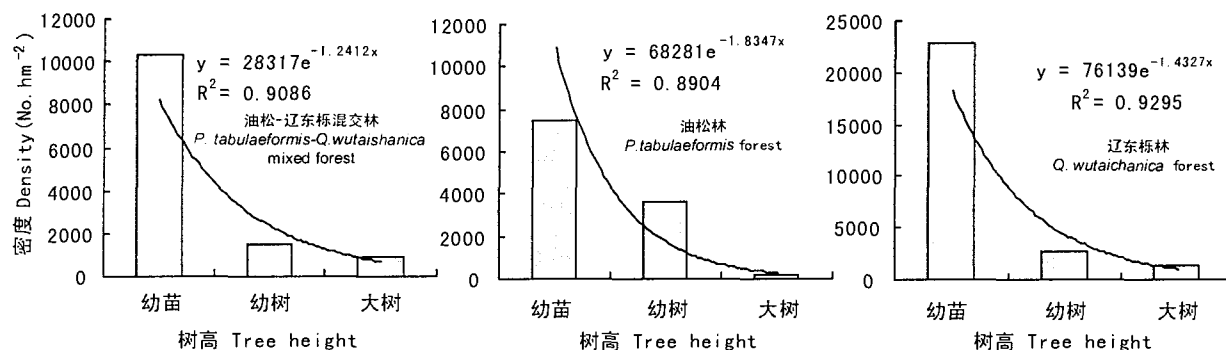


图4 几种植被类型中辽东栎在垂直结构上的数量分布
Fig. 4 Number vertical distribution of *Q. wutaishanica* in several forest types

4 讨论

4.1 辽东栎种群的发展

辽东栎在暖温带有非常广泛的分布,是暖温带山区地带性森林植被类型,由于辽东栎对第四纪以来气候的适应,不仅使它保存下来,而且更适应现今的气候条件,表现在辽东栎即适应偏冷湿气候,又具耐温干气候的广生态幅特点(朱志诚,1982)。在本研究中,辽东栎种群在黄土高原马栏林区不仅形成纯林,而且它的幼苗在几种主要的植被类型中都有分布且数量丰富。说明辽东栎在该地区的广适性以及它成为优势植被类型的可能性。同时由于辽东栎是一种具有耐寒耐旱力的中生树种,寿命长,实生植株更新良好,幼苗幼树耐荫性较强(邹厚远等,2002),所以以辽东栎为建群种的森林群落稳定性较高,自我恢复能力较强,可能是该地区的顶级群落类型。在不同植被类型中辽东栎种群处于不同的发展阶段,在油松—辽东栎混交林、油松林和辽东栎林中辽东栎种群在幼苗、幼树和成树这三等级上均有一定的分布,而在油松—白桦混交林、白桦林、山杨林和山杨—白桦混交林中辽东栎种群幼苗和幼树数量分布较多,但成树分布较少或没有。均说明辽东栎种群在该地区植被发展过程中将产生重要的作用,对该地区植被的恢复和重建具有重要的生态学意义。

4.2 辽东栎的实生和萌生特性

幼苗和幼树的死亡格局决定森林群落的空间格

局。Cho等(1991)发现栎属植物的幼树在Ohio的森林中很少,但幼苗却非常丰富。Espelta等(1995)也曾报道*Q. ilex*的更新存在瓶颈现象,因为1年生至2年生的实生幼苗在林中非常丰富,但15年以上的幼树非常少。在本研究中辽东栎种群的更新也存在这种类似现象,这一结果与王巍等(1999),高贤明等(2001)的研究结果基本一致。在马栏林区辽东栎是由实生和萌生两种个体混合组成的,其实生植株在各个植被类型中都多于萌生植株,所以辽东栎种群的更新可能主要是通过实生植株来完成的,即实生植株在更新过程中产生重要作用。但实生植株和萌生植株在不同植被类型中共存的现象可能是辽东栎适应环境压力,并通过与由动植物构成的生物环境协同进化的结果。而导致植株萌生的干扰可能会一直发生,并在更新中扮演重要角色,它可能是辽东栎种群更新得以顺利通过瓶颈的主要对策。通过这一对策可以使辽东栎种群顺利地通过更新瓶颈,完成更新的全过程(Espelta等,1995)。显然萌生更新是栎类种群繁衍和栎林稳定的一条捷径,高贤明等(2001),王中磊等(2005)在对辽东栎和锐齿槲栎(*Q. aliena*)的研究中也发现它们实生和萌生植株对整个栎林的繁衍和壮大都具有重大意义。这一结果和本文结论也是一致的。辽东栎的这种“双重更新”策略可能使它成为该地区主要建群树种的原因之一。

参考文献:

陕西省林业厅. 1964. 陕西省林业手册[M]. 22—53

- Andersson, C. 1992. The effect of weevil and fungal attacks on the germination of *Quercus robur* acorns [J]. *Fore Ecol Management*, **50**:247-251
- Crow TR. 1988. Reproductive mode and mechanisms for self-replacement of northern red oak (*Quercus rubra*)-a review [J]. *Fore Sci*, **34**:19-40
- Chen YM(陈云明), Liang YM(梁一民), Cheng JM(程积民). 2002. The zonal character of vegetation construction on Loess Plateau(黄土高原林草植被建设的地带性特征) [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, **26**(3):339-345
- Espelta JM, Retana J. 1995. Patterns of seedling recruitment in West-Mediterranean *Quercus ilex* forests influenced by canopy development [J]. *J Vegetation Sci*, **6**:465-472
- Fox JF. 1982. Adaptation of gray squirrel behavior to autumn germination by white oak acorns [J]. *Evolution*, **36**:800-809
- Gao XM(高贤明), Wang W(王巍), Du XJ(杜晓军), et al. 2001. Size structure, ecological significance and population origin of *Quercus wutaishanica* forest in Beijing Mountainous Area(北京山区辽东栎林的径级结构、种群起源及生态学意义) [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, **25**(6):673-678
- Guo ZG(郭正刚), Wu BL(吴秉礼), Wang SM(王锁民), et al. 2003. Study on rehabilitation capacity of vegetation in the upper reaches of Bailong River Region. (白龙江上游地区森林植被恢复能力的分析) [J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin(西北植物学报)*, **23**(4):537-543
- Humphrey JW, et al. 1997a. Factors affecting the natural regeneration of *Quercus* in Scottish oak woods I. Competition from *presidium aquilinum* [J]. *J Appl Ecol*, **34**:577-584
- Humphrey JW, et al. 1997b. Factors affecting the natural regeneration of *Quercus* in Scottish oak woods II. Insect defoliation of trees and seedlings [J]. *J Appl Ecol*, **34**:585-593
- Koenig WD, Mumme RL, Carmen WJ, et al. 1994. Acorn production by oaks in central coastal California: variation within and among years [J]. *Ecology*, **75**:99-109
- Liu F(刘峰), Chen WL(陈伟烈), He JS(贺金生). 2000. Population structure and regeneration of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* in Shennongjia(神农架地区锐齿槲栎种群结构与更新的研究) [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, **24**(4):396-401
- Matsuda K. 1982. Studies on the early phase of regeneration of a Konara oak (*Quercus serrata* Thunb.) secondary forest. 1. Development and premature abscissions of Konara oak acorns [J]. *JPN J Ecol*, **32**:145-152
- Matsuda K. 1985. Studies on the early phase of regeneration of a Konara oak (*Quercus serrata* Thunb.) secondary forest. 2. The establishment of current year seedlings of the forest floor [J]. *JPN J Ecol*, **35**:145-152
- Negi AS, Singh SP. 1996. Establishment and growth of *Quercus floribunda* seedlings after a mast year [J]. *J Vegetation Sci*, **7**:559-564
- Sork V, Bramble LJ, Sexton O. 1993. Ecology of mast-fruiting in three species of Missouri oaks, *Quercus alba*, *Quercus rubra*, and *Quercus velutina* [J]. *Ecology*, **74**:528-54
- Sun SC(孙书存), Chen LZ(陈灵芝). 2000. Seed demography of *Quercus liaotungensis* in Dongling Mountain Region(东灵山地区辽东栎种子库统计) [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, **24**(2):215-221
- Sun SC(孙书存), Chen LZ(陈灵芝). 2001. The effect of animal removal and ground cover on the fate of seeds of *Quercus liaotungensis*(动物搬运与地表覆盖物对辽东栎种子命运的影响) [J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, **21**(1):80-85
- Sun XX(孙晓霞), Wang XA(王孝安). 2006. Study on soil fertility of forest type in Malan Forest Region on the loess plateau(黄土高原马栏林区不同森林类型的土壤肥力研究) [J]. *Guihaia(广西植物)*, **26**(4):418-423
- Tripathi RS, Liu CR. 1999. Removal and predation of *Quercus liaotungensis* acorns by animals [J]. *Ecol Res*, **14**:225-232
- Wang W(王巍), Liu CR(刘灿然), Ma KP(马克平), et al. 1999. Population structure and dynamics of *Quercus liaotungensis* in two broad-leaved deciduous forests in Dongling Mountain(东灵山两个落叶阔叶林中辽东栎种群结构和动态) [J]. *Acta Bot Sin(植物学报)*, **41**(4):425-432
- Wang W(王巍), Li PK(李庆康), Ma KP(马克平). 2000. Establishment and spatial distribution of *Quercus liaotungensis* Koidz. seedlings in Dongling Mountain(东灵山地区辽东栎幼苗的建立和空间分布) [J]. *Acta Phytoecol Sin(植物生态学报)*, **24**(5):595-600
- Wang ZL(王中磊), Gao XM(高贤明). 2005. The regeneration of *Quercus aliena* var. *acuteserrata*: seedling pool and size structure(锐齿槲栎林的天然更新——坚果、幼苗库和径级结构) [J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, **25**(5):986-993
- Xu ZB(徐振邦), Dai LM(代力民), Chen JQ(陈吉泉), et al. 2001. Natural regeneration condition in *Pinus koraiensis* broad-leaved mixed forest(长白山红松阔叶混交林森林天然更新条件的研究) [J]. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, **21**(9):1413-1420
- Yue M(岳明). 1998. Species diversity of higher plant of *Quercus liaotungensis* forests in Qinling Mountain and the Loess Plateau(秦岭及陕北黄土区辽东栎林群落物种多样性特征) [J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin(西北植物学报)*, **18**(1):124-131
- Zhu ZC(朱志诚). 1982. A preliminary study on the *Quercus liaotungensis* forests in the Qinling Mountain and the Loess Plateau of northern part of the Shaanxi Province. (关于秦岭及陕北黄土高原辽东栎林的初步研究) [J]. *Acta Phytoecol Gebot Sin(植物生态学报与地植物学报)*, **6**(2):96-104
- Zou HY(邹厚远), Liu GB(刘国彬), Wang HS(王晗生). 2002. The vegetation development in North Ziulin Forest Region in last fifty years(子午岭林区北部近50年植被的变化发展) [J]. *Acta Bot Boreali-Occident Sin(西北植物学报)*, **22**(1):1-8