

野生甘草自然更新研究进展

马海鸽¹, 蒋 齐^{1,2}, 王占军², 刘 华², 何建龙²

(1. 宁夏大学 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021;

2. 宁夏农林科学院 荒漠化治理研究所, 宁夏 银川 750002)

摘 要:在搜集国内外大量文献资料的基础上,从甘草生物生态学特性、非生物生态因子、干扰的影响等方面综述了野生甘草自然更新的研究概况,并提出了在甘草萌生更新和群落更新等方面的研究展望,以期增进对该问题的理解,为野生甘草资源保护、永续利用及恢复沙区植被、防治荒漠化提供理论依据。

关键词:野生甘草;自然更新

中图分类号:S 567.7⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)05-0184-05

甘草(*Glycyrrhiza uralensis*)属豆科(Leguminosae)甘草属(*Glycyrrhiza* Linn.)多年生草本植物^[1],是我国荒漠、半荒漠地区重要的沙旱生植物,具有保持水土、改良土壤、防风固沙等作用。同时,随着以甘草为原料的中药保健品、中成药的不断开发利用,及其在化妆品、食品、烟草等行业的应用^[2],全世界对甘草的年平均需求量达10万t以上,其中90%的甘草原料由我国野生甘草资源出口^[3],以至甘草野生资源日趋枯竭,威胁到中药产业以及西北地区的生态安全。

自然更新包括植物的开花和结实、种子扩散和萌发、幼苗建成和生长、植物种繁殖过程及其伴生种的种群变化等多方面的生态过程^[4],对于维持和提高种群遗传多样性、种群进化,群落的维持和稳定性都有重要的作用^[5-6]。有研究表明,自然更新失败是植物种群衰退甚至消失的直接原因。因此,研究植物自然更新对明确导致植物濒危的原因,采取正确的保护对策起着非常重要的作用。20世纪70年代以来,对植物的自然更新已有大量的研究,形成了不少更新理论和模型,为植被保护、恢复及经营管理提供了重要的理论依据。而对甘草的研究更多是集中在药理和栽培等方面^[7-11],对甘草自然更新方面的研究报道很少。现对野生甘草自然更新相关文献进行梳理,总结其研究现状和存在的问题,提

出未来的研究方向,以期增进对该问题的理解,为野生甘草资源保护、永续利用及恢复沙区植被、防治荒漠化提供理论依据。

1 甘草自然更新的研究概况

1.1 甘草的生物生态学特性

开花、传粉、受精、种子发育和成熟是植物自然更新的起点。甘草为总状花序,垂直型,自下而上顺序开花,具有异花授粉的特征。小花数和单个荚果应结种子数服从近似正态分布^[12]。柱头可授性能持续4d,开花当天可授性最强,繁育系统类型为兼性异交^[13]。主要的访花昆虫有蜂类、蝶类、蝇类、蚂蚁、蚜虫等^[14]。

种子产量是决定植物种子更新成败的首要影响因素^[15-17],种子性状、质量及大小的差异性也可能影响植物的自然更新^[18-19]。野生甘草种子产量不低,但种子细小,种皮透水、透气性差,当年成熟的种子硬籽率达96.5%^[20],是其在自然状况下发芽率低主要原因之一^[21]。硬籽形成主要与种皮结构及其化学成分有关^[22]。罗广军等^[23]研究表明,浓硫酸或1%氢氧化钠溶液浸种、辐射或紫外照射等方式都可有效提高甘草种子的发芽率,以浓硫酸处理效果最好^[24];但大批量种植甘草时最好用离心式碾米机打磨串种^[7]。小粒甘草种子的发芽指数明显高于大粒种子^[25]。

种子雨(seed rain)和种子库(seed bank)是植被更新和恢复的物质基础^[4],对植被演替和扩散过程及物种的遗传多样性等方面有重要的作用。我国对于种子雨和种子库的研究主要集中在木本植物,对于草本植物的研究甚少。刘芳等^[26]研究表明,野生甘草植冠种子库中保存着大量具有高生命力的种质资源,植冠种子库推迟种子脱落、果荚吸湿开裂的特性调节种子萌发时间,确保种子在适当的时间和地点萌发,使幼苗度过敏感期,而

第一作者简介:马海鸽(1988-),女,回族,宁夏银川人,硕士研究生,现主要从事退化生态系统恢复等研究工作。E-mail: 383121712@qq.com.

责任作者:蒋齐(1965-),男,宁夏银川人,研究员,现主要从事资源与环境等研究工作。E-mail: ycjqux@163.com.

基金项目:宁夏自治区科技支撑计划资助项目(2012zzs49);国家科技支撑计划资助项目(2011BAI05B01)。

收稿日期:2012-11-14

对于其土壤种子库研究尚鲜见报道。

种子扩散是种子雨再分配的一个重要生态过程,影响种子雨、种子库时空格局,改变种子和幼苗的命运,进而影响种群的更新动态和分布格局^[27]。甘草种子属聚集型散布,主要依靠自身重力、多以荚果形式散布于母株 0~80 cm 范围内^[26]。对于外力及动物和人为因素等影响甘草种子传播的研究少。

1.2 甘草自然更新与非生物生态因子

不同的空间特征影响植物受到不同的光、热、水、气作用,从而影响其自然更新。甘草种子自西向东种粒逐渐增大;种子的发芽率、发芽势、平均发芽速度随海拔高度的增加而增大^[28]。甘草的分布趋向于低纬度高海拔地区^[29]。

光照和温度对种子萌发和幼苗建立有重要影响^[30-31],是影响植物自然更新的重要因素。适宜的光照和温度是种子萌发和幼苗建立及生长的重要条件。过高或过低的温度都可能引起种子休眠、抑制种子萌发及幼苗生长^[32-37]。目前国内外主要是通过控制光和温度,研究其对种子萌发和幼苗生长及生理特性的影响,多集中在一年生植物,对于甘草在这方面的研究尚鲜见报道。

水分是植物自然更新的另一个重要的影响因素,降雨量、降雨季节、土壤含水量等会影响种子的正常萌发和幼苗的建立及生长。甘草耐旱性强,适当干旱胁迫能提高其种子发芽率^[38-43]。虽然甘草是深根性植物,但只有在其深根系统建立之后才能显示出强的耐旱能力,水分胁迫对甘草生长的抑制作用有器官特异性^[44]。

土壤的物理结构和化学性质对于植物的自然更新也有很重要的影响^[45-47]。野生甘草无性繁殖的重要器官横走根茎主要分布在含水量较大、保水力强的终年潮湿的密沙壤层,是其保持潜在繁殖能力的重要条件^[48]。土壤化学性质对甘草的影响,主要集中在研究氮磷钾等对甘草药用成分的影响^[49],对于甘草自然更新的影响研究甚少^[50]。不适宜的盐分会对植物造成离子毒害渗透胁迫,引起养分亏缺^[51-52],盐浓度过高抑制种子萌发^[53-54]。适当浓度的盐溶液处理有利于甘草种子发芽^[55],低浓度盐对甘草的生长有促进作用。

枯枝落叶层作为植物生态系统物质循环与能量流动的基础^[56],也强烈地影响着种群的结构与更新^[57-58]。枯枝落叶层能够给土壤提供稳定的碳、氮等营养元素,经微生物分解增加土壤肥力,维持土壤微环境稳定,有利于幼苗的生长^[59-60];相反由于化感作用和机械阻挡作用影响植物而导致种群更新障碍^[37,61]。在此方面关于甘草尚鲜见报道。

1.3 甘草自然更新与干扰

1.3.1 动物与更新 微生物作用^[62]、动物摄食和损伤^[63]等原因都会损耗种子、幼苗而导致更新障碍^[64-65]。动物取食不仅使种子损失^[37,66],还会影响幼苗及植株,

改变种群结构和动态等,从而影响自然更新^[67-68]。例如,辽东栎种子富含淀粉等营养物质,是鸟类和哺乳动物的良好食物资源,在种子发育、成熟、散落、萌发到幼苗形成的过程中始终面临着巨大的捕食压力^[69-72],即使仅有极少数种子逃脱厄运长成实生幼苗^[67,73-75],也会因恶劣环境与动物取食的影响,难以顺利长成大树^[67-68]。而关于动物对甘草种子和植株的影响研究尚鲜见报道。

1.3.2 化感作用 化感作用在植物群落中普遍存在,不同植物经根、茎、叶、花等器官向体外分泌化学物质,直接或间接的影响其它植物,造成植物自然更新障碍。孙志蓉等^[76]研究发现柠条根、茎和叶水浸液抑制甘草种子发芽,甘草根、茎和叶水浸液对柠条种子发芽和幼苗生长有一定的促进作用,有关于甘草种内及种间化感作用有待进一步研究。

1.3.3 病虫害与更新 虫害和病害影响种子和幼苗,使幼苗或植株叶片脱离,丧失光合能力,缺乏成功定居的实生幼苗^[77-79],影响植物自然更新。甘草虫害中危害严重的有宁夏胭珠蚧、甘草萤叶甲、乌苏黑蚜、甘草黑蚜、短毛草象、甘草豆象、甘草种子小蜂等,按其危害热点可分为刺吸类、食叶类、食种子类、地下类和仓储类等,研究者对它们的发生规律与为害特点进行了描述,刺吸类多会造成叶片皱缩、卷曲、枯黄甚至提前落叶,食叶类主要是以甘草叶片和嫩梢为食,严重时植株全部吃光造成植物死亡,食种子类使得种子被蛀率达 35% 以上,受害籽被掏空,对种子产量影响很大,地下类常咬食胚轴子叶或者寄生在植株内,导致其难以萌芽返青,甚至死亡^[80-81]。

2 甘草自然更新未来研究方向

2.1 萌生更新

萌生更新作为植物繁殖的另一种重要对策,由于环境条件不利和干扰胁迫,植物普遍采取萌生更新^[82]。国外对萌生更新研究很多^[83],尤其作为火后更新的重要机制研究较多^[84]。我国对这方面的研究还处于探索阶段,对萌生更新机理研究很少,主要是研究天然林萌枝生态学以及一些经济林木的伐后更新状况^[85]。野生甘草种子更新困难,但其地下根状茎繁殖力强,在地表数 10 m 以下呈水平状向母株四周伸延,数年后 1 株甘草可发新株数十株^[21],可见萌生更新是对甘草种子更新困难的一种重要的补充和适应,对于种群的延续、群落的维持和稳定有重要的作用^[86],因此,应加强对野生甘草萌生更新的研究。

2.2 群落的更新

在不同植被类型中,生境特点、种群的结构、群落物种组成和结构及动态变化不同,因而自然更新的机制和规律不同。例如,以辽东栎为主的林分内,辽东栎幼苗平均密度为 1 820 丛(株)/hm²,更新较好;而以山杨为主的林分内,由于辽东栎母树少,林下枯枝落叶层厚度大,

幼苗难以吸收土壤中的养分和水分,辽东栎幼苗和幼树平均密度仅为 652 丛(株)/hm²,更新相对较差^[87]。目前,国内外对这方面的研究主要集中在各种森林类型的群落更新研究,且集中于研究林窗对更新动态影响,对于草本植物,尤其是甘草在这方面的研究尚鲜见报道。

关于甘草自然更新的研究多集中于种子更新方面,包括开花、传粉、受精、种子成熟和种子扩散的过程,以及种子萌发和幼苗生长过程中对水分胁迫和盐胁迫的响应,干扰对甘草自然更新影响的研究多集中在病虫害的影响上,对于化感作用的研究较少。总体上都是集中在栽培和优化种植上,而在土壤种子库、光照和温度等因素对甘草种子萌发和幼苗生长的影响、动物和凋落物对甘草自然更新的干扰及萌生更新和群落的更新方面未见报道。鉴于在三北地区分布区域广泛但资源破坏严重的重要沙旱生及药用资源植物甘草的重要生态作用和经济价值,以及其自然更新研究的基本空白的状况,全面地、深入地研究野生甘草自然更新的主要途径,找出其自然更新过程中形成瓶颈的关键环节,对于野生甘草资源的保护和永续利用及恢复沙区植被,防治荒漠化具有重要意义。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 167-175.
- [2] 丘明新, 刘家琼. 我国干旱地区甘草草地资源的利用与保护[J]. 自然资源学报, 1993, 8(4): 314-321.
- [3] 周成明. 80 种常用中草药栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 2-5.
- [4] Harper J L. Population biology of plants[M]. New York: Academic Press USA, 1977.
- [5] Kanno H, Seiwa K. Sexual vs. vegetative reproduction in relation to forest dynamics in the understory shrub, *Hydrangea paniculata* (Saxifragaceae) [J]. Plant Ecology, 2004, 170(1): 43-53.
- [6] Miller P, Kauffman J. Seedling and sprout response to slash-and-burn agriculture in a tropical deciduous forest [J]. Biotropica, 1998, 30 (4): 538-546.
- [7] 李明, 蒋齐, 张青云, 等. 宁夏中部干旱带甘草人工种植技术研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(1): 144-148.
- [8] 王立, 潘自力, 李家恒. 甘草人工高效立体栽培技术及其效益分析[J]. 甘肃农业科技, 2005(12): 22.
- [9] 张清云, 赵久顺, 李绍先, 等. 不同栽培因子对甘草产量的影响研究[J]. 安徽农学通报(上半月刊), 2012, 18(5): 67-69.
- [10] 孙志蓉, 翟明普, 王文全, 等. 密度对甘草苗生长及甘草酸含量的影响[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(21): 2222-2226.
- [11] 杨发林, 李克昌, 胡崇礼. 甘草种子人工繁育暨配套栽培技术研究初报[J]. 草业科学, 2004, 21(12): 90-94.
- [12] 马春英, 王文全, 张学静, 等. 乌拉尔甘草花部特征和开花结实特性的研究[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(2): 295-299.
- [13] 廖云海, 陆嘉惠, 张昭昭, 等. 光果甘草生殖生物学特性的初步研究[J]. 西北植物学报, 2010(5): 939-943.
- [14] 田润炜, 陆嘉惠, 谢良碧, 等. 光果甘草与乌拉尔甘草开花与传粉方式对生殖及种间关系的影响[J]. 西北植物学报, 2012, 32(10): 2004-2008.
- [15] 于顺利, 蒋高明. 土壤种子库的研究进展及若干研究热点[J]. 植物生态学报, 2003, 27(4): 552-560.
- [16] 杨美霞, 邹受益, 赵学勇. 吉林泰地区梭梭林天然更新研究[J]. 内蒙古林业学院学报, 1995, 17(2): 74-86.
- [17] 杨占彪, 李圣男, 金红喜. 六盘山林区华北落叶松天然更新影响因素研究[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(3): 206-209.
- [18] Mandák B. How does seed heteromorphism influence the life history stages of *Atriplex sagittata* (Chenopodiaceae) [J]. Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 2005, 200(6): 516-526.
- [19] 程芸. 武陵山区珙桐群落生物多样性与天然更新研究[J]. 林业调查规划, 2008, 33(2): 1-4.
- [20] 张应昌. 甘草人工栽培技术[J]. 中草药, 1995, 26(6): 314-318.
- [21] 王玉庆, 贺润喜. 固沙植物甘草与土地荒漠化探析[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 194-195.
- [22] 孙群, 李军会, 王建华, 等. 乌拉尔甘草单粒种子硬实特性的近红外光谱分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(10): 2669-2672.
- [23] 罗广军, 金春德, 吴玉德, 等. 甘草种子处理方法的研究进展[J]. 延边大学农学学报, 2000, 22(3): 233-236.
- [24] 葛淑俊, 李秀凤, 谭冰海, 等. 不同处理对乌拉尔甘草种子发芽率及过氧化物酶活性的影响[J]. 种子, 2008, 27(9): 42-45.
- [25] 王永春, 马爱玲, 王军伟, 等. 籽粒大小对乌拉尔甘草种子质量的影响[J]. 种子, 2008, 27(11): 89-91.
- [26] 刘芳, 肖彩虹. 野生甘草资源植物种子库特性的初步研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(3): 175-177.
- [27] Rey P J, Alcantara J M. Recruitment dynamics of a fleshy-fruited plant (*Olea europaea*): connecting patterns of seed dispersal to seedling establishment [J]. Journal of Ecology, 2000, 88(4): 622-633.
- [28] 魏胜利, 王文全, 秦淑英, 等. 甘草种源种子形态与萌发特性的地理变异研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(8): 869-872.
- [29] 卢颖, 刘仁权, 王文全, 等. 应用因子分析探讨影响甘草地理分布的环境因素[J]. 中草药, 2011, 42(9): 1822-1827.
- [30] 闫兴富. 辽东栎的繁殖体及其与种群更新的关系[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(5): 103-107.
- [31] 卢彦昌, 张文辉, 陆元昌. 黄龙山林区不同培育措施对辽东栎种群结构与动态的影响[J]. 西北植物学报, 2006, 26(7): 1407-1413.
- [32] 贺顺钦, 王发其. 辽东栎苗木早期生长与光的关系[J]. 林业科学研究, 2001, 14(6): 697-700.
- [33] 吴彦, 刘庆, 何海, 等. 光照与温度对云杉和红桦种子萌发的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2229-2232.
- [34] 李荣, 张文辉, 何景峰, 等. 不同间伐措施对辽东栎幼苗自然更新及生长状况的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2011, 39(1): 52-60.
- [35] 任坚毅, 林玥, 岳明. 太白山红桦种子的萌发特性[J]. 植物生态学报, 2008, 32(4): 883-890.
- [36] 闫兴富, 曹敏. 种皮和环境温度对橡胶树种子萌发的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2009, 17(6): 584-589.
- [37] 王晗生. 干旱影响下人工林的天然更新进程[J]. 干旱区研究, 2012, 29(5): 743-750.
- [38] 刘艳, 陈贵林, 蔡贵芳, 等. 干旱胁迫对甘草幼苗生长和渗透调节物质含量的影响[J]. 西北植物学报, 2011, 31(11): 2259-2264.
- [39] 鲁守平, 孙群, 洪露, 等. 干旱胁迫下不同种源甘草幼苗的生理反应及其抗旱性分析[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(5): 140-144.
- [40] 梁新华, 史大刚. 干旱胁迫对光果甘草幼苗根系 MDA 含量及保护酶 POD, CAT 活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(3): 108-110.
- [41] 史薇, 徐海量, 赵新风, 等. 胀果甘草种子萌发对干旱胁迫的生理响

- 应[J]. 生态学报, 2010, 30(8): 2113-2116.
- [42] 梁新华. 干旱胁迫对甘草种子萌发及 CAT 活性的影响[J]. 宁夏农林科技, 2004(3): 1-3.
- [43] 刘长利, 王文全, 魏胜利. 干旱胁迫对甘草种子吸胀萌发的影响[J]. 中草药, 2004, 35(12): 1402-1405.
- [44] 刘长利, 王文全, 李帅英, 等. 干旱胁迫对甘草生长的影响[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(10): 931-934.
- [45] Stevenson F J, Cole M A. Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients[M]. New York: John Wiley and Sons, 1986: 279-325.
- [46] Bungard R A, Zipperlen S A, Press M C, et al. The influence of nutrients on growth and photosynthesis of seedlings of two rainforest dipterocarp species[J]. Functional Plant Biology, 2002, 29(4): 505-515.
- [47] Muscolo A, Sidari M, Mercurio R. Influence of gap size on organic matter decomposition, microbial biomass and nutrient cycle in *Calabrian pine* (*Pinus laricio*, Poiret) stands[J]. Forest Ecology and Management, 2007, 242(2): 412-418.
- [48] 祖元刚, 赵则海, 杨逢建, 等. 人为扰动程度对土壤环境和甘草地下根系的影响[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 724-729.
- [49] 李明, 张清云, 蒋齐, 等. 氮磷钾互作效应对甘草酸含量影响的初步研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(4): 117-121.
- [50] 李琼翠, 李俊达, 刘冉, 等. 不同浓度磷对甘草生长及药用成分的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(6): 153-157.
- [51] 郑青松, 刘玲, 刘友良, 等. 盐分和水分胁迫对芦荟幼苗渗透调节和渗透物质积累的影响[J]. 植物生理与分子生物学报, 2003, 29(6): 585-588.
- [52] 赵可夫, 范海. 盐胁迫下真盐生植物与泌盐植物的渗透调节物质及其贡献的比较研究[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2): 99-105.
- [53] 王东明, 贾媛, 崔继哲. 盐胁迫对植物的影响及植物盐适应性研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(4): 124-128.
- [54] Parida A K, Das A B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2005, 60(3): 324-349.
- [55] 塔依尔, 张风华, 周建文, 等. 盐胁迫对乌拉尔甘草种子萌发的影响研究[J]. 种子, 2010(7): 21-24.
- [56] Blagoveshchenskii Y N, Bogatyrev L, Solomatova E, et al. Spatial variation of the litter thickness in the forests of Karelia[J]. Eurasian Soil Science, 2006, 39(9): 925-930.
- [57] M Emery S, L Gross K. Dominant species identity regulates invasibility of old-field plant communities[J]. Oikos, 2006, 115(3): 549-558.
- [58] Sayer E J. Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems[J]. Biological Reviews, 2006, 81(1): 1-31.
- [59] 王贺新, 李根柱, 于冬梅. 枯枝落叶层对森林天然更新的障碍[J]. 生态学杂志, 2008, 27(1): 83-88.
- [60] 羊留冬, 杨燕, 王根绪. 森林凋落物对种子萌发与幼苗生长的影响[J]. 生态学杂志, 2010(9): 1820-1826.
- [61] 李霄峰, 胥晓, 王碧霞, 等. 小五台山森林落叶层对天然青杨种群更新方式的影响[J]. 植物生态学报, 2012, 36(2): 109-116.
- [62] DeLong D L, Simard S W, Comeau P G, et al. Survival and growth response of seedlings in root disease infected partial cuts in the Interior Cedar Hemlock zone of southeastern British Columbia[J]. Forest Ecology and Management, 2005, 206(1): 365-379.
- [63] Wang Z Q, Wang J B, Sun Z H, et al. Quantitative study of below-and above-ground competitions in mandchurican ash seedlings[J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23: 1512-1518.
- [64] Gao X, Sun S. Effects of the small forest carnivores on the recruitment and survival of Liaodong oak (*Quercus wutaishanica*) seedlings[J]. Forest Ecology and Management, 2005, 206(1): 283-292.
- [65] Hutchins H E, Hutchins S A, Liu B W. The role of birds and mammals in Korean pine (*Pinus koraiensis*) regeneration dynamics[J]. Oecologia, 1996, 107(1): 120-130.
- [66] 岳红娟, 全川, 朱锦懋, 等. 濒危植物南方红豆杉种子雨和土壤种子库特征[J]. 生态学报, 2010, 30(16): 4389-4400.
- [67] 张知彬. 埋藏和环境因子对辽东栎(*Quercus liaotungensis* Koidz.)种子更新的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(3): 374-384.
- [68] Li H J, Zhang Z B. Effect of rodents on acorn dispersal and survival of the Liaodong oak (*Quercus liaotungensis* Koidz.) [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 176(1): 387-396.
- [69] 高贤明, 杜晓军, 王中磊. 北京东灵山地区两种生境条件下辽东栎幼苗补充与建立的比较[J]. 植物生态学报, 2003, 27(3): 404-411.
- [70] Yu X, Zhou H, Luo T. Spatial and temporal variations in insect-infested acorn fall in a *Quercus liaotungensis* forest in North China[J]. Ecological Research, 2003, 18(2): 155-164.
- [71] Sun S, Gao X, Chen L. High acorn predation prevents the regeneration of *Quercus liaotungensis* in the Dongling Mountain Region of North China[J]. Restoration Ecology, 2004, 12(3): 335-342.
- [72] Zhang H, Chen Y, Zhang Z. 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]. Forest Ecology and Management, 2008, 255(3): 1243-1250.
- [73] 马杰, 李庆芬, 孙儒泳, 等. 啮齿动物和鸟类对东灵山地区辽东栎种子丢失的影响[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1): 107-110.
- [74] 李宏俊, 张洪茂, 张知彬. 鼠类对辽东栎橡子的搬运[J]. 兽类学报, 2006, 26(1): 8-12.
- [75] Li Q, Ma K. Factors affecting establishment of *Quercus liaotungensis* Koidz. under mature mixed oak forest overstory and in shrubland[J]. Forest Ecology and Management, 2003, 176(1): 133-146.
- [76] 孙志蓉, 翟明普, 贺润平, 等. 甘草柠条水浸物对种子萌发和幼苗生长的相互影响[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(21): 2459-2463.
- [77] 陈智平, 王辉, 袁宏波. 子午岭辽东栎林土壤种子库及种子命运研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2005, 40(1): 7-12.
- [78] 马杰, 阎文杰, 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.
- [79] 陈莉, 程积民, 万惠娥, 等. 子午岭辽东栎天然林土壤种子库研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(4): 150-155.
- [80] 钱锋利, 张治科, 南宁丽. 甘草种子害虫生物学特性和田间发生规律研究[J]. 农业科学研究, 2008, 29(2): 47-49.
- [81] 贺答汉, 贾彦霞, 段心宁. 宁夏甘草害虫的发生及综合防治技术体系[J]. 宁夏农学院学报, 2004, 25(2): 21-24.
- [82] Bell D T. Ecological response syndromes in the flora of southwestern Western Australia: fire resprouters versus reseeder [J]. The Botanical Review, 2001, 67(4): 417-440.
- [83] Krumbiegel A. Growth forms of biennial and pluriennial vascular plants in central Europe[J]. Nordic Journal of Botany, 1999, 19(2): 217-226.
- [84] Konstantinidis P, Tsiouris G, Xofis P. Effect of fire season, aspect and pre-fire plant size on the growth of *Arbutus unedo* L. (strawberry tree) resprouts[J]. Forest Ecology and Management, 2006, 225(1): 359-367.
- [85] 王希华, 严晓, 闫恩荣, 等. 天童几种常绿阔叶林优势种在砍伐后萌枝更新的初步研究[J]. 武汉植物学研究, 2004, 22(1): 52-57.