

地上竞争与地下竞争对科尔沁沙地榆树幼苗生长的影响*

唐毅^{1,2} 蒋德明^{1**} 陈卓³ 押田敏雄⁴

(¹中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016; ²中国科学院研究生院, 北京 100039; ³翁牛特旗治沙站, 内蒙古赤峰 024500; ⁴日本麻布大学, 日本相模原 252-5201)

摘要 榆树疏林草原对科尔沁沙地植被恢复和景观保护有着重要意义. 本文采用双因素两水平控制试验, 从幼苗生物量、地下/地上生物量、茎高、根茎比、叶片数等方面, 研究了草-树地上、地下竞争对科尔沁沙地榆树幼苗生长的影响. 结果表明: 对于1年生榆树幼苗, 单株平均生物量表现为无竞争>地上竞争>全竞争>地下竞争; 地下/地上生物量表现为地下竞争>全竞争>无竞争>地上竞争; 幼苗高度表现为地上竞争>无竞争>全竞争>地下竞争; 根茎比表现为地下竞争>全竞争>无竞争>地上竞争; 叶片数表现为地上竞争>无竞争>地下竞争>全竞争. 地下竞争对1年生榆树幼苗生长影响显著, 而地上竞争对榆树幼苗生长无显著影响. 地上竞争与地下竞争对2年生榆树幼苗生长的影响均不显著. 科尔沁沙地草本植物对榆树幼苗生长的影响主要通过地下竞争的方式实现, 但地下竞争并没有改变榆树幼苗的资源分配方式. 随榆树幼苗龄级的增长, 草本植物竞争作用的影响逐渐减弱.

关键词 榆树疏林草原 草-树竞争 天然更新 科尔沁沙地

文章编号 1001-9332(2011)08-1955-06 **中图分类号** Q948.12 **文献标识码** A

Effects of aboveground and belowground competition between grass and tree on elm seedlings growth in Horqin Sandy Land. TANG Yi^{1,2}, JIANG De-ming¹, CHEN Zhuo³, TOSHIO Oshida⁴ (¹*Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;* ²*Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;* ³*Wengniute Banner Station for Desertification Control, Chifeng 024500, Inner Mongolia, China;* ⁴*Azabu University, Sagami-hara 252-5201, Japan*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2011, 22(8): 1955-1960.

Abstract: Elm sparse woodland steppe plays an important role in vegetation restoration and landscape protection in Horqin Sandy Land. In this paper, a two-factor and two-level field experiment was conducted to explore the effects of aboveground and belowground competition between grass and tree on the growth of elm seedlings in the Sandy Land. Five aspects were considered, *i. e.*, seedling biomass, belowground biomass/aboveground biomass, stem height, ratio of root to stem, and leaf number. For the one-year-old elm seedlings, their biomass showed a trend of no competition > aboveground competition > full competition > belowground competition, belowground biomass / aboveground biomass showed a trend of belowground competition > full competition > no competition > aboveground competition, stem height showed a trend of aboveground competition > no competition > full competition > belowground competition, root / stem ratio showed a trend of belowground competition > full competition > no competition > aboveground competition, and leaf number showed a trend of aboveground competition > no competition > belowground competition > full competition. Belowground competition had significant effects on the growth of one-year-old elm seedlings, while aboveground competition did not have. Neither belowground competition nor aboveground competition had significant effects on the growth of two-year-old elm seedlings. It was suggested that in Horqin Sandy Land, grass affected the growth of elm seedlings mainly via belowground competition, but the belowground competition didn't affect the resource allocation of elm

* 国家自然科学基金项目(41071187)和国家公益性行业科研专项(201004023)资助.

** 通讯作者. E-mail: jiangdeming@iae.ac.cn

2011-01-24 收稿, 2011-05-03 接受.

seedlings. With the age increase of elm seedlings, the effects of grass competition on the growth of elm seedlings became weaker.

Key words: elm sparse woodland steppe; grass-tree competition; natural regeneration; Horqin Sandy Land.

科尔沁沙地是我国四大沙地之一^[1],也是我国北方农牧交错带沙漠化最严重的地区^[2].长期的人类活动使得原有榆树疏林草原景观遭到破坏^[3],其建群种榆树(*Ulmus pumila*)也面临着数量减少、树龄老化和幼苗缺乏等问题^[4-5].榆树疏林草原是我国典型温带疏林草原^[6],稀疏乔木以及灌木和草本植物组成较为独特的景观.作为科尔沁沙地原生植被和顶极群落,榆树疏林草原是沙地植物群落正向演替的方向,对沙地植被恢复有着重要意义^[7].因此,目前疏林草原榆树天然更新问题日益受到重视^[8].

在榆树天然更新过程中,幼苗生长阶段往往影响种群分布格局和群落结构,也可能成为限制种群更新的重要因素^[9].研究表明,幼苗生长容易受非生物因素(如水分、光照)和生物因素(如放牧、微生物、小型哺乳动物)的影响^[10-13].生物因素中,物种间的竞争是影响幼苗生长的重要因素^[14].例如,种间竞争可以减少幼苗的生物量^[15-16],增加幼苗高度,改变生物量分配比例^[17-18].

物种间的竞争作用除了地上竞争之外,还表现为地下竞争.物种间地上竞争和地下竞争对幼苗生长均有影响,而且哪一方占主导尚未有定论^[19-20].目前乔木与草本之间地上和地下竞争相互关系的研究还局限于热带草原^[21-22],在温带草原中还未见报道.而处于温带草原的榆树疏林为探索树-草相互作用提供了适合的场所.在榆树幼苗生长阶段,地上竞争还是地下竞争起的作用更大?随着榆树幼苗年龄的增长,这种影响是否存在变化?这对于揭示疏林榆树种群更新机制,沙地植被恢复,推动温带地区草-树相互作用的研究具有重要意义.

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

本研究设在位于内蒙古自治区翁牛特旗境内的乌兰敖都试验站内(43°01'51" N, 119°38'49.3" E),平均海拔479 m,地处科尔沁沙地腹地.该地区属温带大陆性气候类型,年均气温6.3℃,极端最高和最低气温为39℃和-29.3℃,≥10℃的积温为3000℃~3200℃.年均降雨量为350 mm,全年降雨量的70%

集中在6—8月,年蒸发量2500 mm,无霜期140~160 d.该地区以坨甸相间的风沙地貌为主,流动沙丘、固定沙丘广泛分布.主要土壤类型为沙质栗钙土.

1.2 研究方法

在乌兰敖都试验站内设置4块2 m×4 m的固定样地.每块样地内设置8个50 cm×50 cm的小样方.选择高度相近、地径相近的一年生榆树幼苗移栽到小样方内,每个小样方内1株.每种处理下榆树幼苗为8株(共32株).

由于没有2年生榆树幼苗可以移栽,故在乌兰敖都站外选择条件相近的样地进行试验.站内和站外样地内草本植物种类大致相同,主要有:狗尾草(*Setaria viridis*)、虎尾草(*Chloris virgata*)、花苜蓿(*Medicago sativa*)、绿珠藜(*Chenopodium acuminatum*)、灰绿藜(*Chenopodium glaucum*)、画眉草(*Eragrostis pilosa*)和虫实(*Corspermum candelabrum*)等.植被盖度为20%~60%,草本植物的高度为20~50 cm.在面积为20 m×20 m的样地内,随机选择2年生榆树幼苗.为避免榆树幼苗之间的相互影响,榆树幼苗相互距离在1 m以上.处理方式与1年生榆树幼苗的相同,每个处理有4个重复(共16株).

试验中,采用地表刈割草本植物法和地下隔离根系法区分地上部分与地下部分的相互作用.对需要排除地上部分影响的样方,刈割样方内的所有草本植物,至距地表1 cm,每月刈割一次.对需要排除地下部分影响的样方,以榆树幼苗为中心,将尼龙网埋至地下25 cm,尼龙网围成圆柱状,距离榆树幼苗20 cm,网眼密度为100目.本试验为两因素两水平控制试验.4种处理分别是:1)排除地上部分影响,保留地下部分影响;2)排除地下部分影响,保留地上部分影响;3)同时排除地上和地下部分影响;4)同时保留地上和地下部分影响.

生长季末(9月中旬),统计榆树幼苗的叶片数,并将所有榆树幼苗(共48株)挖出带至实验室,清洗、烘干,测量地上、地下部分生物量.

1.3 数据处理

采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和两因素方差分析(two-way ANOVA)处理数据,Turkey方法检验差异显著性,显著性水平设定为 $\alpha=0.05$.数

据分析通过 SPSS 软件完成。

2 结果与分析

2.1 竞争作用对榆树幼苗生物量的影响

由图 1 可以看出,地上竞争和无竞争条件下,1

年生榆树幼苗单株生物量分别为 (5.68 ± 1.01) g 和 (5.91 ± 0.85) g,显著高于地下竞争和全竞争下的单株生物量 (1.60 ± 1.12) g、 (1.90 ± 0.23) g. 无竞争与地上竞争,全竞争与地上竞争的榆树幼苗之间生物量差异不显著. 4种处理下,2年生榆树单株

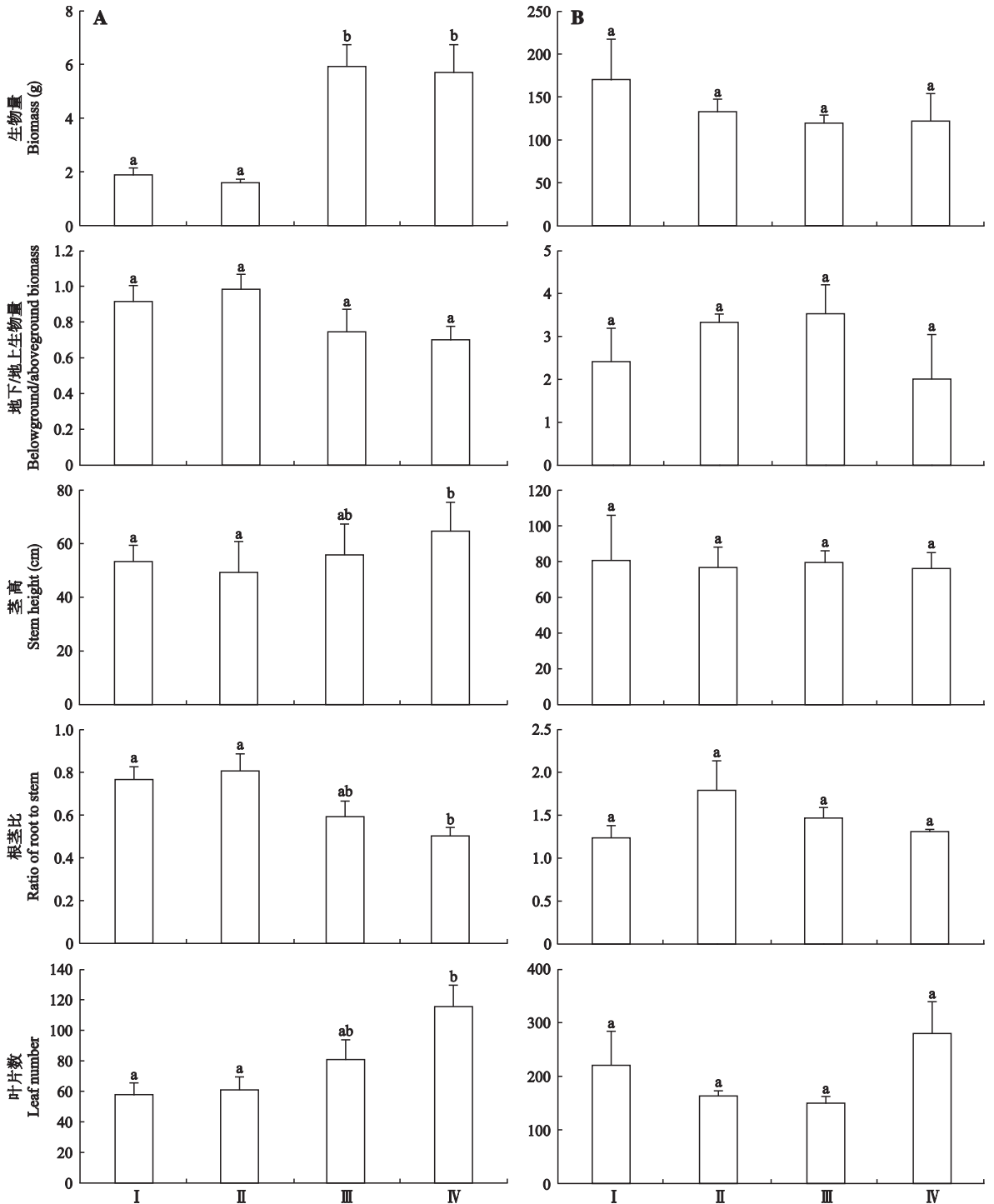


图 1 草本竞争对榆树幼苗生长的影响

Fig. 1 Effects of competition of herbs on the growth of elm seedlings (mean \pm SD).

A: 1 年生幼苗 One-year-old elm seedling; B: 2 年生幼苗 Two-year-old elm seedling. I: 全竞争 Full competition; II: 地下竞争 Belowground competition; III: 无竞争 No competition; IV: 地上竞争 Aboveground competition. 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different letters meant significant difference at 0.05 level.

表 1 地上竞争与地下竞争对不同苗龄榆树幼苗生长的影响

Table 1 Effects of above- and below-ground competition on the growth of elm seedlings of different ages

苗龄 Age	生物量 Biomass		地下/地上生物量 Below/above-ground biomass		茎高 Stem height		根茎比 Root/stem		叶片数 Leaf number		
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	
	1 年生 One-year-old (<i>n</i> = 32)	I	36.19	0.000	5.62	0.025	6.05	0.017	13.51	0.001	12.35
	II	0.00	0.958	0.40	0.533	3.22	0.084	0.94	0.340	2.00	0.168
	III	0.16	0.693	0.01	0.943	0.56	0.462	0.13	0.723	3.01	0.094
2 年生 Two-year-old (<i>n</i> = 16)	I	1.05	0.325	0.02	0.896	0.01	0.923	0.42	0.530	0.27	0.612
	II	0.40	0.539	2.82	0.119	0.00	0.981	3.39	0.091	4.60	0.053
	III	0.32	0.579	0.18	0.670	0.30	0.593	1.05	0.325	0.75	0.405

I: 地下竞争 Belowground competition; II: 地上竞争 Aboveground competition; III: 交互作用 Interaction of above- and below-ground competition.

幼苗生物量依次为: (169.54 ± 47.70) g、(133.54 ± 13.51) g、(119.90 ± 8.58) g、(121.75 ± 32.38) g, 处理之间差异不显著。

幼苗地下/地上生物量反映了资源的分配比例。全竞争、地下竞争、无竞争和地上竞争处理下, 1 年生榆树幼苗的地下/地上生物量依次为: (0.91 ± 0.09)、(0.98 ± 0.08)、(0.75 ± 0.12)、(0.69 ± 0.08), 处理之间差异不显著; 2 年生榆树幼苗的地下/地上生物量分别为: (2.43 ± 0.75)、(3.33 ± 0.19)、(3.54 ± 0.66)、(2.02 ± 1.02)。尽管 2 年生榆树幼苗地下/地上生物量最大值为最小值的 1.5 倍, 但其间差异未达显著水平。1 年生榆树幼苗地下/地上生物量均 < 1, 而 2 年生榆树幼苗地下/地上生物量均 > 1。

2.2 竞争作用对榆树幼苗高度和根茎比的影响

由图 1 可以看出, 全竞争、地下竞争、无竞争和地上竞争处理下, 1 年生榆树幼苗高度分别为: (52.98 ± 4.21) cm、(49.24 ± 11.51) cm、(55.60 ± 11.94) cm 和 (64.66 ± 10.69) cm。其中, 地上竞争处理的幼苗高度显著高于地下竞争和全竞争处理; 2 年生榆树幼苗高度分别为: (80.43 ± 24.88) cm、(76.58 ± 11.02) cm、(79.88 ± 6.06) cm 和 (75.68 ± 9.08) cm, 各处理间差异未达到显著水平。

4 种处理下, 1 年生榆树幼苗根茎比依次为: (0.77 ± 0.06)、(0.81 ± 0.08)、(0.59 ± 0.07)、(0.50 ± 0.04)。其中地上竞争与地下竞争和全竞争处理之间的根茎比差异显著; 2 年生榆树幼苗根茎比分别为: (1.24 ± 0.14)、(1.79 ± 0.34)、(1.47 ± 1.12)、(1.31 ± 0.02)。地下竞争处理的根茎比最大, 全竞争处理的根茎比最小, 但各处理间的差异均不显著。

2.3 竞争作用对榆树幼苗叶片数的影响

由图 1 可以看出, 全竞争、地下竞争、无竞争和地上竞争处理下, 1 年生榆树幼苗叶片数分别为 (57.6 ± 7.9)、(61.1 ± 6.6)、(80.6 ± 12.9)、(115.1 ± 14.4)。其中地上竞争处理的幼苗叶片数显著高于

全竞争和地下竞争处理, 而无竞争处理的幼苗叶片数与其他 3 种处理之间差异不显著。2 年生榆树幼苗叶片数依次为 (220.0 ± 63.3)、(164.0 ± 8.6)、(149 ± 13.30)、(280.50 ± 58.13), 但不同处理间的差异不显著。

2.4 地上竞争与地下竞争对榆树幼苗生长的影响

由表 1 可以看出, 地下竞争对 1 年生榆树幼苗生物量、地下/地上生物量、茎高、根茎比、叶片数均有显著影响。而地上竞争对 1 年生榆树幼苗的影响不显著。地上竞争与地下竞争的交互作用对 1 年生榆树幼苗生长的影响不显著。地上竞争、地下竞争以及二者的交互作用对 2 年生榆树幼苗生长的影响均未达到显著水平。这说明草本植物对 1 年生榆树幼苗影响较大, 而对 2 年生榆树幼苗生长几乎无影响。

3 讨 论

本研究表明, 草本植物与榆树幼苗之间的地下竞争对 1 年生榆树幼苗单株生物量、地下/地上生物量、茎高、根茎比、叶片数有显著影响, 而地上竞争对 1 年生榆树幼苗的影响不显著, 二者间的交互作用不显著。这一结果与 Bloor 等^[17]和 Platt 等^[23]的研究结果一致, 但与 Holl^[24]研究结论不同。这是因为地上竞争与地下竞争的相对重要性, 取决于何种因素是该植物种生长的限制因素。一般认为, 植物地上竞争集中于对光资源的竞争, 地下竞争集中于根系对水分和养分的竞争^[25-26]。本研究区位于科尔沁沙地, 光资源不是制约当地植物生长的主要因素, 水分和养分是主要因素, 因而地下竞争对榆树幼苗生长影响较大。但本研究没有具体区分水分和土壤养分哪一个是制约榆树幼苗生长最为重要的因素。这一缺憾将在以后的研究中加以弥补。榆树幼苗与草本植物的竞争中是否存在阈值, 当资源水平超过这一水平时, 竞争作用是否会发生显著变化。这些问题都有待进一步研究。

地下竞争作用下 1 年生榆树幼苗的单株平均生物量低于地上竞争作用下的 1 年生榆树幼苗, 而根茎比却高于地上竞争处理下的榆树幼苗. 这意味着草本植物对 1 年生榆树幼苗的地下竞争不仅造成生物量减少, 而且促使榆树幼苗根系更多地向下生长. 这一结果与疏林草原中草本植物根系往往分布于距离地表 20 cm 以内, 而榆树的根系分布在 20 cm 以下的结论一致^[27]. 这是由于榆树通过根系生长获得土壤深层的资源, 实现与草本植物的共存.

4 种处理间榆树幼苗地下/地上生物量的差异均不显著, 表明尽管榆树幼苗获得资源的总量发生改变, 但其用于地上部分和地下部分生长的资源分配比例未发生变化. 这一结果与 Cahill^[28] 对 10 种草本植物的研究结果一致. 表明光资源是榆树幼苗生长过程中的重要因素. 如果光资源对榆树幼苗生长的作用减弱, 榆树幼苗会改变资源分配比例, 减少地上部分的资源投入, 把更多资源用于地下部分生长, 以便在地下竞争中占据有利地位. 因此, 在考虑改变资源供给数量的前提下, 研究地上竞争与地下竞争对榆树幼苗生长的影响可能更有意义.

地下竞争对 1 年生榆树幼苗生长的影响较明显, 但对 2 年生榆树幼苗生长的影响不显著. 这与乔木个体大小对种间竞争有很大影响的结论一致^[29-30]. 因此可以猜测, 随着榆树个体增大, 草本植物对榆树生长的影响可能会越来越弱. 其原因在于榆树幼苗获得资源的能力与自身生长状况关系密切. 这需要收集不同龄级和个体大小的榆树幼苗生长资料加以验证. 这一结果在热带稀树草原中已有报道^[31], 但在温带草原中还未见报道. 由于缺少相关资料, 目前还不能判断这是某一个或者几个物种中存在的偶然现象, 还是在不同草原类型中的普遍规律.

不同苗龄的榆树幼苗根茎比变化较大, 1 年生榆树幼苗的根茎比普遍小于 1, 而 2 年生榆树幼苗根茎比普遍大于 1. 这意味着扩展根系对幼苗期榆树非常重要. 这一现象也反映出在沙地环境中, 光资源不是限制榆树幼苗生长的因素. 此外, 根系扩展与地上部分扩展先后顺序可能与幼苗出生年份有关. 这种差异在于不同物种对环境变化响应策略的差异.

致谢 野外调查得到中国科学院沈阳应用生态研究所骆永明、王红梅工程师的大力协助.

参考文献

[1] Jiang D-M (蒋德明), Liu Z-M (刘志民), Cao C-Y

- (曹成有), *et al.* Desertification and Ecological Restoration of Keerqin Sandy Land. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 2003 (in Chinese)
- [2] Zhao X (赵雪), Zhao W-Z (赵文智), Bao Y (宝音), *et al.* Fragile Environment Governance of Bashi, Hebei Province. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 1997 (in Chinese)
- [3] Li G-T (李钢铁), Yao Y-F (姚云峰), Zou S-Y (邹受益), *et al.* Studies on elm woodland steppe in Kerqin sandy land. *Journal of Arid Land Resources and Environment* (干旱区资源与环境), 2004, **18**(6): 132-138 (in Chinese)
- [4] Li Y-G (李永庚), Jiang G-M (蒋高明), Gao L-M (高雷明), *et al.* Impacts of human disturbance on elm-motte-velde in Hunshandak sandland. *Acta Phytocologia Sinica* (植物生态学报), 2003, **27**(6): 829-834 (in Chinese)
- [5] Guo K (郭柯), Liu H-J (刘海江). A comparative researches on the development of elm seedlings in four habitats in the Hunshandak Sandland, Inner Mongolia, China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2004, **24**(9): 2024-2028 (in Chinese)
- [6] Yang H-X (杨洪晓), Wang X-Q (王学全), Yang W-B (杨文斌), *et al.* Effects of artificial *Ulmus pumila* forest on plant diversity of temperate grassland in Inner Mongolia. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2008, **19**(6): 1197-1203 (in Chinese)
- [7] Zhao L-Y (赵丽娅), Zhao H-L (赵哈林). A brief review on vegetation succession research in desertification processes of China. *Journal of Desert Research* (中国沙漠), 2000 (suppl. 1): 7-14 (in Chinese)
- [8] Yang L-M (杨利民), Zhou G-S (周广胜), Wang G-H (王国宏), *et al.* Effect of human activities on soil environment and plant species diversity of elm sparse woods. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2003, **14**(3): 321-325 (in Chinese)
- [9] Holl KD. Effect of shrubs on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. *Journal of Ecology*, 2002, **90**: 179-187
- [10] Cipriotti PA, Flombaum P, Sala OE, *et al.* Does drought control emergence and survival of grass seedlings in semi-arid rangelands? An example with a Patagonian species. *Journal of Arid Environments*, 2008, **72**: 162-174
- [11] Svenning JC, Fabbro T, Wright SJ. Seedling interactions in a tropical forest in Panama. *Oecologia*, 2008, **155**: 143-150
- [12] Dulamsuren C, Hauck M, Muhlenberg M. Insect and small mammal herbivores limit tree establishment in northern Mongolian steppe. *Plant Ecology*, 2008, **195**: 143-156
- [13] Lenoir L, Pihlgren A. Effects of grazing and ant/beetle interaction on seed production in the legume *Vicia sepium* in a seminatural grassland. *Ecological Entomology*, 2006, **31**: 601-607
- [14] Blank RR. Intraspecific and interspecific pair-wise seedling competition between exotic annual grasses and

- native perennials: Plant-soil relationships. *Plant and Soil*, 2010, **326**: 331–343
- [15] Schaller M, Schroth G, Beer J, *et al.* Root interactions between young *Eucalyptus deglupta* trees and competitive grass species in contour strips. *Forest Ecology and Management*, 2003, **179**: 429–440
- [16] Coll L, Balandier P, Picon-Cochard C. Morphological and physiological responses of beech (*Fagus sylvatica*) seedlings to grass-induced belowground competition. *Tree Physiology*, 2004, **24**: 45–54
- [17] Bloor JMG, Leadley PW, Barthes L. Responses of *Fraxinus excelsior* seedlings to grass-induced above- and below-ground competition. *Plant Ecology*, 2008, **194**: 293–304
- [18] Haugland E, Tawfiq M. Root and shoot competition between established grass species and newly sown seedlings during spring growth. *Grass and Forage Science*, 2001, **56**: 193–199
- [19] Wang Z-Q (王政权), Wang J-B (王军邦), Sun Z-H (孙志虎), *et al.* Quantitative study of below- and above-ground competitions in mandchurican ash seedling. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2003, **23** (8): 1512–1518 (in Chinese)
- [20] Wang P (王平), Wang T-H (王天慧), Zhou D-W (周道玮), *et al.* A literature review on the above- and below-ground competition. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2007, **27**(8): 3489–3499 (in Chinese)
- [21] Sankaran M, Ratnam J, Hanan NP. Tree-grass coexistence in savannas revisited insights from an examination of assumptions and mechanisms invoked in existing models. *Ecology Letters*, 2004, **7**: 480–490
- [22] Riginos C. Grass competition suppresses savanna tree growth across multiple demographic stages. *Ecology*, 2009, **90**: 335–340
- [23] Platt KH, Allen RB, Coomes DA, *et al.* Mountain beech seedling responses to removal of below-ground competition and fertilizer addition. *New Zealand Journal of Ecology*, 2004, **28**: 289–293
- [24] Holl KD. Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management*, 1998, **109**: 187–195
- [25] Tilman D. Constraints and tradeoffs towards a predictive theory of competition and succession. *Oikos*, 1990, **58**: 3–15
- [26] Davis MA, Bier L, Bushelle E, *et al.* Non-indigenous grasses impede woody succession. *Plant Ecology*, 2005, **178**: 249–264
- [27] Li H-L (李红丽), Dong Z (董智), Wang L-H (王林和), *et al.* Study on the root distribution characteristic and biomass of *Ulmus pumila* in Hunshandake Sands. *Journal of Arid Land Resources and Environment* (干旱区资源与环境), 2002, **16**(4): 99–105 (in Chinese)
- [28] Cahill JF. Lack of relationship between below-ground competition and allocation to roots in 10 grassland species. *Journal of Ecology*, 2003, **91**: 532–540
- [29] Coates KD, Canham CD, LePage PT. Above- versus below-ground competitive effects and responses of a guild of temperate tree species. *Journal of Ecology*, 2009, **97**: 118–130
- [30] Robertson DR. Implications of body size for interspecific interactions and assemblage organization among coral-reef fishes. *Australian Journal of Ecology*, 1998, **23**: 252–257
- [31] Garau AM, Ghersa CM, Lemcoff JH, *et al.* Weeds in *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii* (F. Muell) establishment; Effects of competition on sapling growth and survivorship. *New Forests*, 2009, **37**: 251–264

作者简介 唐毅, 1982年生, 博士研究生. 主要从事恢复生态学和种群生态学研究. E-mail: tangyi@iae.ac.cn

责任编辑 李凤琴
