

# 草食动物对结缕草种子散布及发芽力的影响<sup>\*</sup>

张学勇<sup>1,2</sup> 杨允菲<sup>2\*,\*</sup> 亓 娜<sup>1</sup> 杨晓婧<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 辽宁大学生态环境研究所, 沈阳 110036; <sup>2</sup> 东北师范大学草地研究所吉林省生态恢复与生态系统管理重点实验室与植被生态科学教育部重点实验室, 长春 130024)

**摘 要** 研究了草食动物(牛、山羊)对辽东半岛结缕草种子散布及发芽力的影响。结果表明:风干牛粪、羊粪中结缕草种子的数量分别为 101.7 和 6.88 粒·g<sup>-1</sup>;牛、羊的采食和消化对结缕草种子的生活力没有影响,但提高了其发芽率(分别为 74.12% 和 67.77%)、发芽势(分别为 24.34% 和 17.72%)及活力指数(分别为 41.86 和 37.38),缩短了其发芽时间(分别为 12.53 和 12.70 d);牛粪和羊粪中结缕草种子的发芽率虽有提高但没有达到其生活力水平;牛对结缕草种子散布及发芽力的影响效果均好于山羊。

**关键词** 结缕草;草食动物;种子散布;发芽力;辽东半岛

中图分类号 Q958 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2007)09-1491-04

**Effects of herbivores on dispersal and germination capacity of *Zoysia japonica* seeds.** ZHANG Xue-yong<sup>1,2</sup>, YANG Yun-fei<sup>2,\*</sup>, QI Na<sup>1</sup>, YANG Xiao-jing<sup>1</sup> (<sup>1</sup> Institute of Ecology and Environment, Liaoning University, Shenyang 110036, China; <sup>2</sup> Key Laboratory of Ecological Restoration and Ecosystem Management of Jilin Province & Key Laboratory for Vegetation Ecology of Education Ministry, Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China). Chinese Journal of Ecology 2007 26(9):1491-1494.

**Abstract:** This paper studied the effects of cattle and goats on the dispersal and germination capacity of *Zoysia japonica* seeds in Liaodong Peninsula of China, where *Z. japonica* grassland is the traditional excellent pastureland. The results showed that the numbers of *Z. japonica* seeds in the droppings of cattle and goats were 101.7 and 6.88 grains·g<sup>-1</sup>, respectively. After eaten and digested by cattle and goats, *Z. japonica* seeds didn't loss their vitality, but increased their germination rate by 74.12% and 67.77%, germination potential by 24.34% and 17.72%, and vigor index by 41.86 and 37.38, and shortened their germination time by 12.53 and 12.70 days, respectively. The germination rate of *Z. japonica* seeds in the droppings of cattle and goats was increased but did not reach the level of their vitality. Cattle were the better dispersers of *Z. japonica* seeds than goats.

**Key words:** *Zoysia japonica*; herbivore; seed dispersal; germination capacity; Liaodong Peninsula.

## 1 引 言

自然界中,作为生态系统中主要生物成分的动物与植物之间的关系,体现于它们之间相互制约与相互依存的协同进化(Jaremo *et al.*, 1999)。从广义的概念来理解,协同进化可以指生物与生物、生物与环境之间在长期相互适应过程中的共同进化或演化。一般地,协同进化是指 2 个相互作用的物种在

进化过程中发展的相互适应的共同进化(王德利和高莹 2005)。在草地放牧生态系统中,草食动物与植物长期的相互作用、协同进化过程中,植物的无性生长能力(被采食后的再生性)不断加强,草食动物的采食与消化器官(如牛的齿冠、瘤胃)也逐渐发达(王德利 2004)。同时,草食动物通过对植物种子的采食、消化和排泄,对其进行散布,并影响植物种子的发芽力(Calviño-Cancela 2004)。

结缕草(*Zoysia japonica*),也称日本结缕草,属于禾本科结缕草属多年生草本植物。在中国,大面

\* 国家自然科学基金资助项目(30470272, 30270260)。

\* \* 通讯作者 E-mail: yangyf@nenu.edu.cn

收稿日期:2006-12-12 接受日期:2007-05-12

积的天然结缕草草地主要分布在辽东半岛和胶州半岛,结缕草是该地区的乡土草种,结缕草草地是该地区传统的放牧地。结缕草具有发达的匍匐茎和根状茎,是典型的无性系植物,主要靠营养繁殖来维持种群的更新。在结缕草草地的放牧生态系统中,关于草食动物对结缕草种子散布及发芽力的影响的研究目前尚未见报道。本文研究了草食动物(黄牛、山羊)对结缕草种子的散布及发芽力的影响,这是二者协同进化研究的主要对象及内容之一,并为探索结缕草种群的有性更新、扩散机理提供科学依据。

2 研究地区与研究方法

2.1 研究区概况

本研究在辽东半岛岫岩满族自治县境内的天然结缕草草地进行。该区海拔 170 m,年均气温 7.8℃,最热月平均气温 24.6℃,最冷月平均气温 -7.7℃,年降雨量为 877 mm,生长季内(3-10 月)降雨 615 mm,无霜期 146 d,年日照时数 2354.7 h。土壤为沙质潮棕壤,pH 值为 6.8。试验选取的草地为结缕草单优种群,主要伴生种为苔草,混生有极少量杂草,结缕草盖度为 84%。

2.2 材料与方法

2.2.1 材料 于 2005 年 7 月结缕草种子成熟期,在辽东半岛天然结缕草草地上采集草食动物(放牧家畜黄牛、山羊)的排泄粪样(简称“牛粪样”和“羊粪样”)以及未经采食的结缕草种子(对照种子),作为实验材料。实验材料自然风干后,室内保存,于次年春季(2006 年 4 月)进行室内实验分析。牛粪样共 3 份,羊粪样共 100 多粒,对照种子若干。

2.2.2 种子散布测定 称量每份牛粪样的风干质量,再从每份牛粪样中取样 5 g,碾碎,计数其中的结缕草种子数量,重复 10 次,随机取羊粪样中羊粪球 50 粒,分别称量,碾碎,计数其中的结缕草种子数(Calviño-Cancela 2004)。

2.2.3 种子发芽测定 牛粪和羊粪中的种子以及对照种子分别进行标准发芽试验。采用纸上发芽,16 h 黑暗、8 h 光照,温度分别为 25℃、35℃。从第 10 天开始每天计数发芽种子数,到第 28 天结束,并测定第 10 天种苗芽长(韩建国等 2000)。每重复 100 粒,5 次重复。计算指标公式如下:

发芽率 = 总发芽种子数 / 供试种子数 × 100%

发芽势 = 初次计数的发芽种子数 / 供试种子数 × 100%

平均发芽时间( $d$ ) =  $\sum(G_t \times D_t) / \sum G_t$

活力指数 =  $\sum(G_t / D_t) \times$  生长量

式中  $G_t$  为第  $t$  日的发芽种子数, $D_t$  为相应的发芽日数,生长量为第 10 天种苗芽长。

2.2.4 种子生活力测定 用 TTC(2,3,5-三苯基氯化四氮唑)染色法测定种子生活力(齐冬梅等,2004)。用碾钵破碎牛粪、羊粪中的种子和对照种子的外部颖壳,选取完好种仁放在 35℃ 水浴浸种 3 h,然后用 0.5% 的 TTC 溶液在 35℃ 恒温中染色 6 h。每重复 20 粒,3 次重复。染色完成后计数胚被染成红色的种子数。

种子的生活力 = (胚被染为红色的种子数 / 观察的种子总数) × 100%

3 结果与分析

3.1 草食动物对结缕草种子散布量的影响

3.1.1 牛对结缕草种子散布量的影响 牛采食结缕草种子后,通过粪便的排泄进行结缕草种子的散布。自然状态下,草地上每份牛粪的质量平均为 172.1 g(风干质量),风干牛粪中结缕草种子数量平均为 101.7 粒 · g<sup>-1</sup>,每份牛粪的结缕草种子散布量平均为 16 279.6 粒(表 1)。

表 1 牛粪中结缕草种子的数量( $n=10$ )  
Tab.1 Number of *Z. japonica* seeds in droppings of cattle

样品	质量(g)	种子数量 (粒 · g <sup>-1</sup> )	种子总数 (粒)
牛粪样 I	234.3	66.8 ± 12.3	15651.2
牛粪样 II	137.9	181.6 ± 14.5	25039.9
牛粪样 III	144.0	56.6 ± 10.7	8147.5
平均	172.1	101.7	16279.6

3.1.2 羊对结缕草种子散布量的影响 羊采食结缕草种子后,通过粪便的排泄进行结缕草种子的散布。自然状态下,草地上每个羊粪球的质量平均为 0.242 g(风干质量),风干羊粪中结缕草种子数量平均为 29.13 粒 · g<sup>-1</sup>,每个羊粪球的结缕草种子散布量平均为 6.88 粒。

3.2 草食动物对结缕草种子发芽力的影响

3.2.1 草食动物对结缕草种子发芽率的影响 种子发芽率是指在发芽试验终期全部正常发芽种子数占供试种子数的百分率。发芽率是衡量种子发芽力的重要指数(张如莲 2005)。牛粪中结缕草种子的发芽率最高,为 74.12%,对照的最低,为 63.71%,羊粪中的为 67.77%。因此,经过牛、羊等家畜的采

食、消化处理后,结缕草种子的发芽率较对照均有提高,且牛粪中结缕草种子的发芽率与对照间达到显著差异水平(图1)。

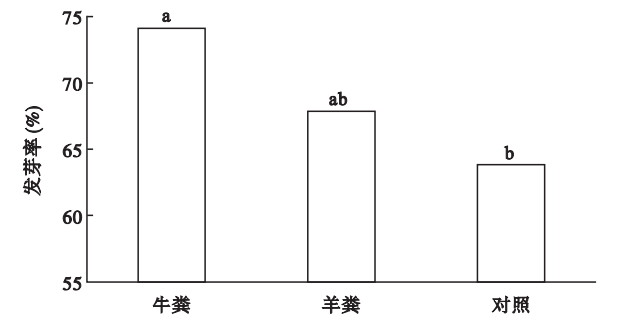


图1 牛粪和羊粪中结缕草种子的发芽率  
Fig.1 Germination rate of *Z. japonica* seeds in droppings of cattle and goats  
图柱上方不同小写字母为差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

3.2.2 草食动物对结缕草种子发芽势的影响 发芽势是指种子发芽初期正常发芽种子数占供试种子数的百分率。种子发芽势高,则表示种子活力强,发芽整齐,出苗一致(张如莲,2005)。本文采用第10天测定的发芽数计算发芽势。牛粪中结缕草种子的发芽势最高,为24.34%,对照的最低,为12.60%,羊粪中的为17.72%。因此,经过牛、羊等家畜的采食、消化处理后,结缕草种子的发芽势较对照均有提高,且牛粪中结缕草种子的发芽势与对照间达到显著差异水平(图2)。

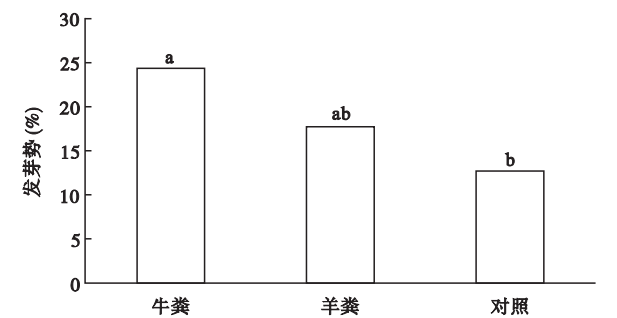


图2 牛粪和羊粪中结缕草种子的发芽势  
Fig.2 Germination potential of *Z. japonica* seeds in droppings of cattle and goats

3.2.3 草食动物对结缕草种子平均发芽时间的影响 平均发芽时间反映整个发芽过程中种子萌发的整齐度与一致性,能够从供试种子发芽能力方面反映种子胚整体活力的大小(姜丽等,2005)。牛粪中结缕草种子的平均发芽时间最短,为12.53 d,对照的最长,为13.25 d,羊粪中的为12.70 d。结果表明,经过牛、羊等家畜的采食、消化处理后,结缕草种

子的平均发芽时间较对照均有缩短,且牛粪中结缕草种子的平均发芽时间与对照间达到显著差异水平(图3)。

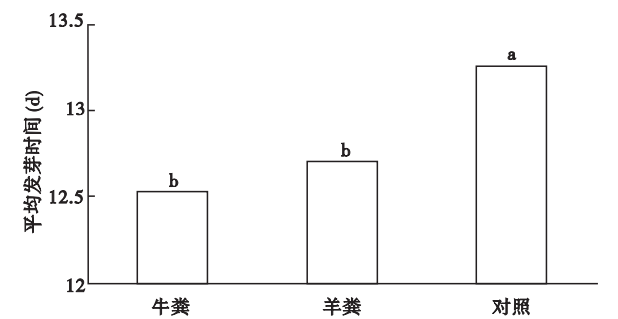


图3 牛粪和羊粪中结缕草种子的平均发芽时间  
Fig.3 Average germination time of *Z. japonica* seeds in droppings of cattle and goats

3.2.4 草食动物对结缕草种子活力指数的影响 活力指数是衡量种子发芽力的综合指标,改善种子的活力,可以获得早苗、齐苗和壮苗的目的(韩建国等,2000)。牛粪中结缕草种子的活力指数最高,为41.86,对照的最低,为27.70,羊粪中的为37.38。从图4可见,经过牛、羊等家畜的采食、消化处理后,结缕草种子的活力指数较对照均有提高,且牛粪和羊粪中结缕草种子的活力指数与对照间均达到显著差异水平。

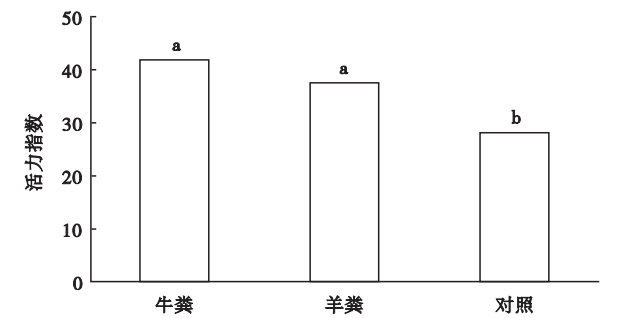


图4 牛粪和羊粪中结缕草种子的活力指数  
Fig.4 Vigor index of *Z. japonica* seeds in droppings of cattle and goats

3.3 草食动物对结缕草种子生活力的影响 种子生活力是决定种子或种胚在萌发和出苗期间活性和表现水平的所有特性的总和,是种子质量的重要指标(张如莲,2004)。牛粪和羊粪中结缕草种子的生活力分别为85.86%、80.83%,对照的为80.86%,且三者之间没有显著性差异。可见,经过牛、羊等家畜的采食、消化处理后,结缕草种子的生活力较对照没有改变(图5)。

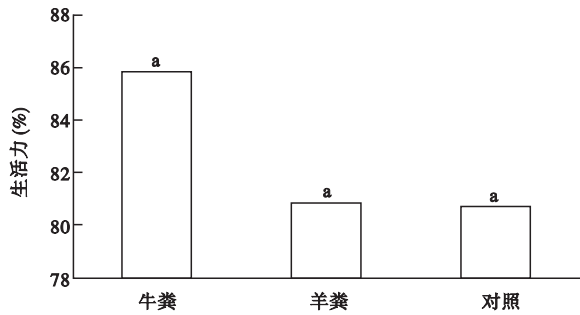


图5 牛粪和羊粪中结缕草种子的生活力

Fig.5 Vitality of *Z. japonica* seeds in droppings of cattle and goats

#### 4 讨论

理论上 种子生活力是种子潜在的最大发芽率。在本研究中,牛粪和羊粪中结缕草种子的生活力较对照未达到显著差异水平,而发芽率、发芽势和活力指数均表现出高于对照的趋势,发芽时间则表现出缩短的趋势,且牛粪与对照间达到显著差异水平。这表明草食动物(黄牛、山羊)对结缕草种子的采食、消化处理后,不但没有造成结缕草种子生活力的降低,反而增加了种子的发芽力。天然结缕草种子,具有休眠特性,结缕草种子休眠主要由3方面的因素引起:1)种皮(果皮)含有蜡质物质,阻碍了种子的通透性(韩建国等,1994);2)结缕草种子胚内含有脱落酸(Yeam *et al.*, 1988; 浦心春等, 1994);3)在休眠的结缕草种子中戊糖磷酸途径和三羧酸循环不活跃,影响种子的萌发(郭海林和刘建秀, 2003)。牛粪中的结缕草种子,其颖的脂类物质及颖孔盖脱落,颖孔被打开,使种子具有一定的通透性,从而在一定程度上解除了结缕草种子的休眠(董厚德和宫莉君, 2001)。草食动物的消化系统对解除结缕草种子休眠的机理有待进一步深入研究。

不同草食动物对植物种子的散布表现出不同程度的影响。草食动物对种子的散布量与草食动物的体积有关,体型越大散布能力就越强(Milton & Dean, 2001)。在本研究中,牛的体积较山羊大得多,单位质量风干牛粪中结缕草种子数量也较大,为 $101.7 \text{ 粒} \cdot \text{g}^{-1}$ ,是山羊的3.5倍,因此散布量较大。而且,牛对提高结缕草种子发芽力的效果也要好于山羊。牛、羊对结缕草种子散布距离及对结缕草种群扩散的生态意义还有待进一步研究。

具有休眠特性的天然结缕草种子,发芽力很低,文献报道仅为5%~18%(郭海林和刘建秀, 2003;

王继朋等, 2004),而本文中天然结缕草种子(对照)的发芽率却高达63.71%。不同年度间结缕草种子发芽率(或者说休眠度)存在巨大差异,这一现象及其机理也有待进一步的研究。

#### 参考文献

- 董厚德,宫莉君. 2001. 结缕草种子(颖果)解除休眠前后的颖显微结构. 草地学报, 9(4): 243-247.
- 郭海林,刘建秀. 2003. 结缕草种子的休眠机理及其打破休眠的方法. 种子, (3): 46-48.
- 韩建国,浦心春,李敏. 1994. 结缕草种子的休眠机理. 植物杂志, (1): 29-30.
- 韩建国,钱俊芝,刘自学. 2000. PEG 渗调处理改善结缕草种子活力的研究. 中国草地, 22(3): 22-28.
- 姜丽,韩建国,孙彦. 2005. 通气浸种处理对不同质量结缕草种子发芽和活力的影响. 中国草地, 27(4): 25-29.
- 浦心春,韩建国,李敏. 1994. 结缕草种子脱落酸含量及打破休眠的研究. 草地学报, 2(1): 30-35.
- 齐冬梅,张卫东,刘公社. 2004. 羊草种子生活力测定技术研究. 草业学报, 13(2): 89-93.
- 王德利. 2004. 植物与草食动物之间的协同适应及进化. 生态学报, 24(11): 2641-2648.
- 王德利,高莹. 2005. 竞争进化与协同进化. 生态学杂志, 24(10): 1182-1186.
- 王继朋,王贺,张福锁,等. 2004. 打破结缕草种子休眠的方法研究. 草业科学, 21(2): 25-29.
- 张如莲. 2004. 牧草种子活力的检测方法. 热带农业科学, 24(4): 53-55.
- 张如莲. 2005. 不同温度处理对臂形草种子发芽速率的影响. 四川草原, 116(7): 27-28.
- Calviño-Cancela M. 2004. Ingestion and dispersal: Direct and indirect effects of frugivores on seed viability and germination of *Corema album* (Empetraceae). *Acta Oecologica*, 26: 55-64.
- Jaremo J, Tuomi J, Nilsson P, *et al.* 1999. Plant adaptation to herbivory: Mutualistic versus antagonistic coevolution. *Oikos*, 84: 313-320.
- Milton SJ, Dean WRJ. 2001. Seeds dispersed in dung of insectivores and herbivores in semi-arid southern Africa. *Journal of Arid Environments*, 47: 465-483.
- Yeam DY, Mandava NB, Terry PH, *et al.* 1998. Identification and quantification of abscisic acid in zoysiagrass seeds and its inhibitory effect on germination. *Crop Science*, 28: 317-321.

作者简介 张学勇,男,1971年生,博士,副研究员。主要从事草地生态及植物种群生态方面的研究,发表论文12篇。E-mail: zxy325007@yahoo.com.cn

责任编辑 刘丽娟

